

이상육 발생 감소를 위한 비육돈의 행동분석 및 취급 기술 개발

Studies on the improving the carcass quality
of finishing pigs through the handling and
behavioural approaches

진 주 산 업 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “이상육 발생 감소를 위한 비육돈의 행동분석 및 취급기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 일

주관연구기관명 : 진주산업대학교
총괄연구책임자 : 김 두 환
연 구 원 : 정 희 식
연 구 원 : 곽 석 준
연 구 원 : 김 도 경
연 구 원 : 서 종 태
연 구 원 : 이 정 일
연 구 원 : 이 제 룡
연 구 원 : 우 종 화
연 구 원 : 하 덕 민
연 구 원 : 김 형 렬
연 구 원 : 김 진 수

요 약 문

I. 제 목

이상육 발생감소를 위한 비육돈의 행동분석 및 취급기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 양돈산업은 지난 30 여 년간 전반적인 생활수준의 향상과 더불어 동물성 단백질 섭취량이 늘어나고 그 중에서 돼지고기의 비중이 절반 이상을 차지하면서 산업의 규모와 기술면에서 많은 변화를 겪어 왔다.

사육두수의 급격한 증가와 더불어 분뇨로 인한 환경문제의 대두, 각종 질병에 의한 소비위축과 수출중단을 반복적으로 겪으면서 2003년 6월 현재 950만두 규모를 유지하고 있다.

근래 양돈산업 주변의 수많은 여건 변화 중에서 국내는 물론 전 세계적인 흐름 중의 하나가 소비자의 요구에 부응하고 환경친화적인 양돈기술과 더불어 돼지의 생활환경에 대한 복지상태를 개선하여 품질이 우수하고 위생적으로 안전한 돼지고기를 생산하고자 하는 것이다.

가축에 대한 복지 개념의 등장은 그다지 오래지 않았으나, 축산물 소비자들의 요구가 과거의 양적 개념에서 질과 맛 및 위생 개념으로 이동하면서 보다 쾌적한 환경에서 최소한의 스트레스 속에서 생산된 품질이 우수하고 위생적으로 안전한 축산물을 요구되고 있다.

따라서 우리나라 양돈산업 현장에서 그 중요성에 비하여 비교적 소홀히 다루어왔던 행동과 복지를 고려한 도체품질 향상과 이상육 발생을 줄이기 위한 비육돈 취급에 관한 기술이 시급히 요구되고 있으며, 국내 양돈산업 현장여건에 부합되는 기술의 연구개발이 필요하다.

지금까지 알려진 PSE 돈육의 원인과 해결책으로는 지난 50년 동안 근육 축척과 등지방층 두께 감소를 위한 강도 높은 선발은 PSS(porcine stress syndrom)와 PSE 돈육의 발생 빈도를 증가시켜 왔으며, PSE의 발생빈도와 그 정도는 유전, 영양상태,

사양방법, 도살전 처리, 기절방법, 탈모방법 및 도살 후 냉각방법 등에 따라 달라진다. 보통 PSE 돈육의 발생빈도는 10~30% 정도이지만, 심한 경우에는 60% 까지 발생되기도 한다. PSS 양성인 개체를 제거하면 PSE와 PSS를 줄일 수 있다. 육색과 보수력에 있어서 변이의 약 20%는 유전적으로 연관이 있기 때문에 할로텐 가스에 음성인 개체들 사이에서도 terminal sire의 평가와 선발에 의해서 육질을 개선시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 육질은 농장에서의 출하과정, 수송과정 그리고 도축장에서의 도축 전후 처리방법 등에 따라 10~25% 까지 영향을 받는다. 효과적인 기절방법, 탕침/탈모를 대신한 박피 그리고 도살 후 급속냉각을 통해 PSE 돈육을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. 적절한 취급요령 이외에도, 돈육의 가격 구조안에서 바람직한 육질과 그렇지 않은 육질사이의 가치 차이를 반영하여 주는 시장기능에 기초한 도체품질 향상은 돈육생산에 큰 활력을 줄 것이며, 식품으로서 돈육의 이미지와 이용성 증가에 크게 기여할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 PSE 돈육 발생원인의 60%를 차지하는 환경조건에 대한 기술로서 비육단계의 사양관리, 출하과정의 관리, 수송 및 도축과정의 비육돈 취급 기술을 개발하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 우리나라 양돈산업 현장에서 발생하는 PSE 돈육으로 대표되는 이상육 발생을 줄이기 위하여 비육돈의 출하, 수송, 계류 및 도축과정의 행동분석과 복지상태 판단을 통하여 스트레스를 줄이기 위한 취급기술을 개발하고자 하였다.

이상육 발생 실태를 조사하기 위하여 도축장과의 거리에 따라 5개 지역에 소재한 농장으로부터 자료를 수집하였고, 비육돈사 환경조건이 이상육 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 출하직전의 비육돈사 환경상태를 측정하였다. 비육돈의 행동분석을 위하여 출하전 비육돈사 내부에서의 행동패턴과 수송 중 수송차량 내부에서의 행동패턴을 계절별로 조사하였으며, 5개 지역의 서로 다른 여건의 농장을 대상으로 출하, 수송 및 계류 실태를 조사하였고 출하, 수송 및 계류과정에 주어지는 스트레스 정도를 측정하기 위하여 출하직전 비육돈사내, 출하(상차)후, 수송후 및 계류장 도착 3시간 후에 혈액을 채취하여 분석하였다.

비육돈 취급 스트레스 감소를 위한 출하·수송 기술 개발을 위하여 스트레스 유전자형(PSS genotype)과 출하취급의 영향, 출하전 절식에 따른 도체품질 및 이상육 발생 차이, 수송차량 여건에 따른 적정 수송 여건 분석, 수송 밀도 및 수송시간의 영향을 분석하였다. 이들 출하와 수송과 관련된 산업현장의 적정 여건을 설정하기 위하여 출하돈의 스트레스, 도체품질, PSE 돈육과 같은 이상육 발생율, 몇 가지 육질특성, 수송 중 비육돈의 행동패턴 및 혈액성상을 분석하였다.

행동분석과 복지평가를 통한 계류장 시설기준 제시를 위하여 계류조건이 비육돈의 행동과 이상육 발생에 미치는 영향 분석과 전기봉 대체 및 계류시 행동과 이상육 발생에 미치는 영향 및 첨가제 사용이 이상육 발생과 취급 스트레스 감소에 미치는 영향을 조사하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

우리나라 양돈산업 현장여건을 바탕으로 이상육 발생을 줄이기 위한 비육돈의 출하, 수송, 계류 및 도축과정의 행동분석과 복지상태 평가를 통하여 스트레스를 줄이기 위한 취급기술을 개발하고자 한 본 연구개발의 결과는 다음과 같다.

이상육 발생실태와 출하, 수송 및 계류 현황 조사에 대하여 계절에 따른 차이와 출하돈의 PSE 돈육 발생율이 해를 거듭할수록 현저하게 감소되는 결과를 얻었다.

비육돈사 환경상태는 농장과 계절에 따라 다소 차이는 있었으나, 비육돈사 환경상태가 도체품질과 PSE 발생에 직접 영향을 미칠 만큼 극단적인 환경상태가 아닌 비교적 적절하다는 결과를 얻었다.

비육돈 행동은 수송시, 계절에 따라 다소 차이가 있었다.

출하시 소음은 전반적으로 상당히 심한 것으로 조사되었다.

혈액분석 결과는 비슷한 경향을 나타내었으나, 계절에 따라, 취급 과정에 따라 큰 차이를 나타내었다.

전반적으로 취급 스트레스가 주어지면 육질이 떨어지는 경향을 나타내었다.

출하전 절식은 PSE 발생율을 감소시키는데 뚜렷한 효과가 있는 것으로 조사되었다. Drip loss는 출하전 절식으로 개선되는 경향을 나타내었다.

수송밀도와 수송시간이 출하돈의 혈중 포도당과 스트레스 관련 효소 농도, 비육

돈 행동 및 도체품질에 미치는 영향을 분석하였는데, 비육돈의 수송여건은 혈중 glucose와 스트레스 관련효소 농도, 비육돈의 행동 및 도체품질에 영향을 미치며, 저수송 밀도($0.42\text{m}^3/100\text{kg}$)와 1시간 수송이 바람직한 것으로 판단된다. 그러나 경제적 검토와 현실적인 측면을 감안한다면 중수송 밀도($0.38\text{m}^3/100\text{kg}$)로 수송하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

본 연구결과의 활용방안은 다음과 같다.

○ 돼지고기 품질인증 프로그램과 연계하여 생산단계인 출하전 비육돈 취급과 관리 기준으로 활용되어 도체품질 개선 및 생산성 향상을 도모할 수 있을 것이고 비육돈의 출하 및 수송시 스트레스 감소 및 출하 및 수송시 취급 기준으로 활용될 것이다.

○ 도축장에서는 계류, 도축직전 및 도축과정에서 일어나는 육질 및 경제적 손실 요인인 골절, 상처, 폐사 등을 최소화하기 위한 현장 매뉴얼로 제공되어 활용될 수 있을 것이다.

○ 소비자 및 양돈산업 측면에서는 동물행동 및 동물복지와 관련된 소비자의 요구에 대응할 기술로 활용 및 양돈산업의 친환경 및 안전돈육 관련자료로 제공될 것이다.

SUMMARY

(영문 요약문)

This project was designed to improving the carcass quality and decreasing the pre-slaughter related stress of finishing pigs through the handling and behavioural approaches and to helping the producers decide whether they should better handling, withdrawal feed prior to slaughter, transport conditions and lairage systems.

Transport, lairage and slaughter conditions are of great importance for final meat quality, because ante mortem short-term or long term stressors change the normal muscle metabolism and affect fresh meat color, water holding capacity, shelf-life and technological yields. In finishing pigs subjected to a shorty-stress situation, the relationship between the genetic susceptibility to stress and meat quality has been demonstrated to be the main cause of pale, soft and exudative meat(PSE).

Postmortem metabolism of intramuscular energy stores(glycogen) plays the primary role in the conversion of muscle to meat and expression of different quality attributes of fresh pork. Loss of blood circulation at death cause postmortem glycolysis to occur in an anaerobic state resulting in a build up of lactic acid. This lactic acid build up causes the pH of muscle to decline after death. Great amounts of muscle glycogen at the time of death result in a lower pH, which results in a paler color and a lower water-holding capacity.

Pre-slaughter treatment involves a number of aspects, such as moving the pigs out of the pen, loading, transport, unloading in lairage and moving to the stunning pen. All these aspects may influence behaviour, physiology and resultant meat quality. The extent to which pigs can cope with the stress associated with preslaughter treatment may be influenced by rearing conditions.

Withdrawing feed for 12 or 24 hours improved pH of fresh pork, water holding capacity and color as measured by Minolta L* but reduced carcass weight compared to no feed withdrawal.

To decrease the proportion of PSE pork, producers are recommended to withdrawal feed from hogs 12-24 hours prior to slaughter. Because producers are penalizes for selling hogs outside a narrow weight range, most who have all-in, all-out facilities will send their hogs to slaughter over 3-4 weeks. In most cases, they withdraw feed from the last load but earlier loads are usually on fully feed until they are shipped.

Almost all the market hogs stood on the truck throughout the 3-h transport when the animals were loaded at the high or medium-stocking density. At the low-stocking density, a substantial percentage of the animals which initially had stood on the truck sat after 45 min. The percentage of "standing" animals during transport was remarkably less at the low-stocking density than at the medium- or high-stocking density, whereas the opposite was true for the percentage of "sitting" animals. The proportion of "lying" animals, which was less than 13% at any stocking density, did not differ among the three groups.

Plasma glucose concentration was affected by the stocking density during transport. Plasma glucose concentration was not influenced by the transit (transport) time. Instead, it was affected by a stocking density and transit time interacton. At the low-stocking density, glucose concentration was greater, but such a difference between the two transit times was not detected at the high or low density.

Results including the present one regarding the effect of stocking density and transit time of market hogs on plasma LDH concentration are not consistent among researchers. Nevertheless, results of the blood variables examined in the present study indicate that the market hogs received the most stress during loading and subsequently recovered from the transport associated stress during

lairage, on the basis that circulating concentrations of these are reflective of the transport stress.

The 24-h post-mortem pH of longissimus dorsi muscle was affected by the stocking density as well as the stocking density and transit time interaction. The incidence of PSE carcass was greater in the high-stocking density group than in the medium-density regardless of the transit time. Of note, the incidence of PSE increased following the 3-h vs 1-h transit at the low-density, but not at the medium-density. It is thus tempting to speculate that the medium-density may have been more favorable than the low-density for the animals to balance themselves during the long-distance transport through the winding local road. If this were the case, the incidence of stress-associated PSE could paradoxically increase more following a low-or standard-stocking density transport than following a transport at a greater stocking density. Obviously, more studies are necessary to confirm a likelihood of this speculation.

The present results suggest that pre-slaughter blood concentrations of glucose, creatine kinase and lactate dehydrogenase may be indicative of the transport stress, but not the carcass quality, of market hogs. Over-loading and long-distance transport are likely to increase the incidence of PSE. However, when market hogs have to be transported for a long time through a winding local road, the medium-stocking density of the present study may be preferable to the EC standard.

CONTENTS

Chapter I. Introduction

Part 1. Subject and necessity

Part 2. Current status

Chapter II. Research approaches and results

Part 1. Surveys in current status of pre-slaughter, transport and lairage.

Part 2. Effects of handling stress during the on-farm load and transport on
carcass quality

Part 3. Effects of treatment during the on-farm, pre-slaughter and lairage on
carcass quality

Chapter III. Achievements and contributions

Chapter IV. Plan to implications

Chapter V. References

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

제 2 절 국내외 기술개발 현황

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 이상육 발생 현황과 출하, 수송 및 계류 실태조사

제 2 절 비육돈 취급 스트레스 감소를 위한 출하·수송 기술 개발

제 3 절 이상돈육 발생 감소를 위한 계류 및 도축관리 기술 연구

제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표 및 내용

제 2 절 연구개발 목표의 달성도

제 3 절 관련분야 기술발전예의 기여도

제 4 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 활용계획

제 2 절 연구개발 성과(논문발표, 교육)

제 5 장 참고문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적 및 필요성

우리나라의 양돈산업은 지난 30 여 년간 급속한 경제성장과 전반적인 생활수준의 향상에 더불어 동물성 단백질 섭취량이 늘어났으며 그 중에서 식육소비량의 절반 이상을 돼지고기가 차지하면서 양돈산업은 경영규모와 기술면에서 많은 변화를 겪어 왔다.

사육두수의 급격한 증가와 더불어 분뇨로 인한 환경문제의 대두, 각종 질병에 의한 소비위축과 수출중단을 반복적으로 겪으면서 2003년 6월 현재 950만두 규모를 유지하고 있다.

근래 양돈산업 주변의 수많은 여건 변화 중에서 국내는 물론 전 세계적인 흐름 중의 하나가 소비자의 요구에 부응하고 환경친화적인 양돈기술과 더불어 돼지의 생활 환경에 대한 복지상태를 개선하여 품질이 우수하고 위생적으로 안전한 돼지고기를 생산하고자 하는 것이다.

가축에 대한 복지 개념의 등장은 그다지 오래지 않았으나, 축산물 소비자들의 요구가 과거의 양적 개념에서 질과 맛 및 위생 개념으로 이동하면서 보다 쾌적한 환경에서 최소한의 스트레스 속에서 생산된 품질이 우수하고 위생적으로 안전한 축산물을 요구되고 있다.

따라서 우리나라 양돈산업 현장에서 그 중요성에 비하여 비교적 소홀히 다루어왔던 행동과 복지를 고려한 도체품질 향상과 이상육 발생을 줄이기 위한 비육돈 취급에 관한 기술이 시급히 요구되고 있으며, 국내 양돈산업 현장여건에 부합되는 기술의 연구개발이 필요하다. 특히 내수는 물론 돈육수출을 가능하게 하기 위해서는 PSE 돈육 발생을 줄이기 위한 다방면의 대책이 필요하다.

먼저 기술적 측면에서 보면 돼지가 타고난 유전적 잠재능력을 최대한으로 발휘하게 하기 위한 모든 단계의 환경요인의 영향에 대한 효과 분석 및 현장적용이 필요하며, 도체품질 개선과 PSE 돈육을 포함한 이상육 발생을 줄이기 위한 비육돈 취급에 관한 규격화, 정형화된 기술이 요구된다. 또한 품질과 맛 및 위생을 강조하고 있는 소비자의 요구와 가축복지 및 가축행동에 관한 일반의 관심 확대에 대응할 자료 축적이 요구된다. 비육-도축과정의 비육돈 취급에 관한 농장에 대한 지도자료 및 도축장에

대한 취급요령이 시급이 개발 보급되어야 할 것이다.

경제·산업적 측면에서 보면, 비육-도축과정의 비육돈 취급시 발생하는 손실이 막대하다. 양돈장에서 비육돈 출하과정에 출하돈에 많은 스트레스를 주게 되고 그것은 육질과 수익이 떨어지는 결과를 가져오게 되는데, 보다 조용한 출하, 근무여건이 개선된 양돈장을 위한 기술을 요구하고 있다. 또한 출하, 수송, 계류 및 도축과정의 정형화, 규격화된 기술은 소비자의 요구에 대응하고 품질 및 위생 확보를 통한 양돈산업의 안정적 발전을 위한 필수기술이라 할 것이다.

사회·문화적 측면에서는 양돈산업에 대한 인식의 개선을 위해서는 아직까지도 부정적 시각이 많은 양돈장과 도축장에 대한 인식개선을 위한 기술이 필요하며, 생산능력의 극대화를 추구하면서 돼지의 복지조건이 개선된 기술을 통한 돼지고기에 대한 이미지 개선이 필요하다. 양돈장과 도축장 근무환경 개선을 통한 양돈산업 인력 수급에 기여할 대안이 요구된다 할 것이다.

제 2 절 국내외 기술개발 현황

일반적으로 양돈현장에서 이루어지고 있는 많은 관리기술들은 번식관리(후보돈, 옹돈, 분만, 교배 및 이유 포함), 자돈관리, 육성 비육돈 관리로 크게 나눌 수 있다. 현재 우리나라에서 가장 많이 택하고 있는 경영형태인 분만-비육의 일관경영의 경우, 양돈현장에서의 일상의 관리는 주로 모돈을 중심으로 한 번식관리에 집중되어 있으며 다음으로 자돈관리에 많은 노동력과 시간을 투자하고 있다. 그러나 일관경영 농장의 경우 돼지고기라는 최종 상품이 생산되기까지 농장에서 이루어지는 출하까지의 과정이 전부는 아니며, 110kg 출하체중에 도달하여 출하를 위한 각종 취급과 관리, 수송, 계류, 도축과정에서 일어나는 경제적 손실이 크다.

1. 국내·외 관련기술 현황

현재 국내에서 운영되고 있는 비육-도축과정의 농장과 도축장에서 이루어지는 출

하, 수송을 위한 상차, 하차, 수송과정, 계류, 도살 등의 비육돈 취급관행 및 이들에 필요한 시설 및 설비 등은 네델란드, 덴마크 등의 유럽과 미국, 캐나다 등에서 개발된 기술이 그대로 도입된 것이 대부분이다.

미국의 관련기술 현황을 보면, 많은 연구업적들을 양돈현장과 도축장에 적용하여, 육질저하를 최소화하기 위한 스트레스 감소대책 및 이동통로의 설계, 계류장 시설, 전기봉 사용 억제, 돈사시설 등의 자료를 제시하였다. 또한 1997년 미국내 소, 돼지, 양 도축장에 대한 연방 정부차원의 비육돈 취급과 도살에 관한 감사결과를 요약 발표하여 산업현장에 적용되도록 하였다. 1999년에는 캐나다의 연방 및 지방에서 관할하는 도축장에 대한 취급 및 도살에 관한 가축복지 감사결과를 발표하였다.

유럽의 경우에는 이미 EU 장관들이 모여 가축에 대한 행동의 자유와 최상의 복지조건을 부여하는 것을 의무화하는 내용의 합의를 하였으며, 이러한 최근의 변화는 계속 확대될 전망이다.

2. PSE 돈육의 원인과 대책

소비자의 가장 중요한 돼지고기 구매기준은 외관으로, 소비자는 눈으로 돼지고기를 구입한다고 할 수 있다. 소비자는 창백하고 수분이 많은 돈육을 구입하지 않는다(Young, 1996). 가장 중요한 육질적 결함은 PSE이다.

지난 50년 동안 근육축척과 등지방두께 감소를 위한 강도 높은 선발은 PSS와 PSE 돈육의 발생빈도를 증가시켜 왔다(Olliver 등, 1991). 유전, 사양방법, 환경, 및 도살전후의 취급에 따라 PSE의 정도와 빈도에 영향을 미친다. PSE 돈육의 발생빈도는 대략 10~30% 정도이고 심한 경우 60%까지 발생하기도 한다(McKeith 등, 1994; Kauffman 등, 1994; Valenzuela 등, 1995). PSE 돈육의 원인과 대책을 보면 다음과 같다.

가. 유전

PSS와 PSE 도체특성은 수십년 동안 양돈산업에서 큰 골칫거리가 되어 왔다. 외부로부터 스트레스를 받으면 돼지는 호기적 또는 혐기적 대사과정의 뚜렷한 증가가

있으며, 또한 열, CO₂, 젖산의 생성량이 많아지며 근육의 수축이 이루어진다. 또 이 현상은 할로텐 같은 휘발성 마취제를 주입시켰을 때도 일어난다(Hall 등, 1980). PSS는 유전적인 현상이며, 하나의 상염색체 열성유전자에 의해 발생된다. 이 유전자를 stress gene, halothane gene, hal gene, PSS gene이라고 부른다(Hall 등, 1980). 할로텐 양성인 돼지는 고열증세 또는 stress syndrome의 원인이 되는 ryanodine receptor(RYR) 유전자의 돌연변이에 대하여 열성호모(nn)이다(Fujii 등, 1991; MacLennan and Phillips, 1992). Stress gene의 열성호모는 육질에 나쁜 영향을 미친다. 만약 물리적인 스트레스가 치사의 원인이 되지 않는다면 거의 대부분(80%)은 PSE 돈육의 원인이 된다. 최근 할로텐 유전자에 대한 분자유전적 연구는 열성인자 뿐만 아니라 보인자까지 찾아내어 육종과정에 이들을 가진 개체들을 선택적으로 제거할 수 있다(McLaren과 Schultz, 1992).

미네소타 대학과 Universal Pig Genes, Inc.(Christan, 1995)에서는 할로텐 DNA probe test를 이용하여 스트레스 유전자형에 따라서 수퇘지와 암퇘지를 분류하였다. 3261마리 중 7마리(0.2%)는 돌연변이 돼지(nn)이고 391마리(12%)는 보인자(Nn)이며 2863마리(87.8%)는 정상(NN)이었다. Pommier 등(1992)은 Nn 돼지의 발생빈도는 14.9%라고 하였다. Nn 돼지 때문에 PSE 돈육의 발생빈도는 대략 30%정도이므로 PSE 문제에 대한 할로텐 유전자의 경제적 기여는 단지 4.5%이다(14.9% × 30%). 그러나 만약 집단에서 이 돌연변이 유전자의 빈도가 높아진다면, 운반중 폐사나 PSE 도체로 인해 경제적인 손실은 보다 커질 것이다.

Nn 돼지는 정상 돼지 보다 적육조직의 성장율이 15 g/d, 도체율에서 0.9%, 적육함량에서 1.5% 정도 크다(McLaren과 Schultz, 1992). 이 때문에 모두 Nn 돼지를 생산할 것인가 아니면 모두 정상인 돼지를 생산할 것인가에 대한 의문이 남는다. Christian(1995)은 몇몇 조사된 결과에 의문을 가지면서 Nn 돈육의 생산에 반대한다. NN군과 Nn군은 성장률과 등지방 두께 면에서 보면 본질적으로 별 차이가 없다. Nn군은 loin eye area에서 1.9 cm² 정도 더 넓으며 도체율에서 0.4% 정도 더 높기 때문에 적육 생산율에서 약간의 이점을 볼 따름이다. 그러나 이들 돼지는 정상보다 창백하고 근내 지방함량이 적으며 수분손실도 많아 연도가 떨어진다.

할로텐 유전자를 포함하지 않는 집단내에서는 유전력을 측정하여 선발에 의해 육

질이 개량될 수 있다. Dutch Research Institute for Animal Production의 연구결과에 따르면 할로텐 음성돈육의 pH, 육색, 보수력은 20%정도(10~30%범위) 유전적으로 관련되어 있으며, 따라서 육종선발을 통해 PSE 돈육과 DFD(dark, firm, dry) 돈육의 발생을 감소시킬 수 있다고 하였다(Vries 등, 1994).

