

수송시간이 돼지의 혈액성상과 육질에 미치는 영향

이제룡*·서종태**·허태영***·정재두*·하영주*·이진우*·이정일*·이중동*
경상남도 첨단양돈연구소*, 부산경남양돈조합**, 축산기술연구소***

Effect of Transport Time on the Blood Profile and Meat Quality of Slaughter Pigs

J. R. Lee*, J. T. Seo**, T. Y. Hur***, J. D. Jung*, Y. J. Hah*, J. W. Lee*, J. I. Lee* and J. D. Lee*
Gyeongnam Province Advanced Swine Research Institute*,
Pusankyungnam Pigfarmers Co-operative**, National Livestock Research Institute***

ABSTRACT

In a trial involving 120 pigs, the effects of transport time on blood profile and meat quality in pigs were investigated. One group of 60 animals was subjected to 20 min and the others to 2 h transport time, and held in lairage for 1 h 30 min. There was not significantly different in the carcass weight, backfat thickness and carcass grade between groups. Cortisol and lactic dehydrogenase(LDH) concentrations were significantly($P < 0.05$) higher in the group transported for 2 h compared with the group transported for 20 min. There was not significantly different($P > 0.05$) in meat quality(pH₁, pH₂, drip loss, cooking loss, hardness, CIE L*, a*, b* and NPPC) and skin damage of pork carcass between groups.

These results imply that the stress could be affected by transport time in transit without meat quality.

(Key words : Transport, Cortisol, Lactic dehydrogenase, Meat quality)

I 서 론

동물수송은 많은 스트레스를 초래하고, 수송의 지속은 동물복지와 육질에 영향을 미친다. 수송동안 동물상태에 영향을 줄 수 있는 중요한 요인으로는 낮선 환경, 상·하차과정, 운전자의 운전조작, 통로의 조건, 운전기술, 온도변화, 환기상태 등과 같은 많은 요인들이 수송동안 스트레스를 초래한다(Lambooyj와 van Putten, 1993). 또한 돼지는 수송 중에 소음, 냄새, 기아와 탈수, 차량 진동, 차량 가속시의 쏠림 및 심한 온도 변화 등에 의하여 스트레스를 받아 돈육의 품질이 영향을 받는다

(Warriss, 1984; Murray 등, 1989; Murray와 Jones, 1992).

도축전 돼지에 가해지는 스트레스는 체내 글리코겐 분해를 촉진시켜 근육의 산성화를 촉진시킨다. 근육의 빠른 산성화는 PSE육을 유발할 확률이 크고 만성적인 스트레스와 피로는 근육 내 글리코겐을 고갈시켜 DFD육을 생산할 수 있다. DFD와 PSE육의 발생 가능성은 도축전 스트레스와 관련이 있고(Gregory, 1998), 도축전 돼지 스트레스 지표와 육질 요인 사이에 관련이 일치되는 것은 아니라고 보고하였다(Bradshaw 등, 1999; Warriss 등, 1998c).

Corresponding author : Jae-Ryong Lee. Gyeongnam Province Advanced Research Institute, 15-1 Sancheong-gun Snan-men Gyeongnam, 666-962, Korea, E-mail : asjylee@hanmail.net

근육의 글리코젠 소모 정도는 유전적 요인보다 도축전 가축 취급 방법에 더 크게 영향을 받으며, 도축전 가축 취급과 육질과의 관계에는 많은 요인이 관여하여 보다 복잡한 양상이 나타나는 것으로 알려져 있다(Guise와 Warriss, 1989; Bradshaw 등, 1996; Santos 등, 1997).

돼지의 체온은 근본적으로 환경온도에 영향을 받지만(Randall, 1983), 높은 외기 온도는 체온을 일정하게 유지하려는 동물의 능력을 저하시켜 사후 근육 온도를 높이고 결과적으로 육질을 떨어뜨린다(Santos 등, 1997).

Perez 등(2002)은 3시간 수송한 돼지가 15분 수송한 돼지보다 Cortisol 농도는 현저하게 낮았고, Creatine kinase(CK)와 Lactic dehydrogenase(LDH)는 높게 나타났으나 유의성은 없다고 보고하였다. Warriss 등(1990)은 1시간 수송과 4시간 수송사이에 pH, 육즙 감량 및 육색은 차이를 나타내지 않았다고 하였고, Culau 등(1991)은 수송거리가 사후 pH에 영향을 미치며, Warriss 등(1998b)은 장거리 수송(>120KM)이 단거리 수송(<10km)보다 최종 pH(pHu)는 낮았고 광선산탄도와 전기전도도는 높았다고 하였다.

