

절식과 출하취급이 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 도체품질에 미치는 영향

김두환 · 하덕민 · 서종태*

진주산업대학교 동물소재공학과 · 동물생명산업센터

Effects of Fasting and Handling Stress on Plasma Concentrations of Glucose, Stress-associated Enzymes and Carcass Quality of Market Pigs

Kim, D. H., Ha, D. M. and Seo, J. T.*

Department of Animal Resources Technology, Regional Animal Industry Center,
Jinju National University

Summary

One hundred and forty-four cross-bred market pigs weighing approximately 110 kg were randomly divided into six groups in a 3 (duration of fasting prior to loading; 0, 12 and 24 h) × 2 (handling stress; minimal vs stimulated handling stress) factorial arrangement of treatments. The stimulated handling stress group received overall 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. Mean plasma glucose concentration, as expected, was less in the 12 h- or 24 h-fasting group than in the 0 h-fasting, whereas cortisol concentration was greater ($P < 0.05$) in the 24 h- vs 0 h-fasting group. 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 duration of fasting and handling stress in their effects on these blood variables. The incidence of pale, soft and exudative (PSE) carcass and drip loss of LM were reduced in the 12 h- or 24 h- vs 0 h-fasting group, whereas the 24-h postmortem LM pH and color including the lightness and redness were not affected by the duration of fasting. The incidence of PSE carcass and physico-chemical characteristics of LM, however, were not changed by the stimulated vs minimal handling stress. In conclusion, results suggest that fasting the market pig overnight prior to transport is desirable in terms of reducing the incidence of PSE carcass. Rough handling of market pigs may not affect the carcass quality of the animals when an enough lairage time is provided. However, 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, Fasting, Handling stress, Carcass quality, Welfare)

* 부경양돈농협(Bukyung Swine Farmer's Cooperative)

Corresponding author : Kim, D. H., Department of Animal Resources Technology, Regional Animal Industry Center, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea.

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

서 론

비육돈의 출하전 절식과 출하, 수송, 계류 등 도축전 취급이 도체품질은 물론 돼지의 복지상태에 영향을 미치며, 결과적으로 생산성과 육질 및 돼지고기의 안전성에 영향을 미친다는 것은 전 세계적으로 잘 알려진 사실 중의 하나이다.

또한 우리나라 양돈산업에서도 도체품질 개선을 위하여 적용되어야 할 현장 메뉴얼이지만 출하, 수송과정의 절식시간과 적재밀도, 적절한 취급요령에 관한 엄격한 기준이나 규제가 없이 상당부분 그 중요성이 간과되어 왔다고 할 수 있다. 현실적으로 수송거리나 수송시간에 대한 기준 보다는 가까운 도축장을 이용하게 됨에 따라 적절한 계류가 이루어지지 않는 등의 불합리한 도축전 취급이 이루어지고 있다.

출하돈의 과도한 수송밀도와 장거리 수송은 스트레스를 유발하고(Payne과 Payne, 1987; Becker 등, 1989; Barton-Gade와 Christensen, 1998) 혈액 중 glucose, creatine kinase(CK)와 lactate dehydrogenase(LDH) 농도를 증가시킨다고 한다(Martoccia 등, 1995; Warriss 등, 1995; Warriss 등, 1998a). 혈액 중 glucose, CK 및 LDH 농도는 스트레스 호르몬 분비를 촉진하고 근섬유와 근육손상을 가져오게(Knowles와 Warriss, 2000) 되는데, 이러한 이유로 이들은 수송스트레스 척도로 이용된다.

장거리 수송은 트럭에 적재된 돼지의 행동 변화(Hunter 등, 1994; Lambooij 등, 1985)는 물론 DFD(dark, firm, dry)와 PSE(pale, soft, exudative) 육의 발생율을 증가시키기도 한다(Gispert 등, 2000; Lee와 Choi, 1999).

거친 출하취급은 수송 도중 돼지를 극도로 피로하게 하고 심지어 폐사가 발생하는 것과 관련된 acidosis를 유발할 수 있을 뿐만 아니라(Bertol 등, 2002; Hamilton, 2002), 근육내 glycogen 축적 수준을 결정하는 주요한 요인으로 근육 pH를 떨어뜨리는데 상당한 기여

를 한다. 도축시 근육내 glycogen 수준이 높으면 고기의 낮은 pH, 창백한 육색 및 보수성을 떨어뜨리는 결과를 가져온다(Monin과 Sellier, 1985; Hamilton, 2002).