최근 양돈산업에서 육질면에서 관심을 끄는 것은 Hampshire 효과와 관련된 낮은 최종 pH에 대한 것이다. 그것의 최종 pH는 보통보다 낮으나 pH 감소는 정상으로 여겨진다. Rendement Napole(RN) 유전자는 Hampshire 계통의 돼지에서 근육의 해당작용 능력은 높이고 최종 pH를 낮추는데 관여한다(Monin 등, 1987). 더욱이 RN 유전자를 가진 돼지는 보수력과 가열후 생산능력이 정상인 돼지보다 낮다(Enfalt 등, 1994). 따라서 이것은 terminal sires에서 제거되어야 한다.

미국의 National Pork Producers Council에 의해 지원받는 Terminal Sire Line Nation Genetic Evaluation(NGEP)은 교잡육종을 위해 사용되는 종돈군의 유전적 평가의 공정한 결과를 제공하기 위한 광범위한 연구를 하였다. 이 광범위한 계획을 통해 공정하고 정확한 sire line에 대한 정보가 제공되었는데, 이 정보에는 40개가 넘는 유전적 특성과 유전력, 및 이들 특성간의 유전상관, 이들 특성에 대한 할로텐 유전자의 효과, 종돈을 선발할 때 이들 결과를 이용하는 방법들을 개발하였다. 육질적 특성은 육색 점수, 마블링 점수, firmness 점수, 미놀타 반사율 그리고 헌터 점수, 최종 pH, 단백질 용해도, drip loss, 보수력, 건물함량, 전체 지방함량, 콜레스테롤 함량, cooking loss, 수분, 연도, 다즙성 관능점수, 씹힘성 관능점수 그리고 풍미관능점수를 포함했다.

전체적으로는 Hampshire종에서 60.4%의 가장 높은 PSE 발생율을 나타냈으며, Berkshire종에서 가장 낮은 26.3%의 발생율을 나타냈다. 그외, 성별에 따른 PSE육의 발생율을 조사한 박등(1985)의 결과를 보면 수돼지 2,595두 중 이상육질돈은 657두로 25.3%의 발생율을, 암돼지는 2,628두 중 850두로 32.3%의 발생율을 나타내었다. 이와 같이 암돼지에서 수돼지 보다 약 7% 정도 이상육질의 발현율이 높게 나타난 것은 성별 축적지방함량 차이 때문인 것으로 사료되었다. 그 외 최 등(1998)에 의하면 거세돈과 암돼지 사이의 발생율에서 거세돈은 34.6%로 암돼지의 29.7% 보다 높은 PSE발생율을 보고하였다.

나. 영양과 사양

저지방 육질은 유전적인 요인에 의해 영향을 받기 때문에 사료의 효과는 적은 것으로 생각하기 쉽다. 그러나 최근의 연구에서 근육조직과 육질의 사후특성에 영양적인 요소가 어느정도 작용하고 있음이 밝혀졌다. 트립토판은 시상하부에서 일어나는 serotonin의 합성을 저해하는데 Henry 등(1992)은 트립토판이 부족한 사료를 급여하면 근육의 최종 pH가 증가한다고 하였다. 이 효과는 단지 암퇘지에서만 발견된다. 다른 한편으로 Adeola와 Ball(1992)은 비육후기의 돼지에서 트립토판의 과잉공급은 스트레스 민감성을 줄이고 PSE 돈육의 발생을 줄일 수 있다고 하였다. Anon(1991)은 또한 사료에 트립토판을 많이 공급하면 돼지의 공격적인 행동을 줄일 수 있다고 하였다. 도살전 5일동안 0.5%의 트립토판을 공급하면 6~9%까지 PSE 돈육의 발생율이 감소되었다. 보다 최근의 연구(Henry와 Seve, 1993)에서 loin과 ham의 최종 pH는, 트립토판의 요구량 이상 또는 이하 급여구 보다 최적량 급여구(0.17%)에서 유의적으로 낮았다고 보고되었다. 앞으로 영양적요인과 육질 사이의 관계에 대한 보다 많은 연구가 있어야 할 것으로 보인다.

또 다른 영양적 요인은 비타민 E이다. 46일 동안 사료내에 비타민 E(1,000mg/kg diet)를 공급하면 칼슘의 과다방출을 줄일 수 있고 따라서 PSE 돈육의 생산을 방지할 수 있는데, 비타민 E는 membrane integrity를 안정화시킴으로써 육질을 개선시켰다(Cheah 등, 1995). 흥분하기 쉬운 많은 동물들은 교배종으로서 우리내에서 길들여져왔다(Grandin, 1993). 우리내에서 돼지를 키우는 사람은 돼지에게 보다 더 자극적인 환경을 제공했을 것이다. 따라서 비육돈사에서 일하는 사람은 가급적 다루기 쉬운 암컷만 돼지들만을 생산해왔다. 이렇게 함으로써 도축장에서 취급하는 동안 스트레스를 덜 받게 되었다. 양돈인은 돼지에게 자극을 최소화하기 위해서 매일 축사의 안쪽으로 걸어야 한다(Grandin, 1989; Pedersen, 1993). 축사에서 라디오를 켜는 것은 돼지로 하여금 이상한 소리에 익숙해지게 할 수 있다. 완전히 다 자랄때까지 금속이나 플라스틱 마루에 있었던 돼지는 콘크리트 마루에는 익숙하지 못하므로 출하시 이동할 때 어려움이 있다. 따라서 어릴 때 비록 금속이나 플라스틱 마루에서 사양시킨 돼지라 하더라도 비육후기에는 콘크리트 바닥에 적응시켜야 한다.

이러한 영양 및 사양적 요인 외에도 출하체중이나 등지방두께 등의 도체특성 요

인도 PSE 육발생에 영향을 미칠 수 있다. 출하체중에 따른 PSE육의 발생을 조사결과 (박등, 1985), 조사두수 1,726두 중 538두가 이상증후를 나타내어 31.2%의 발생율을 보였으며, 출하체중별로는 86~95Kg 과 96~105Kg 돈에서 낮은 발생율을 보였다. 특히 출하체중이 86~95Kg 돈에서 23.3%의 가장 낮은 발생율을 보인 반면에, 106Kg 이상의 출하체중에서는 72.3%의 높은 발생율을 나타내었다. 이러한 결과는 최등(1998)의 조사에서도 유사하였는데, 특히 출하체중이 110kg 이상일 때 PSE 돈육의 발생율이 급격히 증가하였다.

다. 도살전 취급 및 수송

도살전후 돼지에게 주어지는 여러 stress 요인 중 하나는 기온의 변화이다. Forrest 등(1968)은 온도가 높거나 변동이 심한 시간에 PSE 발생이 많으며, 도살전의 계류시 온도변동을 심하게 받은 돼지에서도 많이 발생한다고 하였다. 고온이 되면 돼지는 체온의 항상성을 위해 생리적 체온조절이 활발히 일어나는데, 땀샘이 발달하지 않은 돼지의 경우 체열의 발산을 위해 호흡수가 증가되고 체온과 피층온도가 상승하게 된다(Topel 등, 1971; Galloway 등, 1973). 특히 외계온도가 높아지면 체온의 조절이 더욱 곤란하여 결국 이상돈육의 발생이 높아진다.

일년간 월별 PSE 발생율을 조사한 결과(박등, 1985), 월별 발생율로는 년중 기온이 가장 낮은 1월과 2월에 각각 22.0%와 30.1%를 나타내 가장 낮은 발생율을 보였으며, 1월은 2월 보다도 약 8%, 년평균 발생율 보다 16.6% 낮은 발생율을 나타내었다. 기온의 상승과 더불어 발생율도 높아졌으며 년중 기온이 높은 7, 8, 9월에 발생율이 가장 높았으며, 특히 9월은 48.7%의 발생율로 가장 높고 년평균 발생율 보다도 약 10% 높게 나타났다.

Nishio(1976)가 조사한 일본의 PSE발생율에서도 봄 34.2%, 여름 46%, 가을 41.3%, 겨울 26.4%의 발생율을 나타내어 한국의 경우와 유사한 결과를 보였다.

도살전에 동물이 받는 스트레스는 육질에 직접적으로 영향을 준다. 스트레스를 줄이거나 도살이전에 동물의 대사를 바꾸기 위한 여러 취급방법이 시행되고 있다.

이동하기 전에 돼지에게 절식을 시키는 가장 중요한 이유는 이동하는 동안에 발생하는 사망률을 줄이고(Williams, 1985) 도살후 발생하는 분뇨폐기물을 줄이는데 있

다. 이동하기 전의 절식은 또 PSE 돈육의 발생율을 줄일 수 있고 고기의 최종 pH를 높일 수 있다(Eikelenboom 등, 1991). 24시간 동안 절식시킨 돼지의 loin과 ham은 그렇지 않은 돼지의 loin과 ham보다 PSE 돈육 발생율이 낮았으며 최종 pH 또한 높게 나왔다. 그러나 다른 한편으로 18시간 이상 절식시키면 절식으로 인한 도체중의 손실이 발생한다. 덴마크와 네델란드에서는 아침에 도살시킨다면 전날 오후나 저녁에 마지막으로 먹이를 주라고 권고하고 있다.

수송전 사료급여와 계류시간에 따른 PSE육 발생율 조사결과(축산연, 1997), 수송전 사료급여는 계류시간에 관계없이 PSE육 발생율을 증가시켰으며, 특히 계류없이 바로 도축시 발생율이 매우 증가하였다. 그러나 계류시간이 4시간 또는 24시간에서는 사료급여에 의한 발생율 증가는 그리 크지 않았다.

돼지를 비육사에서 트럭으로 옮기고 트럭계단을 통해서 실는 과정은 돼지에게 상당한 스트레스를 준다(Van Putten, 1982). 비육사, 문, 통로 그리고 수집축사는 돼지에게 스트레스를 적게 주면서 운반할 수 있게 되어 있어야 한다. 그리고 돼지가 어두운 데서 밝은 곳으로 이동할 때 눈이 부실 만큼의 강한 빛은 걸음을 멈추게 하고 스트레스를 받게 하므로 주의하여야 한다. 빛은 돼지의 눈을 직접 비추지 말고 바닥을 비추어야 한다. 수집, 이동, 계류하는 동안에 동물들을 섞어 놓으면 큰 스트레스를 주게 되며 낮은 pH와 심한 체중감소 그리고 높은 외상을 가져온다. PSE와 DFD의 발생율을 보면 동물들을 혼합시킨 군(19.1% PSE, 7.0% DFD)이 그렇지 않은 군(13.0% PSE, 4.0% DFD) 보다 높게 나왔다(Karlsson과 Lundstroem, 1992). 만약 다른데서 출하된 동물들을 섞어야 한다면 돼지를 실어 나르는 과정에서 혼합시켜야 한다. 왜냐하면 돼지들은 이동하는 트럭내에서는 잘 싸우지 않기 때문이다(MLC, 1986).

농장에서는 보통 실는 설비가 부족하다. 계단 경사로의 최대 경사는 20도이며, 공간의 여유가 있으면 15도가 좋다. 돼지는 일자형 경사로 보다 계단식 경사로에서 더 잘 오르고 내릴수 있다. 계단높이는 7cm, 계단넓이는 20cm가 적당하다(Grandin, 1988). 나무로 된 경사로에서는 계단사이에는 20cm의 간격을 가져야 한다. 운반용 경사로는 두세마리의 돼지가 동시에 오를 수 있을 정도의 폭을 가져야 한다. 가장 좋은 운반기구는 8~10마리의 돼지를 담을 수 있는 동력식 기중기이다. 이것은 이동하는 도중에 발생하는 스트레스를 상당히 줄일수 있다.

또한 이동시간에 따라서도 육질에 영향을 미칠수 있다. 여러 연구결과에 따르면 짧은 이동후 즉시(<1 h) 도살시킨 것은 장시간 이동후 도살시킨 것 보다 PSE 돈육의 발생율이 많아진다고 하였다(Fortin, 1989). 오래동안 이동한 돼지에게는 좀 더 안정을 찾게 해주고 이로써 대사장해를 정상화할 수 있다. 이동시간이 길 때 폐사율을 최소화하기 위한 조치를 하는 것은 반드시 필요하다.

돼지수송은 5톤(2층)까지 다양한 형태의 운송수단이 이용되고 있으나, 수송트럭의 형태에 따른 수송두수 기준이없어 과소, 과밀적재가 일반화되고 있다. 이러한 과소, 과밀적재는 수송중 폐사 및 부상돈이 발생할 소지가 커 경제적 손실을 초래할 수가 있다.

이동중 수송공간의 밀도는 부상과 PSE 돈육의 발생을 뿐만아니라 사망손실에 영향을 미친다. 스트레스와 관련된 저급육질의 발생을 막기 위해서는 운반트럭에서는 충분한 공간을 확보하여야 하며 덥고 습기찬 날은 특히 그렇게 해야 한다. 영국의 Meat and Livestock Commission에서는 이동중의 수송공간으로 돼지 마리당 0.4~0.5 m²를 제시하고 있다(Guise and Warriss, 1989). 독일에서는 돼지가 누울 수 있도록 이동중의 공간으로 110Kg 돼지마리당 0.5 m²를 제시하고 있다. 더욱이 Grandin(1994)은 PSE 돈육을 줄이기 위해서 도축장에 도착한 후 약 2~4시간 있다가 도살할 것을 권고한다. Honkavaara(1989)는 도살전의 환경을 평가하는 실험을 하였다. 실험결과에 따르면 최적의 온도와 습도 그리고 도살전 계류시간은 각각 15~18℃, 59~65% RH 그리고 3~5시간이었다고 한다. 이와같은 환경하에서는 최종 pH는 보다 높아지고(pH 5.9~6.4) PSE 돈육의 발생율은 적어진다.

라. 계류

수송시간이나 계류시간은 생산지에서 도축지까지의 거리, 도축장에서의 도축소요 시간 등 불가항력적인 요소에 의해 지배받기 때문에 사실상 제어가 어려우나 수송시간은 대체로 1~2시간, 계류시간은 6시간이 적당한 것으로 권장된다.

수송시간이 길어질수록 PSE 발생율이 증가하였는데, 특히 수송시간이 1시간 이상 일 때 매우 발생율이 큰 것으로 나타났다.

찬물로 돼지를 세척하는 것은 흔히 있는 일이다. 이렇게 하는데는 다음과 같은

몇 가지 이유가 있다. 1) 이동후 몸을 식히고 깨끗하게 하기 위해서, 2) 공격성을 줄이고 안정시키기 위해서, 3) 피부의 전류저항성을 줄임으로써 전기기절법의 이용효과를 높이기 위해서, 4) 탕침조내에 물의 세균오염을 줄이기 위해서이다. 과도한 몸을 식히면 돼지의 활동성을 줄여서 PSE 돈육의 발생율을 줄일 수 있다.

도축전 계류의 주목적은 수송중에 받는 스트레스를 해소하는 휴식기간으로 안정에 도움을 준다. 스트레스에 강한 돼지는 지나치게 계류시간이 길지 않다면 육질에 큰 영향을 받지 않는다. 그러나 스트레스에 약한 돼지는 충분한 휴식시간을 준 후 도축하는 것이 PSE 발생율을 줄이는데 도움이 된다.

계류시간에 따른 PSE 발생율의 조사결과, 산지로부터 수송되어 온 원료돈이 도살되기까지 11~15시간 계류한 것이 16.8%로 제일 낮은 발생율을 나타내고 있다. 그러나 11~15시간 보다 짧거나 길어짐에 따라 이상돈육의 발생율은 높게 나타났다. 결국 안정을 요하는 계류시간은 안정을 되찾을 수 없을 정도로 짧다든가 또는 계류시간이 너무 길어질때에도 육질에 미치는 영향은 좋지 않은 것으로 나타났다.

마. 도축방법

기절은 인도적 방법으로 실시되어야 하며 최상의 육질을 생산할 수 있게 실시되어야 한다. 전기충격법, 피스톨법(captive bolt) 그리고 이산화탄소 가스마취법이 대표적인 기절방법이다. 모든 기절방법은 돼지에게 약간의 스트레스를 준다. 그러나 그 정도는 어떤방법을 쓰느냐에 따라 차이가 있다(Carr, 1985).

전기충격법은 현재 미국에서 가장 널리 쓰이고 있는 방법이다. 고전압 전기기절법(240 volts 이상)은 빨리 기절시킬 수 있고 방혈시키는 동안 계속 기절상태로 유지시킬 수 있기 때문에 선호되는 방법이다. 효과적으로 기절시키기 위해 돼지뇌를 통해 최소한 1.25 A의 전류를 주어야 한다. 모든 돼지를 확실하게 기절시키기 위해서는 평균 전류는 이보다 더 높아야 한다. Troeger과 Woltersdorf(1990)는 짧은 순간에 확실하게 기절시키기 위해서는 250 V의 전압을 사용할 것을 권장한다. 효과적으로 기절시키기 위해서는 최소한 1.25 A의 전류가 필요하며 만약 뒷머리 부분에 전극을 사용한다면 심장 박동을 정지시킨다. 뇌에서 전기적 활성도를 측정하여 전극의 위치와 전기적 장치를 확인하여야 한다. 뒷머리 부위에 전극을 사용하는 심장박동 정지 기절방법은 보

다 효과적이고, 뒷머리 전극기절법 보다 PSE 돈육의 발생율을 줄여서 육질을 개선할 수 있다(Fehrenberg 등, 1991).

이산화탄소 가스 마취법은 돼지가 의식을 잃는 동안 스트레스를 받을것이라 생각되었기 때문에 사용을 꺼려 왔다(Tarrant, 1993). 그러나 덴마크의 새로운 기절방법은 다섯 마리의 돼지를 한그룹으로 하여 동시에 방으로 옮기기 때문에 기절시키는 동안 상당한 정도로 흥분을 줄일 수있다. Troeger와 Woltersdorf(1991)는 이산화탄소의 농도가 60%일 때 보다 80%나 그 이상일 때 할로텐 양성인 돼지에서 흥분발생율과 흥분 정도가 더 낮다고 하였다.

도축방법별 PSE 발생율 조사결과(축산연, 1997), 타액법, 전기충격법, CO₂ 가스순으로 낮아 CO₂ 가스마취법이 가장 스트레스를 적게 주는 것으로 보고되고 있으나, 사용의 편리함 등으로 전기충격법이 가장 널리 사용된다.

전기충격법의 경우 사용전압이 높을수록 기절 소요시간이 짧아 PSE 발생율이 낮은 것으로 알려지고 있으나, 지나치게 높은 전압은 방혈이 지체될 경우 근육내 모세혈관이 파괴되어 혈반이 나타나는 단점이 있어 주의를 요한다

전기기절 후에 돼지도체를 방혈시키는 자세 역시 육질에 영향을 미친다(William과 Lorencz, 1994). 누워있는 상태에서 방혈을 시키면 ham과 loin에서 pH와 전기전도율이 개선된다고 하였다. PSE 발생율은 거꾸로 현수하여 방혈시킬 때 62%였으나, 누운 상태로 방혈시키면 25%로 줄어든다고 보고되었다. Petrovic 등(1994)도 누운상태의 수평방혈(12.4%)은 현수상태의 수직방혈(25%)보다 PSE 발생율이 감소하였다고 했다.

3. 현 기술상태의 취약부분 및 전망

비육-도축과정의 비육돈 취급에 대한 연구 및 기술개발 실적을 확보하지 못하고 있으며 거의 관행으로 이루어져 왔다. 비육돈의 행동 및 복지개념에 대한 이해 부족과 비육돈 취급의 중요성이 충분히 인정되지 못하고 있으며, 각종 환경조절 시설이 노후화 되어 있으며 동물행동 및 동물복지에 관한 지식 및 관심이 적은 편이나, 최근 관심이 고조되고 있는 실정이다.

비육돈 취급에 대하여 양돈현장의 인식은 다 아는 듯하지만 정확하게 아는 것이

하나도 없다고 할 정도로 체계적인 기술을 확보하지 못하고 있으며, 정형화되고 규격화된 기술이 없어 비교가 어렵다. 지역여건, 경영규모, 계열화 등 경영형태 및 양돈경영주에 따라 비육돈 취급 기술 및 방법이 큰 차이를 보이고 있으며, 다른 분야에 비하여 상대적으로 이용할 자료가 적은 실정이다.

향후 이 분야의 전망은 돼지의 복지와 행동을 고려한 비육돈 취급기술을 개발하여 돼지고기의 생산현장인 양돈장에서의 스트레스 최소화에 적용함과 동시에 도축장에서 발생하는 손실을 줄여 도체품질을 개선하고 이상육 발생으로 인한 경제적 손실을 줄여 나갈 것이다. 또한 돼지의 행동과 복지 및 생산성을 연계한 연구 및 기술개발을 유도할 것이고 돼지 관리기술 개발과 육질 손실을 줄이기 위한 연구방법으로 첨단기술이 요구되고 동물행동학 및 동물복지학 등 관련 연구를 촉진시킬 것이다.

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 이상육 발생 현황과 출하, 수송 및 계류 실태조사

1. 연구개발 내용 및 방법

가. 이상육 발생실태

이상육(PSE 돈육) 발생 현황을 조사하기 위하여 계절별로 여름, 겨울 및 봄으로 구분하고 도축장과의 거리를 감안하여 5개 지역 소재 양돈장으로부터 출하되는 출하돈에 대하여 출하, 수송, 계류 과정을 연속적으로 수행조사를 실시하였다. 출하두수, 도체중량, 도체등급, 도체 등지방 두께, 탕박지육율, 평균지육 단가 및 PSE 육 발생율을 조사하였다.

나. 비육돈사 환경상태

비육돈사 환경조건이 출하 및 이상육 발생에 미치는 영향을 분석하기 위하여 출하직전의 비육돈사 환경상태를 측정하였다. 온도, 습도, 풍속, 암모니아, 황화수소, 이산화탄소, 조도, 소음, 돈방크기, 돈방당 수용두수, 두당 바닥면적 등 이었다.

비육돈사 환경상태는 여름, 겨울 및 봄으로 구분하여 조사하였으며, 24시간 동안 경시적 변화를 측정하였다. 비육돈사 환경상태 조사방법은 온도, 습도, 풍속, 암모니아, 이산화탄소 및 황화수소농도의 시간대별 변화는 BABUC 환경계측기를 사용하였으며, 소음은 sound level meter로, 조도는 lux meter로 측정하였다.

다. 비육돈 행동분석

비육돈의 행동을 분석하기 위하여 출하전 비육돈사 내부에서의 행동패턴과 수송 중 수송차량 내부에서의 행동패턴을 계절별로 조사하였다. 비육돈 행동분석을 위하여 휴대용 캠코드와 돈사 및 차량에 부착하여 연속 촬영 가능한 카메라를 제작하여 사용하였으며, 얻어진 자료는 행동분석 프로그램인 Observer와 Ethovision(Noldus Inc.)을

사용하여 분석하였다. 비육돈 행동분석 내용은 출하전 비육돈사 내에서의 행동패턴을 낮 시간 6시간 동안 촬영하여 그 중 1시간 동안에 나타난 각 행동형이 차지하는 소요 시간을 나타내었다. 세부 행동형은 앉거나 누워서 휴식을 취하는 행동(lying), 서있는 행동(standing), 물이나 사료를 섭취하는 행동(eating), 다른 개체를 공격하는 행동(aggressive)으로 나누어 조사하였다. 또한 비육돈사 내에서 비육돈의 각 행동유형별 빈도를 조사하였는데, 휴식(resting), 섭취(eating), 공격(aggressive), 사회성 행동(social), 놀이(play) 행동으로 나누어 조사하였다.

수송 중의 행동특성을 분석하기 위하여 수송차량에 카메라를 장착하고 계절별로 수송에 소요되는 전시간 동안 차량 내에서의 행동형을 조사, 분석하였다. 계절은 여름, 겨울 및 봄으로 나누었으며, 수송 차량 내에서의 행동형은 서 있거나(standing), 앉아 있거나(sitting), 누워 있는(lying) 수를 조사하여 전체 두수 중 비율로 나타내었다. 수송에 소요되는 시간이 90분 정도인 농장을 대상으로 조사하였으며, 시간대별 수송차량 내에서의 행동패턴의 변화를 조사, 분석하였다.

라. 출하, 수송 및 계류 실태

5개 지역의 서로 다른 여건의 농장을 대상으로 출하, 수송 및 계류 실태를 조사하였다. 출하실태는 1회 출하두수, 출하에 소요되는 시간, 출하에 소요되는 인력, 출하와 관련된 시설 및 도구의 사용 여부, 출하시 소음을 조사하였으며, 각 농장에서 관행적으로 이루어지고 있는 출하시간, 즉 새벽출하, 오전출하, 오후출하 등도 조사하였다. 수송실태를 분석하기 위하여 수송거리, 수송에 소요되는 시간, 수송차량의 제원, 특이사항, 수송밀도(출하돈 두당 차량 바닥점유면적)를 조사하였다. 또한 출하차량 운전자 면담을 통하여 수송에 대한 생각과 운전관행 등에 대하여 조사하였다.

