

출하취급과 차량형태가 출하돈의 스트레스와 도체품질에 미치는 영향

김두환 · 송준익* · 전중환*

경남과학기술대학교 동물소재공학과

Effects of Handling and Transport Vehicle on Stress and Carcass Quality of Market Pigs

Doo Hwan Kim, Jun Ik Song* and Jung Hwan Jeon*

Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology

Summary

One hundred and forty-four cross-bred market pigs weighing approximately 110 kg were randomly divided into four groups in a 2 (handling stress; minimal vs stimulated) × 2 (transport vehicle type; enclosed box vs conventional open) factorial arrangement of treatments. The stimulated handling stress group received overallly rough handling including electric prod stimulation during loading, transport and lairage at least once at each step. All the animals received 3-h lairage prior to slaughter. Blood and longissimus dorsi muscle (LM) samples were taken at slaughter and after overnight chilling of the carcass, respectively.

Plasma concentrations of stress indicators glucose, cortisol, creatine kinase and lactate dehydrogenase were greater in the stimulated vs minimal handling stress group. There were no interactions between the handling stress and transport vehicle type in their effects on these blood variables. The incidence of pale, soft and exudative (PSE) carcass and drip loss of LM, 24-h postmortem LM pH and color including the lightness and redness were not affected by the handling stress and transport vehicle type.

In conclusion, results suggest that rough handling inflicts a stimulated stress on the animal, which is manifested by increased blood concentrations of stress indicators, and therefore should be avoided for animal welfare.

(Key words : Market pig, Handling stress, Transport vehicle, Carcass quality, Welfare)

서 론

출하 체중에 도달한 비육돈을 출하하는 과정의 출하취급과 수송여건은 출하돈의 복지에 영향을 미치며 최종 도체품질과 육질 및

돼지고기의 안전성에 영향을 미친다는 것은 익히 잘 알려진 사실이다. 돼지고기의 품질에 영향을 미치는 요인들을 보면, 크게 유전적인 요인과 사료를 포함한 사양관리, 출하 전 절식, 출하취급 및 도축방법 등으로 구분

* 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, R.D.A.)

Corresponding author : Doo Hwan Kim, Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, 660-758 150 Chilamdong, Jinju, Korea.

Tel: 055-751-3284, E-mail: dhkim@gntech.ac.kr

2011년 8월 1일 투고, 2011년 8월 24일 심사완료, 2011년 8월 26일 게재확정

할 수 있을 것이다 (Rosenvold와 Andersen, 2003).

출하시 장거리 수송과 트럭내 과밀 적재는 스트레스를 유발하고 (Payne과 Payne, 1987; Becker 등, 1989; Barton-Gade와 Christensen, 1998) 혈액 중 glucose, creatine kinase와 lactate dehydrogenase 농도를 증가시킨다 (Martoccia 등, 1995; Warriss 등, 1995; Warriss 등, 1998). 혈액 중 glucose, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도는 스트레스 호르몬 분비를 촉진하고 근섬유와 근육 손상을 가져오게 하는데 (Knowles와 Warriss, 2000), 이러한 이유로 이들은 수송 스트레스 척도로 이용된다. 장거리 수송은 트럭에 적재된 돼지의 행동변화 (Hunter 등, 1994; Lambooij 등, 1985)는 물론 DFD (dark, firm, dry)와 PSE (pale, soft, exudative) 육의 발생을 증가시키기도 한다 (Gispert 등, 2000; Lee와 Choi, 1999).

거친 출하취급은 수송 도중 돼지를 극도로 피로하게 하고 심지어 폐사에 이르는 것과 관련된 acidosis를 유발할 수 있을 뿐만 아니라 (Bertol 등, 2002; Hamilton, 2002), 근육내 glycogen 축적 수준을 결정하는 주요한 요인으로 근육 pH를 떨어뜨리는데 상당한 기여를 한다. 도축시 근육내 glycogen 수준이 높으면 고기의 낮은 pH, 창백한 육색 및 보수성을 떨어뜨리는 결과가 나타나 (Monin과 Sellier, 1985; Hamilton, 2002) 결국 품질이 나쁜 PSE육이 되는 것이다.

출하시 수송여건은 출하돈의 복지 측면에서 중요한 부분이지만 수송 트럭에 대한 연구는 찾기 힘든 실정이다. 수송 트럭의 윗층과 아래층의 비교에서 아래층이 더 높은 폐사율을 보이며 환기점수 또한 아래층이 불량

하고 혈장 cortisol 농도 또한 상대적으로 높아 불량한 복지상태를 보인다 (Bradshaw 등, 1996)는 극히 제한적인 연구가 소개될 뿐이다.