수송시 돼지는 상·하차 시에 스트레스를 가장 많이 받으며 단거리 수송시 운전기사의 운전태도, 수송밀도 및 환기상태가 불량하다면 장거리 수송보다는 불리할 수 있고(Tarrant, 1989), 수송시간의 증가는 PSE육 증가와 관련이 있고 또한 DFD 도체 발생과도 관련이 있다고 보고하였다(Winstanley, 1986).

따라서 본 실험에서는 여름철 수송시간이 돼지의 혈액성상과 육질에 미치는 영향을 규명하고자 실시하였다.

II 재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험설계

동일조건에서 사육된 생체중 110kg 내외의 비육돈(Landrace-Yorkshire × Duroc) 120두를 공시

하여 실험에 이용했다. 실험은 여름에 실시하였다. 농장의 비육돈사에서 출하되는 돼지를 선별하여 통로로 이동 후 나무판자를 이용한 돼지몰이로 돼지를 상차대로 이동하여 상차하였다. 비육돈사에서 상차대까지의 거리는 10m 내외의 거리였다. 경사로의 각도는 비육돈사의 통로와 동일하였으며 넓이와 높이는 1.5m 이었고 통로 양쪽은 웬스로 되어있으며 바닥의 재질은 콘크리트슬랫이었다. 상차대는 60두를 수용할 수 있는 직사각형으로 재질은 콘크리트로 되어 있었다. 물이시간은 1회 수송에 20~30분 정도 소요되었다. 농장에서 도축장까지의 수송은 동일한 기사의 5톤 장축의 트럭을 이용하였으며, 일반적인 평탄한 도로를 약 20분과 2시간 수송하였다. 이때 시속은 60~70 km로 하였고, 적재 수송두수는 5톤 장축 트럭에 칸막이를 하여 1칸막이 트럭에 칸당 15두를 적재하여 1일 2회 총 8회 수송하였다. 하차는 계류장 높이와 적재 수송차량의 적재함의 높이와 동일한 상태에서 하였다. 수송은 오전 5시에서 10시 사이에 하였다. 계류밀도는 0.7m²로 하였다. 이때 온도는 30~35℃이고 습도는 65~75% 사이에 있었다. 도축장에 하차 직후 혈액을 채취하였다. 계류시간은 도축장에 도착 후부터 전살시까지 약 1시간 30분 정도가 걸렸다. 도축 1시간 후 pH₁과 도체의 피부손상을 측정된 후, 도체를 냉각시키고 사후 24시간에 최종 pH₂₄ 및 돈육품질을 조사하였다.

2. 조사방법

(1) 도체 특성

시험종료시 전처리구의 전두수(120두)에 대하여 축협 축산물 등급기준에 의해 도체중량, 등지방두께, 외관 및 육질 등을 고려한 돼지도체 등급판정을 실시하였다. 이때의 도체중은 도살 후, 혈액, 털, 내장, 머리, 발목을 제거한 후에 측정된 무게이며, 등지방 두께는 탕박인력 측정으로 좌반도체(左半屠體) 11, 12 번째 늑골사이 및 최종늑골 바로 윗쪽면을 측

추면과 수직되게 측정하였다.

(2) pH

도축 50~ ~ 능골 사이의 등심 심부에서 측정된 값을 pH₁로 측정하였고 도축 24시간 후에 같은 부위의 pH값을 pH₂로 하였으며 측정기기는 pH* K21(NWK Co.)을 사용하였다.

(3) 가열 감량(Cooking loss)

능골 부위의 배최장근을 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 육심부 온도 70℃에서 10분 가열한 다음 냉각시켜 감량된 무게를 백분율로 산출하였다.

(4) 육즙 감량(Drip loss)

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취한 후 무게를 측정하고, 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10)에 매달아 48시간 냉장온도(4℃)에서 저장하면서 저장 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

(5) 조직감

조직감은 Rheometer(Sun, CR300, Japan)를 이용하여 가열하여 mastication test로 경도(hardness)를 조사하였으며, 이때의 분석조건은 chart speed 120/mm/min, maximum load 10000g, 측정속도 20mm, 시료높이 20mm, adapter No. 4로 측정하였다.