마. 스트레스 측정을 위한 혈액분석

출하, 수송 및 계류과정에 주어지는 스트레스 정도를 측정하기 위하여 출하직전 비육돈사내, 출하(상차)후, 수송후 및 계류장 도착 3시간 후에 혈액을 채취하여 분석하였는데, 심리적인 스트레스 측정 지표로서 cortisol을, 물리적 스트레스 상태를 나타내는 척도로서 creatine phosphokinase(CPK)를 분석하였다.

혈액채취는 출하전 비육돈사, 상차후 수송차량내, 수송후 계류장 및 계류 3시간 경과 후 등 4차례에 걸쳐 이루어졌으며, 채취방법은 출하돈의 경정맥에서 일회용 주사기로 10ml 정도 채혈하여 heparin 처리된 vacutainer에 혈액을 넣고 3000rpm으로 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. 원심분리된 혈장은 냉동보관 하였다가 분석하였다.

2. 연구개발 결과

가. 이상육 발생 실태

○ 여름

지역	출하두수				도체등급			등지방두께				탕박지육율	평균출하체중	평균지육단가	PSE육	
	암	수	거세	계	A %(두)	B %(두)	A+B %(두)	18mm 미만 %	18-28 mm %	29mm 이상 %	평균 mm	%	kg	원	발생 두수	발생율 (%)
1	83	1	86	170	35.9 (61)	40.6 (69)	76.5 (130)	39.4	58.2	2.4	18.9	73.8	104.4	2,450	86 /170	50.6
2	195	0	176	371	50.9 (189)	33.7 (125)	84.6 (314)	26.7	64.7	8.6	21.2	74.1	110.7	2,458	141 /371	38.0
3	65	2	111	178	41.6 (74)	44.9 (80)	86.5 (154)	44.4	55.1	0.6	18.4	73.3	104.6	2,581	114 /178	64.0
4	46	0	70	116	44.8 (52)	35.3 (41)	80.1 (93)	16.4	70.7	12.9	22.8	74.1	110.3	2,514	52 /116	44.8
5	105	0	86	191	49.2 (94)	36.1 (69)	85.3 (163)	42.4	56.5	1.0	18.1	74.0	107.3	2,521	103 /191	53.9
평균					44.5	38.1	82.6	33.9	61.0	5.1	19.9	73.9	107.5	2,505		50.3

여름 동안에 출하한 비육돈의 농장별 PSE 발생율과 도체품질 현황을 보면, 출하돈 대부분이 거세를 실시한 상태였으며, A 등급 비율이 35.9~50.9% 범위였고 평균 44.5%로 나타났다. A,B 등급을 합한 비율은 평균 82.6% 였으며, 농장에 따라서는 85%를 넘는 비율을 나타내었다. 도체 등지방 두께는 평균 19.9mm 였고 탕박지육율과 평균 출하체중은 각각 73.9%와 107.5kg 이었다.

대표적인 이상육이라고 할 수 있는 PSE육 출현율을 보면 평균 50.3%로 나타나 심각한 정도라고 판단되며, 농장에 따라서 여름철 출하돈에서 나타나는 PSE 발생율이 38.0~64.0%로 큰 차이를 보였다. 그러나 이 기간동안의 평균 지육단가는 kg당 평균 2,505원으로 농장별로 큰 차이를 나타내지 않아 현재 우리나라의 비육돈 출하시 나타나는 이상육과 지육단가는 연계가 되고 있지 않음을 보여주고 있다.

○ 겨울

지역	출하두수				도체등급			등지방두께				탕박지육율	평균출하체중	평균지육단가	PSE육	
	암	수	거세	계	A % _(두)	B % _(두)	A+B % _(두)	18mm 미만 %	18-28mm %	29mm 이상 %	평균 mm	%	kg	원	발생두수	발생율 (%)
1	112	0	67	179	49.2 (88)	39.1 (70)	88.3 (158)	12.3	79.9	7.8	22.1	74.2	107.1	2,237	75 /179	41.9
2	287	23	263	573	43.6 (250)	29.8 (171)	73.4 (421)	13.8	68.6	17.6	23.1	73.7	111.9	2,305	164 /573	28.6
3	126	0	237	363	69.7 (253)	22.9 (83)	92.6 (336)	16.3	78.2	5.5	21.3	73.8	110.1	2,379	209 /363	57.6
4	336	4	294	634	33.9 (215)	28.1 (178)	62.0 (393)	10.6	63.7	25.7	24.5	74.2	115.6	2,263	285 /634	45.0
5	105	1	131	237	65.4 (155)	20.7 (49)	86.1 (204)	12.2	75.9	11.8	22.9	73.4	111.4	2,338	101 /237	42.6
평균					52.4	28.1	80.5	13.0	73.3	13.7	22.8	73.9	111.2	2,304		43.1

겨울동안에 출하한 비육돈의 이상육 발생 현황과 도체품질을 보면, 일부 농가를

제외하고는 대부분 거세를 실시하여 사육, 출하하고 있는 것을 알 수 있다. A 등급 도체출현율이 평균 52.4%로 높게 나타났으며, A,B 등급을 합한 비율은 평균 80%를 넘었다. 도체 등지방 두께는 평균 22.8mm로 조사되었으며, 지육율과 평균 출하체중은 각각 73.9%와 111.2kg으로 조사되었다. 평균 지육단가는 2,304원으로 농장별로 큰 차이를 나타내지 않았으나, PSE 발생율을 보면 낮게는 28.6%에서 높게는 57.6%로 나타나 큰 차이를 보이고 있으며 평균 43.1%로 조사되었다.

여름철 출하 비육돈에 비하여 다소 낮은 PSE 발생율을 보이고는 있으나 평균 43.1%는 심각한 정도의 발생율이라 판단된다.

○ 분

지역	출하두수				도체등급			등지방두께				탕박지육율	평균출하체중	평균지육단가	PSE육	
	암	수	거세	계	A % _(두)	B % _(두)	A+B % _(두)	18mm 미만 %	18-28 mm %	29mm 이상 %	평균 mm	%	kg	원	발생두수	발생율 (%)
1	86	0	112	198	58.6 (116)	26.8 (53)	85.4 (169)	14.1	76.3	9.6	22.2	74.1	108.2	2,725	66 /198	33.3
2	59	0	50	109	49.5 (54)	38.5 (42)	88.0 (96)	19.3	74.3	6.4	21.0	73.9	111.2	2,734	43 /109	39.4
3	91	1	142	234	61.5 (144)	29.5 (69)	91.0 (213)	43.6	55.6	0.9	18.1	73.5	108.4	2,678	94 /234	40.2
4	115	0	127	242	56.6 (137)	28.5 (69)	85.1 (206)	24.8	68.2	7.0	20.6	74.3	112.7	2,718	62 /242	25.6
5	72	0	86	158	57.6 (91)	26.6 (42)	84.2 (133)	11.4	77.2	11.4	22.7	74.1	109.6	2,722	38 /158	24.1
평균					56.8	30.0	86.7	22.6	70.3	7.1	20.9	74.0	110.0	2,715		32.5

분예 출하한 비육돈의 이상육 발생과 도체품질 현황을 보면, A 등급 비율이 평균

56.8% 로 여름과 겨울의 A 등급 비율 보다 높게 나타났다. 도체 등지방 두께는 20.9mm로 조사되었고 탕박지육율은 74%, 평균 출하체중은 110kg인 것으로 조사되었다. 평균 지육단가는 최근 돈가의 가파른 상승의 영향으로 평균 2,715원으로 나타났다. 봄에 출하한 비육돈의 PSE 발생율은 평균 32.5%로서 농장에 따라 24.1%~40.2% 범위로 상당한 차이를 나타내고 있으나, 여름과 겨울 출하 비육돈의 PSE 발생율에 비해서는 낮은 것으로 조사되었다.

나. 비육돈사 환경상태

비육돈사 내부의 제반 환경조건 또한 비육돈의 증체와 출하 및 도체에 영향을 미친다.

○ 여름

	온도 (℃)	습도 (%)	풍속 (m/s)	암모니아 (ppm)	황화수소 (ppm)
07시	25.1	66.8	1.24	-	-
09시	27.8	67.2	1.68	-	-
11시	28.3	68.3	1.72	-	-
13시	29.6	66.9	1.86	-	-
15시	30.2	67.5	2.82	-	-
17시	29.9	67.4	1.66	-	-
19시	27.2	69.7	1.28	-	-
21시	25.3	71.6	0.67	-	-
23시	24.2	72.8	0.35	-	-
01시	24.6	75.1	0.54	-	-
03시	25.7	75.7	0.28	-	-
05시	25.8	71.0	0.66	-	-

	조도(lux)	소음(dB)	돈방크기 및 수용두수	두당바닥면적
09시	27.7	79.8	230×600cm, 14두	1.00m ²
12시	66.3	78.2		
15시	123.1	82.5		
18시~06시	-	75.8		

여름철 비육돈사 환경상태를 조사한 결과를 보면, 24시간 동안 모니터한 결과 최고온도 30.2℃, 최저온도 24.6℃로 상당히 높은 온도를 나타내었다. 상대습도는 6~70%대를 유지하는 것으로 조사되어 양호한 편이었다. 여름철이기 때문에 가능한 많은 량의 공기흐름을 유도하게 되고 그 결과 낮 시간동안에는 상당히 빠른 공기흐름을 나타내었다.

비육돈사 내부의 소음정도는 오후 3시 82.5dB로 돼지는 물론 관리자에 대한 소음이 상당한 정도로 영향을 미칠 것으로 예상되지만 야간에는 75.8dB로서 조용한 편은 아니나 소음으로 인한 스트레스는 주어지지 않을 것으로 판단된다.

돈방은 2.4m × 6.0m 돈방에 14두를 수용하여 비교적 적정 두수가 수용된 것으로 판단된다.

겨울철 비육돈사 내부 환경상태 조사결과를 보면, 온도는 14.1℃에서 20.9℃ 범위였으며, 온도로 인한 스트레스는 주어지지 않는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 상대습도는 50%대를 유지하는 것으로 나타나고 있어 낮은 습도로 인한 호흡기 질병과 같은 부작용이 우려되는 정도였다.

겨울철에는 돈사를 거의 밀폐하기 때문에 암모니아 농도가 상당히 높은 것으로 조사되었는데, 저녁 7시부터 9시에 이르는 시간대에 가장 높은 암모니아 농도를 나타내었다. 또한 황화수소도 0.1ppm 범위로 조사되었으며, 이산화탄소 농도는 밤 9시 경에 가장 높아서 3000ppm을 넘어서는 것으로 조사되었다. 겨울철 비육돈사 내부의 소음정도는 밤시간에는 74.3dB로 비교적 안정된 수준을 나타내고 있으나, 오전 9시경과 오후 3시경에는 80dB을 넘어서는 것으로 조사되었다.

○ 겨울

	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	암모니아 (ppm)	황화수소 (ppm)
07시	14.1	58.5	9.3	0.1	2198.2
09시	14.7	58.3	11.5	0.1	2224.3
11시	18.4	59.0	13.9	0.1	2380.5
13시	19.5	51.7	12.8	-	1951.2
15시	20.9	53.1	10.0	-	2079.0
17시	20.6	55.3	13.1	-	2746.3
19시	19.2	56.9	16.3	-	2914.5
21시	18.7	58.0	16.2	0.1	3025.6
23시	17.9	55.1	13.7	0.1	2689.8
01시	17.9	59.3	15.4	0.1	2953.5
03시	16.4	55.7	13.0	0.1	2435.5
05시	15.4	54.3	12.2	0.1	2320.8

	조도(lux)	소음(dB)	돈방크기 및 수용두수	두당바닥면적
09시	7.5	83.3	320×530cm, 20두	0.85m ²
12시	46.8	78.0		
15시	103.3	81.4		
18시~06시	-	74.3		

돈방 크기는 3.2m × 5.3m 크기였으며, 여기에 20두를 수용하여 두당 0.85m² 인 것으로 나타나 비교적 적당한 사육밀도인 것으로 판단된다.

○ 봄

	온도 (°C)	습도 (%)	암모니아 (ppm)	황화수소 (ppm)	이산화탄소 (ppm)
07시	20.2	73.3	9.8	0.23	1188.7
09시	25.5	54.3	18.9	0.35	1348.4
11시	28.6	43.3	20.7	0.31	1164.7
13시	29.9	38.0	19.9	0.34	1155.5
15시	26.3	72.3	8.5	0.22	1119.0
17시	21.1	73.5	8.5	0.26	1141.2
19시	20.1	74.6	7.5	0.24	1128.4
21시	19.4	76.4	8.2	0.27	1129.1
23시	18.9	76.6	9.3	0.31	1413.2
01시	18.2	80.7	10.1	0.28	1383.6
03시	17.0	81.5	9.0	0.30	1377.4
05시	16.8	84.6	9.2	0.23	1324.5

	조도(lux)	소음(dB)	돈방크기 및 수용두수	두당바닥면적
09시	21.5	81.5	230×600cm, 15두	0.92m ²
12시	55.3	78.8		
15시	112.8	83.2		
18시~06시	-	75.6		

봄 기간으로 분류한 4월 중순에서 5월중순 사이의 비육돈사 내부 환경상태를 조사한 결과를 보면, 온도는 16.8°C에서 29.9°C 사이로 최고온도는 여름과 비슷한 것으로 나타났으며 하루중 온도 차이가 큰 것으로 조사되었다.

상대습도는 하루 중 큰 차이를 나타내고 있는데, 낮 시간인 11시에서 오후 1시경에는 3, 40% 대를 나타내었으나 새벽시간대에는 80%대를 유지하는 것으로 나타나 대조적이었다.

돈사내 암모니아 농도는 돼지의 움직임이 많고 사료섭취와 분뇨배설이 상대적으로 집중되는 오전 시간대에 높게 나타났으며, 오후 및 저녁 시간대에 상대적으로 낮게 조사되었다.

황화수소는 겨울 보다 오히려 높은 수준인 것으로 조사되었으나 이산화탄소는 1,100에서 1,400ppm 범위로 겨울보다는 낮았다.

비육돈사내 소음은 다른 계절과 비슷한 수준이었으며, 돈방 크기는 2.3m × 6.0m 크기로 여기에 15두를 수용하여 두당 0.92m² 인 것으로 나타나 비교적 적정 사육밀도인 것으로 판단된다.

다. 비육돈 행동분석

비육돈의 행동은 자돈이나 육성돈에 비하여 움직임이 느리고 동작이 크며, 가장 많은 시간을 휴식과 수면에 할애하는 것으로 알려져 있으며, 자돈에 비하여 사회성 혹은 놀이 행동 빈도가 훨씬 적은 것으로 알려져 있다.

비육돈의 행동은 돼지가 느끼는 심리적 안정감 혹은 물리적 자극에 대한 반응으로 현재의 모든 외부 자극이 어떤 상태인가를 판단하는 기준으로 활용할 수 있다.

따라서 비육돈의 행동 특성을 생산성과 도체품질 및 이상육 발생과 연계하여 설명할 수 있을 것이다.

○ 출하직전 비육돈사내 비육돈의 행동패턴 분석(분)

농장 \ 행동형	누워있는 상태	서있는 상태	섭 취	공 격
1	48.46	4.20	6.75	0.04
2	47.25	4.84	7.29	0.11
3	48.94	3.37	6.93	0.08
4	43.55	6.62	8.90	0.12

낮 시간 동안의 각 행동형이 차지하는 시간을 분으로 표시한 출하직전 비육돈사내 비육돈의 행동 특성을 조사한 결과를 보면, 조사 농장 비육돈 행동이 큰 차이를 나타내지 않았으며, 주로 누워서 휴식을 취하는 것으로 조사되었다.

서 있는 상태에서도 휴식을 취한다고 보면 전체 시간의 절반 이상이 휴식을 취하는데 소요되는 것을 알 수 있다.

○ 비육돈사내 비육돈의 각 행동유형별 빈도(%)

농장 \ 행동형	휴 식	섭 취	공 격	사회성	놀 이
1	50.6	21.4	5.2	4.2	3.3
2	49.7	22.3	5.7	4.3	3.4
3	48.7	23.1	5.9	2.6	2.7
4	51.2	21.3	5.6	5.0	4.0

행동형을 세분하여 오전 10~11시 사이 1시간 동안 조사하한 총 행동형의 발현수에 대한 각 행동형의 빈도를 조사한 결과를 보면, 조사를 실시한 각 농장이 거의 비슷한 행동특성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 거의 절반 정도의 비율이 휴식하는 것으로 나타났고, 사료 혹은 물을 섭취하는 행동은 1/4~1/5 정도였으며, 사회성 행동과 놀이 행동을 합하면 공격행동 보다 약간 높은 빈도를 나타내는 것으로 조사되었다. 섭취행동에 소요되는 시간은 많지 않으나 횟수는 많다는 것을 알 수 있다.

출하하여 도축장으로 수송하는 과정에 차량위에서 나타내는 비육돈의 행동특성은 적정 수송과 그에 따른 스트레스 및 이상육 발생과 연계되어 있으며, 적정 수송을 위한 여러 가지 기준을 설정하는데 활용될 수 있다.

수송시간이 90분 소요되는 농장을 대상으로 90분간 차량위에서 나타내는 행동특성을 분석해 보면 출발시에는 계절에 관계없이 거의 모든 비육돈이 서 있는 상태이며, 시간이 경과할수록 앉거나 눕는 비율이 증가된다.

○ 수송 중 수송차량내의 행동 특성

계 절 · 수송시간		누워있는 상태(%)	서 있는 상태(%)	앉아 있는 상태(%)
여 름	출 발 시	10.7	71.4	17.9
	30분 경과후	32.1	42.9	25.0
	60분 경과후	46.4	21.5	32.1
	90분 경과후	53.6	14.3	25.0
겨 울	출 발 시	3.6	92.8	3.6
	30분 경과후	14.3	67.8	17.9
	60분 경과후	25.0	53.6	21.4
	90분 경과후	28.6	53.7	17.9
봄	출 발 시	7.1	82.2	10.7
	30분 경과후	14.2	68.0	17.8
	60분 경과후	28.6	46.4	25.0
	90분 경과후	46.4	32.1	21.5

여름철에는 출발시에는 10.7%가 누워 있었으나 수송 90분 경과후에는 절반 이상이 누워 있었고 반대로 서 있는 왜지가 수송시간이 경과할수록 주로 높게 되는 것으로 조사되었다.

겨울철 수송은 출발시 누워 있는 비율은 여름 보다 더욱 낮아 불과 3.6%에 그쳤으며, 90분간 경과후에도 28.6%에 불과하였다. 대신에 겨울철에는 90분 경과후에 서 있는 비율이 53.7%에 달하였다.

봄철 수송은 여름과 겨울의 중간형태를 나타내고 있으나 여름철 수송시 행동특성에 가까웠다.

전체적으로 수송차량이 출발시 누워 있거나 앉아 있는 비율이 여름이 가장 높고 다음이 봄, 겨울 순이었고, 반대로 서 있는 비율은 겨울이 가장 높았으며 봄, 여름 순이었다.

라. 출하, 수송 및 계류 실태

<출하>

농장	출하두수	소요시간	소요인력	출하시설		출하시 소음
				물이판 사용	출하통로	
1	28두	30분	2인	×	×	87.8 dB
2	28두	26분	2인	×	×	84.3 dB
3	38두	28분	3인	×	×	87.7 dB
4	38두	22분	3인	×	○	89.1 dB
5	28두	31분	2인	×	○	82.2 dB

임의로 선정된 5개 지역 농장에 대한 출하실태를 조사한 결과를 보면, 1회 출하 두수는 28두~38두 였으며, 출하에 소요되는 시간은 짧게는 22분, 길게는 38분이 소요 되는 것으로 조사되었는데, 출하취급은 출하를 위한 출하통로와 비육돈사와의 거리, 물이판 사용 등과 관련되어 있다.

출하에 소요되는 인력은 두 사람 혹은 세 사람이었으며, 조사한 5개 농장에서는 물이판을 사용하지 않는 것으로 조사되었으며, 출하를 위한 통로는 2개 농장에서 설치 운영하고 있는 것으로 나타났다. 또한 출하시 소음은 출하 당시 비육돈의 복지상태를 평가하는 기준으로 이용되기도 하는데, 5개 농장에서 조사된 출하소음은 89.1dB 에서 82.2dB 번위로 상당한 차이를 나타내었다. 전반적으로 출하시에는 소음이 상당히 심한 것으로 조사되었다.

농장에서 출하후 도축장으로 수송하는 과정에 대한 조사결과를 보면, 농장에서 도축장까지의 거리가 지역에 따라 68.5km에서 204.5km로 큰 차이를 나타내고 있으며, 수송시간 또한 75분에서 205분까지 차이를 보였다. 그러나 수송거리와 수송시간이 출하돈에 심각한 스트레스를 줄만큼 멀거나 오랜 시간이 소요되는 것은 아닌 것으로 판단된다.

<수송>

지역	수송거리	소요시간	수송차량	두당바닥 점유면적	운전자
1	97.5km	115분	3.5톤, 210×460cm	0.35m ²	출하전용, 조심운행
2	89.5km	105분	3.5톤, 210×460cm	0.35m ²	출하전용, 조심운행
3	204.5km	205분	5톤, 220×630cm	0.37m ²	출하전용, 조심운행
4	123.5km	130분	5톤, 220×630cm	0.37m ²	출하전용, 조심운행
5	68.5km	75분	3.5톤, 210×460cm	0.35m ²	출하전용, 조심운행

출하차량은 주로 3.5톤 혹은 5톤 차량을 이용하고 있으며, 수송밀도는 비슷한 것으로 조사되었다. 본 조사가 사육규모가 평균 이상이고 출하돈 전량을 대형 도축장으로 출하하는 농장들이었기 때문에 양돈장 전체를 대변한다고 보기에 다소 무리가 있을 수 있으나 비교적 지금까지 알려진 기준들을 잘 지키고 있는 것으로 조사되었다.

출하차량 운전자 면담을 통한 수송시 생각은 대체로 건전하며, 조심하여 운전하기 위하여 노력하는 것으로 조사되었으나, 시간이 쫓기거나 도로가 정체될 경우에는 다소 무리한 운전, 즉 출하돈에 스트레스가 주어질 수 있는 여건이 되는 것으로 조사되었다.

마. 스트레스 측정을 위한 혈액분석

비육, 출하, 수송 및 계류과정에 주어지는 심리적인 스트레스 측정 지표로서 cortisol을, 물리적 스트레스 상태를 나타내는 척도로서 creatine phosphokinase(CPK)를 분석하였다.

Cortisol 농도는 출하전 안정된 상태와 비교하여 상차후 즉 출하취급이 끝난 직후에 급격하게 상승하였다가 수송과정에서 상당히 안정되는 패턴을 보이며 계류장에 도착하여 3시간 경과후에는 출하전과 비슷한 상태로 회복되는 것으로 조사되었다.

<Cortisol($\mu\text{g}/\ell$)>

계절 \ 취 급	출하전	상차후	수송후	계류후
여름	5.5	15.8	6.7	5.6
겨울	6.2	18.5	7.6	5.8
봄	4.9	16.2	7.4	5.3

계절에 따라서는 겨울이 전반적으로 높았으며, 그 다음은 여름, 봄 순으로 나타나 출하 및 수송취급에 대해서는 높은 온도 보다는 낮은 온도에서 심리적으로 불편함을 알 수 있다.

CPK 치 또한 cortisol 농도와 비슷한 경향을 보여주고 있는데, 겨울이 전반적으로 높은 수준을 나타내고, 다음이 봄, 여름 순이었으며 비육돈사 내에서 출하하여 수송차량에 상차한 직후 급격한 상승을 보여 출하취급시 상당한 물리적 스트레스가 주어지는 것으로 판단된다.

< Total CPK(IU/ ℓ)>

계절 \ 취 급	출하전	상차후	수송후	계류후
여름	688.3	2,015.3	855.5	644.1
겨울	947.2	2,166.0	908.3	751.3
봄	759.8	2,026.7	861.7	690.4

수송중에는 상당한 회복을 보이다가 계류장에 도착하여 3시간 경과후에는 출하전 비육돈사 내에서의 수준으로 안정되는 것으로 조사되었다.

제 2 절 비육돈 취급 스트레스 감소를 위한 출하·수송 기술 개발

1. 연구개발 내용 및 방법

가. PSS genotype 분석

PSS 유전자형과 취급 스트레스 수준에 따른 출하돈의 이상육(PSE 돈육) 발생을 조사하기 위하여 공시 비육돈의 스트레스 유전자를 분석하였다.

비육돈 200두를 대상으로 체중 70kg 정도일 때 PSS 유전자 분석을 실시하였으며, 돼지 PSS 유전자 분석 체계는 다음과 같다(Fujii 등, 1991; 박 등, 1997).