출하차량의 구조와 형태는 출하돈의 복지에 영향을 미치는 직접적인 효과는 물론 수송과정의 악취, 불결한 외관 등 양돈산업에 대한 부정적인 이미지에 영향을 미치는 간접적인 효과 또한 가지게 된다.

본 연구는 출하취급과 출하차량 형태에 따라 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 도체 품질에 미치는 영향을 분석하여 출하돈의 적절한 출하취급과 수송기준을 제시하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계 및 공시동물

본 시험은 출하취급과 출하차량 형태가 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 도체품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였으며, 총 144두의 삼원교잡 비육돈을 사용하여 체중이 약 110 kg에 도달하였을 때 출하하였다.

출하취급은 최소한의 스트레스가 주어지도록 한 그룹과 고의적으로 거칠게 취급하여 스트레스가 많이 주어지도록 한 그룹으로 나누었는데, 스트레스 최소 그룹은 상차, 하차 및 계류과정에서 전기봉 사용을 금지하고 가능한 부드럽게 취급하였으나 고의적 스트레스 조장 그룹은 상차, 하차 및 계류과정에서 각 단계별로 최소한 1회 이상 전기봉 사용을 포함하여 위협, 신체 타격 등을 가하여 고의적으로 거칠게 취급하였다.

Table 1. Handling stress and transport vehicle

Handling stress	Minimum		Stimulated	
	Enclosed box	Conventional open	Enclosed box	Conventional open
Transport vehicle type				
Number of animals	36	36	36	36

출하차량은 5톤 장축 트럭을 사용하였으며 일반적으로 많이 사용하고 있는 개방형과 박스형태의 밀폐형으로 나누었고 트럭 내부는 가운데에 칸막이를 두어 앞, 뒤 공간을 구분하였다. 출하돈의 수송밀도는 0.35 m²/100 kg 기준을 적용하였으며 모든 출하돈 공히 동일한 수송거리와 시간 및 출하 후 도축 전까지 3시간 동안의 계류를 거쳤다.

2. 혈액분석

혈장 중 cortisol, glucose, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도를 조사하기 위하여 경정맥에서 혈액을 채취하여 4℃, 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 혈장을 얻었으며, 혈액분석기 (Dri-Chem 3000, Fuji Film, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다.

3. 도체품질분석

도체품질분석을 위한 시료는 도축 후 24시간 예냉한 도체의 등심(배최장근, *longissimus dorsi* muscle)을 정형한 후에 채취하였으며, 24시간 동안 4℃에서 숙성한 시료를 냉장상태로 실험실로 이송한 후, 육의 이화학적 특성을 분석하는 시료로 공시하였다. 육색, 24시간 후 pH 및 48시간 후 drip loss는

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE; 1978) L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness) 기준과 균질화와 현수방법으로 조사하였으며 (Kim 등, 2004) PSE 육의 판정은 육색과 조직의 흔들림 및 육즙 삼출을 바탕으로 전문가의 판정에 따랐다.

4. 통계분석

본 연구에서 얻어진 자료의 통계분석은 SAS package (1998)를 이용하여 실시하였고, GLM (General Linear Model) procedure를 적용하여 least square mean을 구하여 처리구간의 유의성 분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 스트레스

출하취급과 출하차량 형태가 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

출하돈의 혈장 cortisol 농도는 출하취급에 따라 뚜렷한 차이 (p<0.01)를 나타내었으나 출하차량 형태에 의한 차이는 인정되지 않았다. 출하취급에 따라 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에서 높은 cortisol 농도를 보여 거

Table 2. Effects of handling of market pigs and transport vehicle on plasma concentrations of cortisol, glucose, creatine kinase and lactate dehydrogenase^a

Handling stress	Transport vehicle type	Cortisol (mg/dL)	Glucose (mg/dL)	Creatine kinase (UI/L)	Lactate dehydrogenase (UI/L)
Stimulated	Enclosed box	7.65	63.4	838	325
	Conventional open	7.84	68.7	881	320
Minimum	Enclosed box	6.21	54.3	649	289
	Conventional open	6.33	56.8	662	295
Pooled SE		0.62	4.2	107	48.3
Significance		Handling**	Handling*	Handling*	Handling*

^a Blood samples were taken at slaughter from five randomly selected animals at each handling × transport vehicle type combination.

* p<0.05, ** p<0.01.

친 취급은 출하돈의 복지에 부정적으로 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있다. 스트레스와 관련된 glucose, cortisol, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도는 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에 비하여 출하취급을 부드럽게 한 그룹에서 낮게 나타났다. Glucose, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도 또한 cortisol 농도와 같은 경향으로 출하 취급에 따라서는 뚜렷한 차이 ($p < 0.05$)를 나타내었으나 출하차량 형태에 의한 차이는 인정되지 않았다.