(6) 육색

도축 24시간 후에 제 5-6능골 사이의 등심근을 절개하여 Chromameter (Minolta Co. CR301)로 CIE L*, a*, b*값을 측정하였고 육안 측정에 의한 육색은 미국 NPPC(1992) 색도판을 이용, 색깔 및 근육조직 상태에 따라 5단계(NO.1~ 0.5)로 조사하였다.

(7) 피부손상도

도체 표면의 손상정도를 사후 2시간에 EEU 기준의 표준 색도판(Barton-Gade 등, 1996)을

이용하여 다음과 같은 4점 채점법으로 측정하였다. 1=피부손상 없음; 2=약간 피부손상; 3=심한 피부손상; 4=극심한 피부손상.

(8) 혈액 분석

돼지의 경정맥에서 일회용 주사기로 채혈하여 heparin 처리된 Vacutainer®(Becton Dickinson)에 혈액을 넣고 3,000g × 10분간 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 혈청내 lactate dehydrogenase(LDH), glucose, creatinine 함량은 효소 kit로 ARCO pc(USA)를 이용하여 분석하였다.

혈청내 cortisol 분석은 DELFIA® Cortisol Kit(Wallac, Finland)를 이용하여 1234 DELFIA® Fluometer (Wallac, Finland)로 분석하였다.

3. 통계 분석

실험결과와 통계적 분석은 SAS package (1997)를 이용하여 실시하였으며, GLM(General Linear Model) Procedure를 적용하여 각 요인의 least square means를 구하여 요인간의 유의성을 검정하였다.

III 결과 및 고찰

1. 도체 특성

수송시간에 따른 돼지의 도체특성은 Table 1에서 보는 바와 같다. 도체무게는 20분 수송이 79.83 kg, 2시간 수송은 80.39 kg, 등지방 두께 20.29와 23.61 cm 및 도체등급은 1.92와

Table 1. Carcass characteristics of pigs by transport time

Item	20 min	2 h
Carcass weight(kg)	79.83±1.39	80.39±1.42
Backfat thickness(cm)	20.29±1.36	23.61±1.39
Carcass grade ¹⁾	1.92±0.24	2.26±0.24

¹⁾ 1: A grade, 2: B grade.

2.26으로 수송시간에 따라 차이를 보이지 않았다. Warriss 등(1998b)은 농장에서 장거리 수송한(120km) 돼지는 짧은 거리 수송한(10km) 돼지보다 도체무게는 약간 가벼웠고 등지방두께는 얇았다고 보고하였다. 그러나 Perzez 등(2002)은 가을철 수송에서 15분과 3시간 수송사이 도체무게와 도체등급에 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 연구결과와 일치하는 경향을 보였다. 본 연구결과에서 2시간 미만의 수송은 도체무게, 등지방두께 및 도체등급에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

2. 혈액성상

수송시간이 돼지 혈액성상에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. Glucose와 Creatinine 수준에는 수송시간이 영향을 미치지 않았지만, Cortisol과 LDH 수준에는 수송시간이 유의적으로 영향을 미쳤다($P < 0.05$). Cortisol 함량은 20분 수송이 6.82, 2시간 수송이 9.56, LDH는 20분 수송이 582.22, 2시간 수송이 1058로 Cortisol과 LDH는 2시간 수송이 20분 수송에 비해 유의하게 높게 나타났다. Warriss 등(1998a)은 cortisol은 동물의 심리적인 스트레스를 측정하는 지표로 이용되며, Dalin 등(1993)은 cortisol 수준은 수송직후에 상승하고 하차 후에는 급속하게 감소한다고 보고하였다. Warriss 등(1998b)은 농장에서 장거리 수송한(120km) 돼지는 짧은 거리 수송한(10km) 돼지보다 Cortisol 수준이 높았다는 보고와 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 그러나 Perzez 등(2002)은 가을철 수송에서 15분 수송이 3시간 수송보다 Cortisol 수준이 현저하게 높았다고 보고와는 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 도로상태, 운전자의 운전상태, 운송차량, 기후조건 등의 수송조건과 사육농장 때문일 것으로 사료된다.