1) DNA 분석

혈액준비 → 백혈구 분리 → DNA 분리(PBS와 혼합, 원심분리, Extration Sol, 배양, P K Stock Sol, Phenol 처리, 원심분리, 정치, 원심분리, DNA 세정, DNA 건조, DNA 용해, 보관)

2) PCR 증폭

Primer 선택 → 유전자 증폭 → Agarose gel 제조 → 겔 DNA loading → DNA 증폭확인

3) 제한효소 처리

PAGE gel 제조 → 제한효소 제조

4) 전기영동

PAGE gel 겔 염색 → DNA밴드확인

나. PSS 정상돈의 취급 스트레스가 도체품질과 이상육 발생에 미치는 영향

PSS 유전자형이 정상(PSS genotype normal, NN)인 비육돈에 대한 출하, 수송 및 도축직전의 취급 스트레스 정도가 도체품질과 이상육 발생 및 출하돈의 스트레스에 미치는 영향을 조사하였다.

1) 공시동물

체중 70kg 전후의 비육돈(Landrace, Yorkshire 순종 혹은 이들의 F₁ 교잡종)을

대상으로 PSS 유전자 검사를 실시하여 PSS 정상돈 122두를 공시하였다.

2) 취급 스트레스

출하취급을 High stress와 Low stress로 하여 비교하였는데, High stress는 출하, 수송 및 계류 등 도축직전의 전 과정 동안 전기봉을 사용하고, 거칠게 취급하였고 Low stress는 출하, 수송 및 계류 등 도축직전의 전과정 동안 가능한 부드럽게 취급 하였으며, 전기봉은 일절 사용하지 않았다. 또한 출하시 돈방을 출발하여 상차하는 과정에 무리의 크기를 5~6두로 하고, 물이관 및 출하돈의 시야차단을 위한 보조도구를 사용하여 취급 스트레스가 최소화 되도록 하였다.

도체품질은 출하체중, 도체중, 탕박지육율, 도체등지방, A등급 및 A,B등급 비율을 통하여, 육질은 pH, 육색(L, a, b 값), Drip loss, PSE 발생율을 통하여 조사하였으며, 혈액분석을 통한 스트레스 정도 및 건강상태를 비교하였다.

다. 출하전 절식이 도체품질과 이상육 발생에 미치는 영향

출하전 절식이 출하돈의 스트레스, 도체품질 및 이상육 발생에 미치는 영향을 조사하였다. 출하전 절식 시간은 0시간, 12시간 및 24시간으로 구분하였다.

1) 공시동물

체중 110kg 전후의 비육돈(Landrace, Yorkshire 순종 혹은 이들의 F₁ 교잡종)을 122두 공시하였다.

2) 출하전 절식

출하 예정시간 24 시간 전, 12 시간 전 및 출하시까지 사료를 공급하는 무절식 구로 나누어 정해진 시간에 사료공급을 중단하였고 물은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

조사내용은 다음과 같다.

출하체중, 도체중, 탕박지육율, 도체등지방, A등급 및 A,B등급 비율, pH, 육색(L, a, b 값), Drip loss, PSE 발생율, 혈액분석

라. 출하차량 형태에 따른 도체품질 및 이상육 발생

출하차량 형태가 출하돈의 스트레스, 도체품질 및 이상육 발생에 미치는 영향을

조사하였다.

1) 공시동물

체중 110kg 전후의 비육돈(Landrace, Yorkshire 순종 혹은 이들의 F₁ 교잡종)을 122두 공시하였다.

2) 출하차량 형태

출하차량을 5톤 장축으로 선정하고 1회 수송시 36두를 적재하였으며, 차량형태는 박스형태의 차량과 일반적인 개방형 차량으로 비교하였다.

조사내용은 다음과 같다.

출하체중, 도체중, 탕박지육율, 도체등지방, A등급 및 A,B등급 비율, pH, 육색(L, a, b 값), Drip loss, PSE 발생율, 혈액분석

마. 수송밀도와 수송시간이 도체품질, 스트레스 및 돼지행동에 미치는 영향

수송시 차량에 따른 적재 두수, 수송시간(거리)가 출하돈의 스트레스, 도체품질, 이상육 발생 및 수송중 돼지행동에 미치는 영향을 조사하였다.

1) 공시동물

체중 110kg 전후의 비육돈 204두 공시하였다.

2) 수송밀도 설정

EC 권장치를 참고하고 현재 국내 양돈현장에서 시행중인 수송밀도를 감안하여 적정 밀도를 설정하기 위하여 0.42m²/100kg, 0.39m²/100kg, 0.35m²/100kg을 기준으로 설정하여 비교하였다. 또한 수송시간(거리)은 국내 여건을 감안하여 1시간과 3시간으로 구분하였는데, 농장과 도축장의 거리가 대부분 1시간 전후인 점을 감안하고 장거리 수송이라 할 수 있는 3시간 수송과 비교하였다.

조사내용은 다음과 같다.

- 도체품질 : 도체중, 탕박지육율, 도체등지방, A등급 및 A,B등급 비율
- 육질 : pH, 육색(L, a, b 값), Drip loss, 보수성, PSE 발생율
- 혈액분석을 통한 스트레스 정도 및 건강상태 비교
- 수송중 차량내에서의 돼지 행동패턴

2. 연구개발 결과

가. PSS genotype 분석

PSS 유전자형과 취급 스트레스 수준에 따른 출하돈의 이상육(PSE 돈육) 발생을 조사하기 위하여 공시 비육돈 200두를 대상으로 체중 70kg 정도일 때 PSS 유전자 분석을 실시하였다.

분석결과는 다음과 같다.

유전자형과 출하 취급이 도체품질과 출하돈 스트레스에 미치는 영향을 조사하기 위하여 분석한 비육돈 200두에 대한 PSS 유전자 분석 결과는 200두 모두 PSS genotype normal(NN)로 나타났다.

나. PSS 정상돈의 취급 스트레스가 도체품질과 이상육 발생에 미치는 영향

PSS 유전자형이 정상(PSS genotype normal, NN)인 비육돈에 대한 출하, 수송 및 도축직전의 취급 스트레스 정도가 도체품질과 이상육 발생 및 출하돈의 스트레스에 미치는 영향을 조사하였다. 시험결과는 다음과 같다.

Table 1. Effects of handling stress on carcass quality

Handling stress	Market weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing (%)	Backfat (mm)	A grade (%)	A+B grade (%)
High	111.5	85.6	76.8	22.2	42.6	88.5
Low	115.1	87.9	76.4	20.6	41.0	65.6

취급 스트레스만 달리한 경우를 비교해 보면 출하체중, 도체중, 지육율, 도체등지방 두께, A 등급비율 및 A,B 등급비율이 차이를 나타내지 않았다. 그러나 PSE 발생율은 저 스트레스군이 27.9%인 반면 고 스트레스군이 29.5%로 약간 높게 나타났다. 도체 pH 또한 약간 차이를 보였는데, 저 스트레스군이 약간 낮았다. 출하취급시 스트레스의 강약에 따른 육색의 변화는 크지 않았으나 고 스트레스군이 L값, a값 및 b값 모두 높았다.

Table 2. Effects of handling stress on PSE incidence and pork quality

Handling stress	PSE incidence (%)	pH	Color			Drip loss
			L*	a*	b*	
High	29.5	5.66	52.38	11.49	6.30	1.30
Low	27.9	5.84	47.88	10.19	5.03	1.25

Drip loss는 고 스트레스군이 1.30, 저 스트레스군이 1.25로 수치상으로는 차이를 인정할 수 없으나 전반적으로 스트레스가 많이 주어지면 육질이 떨어지는 경향을 보여주고 있다.

Table 3. Effects of handling stress on blood profile

Handling stress	Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	CPK (IU/ ℓ)	Glucose (mg/dl)	Lactate (mg/dl)	Total serum protein (g/ ℓ)
High	8.74	7.44	111.8	155.2	73.4
Low	7.37	7.56	119.3	136.1	74.6

출하시 취급 스트레스가 도축 방혈시 채취한 혈액성상에 미치는 영향을 보면, cortisol, CPK, glucose, lactate, total serum protein 모두 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

다. 출하전 절식이 도체품질과 이상육 발생에 미치는 영향

출하전 절식이 출하돈의 스트레스, 도체품질 및 이상육 발생에 미치는 영향을 조사하였다. 출하전 절식 시간은 0시간, 12시간 및 24시간으로 구분하였다.

시험결과는 다음과 같다.

출하전 절식은 도체중, 지육율, 도체등지방에 영향을 미치고 도체등급에도 영향을 미치게 된다. 지육율은 출하전 절식을 시키지 않은 경우에 평균 75.7%를 나타내었으

나, 출하전 절식 12시간의 경우 77.5%로 다소 증가하였고, 출하전 절식 24시간의 경우에는 76.5%로 절식하지 않은 경우보다는 높았으나 12시간 절식에 비해서는 낮았다.

Table 4. Effects of pre-slaughter feed withdrawal time on carcass quality

Feed withdrawal (hour)	Market weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing (%)	Backfat (mm)	A grade (%)	A+B grade (%)
0	114.2	86.4	75.7	22.4	45.9	70.3
12	110.7	85.8	77.5	21.0	29.3	78.0
24	114.9	87.9	76.5	21.0	52.3	81.8

그러나 도체등지방은 절식하지 않은 경우 22.4mm였으나 12시간 및 24시간 절식은 21mm로 약간 낮아졌다. 도체 A등급 비율은 절식 24시간의 경우가 52.4%로 가장 높게 나타났으며, A,B등급을 합한 비율은 절식하지 않은 경우 70.3%에 비하여 12시간 절식 78%, 24시간 절식 81.8%로 절식이 도체등급을 개선하는 것으로 나타났다.

출하전 절식은 PSE 발생율을 감소시키는데 뚜렷한 효과가 있는 것으로 조사되었다. 절식하지 않은 경우 38.5%의 PSE 발생율을 보였으나, 12시간 절식으로 34.1%로 줄어들었으며, 24시간 절식의 경우에는 25%로 직선적인 감소현상을 나타내었다. 그러나 도체 pH에는 출하전 절식이 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

Table 5. Effects of pre-slaughter feed withdrawal time on PSE incidence and pork quality

Feed withdrawal (hour)	PSE incidence (%)	pH	Color			Drip loss
			L*	a*	b*	
0	38.5	5.75	53.14	10.23	5.80	1.51
12	34.1	5.60	52.19	12.28	6.05	1.19
24	25.0	5.83	50.60	10.04	4.66	1.24

출하전 절식이 육질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 조사한 육색 측정 결과를 보면 L값은 출하전 절식으로 낮아졌으며, a값과 b값은 출하전 12시간 절식의 경우에 가장 높게 나타났으나, 24시간 절식의 경우에는 가장 낮은 값을 나타내었다. Drip loss는 절식하지 않은 경우 1.51이였으나, 12시간 절식으로 1.19, 24시간 절식은 1.24로 개선되는 경향을 나타내었다.

Table 6. Effects of pre-slaughter feed withdrawal time on blood profile

Feed withdrawal (hour)	Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	CPK (IU/ℓ)	Glucose (mg/dl)	Lactate (mg/dl)	Total serum protein (g/ℓ)
0	8.13	8.25	127.7	123.1	75.2
12	7.69	7.54	134.6	143.7	77.8
24	8.82	8.12	142.2	140.9	79.5

출하전 절식시간에 따른 혈액성상 변화를 보면, cortisol, CPK, glucose, lactate, total serum protein 모두 어떤 일정한 경향을 찾을 수는 없으나, 통계분석이 이루어지지 않은 상태이기 때문에 통계분석을 통하여 개별 요인의 효과를 규명할 예정이다.

라. 출하차량 형태에 따른 도체품질 및 이상육 발생

출하차량 형태가 출하돈의 스트레스, 도체품질 및 이상육 발생에 미치는 영향을 조사하였다. 시험결과는 다음과 같다.

Table 7. Effects of transportation truck type on carcass quality

Truck type	Market weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing (%)	Backfat (mm)	A grade (%)	A+B grade (%)
Box	115.0	89.5	77.5	22.9	39.3	51.8
Open	111.8	84.4	75.5	20.1	45.5	83.3

출하차량을 밀폐형과 일반적인 개방형으로 비교를 하였는데, 박스타입의 경우 지육율이 77.5%로 일반형의 75.5%에 비하여 2% 높게 나타났다. 도체 등지방 두께는 박스타입이 22.9mm, 개방형이 20.1mm로 약간의 차이를 보였다. 출하차량에 따른 도체 등급 변화는 일정한 경향을 나타내지 않았다.

Table 8. Effects of transportation truck type on PSE incidence and pork quality

Truck type	PSE incidence (%)	pH	Color			Drip loss
			L*	a*	b*	
Box	37.5	5.83	50.35	11.12	5.66	1.27
Open	21.2	5.71	53.50	11.16	5.56	1.37

PSE 발생율은 박스타입이 37.5%로 높게 나타났으나, pH, 육색 및 Drip loss는 차량에 의한 차이는 없었다.

Table 9. Effects of transportation truck type on blood profile

Truck type	Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	CPK (IU/ ℓ)	Glucose (mg/dl)	Lactate (mg/dl)	Total serum protein (g/ ℓ)
Box	7.34	8.53	125.6	162.4	84.1
Open	8.22	7.97	119.7	149.6	78.3

출하차량에 따른 도축 방혈시 채취한 혈액성상 변화를 보면, cortisol, CPK, glucose, lactate, total serum protein 모두 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

마. 수송밀도와 수송시간이 출하돈 스트레스, 폐지행동, 도체품질 및 이상육 발생에 미치는 영향

1) 포도당(Glucose)

혈장 Glucose 농도는 수송밀도의 영향이 인정되었다($P < 0.05$). High-density($0.34 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), Medium-density($0.38 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) 및 Low-density($0.42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) 수송밀도 ($64.0, 66.8$ & 60.6 mg/dL ; Pooled SE=1.7) 중에서 Low-density구가 Medium-density 구보다 낮은 수치를 보였다. 포도당 농도는 수송시간의 영향은 없었으나($P > 0.05$), 채혈시점에 따라 크게 변화하였다($P < 0.01$). 시점이 경과함에 따라 상처 전, 상처 후는 높아졌다가 하차 후 및 계류 후 (농도; $61, 70, 64, 61 \text{ mg/dL}$; Pooled SE=1.98)는 낮아지는 경향을 보였다.

수송밀도×수송시간 간의 상호작용이 있었는데($P < 0.05$), 포도당 농도는 Medium-density 일 때는 1시간 수송보다 3시간(61.4 vs 72.2 mg/dL SE=2.4) 수송 때가 더 높았으나, Low-density(61.7 vs 59.5 mg/dL , SE=2.4)와 High-density(64.9 vs 63.1 mg/dL , SE=2.4)에서는 수송시간 간의 영향이 없었다.

이러한 결과는 수송밀도에 따른 혈액 내 glucose의 농도의 차이가 없다고 한 Lambooy 등(1985)의 결과와 상반되나, Warriss와 Brown(1985)은 돼지들 간의 상호마찰에 의한 타박상으로 혈액 내 glucose의 농도를 상승시키는 작용을 한다는 보고하였고, Warriss 등(1998)은 수송밀도에 따라 glucose의 농도에 영향을 미친다고 보고하여 본 실험과 일치하는 결과였다.

2) Creatine kinase(CK)

혈장의 CK농도는 수송밀도의 영향은 없었으나($P > 0.05$), 수송시간 간에는 차이가 컸다(1시간 수송 대 3시간 수송; CK 농도는 597 대 1069 UI/L , Pooled SE=59.7; $P < 0.01$). 또한 CK농도는 채혈 시점에 따라서도 CK는 변화하였다. 상처 전, 상처 후, 하차 후 그리고 계류 후의 CK 농도는 $469, 1198, 1044$ 그리고 620 UI/L (Pooled SE=84.5)로서 상처 후와 계류 후 수치가 유의적인 차이를 나타냈으므로($P < 0.01$) 수송 중 CK 수치가 점점 낮아졌음을 알 수 있다.

CK 농도는 수송밀도 × 수송시간의 상호작용이 있었는데($P < 0.01$), High-density 수송 시와 Medium-density에서는 3시간 수송했을 때가 1시간 수송했을 때 보다 수치가 높았으나(High-density 수송 시 464 대 1289 UI/L 와 715 대 Medium-density 수송 시 1.289 UI/L , Pooled SE=104; $P < 0.01$), Low-density 수송 시에는 3시간 수송했을 때(612 UI/L)와 1시간 수송 때(766 UI/L) 간에 수치상의 차이는 없었다.

Table 10. Effects of loading density and transit time of market pigs on plasma concentrations of glucose, creatine-kinase and lactate dehydrogenase

Item	High Density ^a		Medium Density ^a		Low Density ^a		Pooled SE	P value ^{*,**}
	1h ^b	3h ^b	1h	3h	1h	3h		
<u>Glucose (mg/dL)</u>								
before loading ^c	58.00	50.00	57.80	73.20	66.00	58.60		
after loading ^c	77.20	66.20	67.40	74.00	63.00	70.60	4.83	Density ^{**}
after unloading ^c	65.00	69.20	62.80	69.60	60.40	55.40		
after lairage ^c	59.20	66.80	57.40	71.80	57.40	53.20		
<u>Creatine Kinase(U/L)</u>								
before loading	352.4	686.8	371.2	664.6	375.6	362.8		Transit ^{**}
after loading	655.2	2000	875.6	1303.0	756.2	1600.4	207.0	Density
after unloading	476.4	1652.4	1072.2	1499.8	834.4	730.4		×Transit ^{**}
after lairage	370.6	818.2	542.2	1134.8	482.6	372.2		
<u>Lactate dehydrognase(UI/L)</u>								
before loading	146.0	261.4	160.8	447.2	241.8	197.6		Density ^{**} , Transit ^{**}
after loading	475.2	639.4	484.8	364.2	200.8	362.4	60.05	Density ×Transit ^{**}
after unloading	189.0	385.4	341.2	454.6	357.6	188.2		Density×Point [*] , Density×Transit
after lairage	148.6	350.0	148.4	389.4	200.8	151.6		×Point ^{**}

^aHigh, medium and low densities were 0.34, 0.38 and 0.42m²/100kg body weight, respectively.

^bRefers to the transit time.

^cRefers to the blood sampling point.

*P<0.05; **P<0.01.

CK 농도는 또한 수송시간 × 채혈시점 간의 상호작용이 있었는데($P < 0.05$), 3시간 수송했을 때 CK 농도는 수송 중 감소하였고(상차 후 대 하차 후 CK 농도; 1634 대 1.294 UI/L; Pooled SE=120; $P < 0.01$), 1시간 수송일 때는 수송 중 CK 농도가 증가하였다(상차 후 대 하차 후 CK 농도; 762 대 794 UI/L; $P = 0.85$).

이와 같은 결과는 Warriss 등(1998a)이 수송밀도에 따라 CK의 농도에 영향을 미친다고 하는 보고와 상반되나, Warriss 등(1998b)은 수송거리가 짧은(<10km) 것 보다 긴 수송거리(>120km)가 CK의 농도를 상승시킨다고 하여 수송 중 받는 물리적 스트레스가 CK의 농도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. Lee 등(2001)은 상차 후 CK의 농도가 상승했다가 계류 3시간 후 다시 상차 전의 수준으로 감소하였다고 한 보고와 비슷한 경향을 보였다. Low-density에서 1시간과 3시간 수송시 수송밀도와 수송시간의 상호작용에서 영향을 가장 적게 받은 것은 수송시간보다 밀도에 따라 수송 중 받는 물리적 스트레스의 차이가 큰 것을 알 수 있으며, 수송 중 적당한 공간을 줌으로써 CK의 농도를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

3) Lactate dehydrogenase(LDH)

혈장의 Lactate dehydrogenase(LDH) 농도(Table 4)는 High-density 수송밀도 일 때(324 UI/L)와 Medium-density 수송밀도 일 때(348 UI/L)가 Low-density 수송밀도 일 때(238 UI/L; Pooled SE=21)보다 높았다($P < 0.01$). 수송시간에서도 1시간과 3시간(257 대 349 UI/L, Pooled SE=17) 수송간에는 혈장 내 LDH 농도상 높은 유의성을 보였다($P < 0.01$). LDH 농도는 또한 상차 후 증가하였다가 점점 줄어들었다($P < 0.01$). 상차 전, 상차 후, 하차 후 그리고 계류 후 LDH 농도는 242, 421, 319 그리고 231 UI/L(Pooled SE=24.5)로서 하차 후 농도는 상차 후 농도보다 낮았다($P < 0.01$). 즉 이러한 결과는 수송 중과 계류 중 LDH농도가 감소하였음을 시사한다.

수송밀도 × 수송시간과의 상호작용에 의해서도 LDH농도는 변화하였다($P < 0.01$). LDH 혈중 농도는 High-density 수송 시와 Medium-density 수송시에는 3시간 수송했을 때가 1시간 수송했을 때의 수치보다 높았으나(High-density 수송 시: 240 대 409, Medium-density 수송 시: 284 대 414 UI/L, Pooled SE=30), Low-density 수송시에는 1시간 수송구와 3시간 수송구간 차이가 없었다(250 대 224 UI/L).

LDH 농도는 또한 수송밀도 × 채혈시점 상호작용에 의해서도 변화하였다($P < 0.05$).

Low-density 수송 시에는 LDH 농도가 채혈시점 간 차이가 없었으나(219, 281, 276, 176 UI/L; Pooled SE=42), Medium-density 일 때는 상차후(424 UI/L) 수치가 상승하였다가 수송후와 계류 후 농도가(398, 268 UI/L) 수송전(304 UI/L) 농도로 감소하였다 ($P<0.05$). High-density에서도 Medium-density일 때와 비슷한 경향을 보였다.

LDH 농도는 수송밀도 \times 수송시간 \times 채혈시점 3자간의 상호작용이 관찰되었는데 상호작용을 모두 열거 할 수는 없으나 다음의 상호작용이 주목할 만 하였다. High-density 일 때는 수송시간에 관계없이 상차 후 LDH농도가 두드러졌고, Medium-density 수송 시에는 1시간 수송시만 상차 후 수치가 상승하였다가 점점 낮아지는 경향을 보였고($P<0.05$), Low-density 수송 시에는 3시간 수송했을 때만 상차 후 LDH 농도가 올라갔고 하차 후와 계류 후는 점점 낮아졌으며, 1시간 수송했을 때는 LDH 수치가 변하지 않았다.

이와 같은 결과는 Martoccia 등(1995)이 보고한 180 km 수송과 650 km 수송시 650km 수송에서 LDH 농도가 현저하게 높았다는 것과 유사하며, Barton Gade와 Christensen(1998), Warriss 등(1998a)이 보고한 수송밀도에서는 LDH의 농도에 영향이 없었다고 하였고, Warriss 등(1998b)이 보고한 수송시간의 LDH농도는 짧은 수송거리(>10 km)가 긴 수송거리(<120 km) 보다 높게 나타났다고 보고하여 본 실험과 차이를 보였다. 그러나 Perez 등(2002)은 15분 수송시와 3시간 수송시 LDH 농도가 3시간 수송시에 현저하게 높았다고 하였다. 이는 수송밀도나 수송시간외의 다른 환경인자, 즉 온도나 계절, 수송차량의 상태, 운전기사, 계류장의 환경 등 많은 요인들에 따라 선행 연구자들 간에도 서로 다른 결과가 나타나는 것으로 사료된다.

4) pH

수송밀도와 수송시간이 배최장근(등심)의 pH에 미치는 영향은 Table 11에 나타내었다. 도축 후 2시간 지난 후 pH(pH₂)는 수송밀도와는 상관없이 수송시간에서 높은 유의적인 차이($P<0.01$)를 보였다(1시간 수송 대 3시간 수송: 6.23 대 6.06, Pooled SE=0.03).

도축 후 24시간 지난 후 pH(pH₂₄)는 수송밀도($P<0.01$) 및 수송밀도 \times 수송시간의 상호작용($P<0.05$)의 영향을 미쳤으나 이들의 영향은 단지 통계적인 영향을 미쳤을 뿐 모든 실험구는 정상육의 수치를 나타냈다.

Table 11. Effects of loading density and transit time of market pigs on physicochemical characteristics of the carcass

Item	High Density ^a		Medium Density ^a		Low Density ^a		Pooled SE	P value ^{*, **}
	1h ^b	3h ^b	1h	3h	1h	3h		
pH at 2h ^c	6.25 ±0.05	5.99 ±0.05	6.22 ±0.06	6.14 ±0.060	6.21 ±0.044	6.06 ±0.044		Transit ^{**}
pH at 24h ^d	5.46	5.56	5.50	5.33	5.68	5.57	0.04	Density ^{**} , Density × Transit [*]
Meat Color ^d								
CIE L [*]	54.5	49.5	52.2	55.8	51.6	54.4	0.9	Density × Transit ^{**}
CIE a [*]	8.58	6.96	8.72	10.12	8.29	8.86	0.74	
CIE b [*]	4.61	3.15	3.90	5.58	4.05	4.64	0.34	Density × Transit ^{**}
WHC ^{de} (%)	80.12	89.22	87.17	97.15	80.29	83.14	2.99	Density [*] , Tr ansit [*]
Drip loss ^c (%)	7.8	4.3	2.7	9.2	3.7	9.7	2.6	

^aHigh, medium and low densities were 0.34, 0.38 and 0.42m²/100kg body weight. respectively.