본 시험의 이러한 결과는 지금까지 수행되어 온 이와 유사한 많은 연구결과들과 유사하거나 비슷한 경향을 나타낸다 (Martoccia 등, 1995; Warriss 등, 1995; Warriss 등, 1998). 혈중 glucose, creatine kinase 농도는 동물의 스트레스 평가 척도로 사용되고 이들 농도의 증가는 스트레스 호르몬 분비를 촉진하고 근섬유와 근육 손상을 가져오는 원인으로 알려져 있다 (Knowles와 Warriss, 2000).

출하차량 형태에 따른 차이는 인정되지 않았는데, 비교적 짧은 수송거리와 시간, 충분한 계류 등이 수송차량의 형태에 따른 스트레스 관련 혈액성상의 차이에는 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

2. 도체 품질

출하취급과 출하차량 형태에 따라 도체품질과 육질에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

도체 pH와 drip loss는 출하취급과 출하차량 형태에 의한 차이는 인정되지 않았으며, 육색 역시 L값, a값 및 b값 모두 출하취급 및 출하차량 형태에 따른 차이는 나타나지 않았다. PSE 발생율은 거칠게 취급한 그룹이 높게 나타났으며, 부드럽게 취급한 그룹은 출하차량에 관계없이 낮은 발생율을 나타내었다.

이러한 결과는 출하시 불량한 복지상태는 스트레스를 유발하고 (Payne과 Payne, 1987; Becker 등, 1989; Barton-Gade와 Christensen, 1998), 장거리 수송은 트럭에 탑재된 돼지의 행동변화 (Hunter 등, 1994; Lambooij 등, 1985)는 물론 PSE 발생율을 증가시키기도 한다 (Gispert 등, 2000; Lee와 Choi, 1999)는 다른 연구결과들과도 비슷한 경향을 나타내고 있다. 또한 거친 출하취급은 수송 도중 돼지를 극도로 피로하게 하고 심지어 폐사가 발생하는 것과 관련된 acidosis를 유발할 수 있을 뿐만 아니라 (Bertol 등, 2002; Hamilton, 2002), 도축시 근육내 glycogen 수준이 높으면 고기의 낮은 pH, 창백한 육색 및 보수성을 떨어뜨리는 결과를 가져온다 (Monin과 Sellier, 1985; Hamilton, 2002)고 보고하였다.

Table 3. Effects of handling of market pigs and transport vehicle on physicochemical characteristics of the longissimus muscle(LM) and the incidence of PSE

Handling stress	Transport vehicle type	pH at 24h	Color			Drip loss (%)	PSE (%)
			CIE L*	CIE a*	CIE b*		
Stimulated	Enclosed box	5.20	52.5	10.2	6.2	2.1	17.3
	Conventional open	5.26	54.7	9.8	5.8	1.9	18.5
Minimum	Enclosed box	5.38	53.4	9.9	6.0	2.3	13.3
	Conventional open	5.16	51.8	10.3	6.3	2.2	11.8
Pooled SE		0.05	0.97	0.72	0.65	0.74	—
Significance		ns	ns	ns	ns	ns	ns

NS; Not significant.

이상의 결과를 요약하면, 출하취급에 따라 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상은 뚜렷한 차이를 나타내었고 결과적으로 PSE 발생에도 차이를 나타내었으나 출하차량 형태에 따른 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 PSE 발생율을 포함한 도체품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

따라서 출하취급은 출하돈의 스트레스와 도체품질에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 나타나 체계적인 출하취급 기술 확립이 필요하며, 출하차량은 직접적인 영향 보다는 외관, 청결, 악취 등과 같은 간접적인 측면을 개선하는 것이 필요한 것으로 보이며, 이러한 출하취급과 출하차량에 대하여 동물복지 문제와 연관된 보다 진진된 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

출하취급과 출하차량 형태가 출하돈의 혈액성상과 도체품질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 개방형 트럭과 밀폐형 박스 트럭으로 구분하고 각각의 차량형태에 대하여 출하취급을 최대한 부드럽게 혹은 상처, 하차, 계류 과정에 전기봉 사용을 포함하여 고의적으로 거칠게 하는 그룹으로 나누어 체중 약 110kg에 출하되는 삼원교잡종 비육돈 144두를 공시하여 조사, 분석하였다. 모든 출하돈은 계류장 도착 후 3시간 동안 계류하였다. 혈액은 도축직후에 채취하였고 배최장근 시료는 도축 12시간 후 (overnight)에 채취하여 분석에 사용하였다.