Broom(1996)은 LDH는 근육 세포 손상시 혈중농도가 증가하나 그렇지 않을 경우에도 다소 증가할 수 있다고 하였다. Martoccia 등

Table 2. The influence of transport time on blood profile

Item	20 min	2 h
Cortisol($\mu\text{g/dl}$)	6.82 \pm 0.61 ^b	9.56 \pm 0.87 ^a
LDH ¹⁾ (U/L)	587.22 \pm 75.66 ^b	1058.00 \pm 106.99 ^a
Glucose(mg/dl)	70.25 \pm 2.31	70.46 \pm 1.63
Creatinine(mg/dl)	1.70 \pm 0.04	1.81 \pm 0.05

¹⁾ LDH : lactate dehydrogenase.

Means in the row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

(1995)은 180km 수송과 650km 수송의 비교에서 650km 수송시 LDH가 현저히 높았다는 보고와 Perzez 등(2002)은 3시간 수송이 15분 수송에 비해 LDH 수준이 현저히 높았다는 보고와 본 연구 결과와 일치하였다. Cortisol과 LDH 수준은 수송시간과 더운 기후조건에 영향을 받는 것으로 사료된다.

Warriss 등(1998a)은 혈청 glucose는 스트레스에 증가한다고 하였는데, 본 실험 결과 Cortisol과 LDH의 농도 변화, 더운 날씨 및 수송시간에 따라 Glucose의 농도도 현저한 차이를 보일 것으로 예상되었으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

돼지 혈액내 Creatinine의 정상적인 값은 약 1.0~ 7 mg/dl 사이이다. 본 연구 결과 Creatinine 농도는 20분 수송이 1.70, 2시간 수송이 1.81로서 정상적인 값을 나타내었고, 여름철 수송시간에 의한 차이를 보이지 않았다.

3. 돈육의 이화학적 특성

수송시간이 돈육의 이화학적 특성에 미치는 결과는 Table 3에 나타내었다. 20분 수송과 2시간 수송 사이 pH₁과 pH₂는 차이가 없었지만, pH₂는 20분 수송이 높은 경향을 보였다. 가열감량, 육즙 감량 및 경도도 20분 수송과 2시간 수송 사이 차이가 없었다. Warriss 등(1990)은 1시간 수송과 4시간 수송사이에 pH 값은 차이가 없었다는 보고와 Warriss 등(1998b)

의 농장에서 장거리 수송한(120km) 돈육과 짧은 거리 수송한(10km) 돈육사이 pH_i 값이 차이가 없었지만 1시간 수송과 짧은 수송을 한 돈육에서 pH_i 값이 현저한 차이를 보이지는 않았지만 높은 값을 나타냈다는 보고와 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. Culau 등(1991)은 10km 수송한 돈육이 115km 수송한 돈육보다 pH_i 값은 높았고 pH_u 값은 115km 수송한 돈육에서 현저하게 높았다고 보고하였다. 그러나 Perzez 등(2002)은 가을철 수송에서 15분 수송한 돈육과 3시간 수송한 돈육사이 pH_i 값은 차이가 없었지만 pH_u 값은 3시간 수송한 돈육에서 현저하게 높았다고 보고하였다. Nanni Cost 등(1996)과 Warriss (1991)는 수송 온도가 돈육의 pH_u 값에 영향을 미친다고 하였고, 이 등(2000)도 우리나라의 계절별 수송이 돈육의 pH 값에 영향을 미친다고 보고하였다. Warriss 등(1983)과 Fernandez와 Tornberg (1991)는 수송시간이 돈육의 최종 pH_u에 영향을 미치는지에 대해서는 명확한 결론을 내리기 어렵다고 한 바 있다.

Perzez 등(2002)의 15분과 3시간 수송한 돈육사이에 육즙 감량은 차이가 없었다는 보고와 Warriss 등(1990)의 1시간과 4시간 수송 및 Martoccia 등(1995)의 180km 수송과 650km 수송에서 수송시간과 수송거리가 돈육의 육즙 감량에는 영향을 미치지 않는다고 하여 본 연구 결과를 뒷받침 해주고 있다. Warriss와 Brown (1987)은 최종 pH가 낮을수록 육즙 감량이 많

Table 3. The influence of transport time on physico-chemical properties

Item	20 min	2 h
pH _i	6.32± 0.04	6.32± 0.04
pH _u	5.73± 0.01	5.71± 0.01
Drip loss(%)	1.92± 0.32	1.96± 0.32
Cooking loss(%)	34.67± 0.83	34.69± 0.83
Hardness(kg)	2927.46±114.42	3158.40±140.12

Means in the row with different superscripts differ (P < 0.05).