^bTransit time.

^cData are means ± SE of 14 to 26 observations.

^dData are means of 3 observations.

^eWHC, water holding capacity.

*P<0.05; **P<0.01.

이러한 결과는 Scheper(1971)이 보고한 수송 거리가 증가 하였을 때 최종 pH도 높게 증가하다고 한 것과 상반되는 결과를 보였으며, Warriss, Dudley, 그리고 Brown(1983)은 최종 근육 pH에 수송시간이 미치는 영향이 적다고 하였고, 수송밀도 또한 Lambooy와 Engel(1991)는 수송밀도가 증가함에 따라 pH24도 증가한다고 보고한 것과 다른 경향을 보였다.

Garcia-Belenguer(2002)등은 약 15분간 수송된 돼지가 24시간 후 LT근육내 pH가 현저하게 낮은 것을 보여주고 약 3시간 수송된 돼지와 비교해서 Semimembranosus muscle(SM)의 24시간 후 pH 값도 낮은 경향을 보였다고 하였다. 이와 같이 연구자들 간의 차이는 수송밀도와 수송시간이 돈육에 미치는 영향보다 사육농가의 사육환경이나 기후, 유전적 요인, 수송여건 즉 온도, 도로사정, 운전자의 운전습관 등 다른 요인들이 영향을 미치는 것으로 사료된다.

5) 육색

배최장근의 명도(L*값; Table 5)는 High-density 수송시에는 1시간 수송구가 3시간 수송구 보다 높았으나(54.5 대 49.5, Pooled SE=0.9; P<0.01), Medium-density 및 Low-density 수송시에는 두 수송시간 간에 차이가 없었다(Medium-density: 52.3 대 55.9; Low-density: 51.6 대 54.5).

적색도(b*값)는 수송 밀도와 수송시간의 영향을 받지 않았다. 수송밀도×수송시간 간의 상호작용이 컸다(P<0.01). High-density 수송일 때는 1시간 수송시간 구가 3시간 수송시간 구보다 돼지보다 b*값이 컸으나(4.61 대 3.15, Pooled SE=0.34; P<0.05), Medium-density 수송 시에는 반대로 3시간 수송시간 구가 1시간 수송시간 구보다 b*값이 컸고(3.9 대 5.31; P<0.01), Low-density 수송 시에는 두 수송기간 간 차이가 없었다(4.06 대 4.64; P<0.25).

이 같은 결과는 Nanni Costa 등(1999)이 보고한 돈육의 명도(L*)는 생산농장 간에 차이가 있었다고 보고하였고, Warriss 등(1998a)은 수송밀도에 따른 돈육의 명도(L*)는 차이가 없었다는 보고와 유사한 결과를 보였다. Lee 등(2001)보고한 수송밀도가 육색에 미치는 영향이 없었다는 것과 같았고, 명도는 소비자가 돈육을 선택하는데 중요하게 작용한다고 하였다(Joo 등, 1995). Veries 등(1994)이 보고한 계류 후 도축과정도 pH, WHC 육색 등에 20%정도 영향을 미친다고 하였다.

Table 12. Effects of loading density and transit time on meat quality.

Item	High Loading Density ^a		Medium Density ^a		Low Density ^a		P<0.05
	1h (n=17)	3h (n=17)	1h (n=14)	3h (n=14)	1h (n=26)	3h (n=26)	
Carcass wt.	81.12 ±4.70	83.94 ±4.49	82.79 ±5.15	81.43 ±5.76	85.27 ±4.14	82.31 ±3.94	
A grade (%)	23.53	70.59	50.00	71.43	65.38	69.23	
Backfat thickness (mm)	18.77 ±5.44	18.65 ±4.44	19.57 ±5.08	17.86 ±4.28	20.42 ±6.03	21.35 ±5.21	
Intramuscular fat ^b	1.88 ±0.86	1.94 ±0.66	2.14 ±0.95	1.86 ±0.54	2.23 ±0.43	2.15 ±0.37	
Intermuscular fat ^b	2.18 ±0.73	1.88 ±0.33	2.00 ±0.78	1.86 ±0.36	2.23 ±0.82	1.96 ±0.60	
Subcutaneous fat ^b	1.77 ±0.56	1.88 ±0.70	2.07 ±0.62	2.00 ±0.56	2.19 ±0.63	2.12 ±0.77	
Springness ^b	2.65 ±0.79	1.76 ±0.56	2.93 ±0.27	1.64 ±0.50	2.04 ±0.66	1.96 ±0.72	
Sponge meat(%)	0.00	0.00	0.00	7.14	3.85	3.85	
PSE(%)	23.5	29.4	14.3	14.3	11.5	26.9	

^aHigh, medium and low densities were 0.34, 0.38 and 0.42m²/100kg body weight, respectively.

^bRefers to the arbitrage point ranging from 1 to 4. See Table 3 for details.

7) 보수력(Water holding capacity) 및 저장 감량(Drip loss)

보수력(Table 11)은 Medium-density 수송구 (92.1%)가 High-density(84.7%) 및 Low-density 수송구(81.7%, Pooled SE=2.1%) 보다 높았고($P<0.05$), 3시간 수송구는 1시간 수송구 보다 높았다(89.8% 대 82.5%; Pooled SE=1.7%; $P<0.05$).

Drip loss(Table 11)는 수송밀도와 수송시간 간에 유의적인 차이는 없었으나, Medium-density와 Low-density에서는 3시간 수송시 1시간 수송시보다 저장 감량이 높았고, High-density에서는 1시간 수송시보다 3시간 수송시가 높게 나타났다.

Warriss 등(1998a)은 수송밀도가 보수력과 저장감량에서 아무런 영향이 없었다고 하여 본 결과의 보수력 결과와는 상반되나 저장감량에선 유사한 결과를 보였다. 이는 수송밀도나 수송시간 보다는 도축 후 취급이 더 중요한 것으로 사료된다.

8) PSE

PSE는 수송 밀도와 수송시간에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. High-density가 대체적으로 Medium-density나 Low-density보다 높게 나타났으나, Low-density의 3시간 수송시(26.9%) 에도 높은 PSE 발생율을 나타내었다. 이것은 한 마리당 갖는 공간이 넓기 때문에 수송 중 수송차량의 흔들림으로 인하여 균형을 잡기위해 계속적인 움직임에서 오는 스트레스로 인하여 PSE가 높게 발생한 것으로 사료된다.

9) 수송 중 돼지의 행동

수송 중 시간에 따른 돼지의 행동은 그림과 같다. 1시간 수송에서는 수송밀도와 수송시간에 따른 변화를 볼 수 없었다.

새로운 환경에 대한 두려움에서 인지 대체적으로 서 있거나 공간을 찾기 위해 계속 움직이는 현상을 보였고, 3~12%정도 앉아 있는 것을 볼 수 있었다. 하지만 3시간 수송 때는 1시간 수송 때와는 다른 경향을 보였다. 전반적으로 수송 후 30분까지는 90%이상 서 있었으나 그 이후부터는 시간이 흐름에 따라 서 있는 비율(58.3~97.4%)은 낮아지고 앉거나(3.9~58.8%) 눕는(3.8~32%) 비율이 높아졌다.

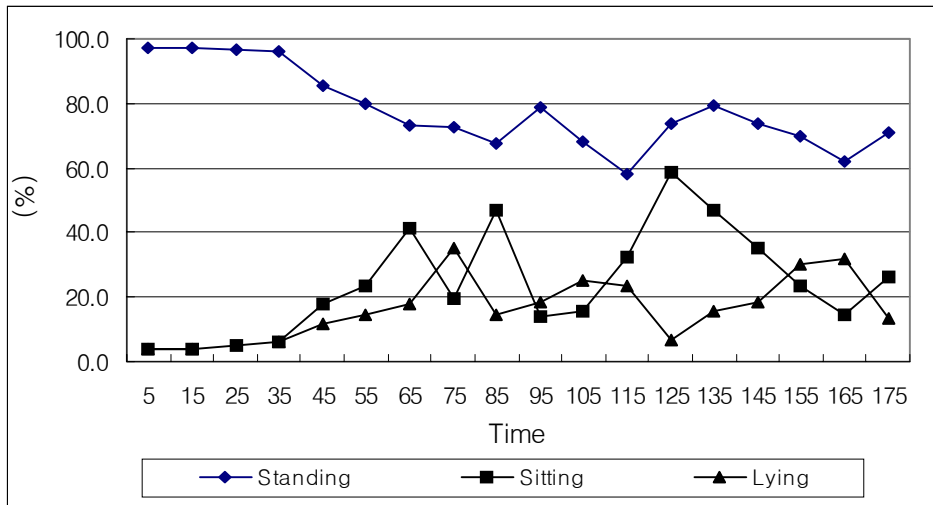


Fig. 1. Time-Course of postural changes of market pigs during three hours of transit time.

수송밀도와 수송시간에 따른 돼지의 서있는 행동변화를 나타낸 그림이다.

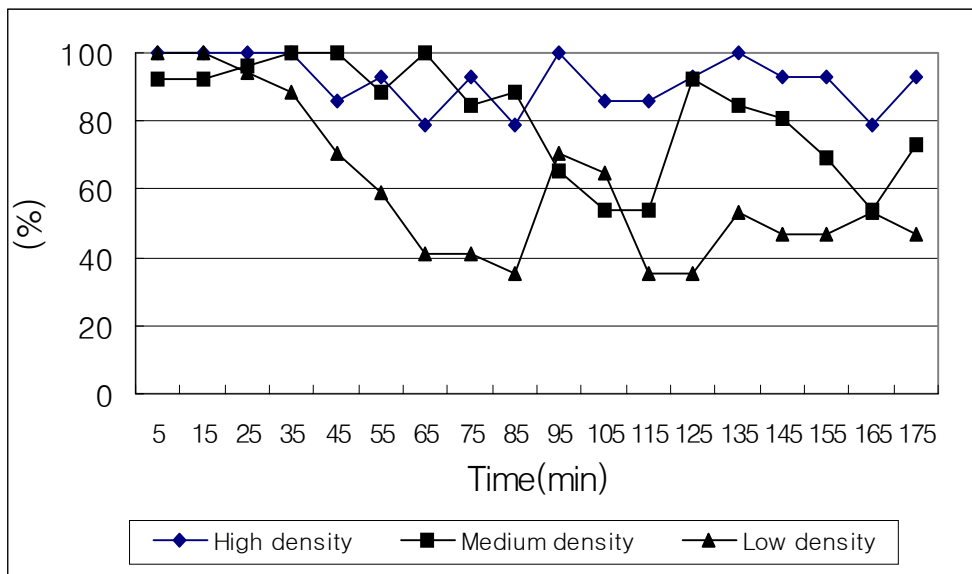


Fig. 2. Time-course of changes of market pigs which stood during three hours of transit time at three different loading densities.

High-density(0.34 m²/100 kg)에서는 협소한 공간으로 인해 시간이 흐름에도 평균 90%이상이 대부분 서 있는 경향을 보였고, Medium-density(0.38 m²/100 kg)와 Low-density(0.42 m²/100 kg)시에는 수송 후 30분부터 점점 서있는 비율이 낮아져 65분 이후에는 대체로 50%로 이하까지 서있는 비율이 낮아지는 경향을 보였다. 수송밀도와 수송시간에 따른 돼지의 앉아 있는 행동변화를 나타낸 그림이다. 수송 후 30까지는 별다른 차이가 없었고 30분 이후부터 Low-density 수송시에는 High-density 및 Medium-density 수송시보다 앉아 있는 비율이 높아져 60%까지 상승하였으나 High-density와 Medium-density 수송시에는 앉아있는 비율이 대체로 20%이하를 기록하였다.

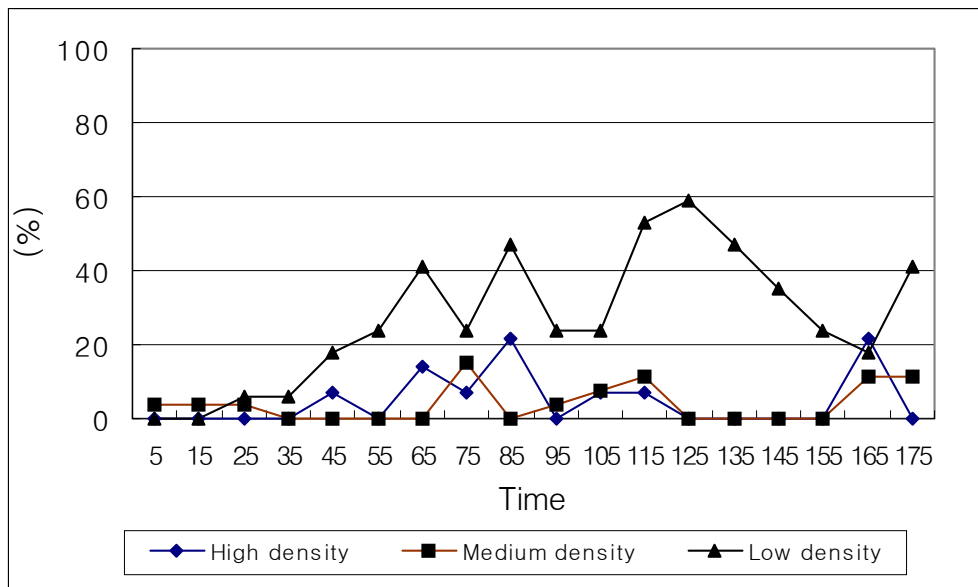


Fig. 3. Time-course of changes of market pigs which sat during three hours of transit time at three different loading densities.

수송밀도와 수송시간에 따른 누워있는 돼지의 비율을 나타낸 그림이다. High-density 수송시에는 누워있는 돼지가 거의 없었고, Medium-density와 Low-density는 수송 후 40여분이 지나서부터 간헐적으로 누워있는 돼지의 비율이 높아지는 경향을 보였다.

이와 같은 결과는 Hunter 등(1994)이 보고한 3시간 수송시보다 짧은 수송시간(>1시간) 때가 앞거나 눕는 경향이 더 적다고 한 것과 유사하며, 이는 수송밀도와는 관계 없이 수송시간이 짧아 수송차량에 적응할 수 있는 충분하지 않았기 때문이라 사료된다.

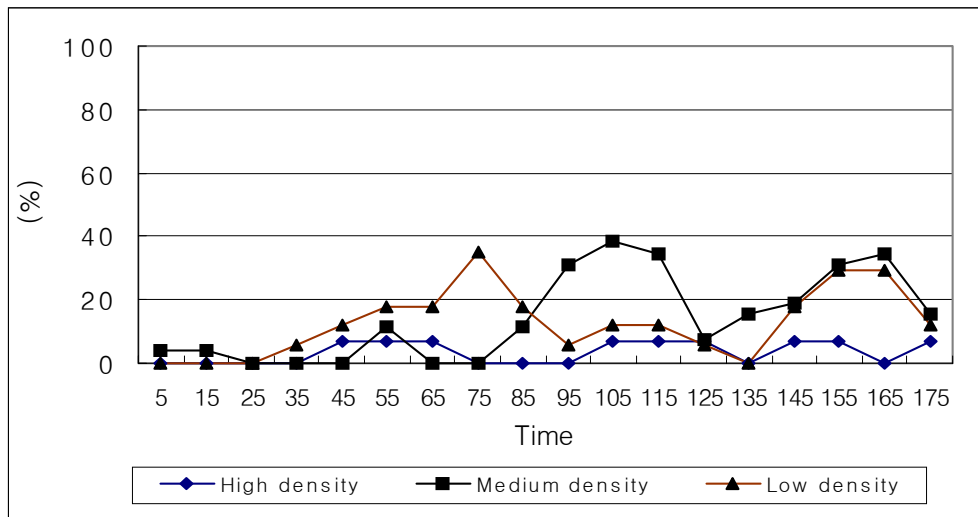


Fig. 4. Time-course of changes of market pigs which lied during three hours of transit time at three different loading densities.

Barton Gade와 Christensen(1998)은 0.39 m²의 수송밀도로 2시간 39분의 수송시 수송 첫 30분까지는 60~80%의 돼지가 서있었고 나머지 돼지는 앞거나 누워 있었고, 수송 50분에서는 14%는 서 있었고 29%는 앉아 있었으며 57%는 누워 있었다는 하였고, 0.35 m² 수송밀도에서는 수송 중 대부분 서있거나 앉아있었다고 보고하여 본 시험의 결과와 다소 수치적인 차이는 있으나 시간의 흐름과 비교 하였을 때 비슷한 경향을 보였다.

Bradshaw 등(1996)은 0.49 m² 밀도에서 1시간 30분 동안 수송시 대부분 서 있었다고 하였다. 그이유로는 낮은 밀도에서 수송차량의 흔들림은 누워있기에 불편함을 주기 때문이라고 하였고, Randall 등(1996)은 수송차량보다 도로의 여건에서 오는 문제가 돼지의 행동에 더 많은 영향을 준다고 하였다. Barton Gade 등(1998)은 0.42 m² 수송밀도에서도 충분한 공간이 있음에도 불구하고 차량의 흔들림으로 인해 수송 중

균형을 유지하기 위해 앉거나 서있는 경향이 높다고 보고 하여 본시험의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

10) 요약

출하돈의 수송밀도와 수송시간이 혈중 포도당(Glucose)과 스트레스 관련 효소(Creatine Kinase, Lactate dehydrogenase) 농도, 육질 및 수송 중 행동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 출하 평균 체중 110 kg 내외의 비육돈 114두를 공시하였다. 수송밀도 0.34 m², 0.38 m² 및 0.42 m²/100 kg, 수송시간은 1시간과 3시간으로 설정하여 3×2 factorial design으로 비교 시험하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

혈중 Glucose 및 스트레스 관련 효소인 Creatine Kinase(CK), Lactate dehydrogenase(LDH) 농도는 수송밀도와 수송시간의 영향을 받았다. Glucose 농도는 저수송 밀도(low-density; 0.42 m²/100 kg 생체중)일 때가 중수송 밀도(medium-density; 0.38 m²/100 kg 생체중)와 고수송 밀도(high-density; 0.34 m²/100 kg 생체중)일 때 낮은 농도를 보였다. CK는 수송밀도의 영향은 없었으나, 장거리(3시간) 수송시 단거리(1시간) 수송시 보다 농도가 높았다(P<0.01). LDH 농도 역시 Low-density 일때 가장 낮았고(P<0.01), 장거리 수송시 보다 단거리 수송시가 낮게 나타났다(P<0.01).

pH(pH₂₄)는 수송밀도(P<0.01) 및 수송밀도×수송시간의 상호작용(P<0.05)효과가 인정되었으며, 저수송 밀도와 중수송 밀도에서는 1시간 수송이 3시간 수송보다 높았으나 고수송 밀도는 3시간 수송시 pH가 높았다. 명도(L*값)는 고수송 밀도에서 1시간 수송구가 3시간 수송구 보다 높았다(54.5 대 49.5, Pooled SE=0.9; P<0.01). 보수성은 수송밀도와 수송시간의 차이를 보였으며, 중수송 밀도(92.1%)가 고수송 밀도(84.7%) 및 저수송 밀도 (81.7%, Pooled SE=2.1%) 보다 높았고(P<0.05), 3시간 수송구는 1시간 수송구 보다 높았다(89.8% 대 82.5%; Pooled SE=1.7%; P<0.05).

수송 중 돼지의 행동은 수송 후 30분부터 자세변화가 나타났으며, High-density에서는 서있는 돼지의 비율이 높았고, Medium-density와 Low-density에서는 앉거나 눕는 경향이 High-density보다 높았다.

이상의 결과를 종합해 보면 혈중 Glucose 및 스트레스 관련 효소 농도, 육질 및 수송 중 행동은 저수송 밀도(0.42 m²/100 kg), 1시간 수송시 수송밀도와 수송시간의

영향을 가장 적게 받았다. 이 같은 결과에서 가장 이상적인 수송은 단거리 수송(1시간)과 저밀도 수송이 바람직하나, 우리나라의 수송여건에서 경제적 가치와 현실적인 측면을 감안한다면 중수송 밀도(0.38 m³/100 kg)로 수송하는 것이 적합하다고 사료된다.

제 3 절 이상돈육 발생 감소를 위한 계류 및 도축관리 기술 연구

1. 절식과 계류시간이 출하돈의 육질과 살모넬라 오염에 미치는 영향

가. 연구개발 내용 및 방법

1) 시험설계

돈육품질 개선과 도체오염 저감을 위한 절식과 계류시간의 효과를 분석하기 위한 시험설계는 다음과 같다.

Table 13. Experimental design

Lairage time	Feed withdrawal	No. of finishing pigs
0hr.	0hr.	32
	12hr.	32
	24hr.	32
3hr.	0hr.	32
	12hr.	32
	24hr.	32
12hr.	0hr.	32
	12hr.	32
	24hr.	32

절식은 출하전 12시간, 24시간 및 절식하지 않는 군으로 하고 계류는 계류장 도착 즉시 도축하는 경우와 3시간 계류 및 12시간(over night)으로 구분하여 비교하였다.

2) 조사항목 및 분석방법

도체품질 : PSE 돈육 발생율, 도체율, 도체등급, 도체등지방두께

육질 : Color, 보수성, Drip loss

Salmonella : 맹장 내용물 채취

혈액분석 : 도축 방혈시 채혈, 4℃에서 3000rpm으로 15분간 원심분리후 -80℃에서 냉동보관, PSS, Cortisol, Lactate, Glucose, CPK

나. 연구개발 결과

출하전 절식이 출하돈의 도체품질, 육질, 스트레스 및 salmonella 오염에 미치는 영향을 조사하였다. 출하전 절식 시간은 0시간, 12시간 및 24시간으로 구분하였다.

시험결과는 다음과 같다.

Table 14. Effects of feed withdrawal prior to slaughter on carcass quality

Time of feed withdrawal (hour)	Market weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing (%)	Backfat (mm)	A grade (%)	A+B grade(%)
0	114.2	86.4	75.7	22.4	45.9	70.3
12	110.7	85.8	77.5	21.0	29.3	78.0
24	114.9	87.9	76.5	21.0	52.3	81.8

출하전 절식은 도체중, 지육율, 도체등지방에 영향을 미치고 도체등급에도 영향을 미치게 된다. 지육율은 출하전 절식을 시키지 않은 경우에 평균 75.7%를 나타내었으나, 출하전 절식 12시간의 경우 77.5%로 다소 증가하였고, 출하전 절식 24시간의 경우에는 76.5%로 절식하지 않은 경우보다는 높았으나 12시간 절식에 비해서는 낮았다.

그러나 도체등지방은 절식하지 않은 경우 22.4mm 였으나 12시간 및 24시간 절식은 21mm로 약간 낮아졌다. 도체 A등급 비율은 절식 24시간의 경우가 52.4%로 가장 높게 나타났으며, A,B등급을 합한 비율은 절식하지 않은 경우 70.3%에 비하여 12시간 절식78%, 24시간 절식 81.8%로 절식이 도체등급을 개선하는 것으로 나타났다.

출하전 절식은 PSE 발생율을 감소시키는데 뚜렷한 효과가 있는 것으로 조사되었다. 절식하지 않은 경우 38.5%의 PSE 발생율을 보였으나, 12시간 절식으로 34.1%로 줄어들었으며, 24시간 절식의 경우에는 25%로 직선적인 감소현상을 나타내었다. 그러나 도체 pH에는 출하전 절식이 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

Table 15. Effects of feed withdrawal prior to slaughter on PSE incidence and pork quality

Time of feed withdrawal (hour)	PSE incidence (%)	pH	Color			Drip loss
			L*	a*	b*	
0	38.5	5.75	53.14	10.23	5.80	1.51
12	34.1	5.60	52.19	12.28	6.05	1.19
24	25.0	5.83	50.60	10.04	4.66	1.24

출하전 절식이 육질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 조사한 육색 측정 결과를 보면 L값은 출하전 절식으로 낮아졌으며, a값과 b값은 출하전 12시간 절식의 경우에 가장 높게 나타났으나, 24시간 절식의 경우에는 가장 낮은 값을 나타내었다. Drip loss는 절식하지 않은 경우 1.51이였으나, 12시간 절식으로 1.19, 24시간 절식은 1.24로 개선되는 경향을 나타내었다.

출하전 절식시간에 따른 혈액성상 변화를 보면, cortisol, CPK, glucose, lactate 모두 어떤 일정한 경향을 찾을 수는 없었다. 또한 PSS genotype 분석 결과는 전 두 수 NN을 나타내었다.

Table 16. Effects of feed withdrawal prior to slaughter on blood profile

Time of feed withdrawal (hour)	Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{m}\ell$)	CPK (IU/ ℓ)	Glucose (mg/dl)	Lactate (mg/dl)	PSS
0	8.13	8.25	127.7	123.1	NN
12	7.69	7.54	134.6	143.7	NN
24	8.82	8.12	142.2	140.9	NN

Table 17. Effects of feed withdrawal prior to slaughter on percent of positive salmonella samples

Time of feed withdrawal (hour)	Percentage of positive salmonella cecal samples
0	60
12	64
24	67

출하전 절식시간에 따른 맹장 샘플 중 살모넬라 반응 양성정도를 비교해보면, 절식시간에 의한 차이는 인정되지 않았다.