출하돈의 스트레스와 관련된 혈중 glucose, cortisol, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도는 출하취급을 부드럽게 한 그룹에 비하여 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에서 높았으며 결과적으로 PSE 발생율이 높게 나타났다. 그러나 출하차량은 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 도체품질에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

결론적으로 부드러운 출하취급은 PSE 발

생을 줄이기 위한 좋은 방법이 될 수 있다. 그러나 출하취급이 거칠면 혈중 스트레스 관련 지표들의 농도가 증가하여 동물복지를 나쁘게 할 수 있어 거친 취급은 반드시 피해야 할 것이다. 또한 출하차량은 출하돈의 스트레스와 도체품질 등 직접적인 측면 보다는 외관, 악취 등 간접적인 측면에서 검토되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임 (2009-0093813)

인 용 문 헌

1. Barton-Gade, P. A. and Christensen, L. 1998. Effect of different densities during transport on welfare and meat quality in slaughter pigs. *Meat Sci.* 48:237-247.
2. 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. *J. Anim. Sci.* 67:334-341.
3. Bertol, T. M., Ellis, M., Hamilton, D. N. and McKeith, F. K. 2002. Effects of handling intensity on blood acid-base balance in slaughter weight pigs. *J. Anim. Sci.* 80(suppl. 2):86.
4. Bertol, T. M., Ellis, M., Ritter, M. J. and McKeith, F. K. 2005. Effects of feed withdrawal and handling intensity on longissimus muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs. *J. Anim. Sci.* 83:1536-1542.
5. Bradshaw, R. H., Parrot, R. F., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Roadway, R. G. and Broom, D. M. 1996. Stress and travel sickness in pigs: effect of road transport

- on plasma concentrations of cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressine. *Anim. Sci.* 63:507-516.
6. Brown, S. N., Warriss, P. D., Nute, G. R., Edwards, J. E. and Knowles, T. G. 1998. Meat quality in pigs subjected to minimal preslaughter stress. *Meat Sci.* 49:257-265.
 7. CIE. 1978. Recommendations on uniform color spaces-color difference equations, psychometric color terms. Supplement no. 2 to CIE Publication No. 15 (E-1.3.1) 1971/(TC-1-3). Commission Internationale de l'Eclairage, Paris.
 8. Gispert, 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 Sci.* 55:97-106.
 9. Hamilton, D. N. 2002. On-farm and pre-slaughter management approaches to reducing stress response and improving pork quality in pigs. Ph.D. Diss. Univ. of Illinois.
 10. 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. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 41, 274.
 11. Kim, D. H., Woo, J. H. and Lee, C. Y. 2004. Effects of stocking density and transportation time of market pigs on their behaviour, plasma concentrations of glucose and stress-associated enzymes, and carcass quality. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17:116-121.
 12. Knowles, T. G. and Warriss, P. D. 2000. Stress physiology of animals during transport. In: *Livestock Handling and Transport* (Ed. T. Grandin). CABI Publishing, New York. pp. 385-407.
 13. Lambooij, E., Garssen, G. J., Walstra, P., Mateman, G. and Merkus, G. S. M. 1985. Transport by car for two days: some aspects of watering and loading density. *Livest. Prod. Sci.* 13:289-299.
 14. Lee, Y. B. and Choi, Y. I. 1999. PSE (pale, soft, exudative) pork: The causes and solutions. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12:244-252.
 15. Leheska, J. M., Wulf, D. M. and Maddock, R. J. 2003. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of postmortem metabolism. *J. Anim. Sci.* 81:3194-3202.
 16. Martoccia, L., Brambilla, G., Macri, A., Moccia, G. and Cosentino, E. 1995. The effect of transport on some metabolic parameters and quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271-275.
 17. Monin, G. and Sellier, P. 1985. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the post-mortem period: The case of the Hampshire breed. *Meat Sci.* 13:49-63.
 18. Payne, J. M. and Payne, S. 1987. *The metabolic profile test*. UK: Oxford Science Publications.
 19. SAS. 1998. *User's Guide: Statistics*. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
 20. Warner, R. D., Kauffman, R. G. and Greaser, M. L. 1997. Muscle protein changes postmortem in relation to pork quality traits. *Meat Sci.* 45:339-352.
 21. Warries, P. D., Brown, S. N., Nute, G. R., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Perry, A. M. and Johnson, S. P. 1995. Potential interactions between the effect of pre-slaughter stress and postmortem electrical stimulation of the carcass on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 41:55-68.
 22. Warriss, P. D., Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Kettlewell, P. J. and Guise, H. J. 1998. 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* 48:447-456.