이 발생한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다.

4. 육색

수송시간이 CIE L*, a*, b*와 육안 측정에 의한 육색인 NPPC에 미치는 결과는 Table 4에 나타내었다. 돈육에 있어 육색 측정 한가지만으로 육질의 상태를 예측하기는 어렵지만, 특히 명도(L*)는 돈육의 육질을 분류할 수 있는 좋은 측정치로 알려져 있다(Kauffman 등, 1993; 김 등, 1998). 본 연구의 20분과 2시간 수송한 돈육사이 명도, 적색도, 황색도 및 주관적인 육색 값은 차이가 없었다. Warriss 등(1990)의 1시간과 4시간 수송한 돈육의 육색은 차이가 없었다는 보고는 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 본 연구에서 여름철 수송시간이 돈육의 육색에는 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

Table 4. The influence of transport time on pork color

Item	20 min	2 h
CIE L*	52.75±0.65	52.99±0.67
a*	11.21±0.57	10.26±0.58
b*	8.97±0.47	8.54±0.48
NPPC ¹⁾	2.00±0.10	2.04±0.11

¹⁾ NPPC : 1, pale ~ dark red, wetness : 1, very watery ~ very dry.

5. 도체의 피부손상

Table 5는 수송시간이 도체의 피부손상에 미치는 결과로서 다리, 몸통 및 어깨부위 모두 20분 수송과 2시간 수송사이 현저한 차이를 보이지 않았다. Nanni Cost 등(1996)은 10~14.9℃ 온도에서 수송한 돼지는 15.0~19.9℃에 수송한 돼지보다 피부손상이 높았고, Geverink 등(1996)은 피부손상은 뒷다리보다는 어깨와 몸통부위에서 높았다고 보고하였다.

Warriss 등(1990)의 1시간과 4시간 수송한 돼지 도체의 피부손상은 차이가 없었다는 보고와 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 본 연구 결과는 돼지 활동이 활발하지 못한 더운 여름에 수송이 이루어졌기 때문에 도체의 피부손상에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

Table 5. The influence of transport time on skin damage pork carcass

Item	20 min	2 h
Leg	1.33±0.11	1.35±0.11
Middle	1.54±0.13	1.57±0.13
Should	1.38±0.11	1.26±0.11

IV 요약

여름철 수송시간이 돼지의 혈액성상 및 돈육품질에 미치는 영향을 구명하고자, 생체중 110kg 내외의 비육돈 120두를 공시하여 실험하였다. 수송시간은 농가에서 도축장까지 20분과 2시간으로 하였고 계류는 약 1시간 30분 실시하였다. 돼지 혈액은 도축장 하차직후 채취하였다. 관행적인 방법으로 도축 후 도체특성을 조사하였다. 도축 1시간 후 pH₁과 도체의 피부손상을 측정하고, 도체를 냉각시키고 사후 24시간에 최종 pH_u 및 돈육품질을 조사하였다.

20분과 2시간 수송사이 도체중, 등지방두께 및 도체등급은 차이를 나타내지 않았다. 돼지의 심리적 스트레스 수준을 측정하는 Cortisol과 물리적 스트레스 수준을 측정하는 LDH는 2시간 수송이 20분 수송에 비해 유의하게($P < 0.05$) 높게 나타났다. 돈육의 이화학적 특성 중 pH_u는 20분 수송이 높은 경향을 나타냈고, 가열 감량, 육즙 감량 및 경도는 차이를 나타내지 않았다. CIE L*, a*, b*와 주관적인 육색인 NPPC에도 수송시간에 의해 영향을 받지 않았고 또한 도체의 피부손상도 차이가 인정되지 않았다.

이상의 결과, 돈육품질은 현저한 차이를 보이지 않았지만 2시간 수송한 돼지가 스트레스를 많이 받는 것으로 나타났다.