출하후 계류장에 휴식을 취하는 계류시간이 출하돈의 도체품질, 육질, 스트레스 및 salmonella 오염에 미치는 영향을 조사하였다. 계류시간은 계류 없이 도착 즉시 도축하는 경우와, 3시간 계류 및 12시간(over night) 계류로 구분하여 비교하였다.

시험결과는 다음과 같다.

지육율은 계류시간에 따른 차이가 나타나지 않았으며, 등지방두께, 도체 A 등급 비율 역시 계류시간에 따른 차이는 인정되지 않았다.

계류시간은 PSE 발생율을 감소시키는데 뚜렷한 효과가 있는 것으로 조사되었다. 계류하지 않고 도착 즉시 도축한 경우 33.5%의 PSE 발생율을 보였으나, 3시간 계류

는 29.4%로 줄어들었으며, 12시간 계류의 경우에는 19.5%로 감소현상을 나타내었다. 그러나 도체 pH에는 계류시간이 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

Table 18. Effects of lairage time on carcass quality

Lairage time (hour)	Market weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing (%)	Backfat (mm)	A grade (%)	A+B grade(%)
0	112.3	86.1	76.5	21.2	45.7	75.0
3	113.3	86.8	76.7	22.0	42.9	77.8
12	111.5	85.7	77.6	22.2	53.2	81.3

Table 19. Effects of lairage time on PSE incidence and pork quality

Lairage time (hour)	PSE incidence (%)	pH	Color			Drip loss
			L*	a*	b*	
0	33.5	5.85	53.14	10.23	5.80	1.51
3	29.4	5.78	52.19	11.28	6.05	1.41
12	19.5	5.80	50.60	10.04	5.67	1.25

도축장에서 계류시간이 육질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 조사한 육색 측정 결과를 보면 L값은 계류시간이 길어지면 낮아졌으며, a값과 b값은 차이가 없었다. Drip loss는 계류하지 않은 경우 1.51이였으나, 3시간 계류는 1.41, 12시간 계류는 1.25로 개선되는 경향을 나타내었다.

계류시간에 따른 혈액성상 변화를 보면, cortisol, CPK, glucose, lactate 모두 어떤 일정한 경향을 찾을 수는 없었다. 또한 PSS genotype 분석 결과는 전 두수 NN을 나타내었다.

Table 20. Effects of lairage time on blood profile

Lairage time (hour)	Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{mL}$)	CPK (IU/ ℓ)	Glucose (mg/dl)	Lactate (mg/dl)	PSS
0	7.81	8.45	129.5	132.3	NN
3	8.36	8.35	135.0	141.7	NN
12	8.68	7.82	147.2	138.8	NN

Table 21. Effects of lairage time on percent of positive salmonella samples

Time of feed withdrawal (hour)	Percentage of positive salmonella cecal samples
0	63
3	62
12	66

계류시간에 따른 맹장 샘플 중 살모넬라 반응 양성정도를 비교해보면, 계류시간에 의한 차이는 인정되지 않았다.

2. 돈육품질 개선을 위한 알칼리 미네랄제제 급여 효과

가. 연구개발 내용 및 방법

1) 시험설계

돈육품질 개선과 육성비육돈 생산성에 영향을 미치는 계절, 암수분리 및 알칼리 미네랄 급여 효과를 분석하기 위한 시험설계는 다음과 같다.

Table 22. Experimental design

Season	Alkali mineral complex	Split-sex		
Summer	Control(0%)	Female	Castrated	Mixed
	Powder 2% supplement	Female	Castrated	Mixed
Winter	Control	Female	Castrated	Mixed
	Powder 2% supplement	Female	Castrated	Mixed

계절은 여름과 겨울로 구분하고 암수분리 효과를 조사하기 위하여 암, 거세, 암수 혼합으로 배치하였으며, 알칼리 미네랄 급여효과를 보기 위하여 출하전 40일간 알칼리 미네랄 분말 2% 급여와 미첨가 급여를 비교하였다.

시험동물은 평균체중 82.0kg인 삼원교잡(LY×D) 비육돈을 공시하였으며, 시험사료는 조단백질 14.5%인 비육돈 후기사료였다. 사료에 첨가, 급여한 알칼리 미네랄 제제의 성분과 시험사료의 화학적 성분 및 배합비는 Table 23 및 Table 24와 같다.

Table 23. The chemical composition of alkali mineral complex(POWERMIX)

Major Ingredient	Si, K, Na, Zn, Se, Ge	
Chemical composition(%)	Crude protein	9.0 or more
	Crude fiber	3.0 or more
	Crude ash	15.0 or less

Table 24. The formular and chemical composition(%) of basal diet fed the

finishing pigs

Ingredients	Percentage
Chemical composition	
yellow corn, ground	35.90
Wheat, 13%	25.00
Wheat bran	4.00
Rapeseed meal	2.00
Soybean meal, 44%	10.00
Soy sauce cake	2.56
Linseed meal, solvented	2.57
Limestone-coarse	1.20
Corn germ meal, solvented	2.00
Palm kernel meal	3.50
Cottonseed meal, solvented	1.50
Salt, fine	0.30
Calcium phosphate, 25/18	0.54
Vitamin premix ¹⁾	0.30
Mineral premix ²⁾	0.26
Animal fat	3.60
Molasses, cane	4.50
L-Lysine Hcl, 98%	0.34
Vitamin-E	0.02
Total	100.00
Calculated value	
Crude protein	14.50
Crude fat	5.50
Crude fiber	4.61
Crude ash	5.33
Ca	0.85
P	0.65
DE(kcal/kg)	3,216

2) 조사항목 및 분석방법

생산성 : 사료섭취량, 증체량, 사료요구율

돈육품질 : PSE 돈육 발생율, 도체등급, 도체등지방두께

혈액분석 : 출하직전, 상차 후, 수송 후 및 3시간 계류 후 채혈, 4℃에서 3000rpm으로 15분간 원심분리후 -80℃에서 냉동보관, Cortisol, CPK 분석

육질평가 : pH, 육색, Drip loss

통계분석 : 연구결과 얻어진 성적은 SAS package(1995)를 이용하여 분산분석 하였으며, 처리간 유의차 검정은 Duncan's multiple test를 이용하였다.

나. 연구개발 결과

1) 계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 비육돈 생산성에 미치는 영향

계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 비육돈의 사료섭취량, 증체 및 사료요구율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시한 시험결과는 Table 25, 26, 27과 같다.

Table 25. Effects of season on daily gain, feed intake and feed conversion of finishing pig

Treatment \ Items	Daily gain(kg/d)	Feed intake(kg/d)	Feed conversion (feed/gain)
Summer	0.668 ^b	2.28 ^b	3.41
Winter	0.784 ^a	2.62 ^a	3.34

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

Table 25는 계절이 비육돈의 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

여름이 겨울보다 적은 사료섭취량과 증체량을 보였으나, 사료요구율 면에서는 여름이 3.41, 겨울이 3.34로 나타나 겨울이 양호한 경향이나 차이는 인정되지 않았다.

Table 26은 알칼리 미네랄 급여가 비육돈의 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율에

미치는 영향을 나타낸 결과이다.

알칼리 미네랄 급여구가 사료섭취량과 증체량이 우수한 경향을 나타내었고 사료 요구율 또한 약간 개선되는 경향을 보였으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다.

Table 26. Effects of alkali mineral complex on daily gain, feed intake and feed conversion of finishing pig

Treatment \ Items	Daily gain(kg/d)	Feed intake(kg/d)	Feed conversion (feed/gain)
Control	0.769	2.40	3.14
Power 2%	0.800	2.46	3.08

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

Table 27은 암수분리 사육이 비육돈의 사료섭취량, 증체 및 사료요구율에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

Table 27. Effects of split sex feeding on daily gain, feed intake and feed conversion of finishing pig

Treatment \ Items	Daily gain(kg/d)	Feed intake(kg/d)	Feed conversion (feed/gain)
Female	0.740	2.31	3.13 ^b
Male(Castrated)	0.768	2.56	3.38 ^a
Mixed	0.835	2.54	3.05 ^b

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

거세 수컷과 암컷 비육돈을 분리 혹은 혼합하여 사육하였을 때 사료섭취량은 거세 수컷이 가장 많았고 혼합구와는 비슷하였으며 암컷이 가장 적었으나 통계적인 차

이는 인정되지 않았다. 증체량은 혼합구가 가장 우수하였고, 암컷군이 가장 불량하였지만 통계적으로는 차이가 없었다. 사료요구율은 혼합군이 가장 우수한 것으로 조사되었고 거세 수컷군이 가장 불량하였다($p<0.05$).

기존에 알려진 암수간 비교에서는 암컷군이 사료요구율이 우수하고 수컷군이 불량한 것으로 알려져 있으며, 특히 수컷군은 사료섭취량은 많고 증체는 불량한 특성을 나타내고 있지만, 본 시험에서는 거세 수컷으로 비교하였기 때문에 암수분리 혹은 암수혼합에 의한 사료섭취, 증체 및 사료요구율에 미치는 효과는 크지 않았다고 할 수 있다.

2) 계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 도체품질에 미치는 영향

Table 28, 29, 30은 계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 비육돈의 출하 후 도체품질에 미치는 영향을 조사한 결과이다.

도체품질은 도체등지방 두께, A등급 비율, A,B등급 비율 및 PSE육 발생율으로 나타내었다.

Table 28은 계절이 도체품질에 미치는 영향에 대하여 나타낸 것이다. 계절에 따른 도체품질 차이는 출하여건과 농장의 관리 상황에 따라 차이가 날 수 있는데, 출하돈의 도체 등지방 두께는 여름이 약간 두꺼운 것으로 나타났지만 통계적으로는 차이가 없었다. 도체등급 판정 결과를 분석해보면 A 등급 비율은 겨울이 월등이 많았으며, A,B 등급을 합한 비율 또한 겨울이 높았다($p<0.05$).

Table 28. Effects of season on carcass characteristics of finishing pig

Items Treatment	Backfat thickness (mm)	A grade (%)	A,B grade (%)	PSE incidence (%)
Summer	19.2	33.3 ^b	71.7 ^b	45.0 ^a
Winter	18.4	60.5 ^a	88.1 ^a	34.7 ^b

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p<0.05$)

출하시 취급에 따라 도체품질에 영향을 미칠 수 있는 많은 요소들의 종합적인 영향이 PSE육으로 나타날 수 있는데, PSE육 발생율이 겨울은 34.7%인데 반하여 여름에는 45%로 큰 차이를 보이고 있다. 이는 여름에 출하를 하는 과정에 도축직전 단계에 많은 스트레스가 주어지는 것으로 추정되고 이에 대한 대책이 필요함을 지적하고 있다.

따라서 계절에 따라서는 겨울이 도체품질 관리면에서 여름과 비교하여 상대적으로 용이하다고 판단되며, 여름철 도체품질 개선을 위한 세부기술의 필요성을 시사하고 있다.

Table 29는 알칼리 미네랄 제제(POWERMIX) 급여가 도체품질에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

도체등지방 두께는 알칼리 미네랄 급여구가 17mm로 대조구에 비하여 약간 낮은 경향이나 통계적으로는 차이가 인정되지 않았다. A 등급 비율은 대조구가 약간 높았으나 A,B 등급 비율은 알칼리 미네랄 급여구가 높았다. 이상육 발생빈도 결과를 비교해 보면 대조구가 PSE 발생율이 46.9% 인데 비하여 알칼리 미네랄 급여구는 24.5%로 나타나 알칼리 미네랄 급여는 출하시 출하돈의 스트레스를 줄여 결과적으로 도체품질이 개선되는 효과가 있음이 인정되었다.

Table 29. Effects of alkali mineral complex on carcass characteristics of finishing pig

Treatment \ Items	Backfat thickness (mm)	A grade (%)	A,B grade (%)	PSE incidence (%)
Control	19.8	61.2	83.7	46.9 ^a
Powder 2%	17.0	57.1	91.8	24.5 ^b

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

따라서 이상육 발생을 줄이고 도체품질 개선을 위하여 알칼리 미네랄 제제의 급여

여는 효과적임을 시사하고 있다.

Table 30은 성분리 사육이 도체품질에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

Table 30. Effects of split sex on carcass characteristics of finishing pig

Items Treatment	Backfat thickness (mm)	A grade (%)	A,B grade (%)	PSE incidence (%)
Female	17.0	54.2 ^b	87.5	33.3 ^b
Male (Casstrated)	19.5	70.8 ^a	91.7	43.8 ^a
Mixed	18.8	53.3 ^b	88.9	28.9 ^b

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

도체등지방 두께는 거세 수컷군이 가장 두꺼웠고 다음이 혼합구, 암컷구 순이었으나 큰 차이는 없었다. A등급 비율은 거세 수컷구가 70.8%로 가장 높았으며, 암컷구와 혼합구는 비슷하였다. A,B 등급 비율은 암, 거세 수 및 혼합구가 차이가 없이 비슷한 비율을 나타내었다. PSE 발생비율은 거세를 하였지만 수컷구가 43.8%로 가장 높은 비율을 나타내었으며, 다음이 33.3%로 암컷구로 나타났고 혼합구는 28.9%로 가장 낮게 나타났다. 혼합구의 PSE 발생율이 암컷구와 비슷한 수준에서 가장 낮게 나타난 결과에 대해서는 수컷을 거세할 경우 수컷이 갖는 공격성이 거의 사라져 돈군내에서 발생하는 사회적 스트레스가 경감됨을 알 수 있다.

따라서 거세는 도체품질 개선을 위하여 필요한 기술이며, 거세를 할 경우 암수분리에 의한 효과는 크지 않다고 판단된다.

3) 계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 출하돈 스트레스에 미치는 영향
비육돈 출하는 일반적으로 체중 110kg에 도달하면 이루어지게 되는데, 출하, 수송 및 계류과정에 주어지는 취급 스트레스는 도체품질에 영향을 미치게 된다.

Table 31, 32, 33은 계절, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 출하돈 스트레

스에 미치는 영향을 조사하기 위하여 출하전 비육돈방내, 상차후, 수송후 계류장 도착 시 및 계류장 도착 3시간 경과후에 혈액을 채취하여 Cortisol과 CPK를 분석하여 비교한 결과이다.

Table 31은 계절에 따른 출하 스트레스 차이 cortisol 농도로 나타낸 것이다. 출하 전 돈방내에서의 cortisol 농도는 계절에 따른 차이를 찾을 수 없었으며, 상차후에도 여름이 약간 높기는 하였으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 수송후 계류장 도착 즉시 및 계류장 도착후 3시간 동안의 휴식을 가진 후에도 여름이 겨울보다 약간 높기는 하였으나 통계적으로는 차이가 없었다.

따라서 혈중 cortisol 농도로 판단해 본 출하돈에 대한 스트레스는 여름이 다소 높게 조사되었으나 계절에 따른 차이는 없는 것으로 판단된다.

Table 31. Effects of season on the concentration of plasma cortisol of finishing pig($\mu\text{g}/\text{dL}$)

Items Treatment	Pre-loading	After loading	After transportation	After 3h. lairage
Summer	6.51	17.39	8.23	7.52
Winter	5.31	14.82	6.98	5.61

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

Table 32는 알칼리 미네랄 급여가 출하돈의 혈중 cortisol 농도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 알칼리 미네랄 분말 2% 급여에 따른 혈중 cortisol 농도 차이는 거의 없었다. 출하전 돈방내에서는 5.48과 5.13으로 비슷하였으며, 상차후에는 17.19와 15.78로 거의 비슷한 변화를 보였다. 수송후 및 3시간 계류후에도 비슷한 변화를 나타내어 알칼리 미네랄 급여로 인한 출하돈의 혈중 cortisol 농도에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

Table 32. Effects of alkali mineral complex on the concentration of

plasma cortisol of finishing pig($\mu\text{g}/\text{dl}$)

Items Treatment	Pre-loading	After loading	After transportation	After 3h. lairage
Control	5.48	17.19	6.76	5.30
Powder 2%	5.13	15.78	7.18	5.92

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

그러나 상차후 급격한 상승을 보여 상차시 스트레스가 극심함을 나타내고 있으며, 출하, 수송 계류과정을 거치면서 계류장 도착 3시간 후에는 출하전 돈방 수준으로 회복됨을 알수 있고 계류장에 도착하여 3시간 휴식은 출하돈 스트레스 경감에 필수적인 과정임을 나타내고 있다.

Table 33. Effects of split sex feeding on the concentration of plasma cortisol of finishing pig($\mu\text{g}/\text{dl}$)

Items Treatment	Pre-loading	After loading	After transportation	After 3h. lairage
Female	5.08 ^b	15.55 ^b	7.31	5.54
Male 2% (Castrated)	4.97 ^b	14.70 ^b	7.52	6.29
Mixed	6.55 ^a	18.27 ^a	5.86	5.15

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

Table 33은 암수분리 사육이 출하돈의 혈중 cortisol 농도에 미치는 영향에 대하여 조사한 결과이다. 출하전 돈방내에서는 혼합구가 가장 높게 나타났으며, 암컷구와 거세구는 비슷하였다. 이는 암컷 혹은 거세돈 만으로 구성된 돈군에서 보다는 혼합된

돈군이 개체 상호간에 주어지는 사회적 스트레스가 심한 것으로 판단할 수 있다. 상차후에 역시 혼합구가 가장 높은 cortisol 농도를 보여 돈방내에서의 수준을 유지하는 경향을 나타내었고 거세 혹은 암컷만으로 구성된 돈군간에는 차이가 없었다. 수송후의 혈중 cortisol 농도는 통계적으로 차이는 없었으나 혼합구가 가장 낮았는데, 출하과정에서 가장 높았던 혼합구가 오히려 수송중에 더욱 안정되는 경향을 보였다. 3시간 계류후에는 차이가 없었으며, 출하전 돈방내에서의 수준으로 회복되어 3시간 계류는 이상육 발생 감소를 위한 출하돈 스트레스 경감대책으로 필수적임을 시사하고 있다.

따라서 성분리 사육은 돈방 및 출하과정의 비육돈 스트레스에 영향을 미치나 최종 도체품질에 영향을 미칠 수 있는 정도는 아닌 것으로 판단된다.

Table 34, 35, 36은 출하돈에 주어지는 스트레스 정도를 평가하는 방법으로 혈중 creatine phosphokinase(CPK) 농도를 출하전, 상차후, 수송후 및 3시간 계류후에 혈액을 채취하여 분석한 결과이다. 계절에 따른 혈중 CPK 농도는 전반적으로 차이를 보이지 않았다. 출하전 돈방내에서의 농도는 여름과 겨울이 비슷한 수준을 나타내었으며, 상차후에는 급격한 상승을 보였으나 계절에 의한 차이는 없었다. 수송 및 계류과정에서도 겨울이 약간 낮은 경향을 보이고는 있으나 계절에 의한 차이는 인정되지 않았다. 출하, 수송 및 계류과정의 경시적 변화를 보면 상차시 극심한 스트레스가 주어진다는 사실이 입증되었으며, 수송과정에서 상당부분 안정되었다가 계류장 도착 3시간 후에는 출하전 수준으로 안정되었다.

Table 34. Effects of season on the concentration of plasma creatine phosphokinase of finishing pig(IU/L)

Items Treatment	Pre-loading	After loading	After transportation	After 3h. lairage
Summer	784.2	2,039.5	979.7	703.7
Winter	724.0	2,090.7	882.7	667.3

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

Table 35. Effects of alkali mineral complex on the concentration of

plasma creatine phosphokinase of finishing pig(IU/L)

Items Treatment	Pre-loading	After loading	After transportation	After 3h. lairage
Control	759.8 ^a	2,166.0	908.3	644.1
Powder 2%	688.3 ^b	2,015.3	855.5	690.4

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

Table 35는 알칼리 미네랄 급여가 출하돈의 혈중 CPK 농도에 미치는 영향에 대하여 나타낸 것이다. 알칼리 미네랄 급여구는 출하전 돈방내에서는 대조구에 비하여 낮은(p<0.05) CPK 농도를 보였으나, 상차후에는 차이가 없었고 수송 및 3시간 계류후에도 차이는 없었다.

Table 36, 37은 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 육질에 미치는 영향을 조사한 결과이다.

Table 36. Effects of alkali mineral complex on meat quality

Items Treatment	pH	Drip loss	Minolta values		
			L*	a*	b*
Control	5.73	2,038	60.13	10.69	7.29
Powder 2%	5.66	3,394	57.80	8.04	5.90

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

돼지고기의 품질에 영향을 미치는 알칼리 미네랄 급여효과를 분석한 결과는 Table 36와 같은데, 고기의 pH, drip loss 및 육색에 대한 알칼리 미네랄 급여효과는 인정되지 않았다. pH는 5.73과 5.66으로 비슷하였으며, drip loss는 알칼리 미네랄 급

여구가 높은 경향을 보이거나 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 육색에 대하여 L값, a 값 및 b값이 대조구가 높은 경향을 보이고 있으나 통계적 차이는 인정되지 않았다.

따라서 알칼리 미네랄 급여는 돼지고기의 품질에 미치는 영향은 없는 것으로 판단할 수 있다.

암수분리 사육이 돼지고기의 육질에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 16과 같다. pH는 암컷구가 5.74, 거세구는 5.63 및 혼합구가 5.72로 비슷하였고, drip loss는 거세구가 3,022로 암컷구 및 거세구의 2,087 및 2,636 보다 높았으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 육색 항목 중 L값은 거세구가 62.32로 가장 높고 암컷 및 혼합구가 56.13 및 58.45로 비슷하게 낮았으나 통계적인 차이는 없었다. a값 및 b값 또한 거세구가 높고 암컷 및 혼합구가 낮은 경향이나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 37. Effects of split sex feeding on meat quality

Items Treatment	pH	Drip loss	Minolta values		
			L*	a*	b*
Female	5.74	2,087	56.13	9.38	5.93
Male (Castrated)	5.63	3,022	62.32	10.33	7.88
Mixed	5.72	2,636	58.45	8.43	5.99

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$)

따라서 비육돈을 암컷군, 거세군 및 혼합군으로 편성하여 사육하여도 육질에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되며, 돈방, 관리 등의 제반 여건을 감안하여 굳이 암수분리 사육을 하지 않아도 육질에는 지장을 초래하지 않는 것으로 판단된다.

4) 요약

돼지고기 품질 개선과 이상육 발생 감소를 위한 알칼리 미네랄 급여, 계절 및 암수분리 사육 효과를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

여름보다 겨울이 사료섭취량이 많았고, 증체 또한 우수하였다($p<0.05$). 알칼리 미네랄 급여로 사료효율이 개선되는 경향이나 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 암수 분리시 거세돈이 암컷군 및 혼합군에 비하여 사료효율이 불량하였다($p<0.05$).

겨울이 여름에 비하여 도체등급 및 도체품질이 좋았고($p<0.05$), 이상육 발생이 줄어드는 경향을 보였다. 알칼리 미네랄 급여는 도체등급과 이상육 발생 감소효과가 인정되었다. 암수분리 사육보다 혼합군이 보다 적은 PSE 발생율을 나타내었다.

출하돈에 주어지는 물리적, 심리적 스트레스는 계절에 의한 차이는 없었으나, 알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육은 출하스트레스 경감에 효과적이었다. 상차후 혈중 cortisol과 CPK치가 급격하게 상승하는 것으로 나타나 상차시 극도의 스트레스가 주어지는 것으로 나타났다. 상차시 급격한 상승을 보였던 혈중 cortisol과 CPK 농도는 수송과정에 상당부분 떨어졌다가 3시간 계류후에는 출하전 수준으로 안정되었다.

알칼리 미네랄 급여 및 암수분리 사육이 돼지고기의 pH, drip loss 및 육색에는 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과를 요약하면 계절적으로는 여름철에 출하돈 취급에 보다 세심한 배려가 필요하며, 알칼리 미네랄 급여는 사료효율 개선 및 도체품질 개선에 효과적으로 작용하는 것으로 판단되며, 수컷을 거세할 경우 암수분리 사육의 효과는 커지 않고 오히려 혼합사육이 일부 유리한 것으로 조사되어 거세돈과 암컷의 혼합사육은 무방한 것으로 판단된다.

3. 복합미생물 발효제 급여가 돈육품질과 돈사환경 개선에 미치는 영향

가. 연구개발 내용 및 방법

1) 시험설계 및 시험동물

복합미생물 발효제가 비육돈의 도체품질 및 돈사 환경개선에 미치는 영향을 평가하기 위하여 복합미생물 발효제를 0, 0.5, 1.0% 첨가하였으며, 공시 비육돈은 평균 개시체중이 82.8kg인 3원 교잡종 $[(L \times Y) \times D]$ 으로 비육돈 사료에 복합미생물 발효제를 첨가하여 출하시까지 40여일간 급여하였다.

2) 시험사료

본 시험에 사용된 공시사료는 비육후기 돼지의 영양소 요구량(NRC, 1998)에 준하여 제조된 사료였으며, 첨가제로 이용된 복합미생물 발효제는 시중 제품을 사용하였다. 시험사료와 복합미생물 발효제의 성분함량, 화학적 조성 및 미생물 성상은 Table 38 및 39와 같다.

Table 38. The number of microflora population and composition of fermented microbial complex(Eco-Farm[®])

Item	Contents
Number of microflora(cfu ¹ /g)	
<i>Lactobacillus casei</i>	1.2×10^8
<i>Saccharomyces lactis</i>	2.4×10^8
<i>Candida utilis</i>	1.2×10^9
<i>Mucor heimalis</i>	2.7×10^8
<i>Streptomyces albus</i>	2.4×10^8
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	2.1×10^7
<i>R h o d o p s e u d o m o n a s</i> <i>sphaeroides</i>	1.7×10^7
Chemical composition(DM basis)	
Dry matter(%)	84.78
Crude protein(%)	17.56
Ether extract(%)	18.58
Crude fiber(%)	8.86
Crude ash(%)	11.29

Table 39. Formular and chemical composition of the basal diet

for finishing pigs

Ingredients	%
Chemical composition	
yellow corn, ground	35.90
Wheat, 13%	25.00
Wheat bran	4.00
Rapeseed meal	2.00
Soybean meal, 44%	10.00
Soy sauce cake	2.56
Linseed meal, solvented	2.57
Limestone-coarse	1.20
Corn germ meal, solvented	2.00
Palm kernel meal	3.50
Cottonseed meal, solvented	1.50
Salt, fine	0.30
Calcium phosphate, 25/18	0.54
Vitamin premix ¹⁾	0.30
Mineral premix ²⁾	0.26
Animal fat	3.60
Molasses, cane	4.50
L-Lysine Hcl, 98%	0.34
Vitamin-E	0.02
Total	100.00
Calculated value	
Crude protein	14.50
Crude fat	5.50
Crude fiber	4.61
Crude ash	5.33
Ca	0.85
P	0.65
DE(kcal/kg)	3,216

¹⁾ Premix contains: Vit. A, 2,700,000IU; Vit. D, 400,000IU; Vit. E, 15,000IU, Vit. K₃, 850mg; Vit B₁, 500mg; Vit B₂, 2,500mg; Antioxidation 6,000mg.

²⁾ Premix contains: FeSO₄, 39,500mg; CoSO₄, 156mg; CuSO₄, 67,000mg; MnSO₄, 20,840mg; ZnSO₄, 40,000mg; Se(Na), 100mg.

3) 사양관리

본 시험이 수행된 비육돈사는 개방형이었으며, 분뇨의 수집 및 처리는 스크레퍼 방식이었고, 돈방은 가운데 통로가 있는 복열 배치였으며 돈방당 15두씩 수용하였다. 사료는 자동급이장치를 통하여 무제한 급여하였으며, 물은 니플식으로 자유로운 음수가 가능하도록 하였다. 기타 청소, 소독, 등 비육돈 관리는 시험농장의 관행에 준하였다.

4) 조사항목

복합미생물 발효제가 비육돈의 도체품질 및 돈사 환경개선에 미치는 영향을 분석하였다. 도체품질은 도체등급판정기준에 따라 공시 비육돈 전두수에 대한 도체중, 도체등지방 두께, 도체 A,B 등급비율 및 PSE 돈육 출현율을 조사하였다. 돈사 환경개선과 관련하여 복합미생물 발효제가 비육돈사내 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도에 미치는 영향을 분석하였는데, BABUC 환경계측기(MW 6040, Milano, Italy)를 사용하여 24시간동안 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도 변화를 모니터링하였다.

5) 통계처리

도체품질에 대한 측정치는 돈방을 실험단위로 하였고 처리간 유의성 검정은 Duncan's multiple range test에 의하여 실시하였다. 돈사 환경개선 효과 분석을 위한 가스농도는 SAS package(1996)의 GLM procedure를 이용하여 복합미생물 발효제의 효과를 검정하였는데, 이때 통계분석 모델로 복합미생물 발효제, 측정시간 및 복합미생물 발효제×측정시간의 상호작용의 교정오차를 삽입하였다.

나. 연구개발 결과

1) 도체품질

Table 40은 출하전 40일간 복합미생물 발효제 급여에 따른 도체품질 차이를 나타낸 것이다. 복합미생물 발효제 급여에 따른 도체율 차이는 인정되지 않았으며, 76.2%~77.1% 범위를 나타내었다. 도체등지방 두께는 20.8mm~26.6mm 범위였으며, 대조구가 가장($p<0.05$) 높았고 다음이 복합미생물 발효제 0.5%, 1% 순이었으며 복합미생물 발효제 급여 수준에 따른 차이는 인정되지 않았다.

Table 40. Effects of dietary supplementation of fermented microbial complex

on carcass characteristic finishing pig

FMC addition level(%)	Items	Carcass weight (kg)	Carcass rate (%)	Backfat thickness (mm)	Carcass grade distribution(%)		PSE incidence (%)
					A	A+B	
0%		92.3±2.76 ^a	77.1±1.87	26.6±0.06 ^a	36.7	63.3	33.3
0.5%		83.3±1.85 ^b	76.2±1.58	23.0±0.06 ^{ab}	46.1	84.6	20.8
1%		83.5±2.02 ^b	76.9±1.63	20.8±0.06 ^b	56.7	82.3	15.4

^{ab} Means±SE with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05)

도체등급에 미치는 영향을 분석해 본 결과 도체 A 등급비율은 36.7~56.7%로 크게 차이를 나타내었고 A, B 등급을 합한 비율 또한 63.3~84.6%로 큰 차이를 보였다. 복합미생물 발효제를 급여하지 않은 대조구의 경우 A등급 비율과 A, B등급을 합한 비율이 각각 36.7, 63.3%로 가장 낮게 나타났으나 복합미생물 발효제 0.5% 급여구는 각각 46.1, 84.6%로 뚜렷하게 개선되는 것으로 나타났으며, 복합미생물 발효제 1% 급여구는 각각 56.7, 82.3%로 복합미생물 발효제 급여는 도체등급의 뚜렷한 개선 효과를 나타내었다.

2000년과 2001년 우리나라 돼지도체 등급판정 결과 A 등급비율이 각각 34.5%와 37.2%로 나타났는데(축산물 등급소식, 2002), 본 시험결과와 비교하면 대조구는 우리나라 전체 평균치와 비슷하지만, 복합미생물 발효제 급여구는 우리나라 전체 평균치를 크게 상회하는 것으로 나타났으며, A, B 등급을 합한 비율 또한 같은 경향이였다.

PSE(pale, soft, exudative)는 돈육의 품질을 결정하는 주요 기준으로 이용되고 있는데, 대조구의 경우 33.3%의 PSE 발생율을 나타내었으나, 복합미생물 발효제 0.5% 급여구는 20.8%, 1% 급여구는 15.4%의 PSE 발생율을 나타내어 복합미생물 발효제가 PSE 돈육 발생을 감소에 매우 효과적인 것으로 분석되었다.

따라서 복합미생물 발효제 급여는 뚜렷한 도체품질 개선효과가 있는 것으로 분석되었고 복합미생물 발효제 급여수준이 높아질수록 그 효과가 우수한 것으로 판단된다.

이러한 본 시험 결과는 민 등(1992)이 보고한 항생제, 복합설과제, 유산동, 효소제 및 생균제 첨가는 도체의 개선효과는 없었다는 것과는 상반되며, 김 등(1997)이 보고한 생균제 급여시험에서 도체등급에서 차이가 없었으며, 양 등(1997)이 보고한 생균제 첨가는 돼지의 도체등급에는 영향을 미치지 않는다는 보고 등과는 상이한 결과이다.

2) 돈사환경 개선

복합미생물 발효제 급여가 돈사환경에 미치는 영향을 분석하기 위하여 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도를 비교하였다.

비육기간 동안 비육돈사에서 24시간 조사한 암모니아 농도는 Fig. 5와 같다.

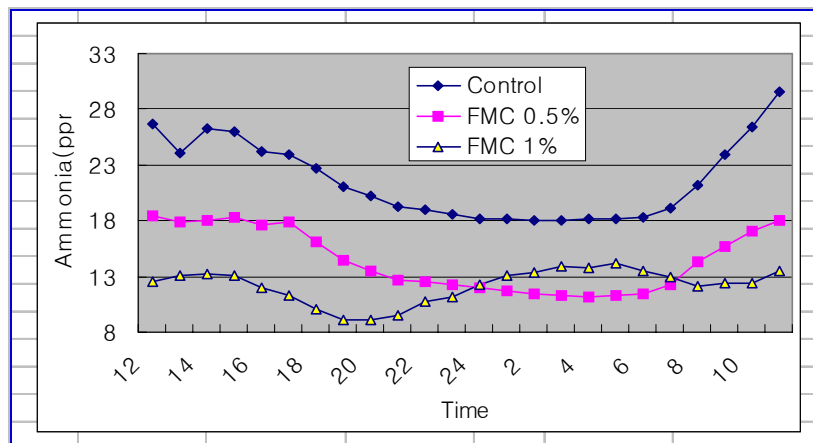


Fig. 5. Indoor ammonia concentrations of the fattening building.

Effects of dietary supplementation of fermented microbial complex and time were significant ($p < 0.05$); pooled SE for the dietary supplementation of fermented microbial complex \times time was 0.75ppm.

비육돈사내 암모니아 농도는 복합미생물 발효제를 급여하지 않은 경우에는 17.99ppm~26.71ppm 수준으로 돼지들의 움직임이 적은 밤 시간대가 낮았고 낮 시간대가 높았다. 복합미생물 발효제 0.5% 급여구의 경우 최저 농도는 12.04ppm이었고 최고농도는 역시 낮 시간대인 12시경에 18.39ppm으로 가장 높게 나타났다. 대조구와 비교해보면 최저 농도에 비해서는 약 38% 정도 낮아졌으며, 최고농도에 비해서는 약

31% 정도 낮아진 것으로 조사되었으며, 복합미생물 급여 수준에 따라서는 차이가 인정되지 않았다.

Figure 6은 복합미생물 발효제 급여가 비육돈사내 황화수소 발생에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

비육돈사내 황화수소 농도는 대조구와 복합미생물 발효제 0.5% 급여구는 시간대별 큰 변화 없이 일정한 농도를 유지하였으나, 복합미생물 발효제 1% 급여구는 시간대별 차이가 크게 나타나 낮 시간대는 높고 밤 시간대는 낮은 경향을 나타내었다.

복합미생물 발효제 0.5% 급여구는 0.12~0.20ppm 범위에서 낮게 유지되었으나, 대조구는 0.32~0.36ppm으로 상당히 높게 나타나 복합미생물 발효제 0.5% 급여는 황화수소 농도 저감에 효과적임을 나타내었다.

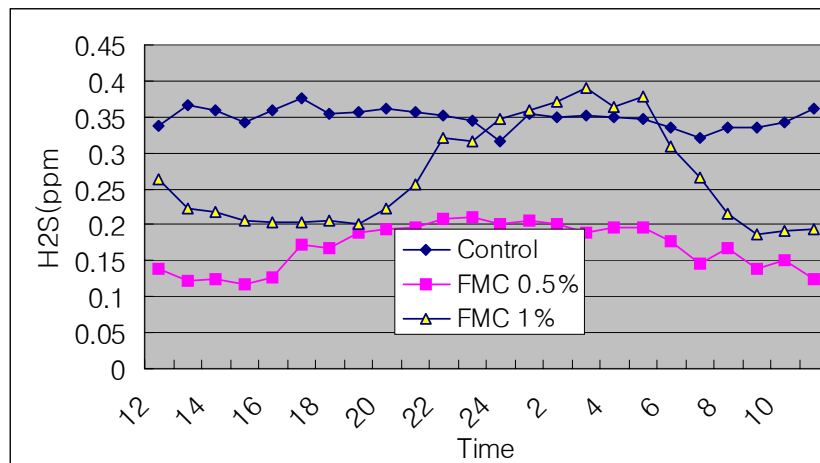


Fig. 6. Indoor hydrogen sulfide concentrations of the fattening building. Effects of dietary supplementation of fermented microbial complex but not 1% level and time were significant ($p < 0.05$) and non significant ($p = 0.48$); pooled SE for the dietary supplementation of fermented microbial complex \times time was 0.82ppm.

대기환경보전법(1990)에서 황화수소를 악취물질로 규정하고 배출을 규제하며 공업지역 안의 사업장에서의 배출량은 0.2ppm 이하, 기타 지역 안의 사업장에서의 배출량은 0.05ppm 이하로 규정한 바 본 시험 결과 비육돈사 내의 황화수소 농도는 공업지

역 안의 배출량 기준치를 초과하는 것으로 나타났으며, 향후 이에 대한 대책이 시급한 것으로 판단된다.

Figure 7은 복합미생물 발효제 급여가 비육돈사내의 이산화탄소 발생에 미치는 영향에 대하여 나타낸 것이다.

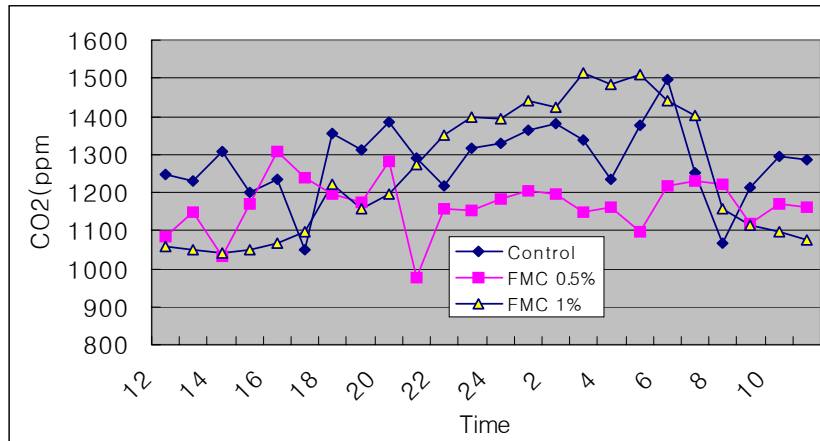


Fig. 7. Indoor carbon dioxide concentrations of the fattening building. Effects of dietary supplementation of fermented microbial complex and time were non significant($p=0.34$); pooled SE for the dietary supplementation of fermented microbial complex \times time was 0.73ppm.

비육돈사내 이산화탄소 농도는 낮 시간대와 밤 시간대 및 복합미생물 발효제 급여에 따른 일정한 영향은 나타나지 않았다. 이산화탄소는 독성이 매우 강하지는 않지만 사람에게서는 산소부족으로 인한 호흡곤란과 질식의 우려가 있으며, 동물에 대한 영향으로는 4,000ppm 농도에서 호흡율을 높이고 호흡을 길게 만들며, 7~9% 농도에서는 견디기 힘든 상황이 된다고 하였다(MWPS-8, 1991). 돈사내 이산화탄소 농도는 주로 분뇨의 발효과정과 돼지의 호흡에 의하여 발생된다(MWPS-18, 1985).

본 시험결과 비육돈사내 이산화탄소 농도는 낮에는 975.3ppm이었으며, 가장 높은 농도는 1,498.8ppm으로 돈사내 근무자나 돼지에게 위해를 줄 정도는 아닌 것으로 판단된다.

3) 요약

본 시험은 *L. casei*, *S. lactis*, *C. utilis*, *M. heimalis*, *S. albus*, *R. palustris*, *R. sphaeroides* 등의 유용미생물이 혼합된 복합미생물 발효제를 비육돈 사료에 0.5% 및 1% 수준으로 첨가하여 급여할 경우 도체등급, 도체특성, PSE 발생율, 비육돈사내 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 3처리×3반복×15두로서 총 135두를 공시하여 실시하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

복합미생물 발효제 급여는 도체품질을 개선하는 효과를 나타내었는데, 도체등지방 두께는 1% 급여구가 가장 낮았으며($p<0.05$), 도체 등급 또한 뚜렷한 개선효과를 보였다. PSE 발생율 또한 복합미생물 발효제 1% 급여구가 가장 낮게($p<0.05$) 나타났으며, 대조구는 높은 PSE 발생율을 나타내었다.

복합미생물 발효제 급여가 비육돈사내 환경개선에 미치는 영향은 긍정적인 것으로 평가된다. 복합미생물 발효제 급여는 돈사내 암모니아 농도를 30% 이상 저감시키는 효과가 인정되었으며, 황화수소 농도는 복합미생물 발효제 1% 급여구에서 대조구에 비하여 뚜렷한 저감 효과를 나타내었다. 그러나 이산화탄소 농도에는 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과를 요약해보면 비육돈에 대한 복합미생물 발효제 급여로 출하돈의 도체등급이 대조구에 비하여 월등히 우수하였고 PSE 돈육 발생을 현저하게 감소시켜 도체품질을 크게 개선시키는 효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 돈사내 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도에 영향을 미치며, 암모니아의 경우 30% 이상의 저감효과가 인정되어 복합미생물 발효제는 돈사 환경개선에 효과적인 것으로 판단된다.

제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표 및 내용

1. 1년차 연구개발 목표 및 내용

○ 행동분석과 복지평가를 통한 비육돈의 출하, 수송 및 계류 실태 조사

- 행동분석과 복지평가를 통한 비육돈사 환경조건이 이상육 발생에 미치는 영향 조사
 - 계절과 비육돈사 환경의 영향
 - 혈액분석을 통한 스트레스 측정
 - 도체분석을 통한 이상육 발생 실태
- 출하, 수송 및 계류 실태와 그에 따른 이상육 발생 현황 조사
 - 계절(여름, 겨울 및 가을(봄)과 출하, 수송 및 계류조건이 비육돈의 행동과 이상육 발생에 미치는 영향 분석
- 이상육 발생 감소를 위한 출하직전 비육돈사 여건, 출하, 수송 및 계류 단계의 필요기술 조사 및 활용 기준 제시

2. 2년차 연구개발 목표 및 내용

○ 비육돈 취급 스트레스 감소를 위한 출하·수송 기술 개발

- 1) 스트레스 유전자형과 취급이 출하 및 이상육 발생에 미치는 영향
 - 설계 : 출하시 출하돈에 주어지는 스트레스 감소를 위한 취급 기술
 - 스트레스 유전자형을 분석하고 정상(NN)인 비육돈을 공시 하여 각 스트레스 유전자형과 취급 수준이 이상육 발생에 미치는 영향을 분석한다.
 - 방법 : 취급 수준, 출하시 한 개 무리의 크기, 출하 길들이기, 출하 보조 도구의 효과
 - 취급수준을 양호/보통/열악하게 하여 비교하고, 출하시 한 개 무리의 크기를 달리하였을 경우, 출하전 비육돈사 내에서의 출하 길들이기 효과, 출하취급

을 용이하게 하기 위한 보조기구(시야 차단용 및 이동용 틀) 사용효과를 분석한다.

- 조사내용 : 행동패턴, 스트레스 관련 혈액 성분, 이상육 발생
 - 각 처리에 대한 행동패턴의 비교를 통한 스트레스 절감 효과
 - 스트레스 관련 혈액 성분 : cortisol, glucose, lactate, CPK
 - 이상육 발생 : 도체등급, PSE 발생율, 보수력, drip loss

2) 출하전 절식이 도체품질에 미치는 영향

- 설계 : 출하전 일정시간 동안의 절식이 이상육 발생에 미치는 영향 분석
- 방법 : 절식시간과 수송시간 및 계류시간에 따른 비교
- 조사내용 : 이상육 발생, 도체감량, 육질 특성

3) 수송 여건이 이상육 발생에 미치는 영향

- 설계 : 수송 스트레스 감소를 위한 수송 기술
- 방법 : 수송밀도, 수송시간, 차량여건이 따른 스트레스 분석
- 조사내용 : 행동패턴, 혈액 성분, 이상육 발생

3. 3년차 연구개발 목표 및 내용

○ 이상육 발생 감소를 위한 계류 및 도축관리 기술 연구

1) 계류조건이 비육돈의 행동과 이상육 발생에 미치는 영향 분석

도체품질 개선과 이상육 발생 억제를 위한 최적 계류조건 설정을 위하여 계류시간, 밀도, 온도, 바닥구조의 영향을 분석한다.

조사내용은 계류시 행동과 복지상태, 육질 및 이상돈육 발생 빈도, 미끄러짐 혹은 넘어짐 빈도, 온도, 습도, 골절, 외상, 육등급, 도체품질 및 육질분석을 통하여 적정 계류 기술을 연구한다.

2) 첨가제 사용이 이상육 발생과 취급 스트레스 감소에 미치는 영향

도체전 적용할 스트레스 감소용 첨가제 활용 효과를 분석하기 위하여 음수를 통한 비타민, 미네랄 및 스트레스 완화 복합제제 공급하여 조사한다.

혈액 중 스트레스 관련 물질 변화, 행동 및 복지상태, 육질, 육등급, 이상육 발생 빈도를 비교하여 분석한다.

제 2 절 연구개발 목표의 달성도

1. 1년차 연구개발 목표 달성도

수송 및 계류여건과 출하취급이 다른 5개 지역 농장을 대상으로 비육돈사 환경상태, 출하시 상황, 수송여건(시간, 거리) 및 계류실태를 계절별로 여름, 겨울 및 봄으로 나누어 조사하였다.

또한 출하, 수송, 계류 과정에 주어지는 취급 스트레스 정도를 평가하기 위하여 비육돈사내, 출하(상차)후, 수송후, 계류장에서 3시간 계류후에 혈액을 채취하여 cortisol 농도와 CPK치를 측정하였다.

출하, 수송, 계류여건에 따른 이상육 발생 및 도체품질 차이를 평가하기 위하여 계절별로 여름, 겨울 및 봄으로 구분하여 수송거리와 소요시간이 상이한 5개 지역 농장 출하돈을 대상으로 도체 평가를 실시하였다.

도체평가는 도체등급, 도체 등지방 두께, 탕박지육율, 근내지방, 근간지방, 피하지방, 탄력성 및 PSE 발생율을 조사하였다.

비육돈의 행동분석을 위하여 출하전 비육돈사 내에서의 행동패턴과 각 행동유형별 빈도를 조사하였으며, 계절별로 수송 중 수송차량 내에서의 행동특성을 조사하였다.

2. 2차년도 연구개발 목표 달성도

스트레스 유전자형(PSS genotype)과 출하취급의 영향, 출하전 절식에 따른 도체품질 및 이상육 발생 차이, 수송차량 여건에 따른 적정 수송 여건 분석, 수송 밀도 및 수송시간의 영향을 분석하였다.

이들 출하와 수송과 관련된 산업현장의 적정 여건을 설정하기 위하여 출하돈의 스트레스, 도체품질, PSE 돈육과 같은 이상육 발생율, 몇가지 육질특성, 수송중 돼지 행동패턴 및 혈액성상을 분석하였다.

3. 3차년도 연구개발 목표 달성도

계류조건이 비육돈의 행동과 이상육 발생에 미치는 영향을 분석하기 위하여 도체

품질 개선과 이상육 발생 억제를 위한 최적 계류조건 설정을 위하여 계류시간, 밀도, 온도, 바닥구조의 영향을 분석하였다.

또한 첨가제 사용이 이상육 발생과 취급 스트레스 감소에 미치는 영향을 분석하기 위하여 도축전 적용할 스트레스 감소용 첨가제 활용 효과를 조사하였으며, 음수와 사료를 통한 미네랄제제 및 복합미생물 발효제 효과를 조사하였다.

혈액 중 스트레스 관련 물질 변화, 행동 및 복지상태, 육질, 육등급, 이상육 발생 빈도를 비교하여 분석하였다.

제 3 절 관련분야 기술발전의 기여도

1. 동물행동학 및 동물복지학

가축은 인류의 생명유지와 복지를 위하여 필수적인 동물성 단백질을 공급하는 매우 중요한 존재이기는 하지만, 동물자원은 주로 경제적인 목적 때문에 가축 그 자체의 생명유지와 생산활동을 위한 환경조성과 복지상태의 개선보다는 주로 사람의 필요에 의하여 이용되어 왔다.

이러한 가축의 생활 여건 변화는 질병의 확산과 더불어 가축들로 하여금 상당한 생리적, 행동적 적응에 영향을 미쳤으며, 가축은 이러한 환경조건의 제약이 주어지는 과정에서 적응하거나 적응에 실패하는 결과가 나타났고, 그러한 과정에서 가축행동의 중요성을 인식하게 되었으며, 근래 동물복지와 안전축산물에 대한 관심이 높아지면서 가축행동 연구가 점차 강조되고 있다.

따라서 집약생산 시스템 하의 가축관리를 평가할 가축의 복지와 행동에 관련된 새롭고 실질적인 지식들이 요구되었으며, 요구에 부응하기 위하여 많은 새로운 지식들이 제시되어졌고, 이러한 지식들은 축산 현장에 적용되어 가축의 복지와 생산성 향상에 기여하여 왔다.