V 인용 문헌

- Barton-Gade, P. A., Warriss, P. D., Brown, S. N. and Lambooij, E. 1996. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter-methods of assessing meat quality. Proc. EU Seminar "New information on welfare and meat of pigs as related to handling, transport and lairage conditions", Mariensee, Germany. pp. 23.
- Bradshaw, R. H., Parrotte, R. F., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. and Gand, D. M. B. 1996. Behavioral and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of transportation. *J. Anim. Sci.* 62: 547.
- Bradshaw, R. H., Randall, J. M., Forsling, M. L., Rodway, R. G., Goode, J. A., Brown, S. N. and Broom, D. M. 1999. Travel sickness and meat quality. *Animal Welfare.* 8: 3.
- 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", Mariensee, Germany. pp. 3.
- Culau, P. O. V., Ourique, J. M. and Nicolaiewsky, S. 1991. The effect of transportation distance and preslaughter lairage time on the pigmeat quality. 37th International Congress of Meat Science and Technology. Kulmbach, pp. 224.
- Dalin, A. M., Magnusson, U., Haggendal, J. and Nyberg, L. 1993. The effect of transport stress on plasma levels of catecholamines, cortisol, corticosteroid-binding globulin, blood cell count, and lymphocyte proliferation in pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 34:59.
- Fernandez, X. and 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.
- Geverink, Nicoline A., Engel, Bas., Lambooij, Elbert. and Wiegant, Victor M. 1996. Observation on behaviour and skin damage of slaughter pigs and

- treatment during lairage. *Applied Animal Behaviour*. 50:1.
9. Gregory, N. G. 1998. *Animal welfare and meat science*. UK: CAB International.
 10. Guise, H. J. and Warriss, P. D. 1989. A note on the effect of stocking density and temperature on meat quality in pigs. *Anim. Prod.* 48:480-482.
 11. Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulders, F. J. M., Elikelenboom, G., Engel, B., van Laack, R. L. J. M., Hoving-bolink, A. H., Sterrenberg, P., Nordheim, E. V., Walstra, P. and van der Wall, P. G. 1993. The effectiveness of examining early postmortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Sci.* 34:283.
 12. Lambooi, E. and van Putten, G. 1993. *Transport of pigs. Livestock handling and transport*. CAB International. pp. 213.
 13. Martoccia, 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 Sci.* 40: 271.
 14. Murray, A. C. and Jones, S. D. M. 1992. The effect of mixing, fasting and genotype on carcass shrinkage and pork quality. *Proc. 38th International Congress of Meat Science and Technology*.
 15. Murray, A. C., Jones, S. D. M. and Sather, A. P. 1989. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 83.
 16. 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"*, Mariencee, Germany. pp. 83.
 17. NPPC. 1992. *Procedures to Evaluate Market Hogs*. 3rd ed. National. National Pork Producers Council, Des Moines, Iowa, USA.
 18. P'erez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacon, G., Gascon, M., Calvo, J. H., Zaragoza, P., Beltran, J. A. and Garcia-Belenguer, S. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 61:425.
 19. Randall, J. M. 1983. Humidity and water vapour transfer in finishing piggeries. *J. Agric. Eng. Res.* 28:451.
 20. Santos, C., Almedia, J. M., Matias, E. C., Fraqueza, M. J., Roseiro, C. and Sardin, L. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
 21. SAS. 1997. *SAS User's Guide*. SAS Institute, Gray, NC, USA.
 22. Tarrant, P. V. 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs-a review. *Ir. J. Food Sci. technol.* 13:79.
 23. Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research workers.* 30:17.
 24. 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, Kulmbch, Germany*, pp. 301.
 25. Warriss, P. D. and Brown, S. N. 1987. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
 26. Warriss, P. D., Brown, S. N., Barton Gade, P., Santos, C., Nanni Costa, L., Lambooi, E. and Geers, R. 1998c. An analysis of date relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union. *Meat Sci.* 49:137.
 27. 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 genotypes. *Animal Prod.* 50:165.
 28. 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. *Animal Sci.* 6:255.
 29. 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 Sci.* 4:447.
 30. Warriss, P. D., Dudley, C. P. and Brown, S. N. 1983. Reduction of carcass yield in transported pigs. *Journal of Science of Food and Agriculture.* 34:65.

31. Winstanley, M. 1986. Preslaughter checklist for good quality meat. Pigs. October: 42-45.
32. 김동훈, 이무하, 김일석, 김태현, 이영창, 채현석, 김웅배, 정일병. 1998. CIE L* 기준에 의한 PSE육과 정상육의 육질 및 도체특성에 관한 연구. 한국축산학회지. 40(6):643.
33. 이제룡, 김동훈, 허태영, 주선태, 박구부. 2000. 계절별 수송이 돼지행동과 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(6):925.
(접수일자 : 2003. 6. 11. / 채택일자 : 2003. 9. 22.)