2. 동물복지의 정의와 개념

Welfare, Well-being, Comfort 등으로 표현되는 복지는 생명을 유지하고 생산활동을 하고 있는 현재의 상태가 얼마나 양호하거나 불량한가를 나타내는 말이다. 동물

에게 주어진 현재의 환경조건이 심리적으로 신체적으로 얼마나 편안한가를 나타내는 개념이다.

동물생산 측면에서의 복지문제는 야생동물의 보호, 동물 권리 혹은 동물에 대한 사람의 의무 등의 개념들과 종종 혼동되어 사용되고는 있으나 분명히 구분되어야 한다.

동물복지와 관련된 문제들에 대해서는 객관적이고 정확한 판단이 필요하며, 평가된 복지수준에 따라 분명하고 적절한 판단이 요구된다. 각 동물 개체는 주어진 여건이 좋지 못하면 다양한 방법으로 주위에 산재된 부정적으로 영향을 미칠 수 있는 요소들에 대하여 적응적 대응을 하게 되는데, 그 구체적인 방법으로 부신피질 호르몬의 사용을 통한 에너지를 동원하거나 매일 체내 대사에 필요한 에너지 사용을 최소화하는 등이다. 또 다른 방법으로는 동물 스스로 주어진 여건에 적응하여 살아남기 위하여 견딜 수 있는 범위에 포함되기 위한 행동의 수정을 통하여 적응하고자 한다. 적응하기 위하여 사용하는 방법이 무엇이든 간에 결국 동물은 주어진 환경조건에 적응하거나 그렇지 못하게 된다. 이러한 동물이 환경조건에 적응하고자 하는 노력, 방법 및 결과에 대한 측정과 평가가 가능하고 이는 곧 얼마나 복지상태가 양호한가 혹은 불량한가를 판단할 정보로 활용된다. 따라서 어떤 특정 시간대의 복지상태가 어떠한가를 정확하게 평가 가능하다.

복지평가는 도덕적 고려 없이 과학적 방법만으로도 가능하다. 복지란 말의 뜻은 동물의 상태를 말하는 것이지 동물을 위한 인간적인, 다분히 보호와도 같은 관리를 의미하지는 않는다.

동물이 갑자기 충격을 받았다면, 사전에 주어질 충격이 있을 것이라는 경고가 없었고 즉각 죽게 되었다면, 죽음에 대한 도덕적 고려에 대한 의문은 남겠지만 복지에 대한 문제는 없다. 동물이 많은 고통과 함께 서서히 죽어간다면, 타격으로 인하여 상처를 받고 그 결과 공포를 느끼고 정상적인 생명유지가 어렵다면, 결과적으로 복지상태는 나빠졌다고 할 수 있다. 이처럼 복지문제와 도덕적 고려는 별개의 문제로 분리하는 것이 바람직하다.

동물의 복지상태 평가는 비슷한 상황에 놓여진 동물을 대상으로 한 연구를 통하여 추정할 수 있을 것이다. 이 방법은 가축화된 동물의 복지 평가를 위하여 쉽게 채

택 가능한 방법이기도 하나 여기서도 도덕적 고려와 이러한 방법에 의한 복지 평가는 엄연히 구별이 되어야 한다.

가축에 대한 도덕적 고려는 사람에 따라, 지역에 따라, 국가에 따라 큰 차이를 보이지만, 대부분의 사람들은 식용으로 이용될 가축이 도축될 때까지 좋은 상태로 유지되어야 한다는 전제에 대하여 찬성하고 가축에게 명백한 고통이 주어지고 극도의 불량 복지상태에 놓여 있다면 명백히 반대한다. 그러나 사람들이 알고 있거나 수용하지 못하는 불량복지 정도는 매우 큰 편차를 보이고 있다. 나라마다 개인마다 차이가 있으며, 나라간이나 나라안에서도 복지에 대한 사람들의 태도는 그들이 알고 있는 가축의 생명 활동에 대한 복잡하고 난해한 정보에 따라 달라진다.

동물 복지에 대한 명확한 상황판단과 제대로 구분하기 위해서는 동물의 입장에서 바라볼 필요가 있다.

동물은 결과적으로 좋게 혹은 나쁘게 영향을 미치게 될지도 모르는 수 많은 환경인자들에 의한 자극을 받으며 생활하고 있다. 동물이 환경조건으로부터 받는 부정적인 영향과 부정적이지 않는 영향을 구분하여 평가하는 것이 바람직하다.

동물이 환경조건에 의한 자극을 받으면 생체항상성을 유지하기 위한 행동, 생리적 변화를 나타내는데, 이를 적응이라 하며, 적응은 환경조건에 따라 결과적으로 동물에 미치게 되는 위해와는 기본적으로 다른 개념이다.

또한 동물에 대한 환경조건의 영향이 어떤 형태로든 해를 끼칠 수 있으며, 결정적으로 무엇이 해를 끼쳤는가를 평가할 필요가 있다. 동물이 받은 위해의 정도와 무엇이 해를 끼쳤는가를 평가하는 최선의 방법은 건강상태를 체크하는 것이다.

동물의 건강상태는 번식가능 일령, 번식간격, 생후 번식가능까지의 생존율, 번식간의 생존율 등의 변수들의 측정을 통하여 평가할 수 있을 것이다. 한편으로는 환경조건이 번식가능 일령, 번식간격, 생후 번식가능까지의 생존율, 번식간의 생존율 등의 변수들에 영향을 미치고 폐사 기회 증가, 산자수 감소 및 건강 저하로 나타난다.

스트레스란 말은 환경조건이 동물에 부정적으로 영향을 미치는 상황을 설명하는 것이다. 즉 동물이 생명을 유지하고 생산활동을 하는 과정에 쾌적한 생활 여건을 벗어난 상태를 표현한 것이다.

3. 동물행동과 생산성

가축의 행동에 대한 연구는 축산업 경영의 효율과 경제성 측면에서 필수적인 주요 테마 중의 하나이다.

경영자, 관리자, 수송하는 사람 및 축사시설 및 장비 설계자 등은 반드시 가축의 행동에 대하여 잘 알고 있어야만 주어진 임무를 잘 수행할 수 있다.

지금까지 개인의 경험을 바탕으로 동물을 어떻게 취급하는 것이 바람직한가에 대하여 필요성과 관심이 커져 왔고, 일반적으로 잘 알려진 내용들은 쉽게 가르쳐졌으나, 실제적인 경험은 아직도 매우 중요하게 여겨지고 있다.

섭취행동은 가축을 대하는 모든 사람들에게 매우 중요한 과제 중의 하나인데, 채식을 위한 경쟁이나 채식 여건에 따라 사료효율과 축산물 생산 효율이 달라진다.

번식행동 또한 생산성에 관여하는 매우 중요한 부분이다. 돼지의 경우 행동은 발정관찰을 위한 가장 으뜸의 방법이다.

자돈 생산은 농장의 경제성과 직결되는 것으로 모성행동에 따라 자돈 생존율에 영향을 미친다.

또한 행동에 대한 지식은 관리자의 관리관행에 영향을 주게 된다.

가축에 주어지는 사회적 여건에 따라 가축의 행동은 달라진다. 가축 무리의 크기와 밀도를 어떻게 유지할 것인가?, 어떤 축사 시스템을 택할 것인가를 결정하기 위한 사회적 행동이 중요해졌다.

사람이 취하는 가축에 대한 관리행위는 가축 개체들 간의 싸움, 상처 혹은 심한 두려움에 직접 영향을 미치게 되며, 번식활동의 불량, 생산효율의 저하, 도체품질 저하 및 심할 경우 폐사 증가의 결과를 가져온다.

이러한 관리관행에 따라 발생될 수 있는 손실들은 가축 관리를 향상시키기 위한 사회적 행동에 관한 연구와 좋은 관리자의 건설한 지식을 통하여 실질적으로 낮출 수 있다.

동물의 복지를 이해함은 물론 적절한 동물의 행동 연구는 가축의 생산성과 관련하여 매우 광범하게 적용되고 있다.

4. 동물복지 문제와 관련된 동물행동 연구

가축행동에 관한 최초의 저서는 1962년 Hafez의 "The Behaviour of Domestic Animals"이다. 그러나 1962년과 1969년에 출판된 2권까지는 Welfare나 Well-being이란 표현은 보이지 않았다.

초기의 동물응용행동학의 관점은 동물의 복지(animal welfare)가 아닌 생산(production)이었다.

일반적으로 1964년 Harrison이 저술한 "Animal Machines"이 현대적 의미의 동물복지 운동의 주도적 역할을 한 발표로 인정하고 있다.

Harrison은 2차 대전 이후 증가된 산란계의 배터리 사육, 송아지 수용틀, 대규모 브로일러 사육 등의 집약축산에 대하여 비판적인 견해를 나타내었다. 뿐만아니라 동물복지 문제와 더불어 가축생산에 대한 약품의 사용 및 윤리개념에 관심을 가졌다. 그러나 이 책에서는 동물행동에 대해서는 비교적 언급이 적었다.

도계장에서 닭은 죽음에 대한 두려움을 경험하게 되며, 대규모 육계 생산체계에 서 사회성 행동은 생산성에 영향을 미친다는 것이다.

이 책에서 언급된 행동에 관한 다른 내용들을 보면, 닭의 탁우성과 깃털쫓기, 송아지의 과도한 흡유행동, 선택채식, 지루함, 배설 버릇, 수면주기 등이다.

Harrison은 축산업에 관한 일반의 관심을 불러일으켰으며, 자동화에 대응하여 반대운동을 전개하였다.

이러한 Harrison의 책과 관련하여 영국 정부는 2명의 수의사, 4명의 농학자, 1명의 의사 및 2명의 동물학자로 기술위원회를 구성하였으며, 집약축산에서 동물복지 문제를 다루게 하였다.

이 위원회는 동물은 통증과 고통을 느끼고, 스트레스를 받으며, 불안, 공포, 이해, 좌절 및 기쁨을 느낀다는 것을 인정하였다. 이제 이 사실은 놀랄만한 일이 아니며, 이 위원회의 보고서는 가축의 물리적인 여건은 물론 심리적 편안함과 관련된 복지문제에 관하여 폭 넓게 인용되었다. 가축의 복지를 평가하기 위해서는 가축이 나타내는 행동을 통하여 가축의 느낌과 관련되는 과학적인 근거가 반드시 포함되어야 한다는 것이다. 여기에 가축의 느낌에 대한 강조와 더불어 움직임의 자유를 지적하였는데, 잘 알려진 "다섯가지 자유"이다. 가축은 최소한 움직임에 불편함이 없는 다음의 몇 가지 조

건을 제공하여야 한다는 것이다. 즉 돌아서기, 일어나기, 눕고 무릎을 펼 수 있게 하여야 한다는 것이다.

이 위원회는 동물복지 문제를 평가하기 위하여 가축의 행동 연구가 결정적이라고 인정하였으며, 다른 어떤 보고서 보다도 현대적 의미의 동물복지 운동에 적절한 내용을 내놓았다.

1993년 FAWC(Farm Animal Welfare Committee)가 제안한 새로운 다섯가지 자유는 다음과 같다.

① 갈증, 배고픔 및 영양결핍으로부터의 자유 - 건강과 활력을 유지하기 위하여 쉽게 신선한 물과 사료를 접할 수 있어야 한다.

② 불편함으로부터의 자유 - 잠자리, 편안한 휴식 공간 등의 적절한 환경을 조성해야 한다.

③ 고통, 상처 및 질병으로부터의 자유 - 신속한 대응과 처치를 통하여 고통, 상처 및 질병을 제거하여야 한다.

④ 정상적인 행동을 표현할 자유 - 충분한 공간, 적절한 설비 및 동물전용 시설을 사용한다.

⑤ 두려움과 스트레스로부터의 자유 - 심리적 고통을 덜어주는 여건을 조성해야 한다.

Stookey(1992)는 위의 다섯가지 자유에 대하여 ①~③ 내용은 농업분야에서는 전통적으로 알려져 왔으나, 뒤에 두 가지 내용은 최근에 사회적 관심을 불러일으킨 경우라고 하였다.

Webster(1993)는 ①~③ 내용은 생산과 관련된 자유이며, 뒤에 두 가지는 행동과 관련된 문제로 분류할 수 있다고 하였다.

최근의 동물복지 운동과 관련하여 뒤에 두 가지 문제가 결정적으로 관련된다고 강조한다.

그 뒤 동물복지와 관련된 국제기구의 발족이 있었으며, 그 목표 중의 하나는 동물의 복지와 행동간의 관련 정보들의 교환을 촉진하자는 것이며, 동물복지는 동물의 응용 행동학자에 의하여 강조되어져야 한다는 것이다.

5. 관련분야의 향후전망

FAIR(Food Animal Integrated Research Conference in the United States)은 1993년 동물복지와 행동은 미래 축산기술 연구의 중요한 부분중의 하나라고 강조하였다.

응용행동에 있어서 복지관련 연구방향은 지난 30여년간 여러 가지 방법의 사용과 수 많은 과학적 접근을 통하여 오늘에 이르렀으며, 앞으로 일부 그 중요성의 변화가 있을 것이다. 복지상태 평가 수단으로 행동의 이용이 지나치게 강조되어 온 감이 없지 않으며, 복지 문제와 기본적인 행동연구에 대해서는 소홀히 해 왔다(Gonyou, 1993).

앞으로는 복지 척도로서 비정상 행동의 연구는 그 중요성이 약화될 것으로 보이며, 동물의 복지 요구에 관한 의문사항들에 대한 대답을 제시할 행동 연구가 보다 확대될 것이다. 따라서 편안함과 자극을 평가하는 선호도평가가 증가될 것이고, 행동 연구를 바탕으로 한 관리시스템 설계와 개발이 늘어날 전망이다. 또한 동물이 느끼는 슬픔과 기쁜 심리적 상태와 경험 정도 및 인지능력 결정에 대한 연구가 보다 많아질 것이다.

제 4 장 연구개발 결과의 활용계획

제 1 절 활용계획

1. 돈육 생산자 및 양돈장에 적용

최근 돼지고기 소비자의 요구가 안전과 품질을 강조하면서 돈육생산자인 양돈산업 종사자들은 품질이 우수하고 안전한 돼지고기를 생산-가공-유통을 위한 매뉴얼을 요구하고 있다.

따라서 본 연구개발 결과는 도체품질 개선 및 생산성 향상을 위한 비육단계에서 소홀해지기 쉬운 비육돈 취급 스트레스를 줄일 수 있는 기술로 활용되어 궁극적으로 돼지고기의 품질과 안전성을 확보할 중요한 자료로 활용될 것이다.

2. 출하, 수송 관련

양돈장에서 건강하게 자라서 비육을 끝낸 출하돈의 출하 이후 관리가 도체품질과 육질에 크게 영향을 미치며, 돈육 생산자들의 경제적 손실을 초래한다.

비육돈의 출하시 및 수송시 스트레스 감소 기술로 활용 및 출하 및 수송시 비육돈 취급 가이드로 활용될 것이다.

3. 도축장

출하후 도축장에서의 계류, 도축직전 및 도축과정에서 일어나는 육질 및 경제적 손실요인인 골절, 상처, 폐사 등을 최소화하는 기술로 활용될 것이다.

특히 절식에 관한 결과는 사료손실과 환경오염 부담 경감의 추가 효과가 인정된다.

4. 소비자 및 양돈산업

지속가능한 축산을 위한 동물행동 및 동물복지와 관련된 소비자의 요구에 대응할 기술로 활용될 것이다. 또한 양돈산업의 친환경 및 안전돈육 관련 자료로 활용될 것이다.

제 2 절 연구개발 성과(논문발표, 교육)

1. 김두환. 2001. 동물복지와 행동의 이해 및 양돈산업 적용. 제 7회 한국축산시설 환경학회 학술논문발표회 특별강연. Proceedings p 21-47.
2. 김두환 등. 2001. 돼지 수송밀도와 계류시간이 돼지행동과 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 43(2):223~232.
3. 김두환 등. 2001. 알칼리 미네랄 급여 및 성분리가 비육돈의 생산과 도체품질에 미치는 영향. 2001 한국동물자원과학회 학술발표회. Proceedings Vol. II, p118
4. 김두환 등. 2001. 알칼리 미네랄 급여 및 성분리가 비육돈 취급과 PSE 돈육발생에 미치는 영향. 2001 한국동물자원과학회 학술발표회. Proceedings Vol. II, p118
5. 김두환. 2002. 출하 스트레스 대책. 부경양돈농협 2002 농장전산성적 및 육질종합분석 발표회. 2002년 4월
6. 김두환. 2002. 돈육 및 도체품질 개선을 위한 비육돈 취급 - 돼지행동을 고려한 취급. 월간 양돈위생 10월호
7. 김두환. 2002. 돈육 및 도체품질 개선을 위한 비육돈 취급 - 스트레스 최소화를 위한 출하취급. 월간 양돈위생 11월호
8. 김두환. 2002. 돈육 및 도체품질 개선을 위한 비육돈 취급 - 수송관리. 월간 양돈위생 12월호
9. 김두환. 2003. 돈육 및 도체품질 개선을 위한 비육돈 취급 - 계류 및 도축관리. 월간 양돈위생 2월호
10. 김두환. 2003. 동물복지와 소비자 중심 양돈. 부경양돈 여성양돈인 전문과정. 2003년 5월 23일
11. 김두환. 2003. 소비자 중심 양돈산업과 동물복지. 부경양돈 2003 전산성적발표 세미나. 2003년 5월 28일
12. Kim, D.H. et al. 2003. Effect of trucking density and transport time of market pigs on behavioural pattern during transport, plasma concentration of stress-related biochemical markers and carcass quality. J. Anim. Sci. Vol. 81, Suppl. 1. p283(abstract)

제 5 장 참고문헌

Barton-Gade, P. A. and Christensen, L. 1998. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in danish slaughter pigs. *Meat Science*. 48: 237-247.

Barton-Gade, P., Blaabjerg, L. and Christensen, L. 1992. New lairage system for slaughter pigs-effect on behaviour and quality characteristics. *Proceedings 38th International Congress of Meat Science and Technology*. pp. 161-164.

Becker, B. A., Mayes, H. F., Hahn, G. L., Nienaber, J. A., Jesse, G. W., Anderson, M. E., Heymann, H. and Hedrick, H. B. 1989. Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. *Journal of Animal Science*. 67: 334-341.

Bradshaw, R. H., Parrott, R. F., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. and Broom, D. M. 1996. Effects of mixing and duration of journey on the welfare of pigs during transport. In : "New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling transport and lairage conditions", Mariencee, Germany. pp. 95-100.

Broom, D. M. 1996. Quantifying pig welfare during transport using physiological measures. *Proceedings of EU seminar "new information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions"*. Mariencee, Germany. pp. 3-10.

Bowker, B. C., Wynveen, E. J., Grant A. L. and Gerrard, D. E. 1999. Effects of electrical stimulation on early postmortem muscle pH and temperature declines in pigs from different genetic lines and halothane genotypes, *Meat Science*, Volume 53, Issue 2, October 1999, Pages 125-133.

Dantzer, R. 1982. Research on farm animal transport in France: a survey. In: R. Moss(Editor), *Transport of animals intrnded for breeding, production and*

slaughter. Martinus Nijhoff, The Hague, Curr. Topics Vet. Med Animal Science. 18: 218-231.

Ftraqueza, X., Tornberg, E. 1991. A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *Journal of Muscle Foods*, 2, 209-235.

García-Belenguer. M. P., Pérez, J. Palacio., M. P. Santolaria., M. C. Aceña., G. Chacón., M. Gascón., J. H. Calvo., P. Zaragoza., J. A. Beltran and S. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs, *Meat Science. Pages 425-433*

Gospert, M., Faucitano, L., Oliver, M. A., Guardia, M. D., Coll, C., Siggens, K. and Diester, A. 2000. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*. 55: 97-106.

Guise, H. J. and Penny, R. H. C. 1989. Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. 1. The effects of stocking density in transport and the use of electric goads. *Animal Production*. 49: 511-515.

Guise, H. J., Riches, H. L., Hunter, E. J., Jones, T. A., Warriss, P. D. and Kettlewell, P. J. 1998. The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 1. carcass measurements. *Meat Science*. 4: 439-446.

Hunter, E. J., Weeding, C. M., Guise, H. J., Abbott, T. A. and Penny, R. H. C. 1994. The effect of season and stocking density on pigs welfare during transport. *Applied Animal Behaviour Science*. 41, 274

Joo, S-T., Kauffman, R. G., Kim, B-C. and Kim, C-J. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus. *Journal of Muscle Food*. 6: 211-226.

Lambooy, E., Garssen, G. J., Walstra, P., Mateman, G. and Merkus, G. S. M. 1985. Transport by car for tow days: some aspects of watering and loading

density. *Livestock Production Science*. 13: 289-299.

Lambooy, E. and Engel, B. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: some aspects of loading density and ventilation. *Livestock Production science*. 28: 163-174.

Lee, J. R., Kim, D. H., Hur, T. Y., Joo, S. T and Park, G. B. 2001. The effect of mixed-gender transportation of barrows and gilts. *Journal of Animal Science and Technology*. 43: 747-754.

Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. In: *Proceedings of the 28th European Meeting of Meat Research Workers*: 21-23.

Martocchia, L., Brambilla, G., Macri, A., Moccia, G. and Cosentino, E. 1995. The effect of transport on some metabolic parameters and meat quality in pigs. *Meat Science*. 40: 271-275.

Nanni Costa, L., Lo Fiego, D. P., De Grossi, A. and Russo, V. 1996. Effect of loading method, stocking density and temperature on carcass and meat quality in heavy pigs. *Proceedings of EU seminar "New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions"*. Mariensee, Germany. pp. 83-93.

Nanni Costa, L., Lo Fiego, D. P., Dall'Olio, S., Davoli, S., Davoli, R., and Russo, V. 1999. Influence of loading method and stocking density during transport on meat and dry-cured ham quality in pig with different halothane genotypes. *Meat Science*, 51: 391-399.

Palacio, J., Garcia-Belenguer, S., Gascon, F. M., Liste, F., Ortenga, C., Lobera, B., Martin-Maeatro, I., Angel, J. A., Lles, J. C., & Bayo, F.(1996). Mortalidad durante el transporte a un matadero en ganado porcino. *Investigacion Agraria: Produccion y Sanidad Animales*, 11, 159-170.

Payne, J. M., Payne, S. 1987. *The metabolic profile test*. UK: Oxford Science Publications.

Perez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacon, G., Gascon,

M., Calvo, J. H., Zaragoza, P. Beltran, J. A., Garcia-Belenguer, S. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science* 61: 425-433.

Randall, J. M. 1993. Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal Production*. 57: 299-307.

Riches, H. L. and Guise, H. J. 1996. Does the transport stocking density of pigs affect their heart rate and choice of posture ? In *Animal Choices*. Eds. J. M. Forbes, T. L. J. Lawrence, R. G. Rodway and M. A. Varley, pp. 102-103. British Society of Animal Science Occasional Publication No. 20.

SAS. 1998. SAS/STAT user's guide.

Scheper, J. 1971. Research to determine the limits of normal and aberrant meat quality(PSE and DFD) in pork. In *Proceedings 2nd International Symposium of Condition Meat Quality in Pigs(pp.271-277)*. Zeist, Pudoc. Wageningen.

Valenta, J., Provaznik, J. 1996. PSE defects of meat. *Meat Focus International*, 5, 192.

Vries, A. G. de., van der Wal, P. G., Long, T., Eikelenboom, G. and Merks, J. W. M. 1994. Genetic parameters of pork quality and production traits in Yorkshire populations. *Livestock Production Science*. 40: 277-289.

Warriss, P. D., Dudley, C. P. and Brown, S. N. 1983. Reduction in carcass yield in transported pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 34: 351-356.

Warriss, P. D., Brown, S. N., and Adams, S. J. M.(1994) Relationship between subject and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science* 38, 329-340.

Warriss, P. D. 1995b. The welfare of animals during transport. In *The Veterinary Annual*, eds M. E. Raw and T. J. Parkinson, Volume 36, pp. 73-85. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Warriss, P. D., Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Kettlewell, P. J. and Guise, H. J. 1998a. The effect of stocking density in transit on the carcass

quality and welfare of slaughter pigs; 2. results from the analysis of blood and meat samples. *Meat Science*. 4: 447-456.

Warriss, P. D., Brown, S. N., Bevis, E. A. and Kestin, S. C. 1990. The influence of pre-slaughter transport and lairage on meat quality in pigs of two genotype. *Animal Production*. 50: 165-170.

Warriss, P. D. 1991. A note on the influence of ambient temperature at slaughter on pig meat quality. *Proceedings of the 37th International Congress of Meat Science and Technology*, Kulmbach, Germany, pp. 301-304.

Warriss, P. D. and Brown, S. N. 1985. The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36: 87-92.

Warriss, P. D., Brown, S. N., Edwards, J. E., and Knowles, T. G. 1998b. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. 66: 255-261.