한편 출하전 절식이 glycogen 축적에 미치는 영향에 대해서는 다양한 결과가 소개되고 있다. Jones 등(1985)과 Whittman 등(1994)은 24시간, 48시간 절식은 glycogen 수준을 낮게 한다고 보고하였으나, Bidner 등(2004)은 64시간 절식은 어떠한 영향도 미치지 않았다고 하였다.

본 연구는 출하전 절식과 출하 취급이 출하돈의 혈액 중 스트레스 관련 효소, glucose, cortisol 농도와 도체품질에 미치는 영향을 분석하여 출하돈의 적절한 출하취급 기준을 제시하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계 및 공시동물

본 시험은 출하 취급과 출하전 절식이 출하돈의 스트레스 관련 혈액성상과 도체품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였으며, 총 144두의 삼원교잡 비육돈을 사용하여 체중이 약 110kg에 도달하였을 때 출하하였다.

Table 1과 같이 출하 취급은 가능한 부드럽게 취급하는 그룹과 상차, 하차 및 계류과정에 전기봉 사용을 포함하여 고의적으로 거칠게 취급하는 그룹으로 구분하고 각각의 그룹에 출하전 12시간, 24시간 절식 및 절식하지 않는 그룹으로 나누어 조사, 분석을 실시하였다.

2. 혈액 분석

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.

Table 1. Fasting and preslaughter handling stress

Preslaughter handling stress ^{a)}	Minimal			Stimulated		
	0 hr	12 hr	24 hr	0 hr	12 hr	24 hr
Fasting time prior to loading at farm	0 hr	12 hr	24 hr	0 hr	12 hr	24 hr
Number of animals ^{b)}	24	24	24	24	24	24

^{a)} Minimal handling stress: overallly gentle handling as possible and prohibited the use of electric prod at each step. Stimulated handling stress: overallly rough handling including electric prod stimulation during loading, transportation and lairage at least once at each step.

^{b)} All the animal transported for 30 minutes and received 3-h lairage prior to slaughter and the stocking density during transportation was 0.35m²/100kg

3. 도체품질 분석

도체품질 분석을 위한 시료는 도축 후 24 시간 예냉한 도체의 좌등심(배최장근, *longissimus dorsi* muscle)을 정형한 후에 채취하였으며, 24 시간 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 현상방법으로 조사하였으며 (Kim 등, 2004) PSE 육의 판정은 육색과 조직의 흔들림 및 육즙 삼출을 바탕으로 전문가의 판정에 따랐다.

4. 통계 분석

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

결과 및 고찰

1. 혈액성상

출하전 절식과 출하 취급이 출하돈의 스트

레스 관련 혈액성상에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

출하돈의 혈장 cortisol 농도는 출하 취급에 의하여 뚜렷한 차이(p<0.01)를 나타내었으나 출하전 절식에 의한 차이는 인정되지 않았다. 출하 취급에 따라 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에서 높은 cortisol 농도를 보여 거친 취급은 출하돈의 복지에 부정적으로 영향을 미친다고 할 수 있다. 스트레스와 관련된 glucose, cortisol, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도는 출하 취급을 부드럽게 한 그룹에 비하여 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에서 높았다. Glucose, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도 또한 cortisol 농도와 같은 경향으로 출하 취급에 따라서는 뚜렷한 차이(p<0.05)를 나타내었으나 출하전 절식에 의한 차이는 인정되지 않았다. 12시간 또는 24시간 절식 그룹의 혈중 glucose 농도는 절식하지 않은 그룹에 비하여 낮았으나 cortisol 농도는 반대로 절식하지 않은 그룹에 비하여 24시간 절식 그룹이 높게(p<0.05) 나타났다.

본 시험의 이러한 결과는 지금까지 수행되어 온 이와 유사한 많은 연구결과들과 유사하거나 비슷한 경향을 나타낸다(Martocchia 등, 1995; Warriss 등, 1995; Warriss 등, 1998a). 혈중 glucose, creatine kinase 농도는 동물의 스트레스 평가 척도로 사용되고 이들 농도의

Table 2. Effects of fasting and prelaughter handling stress of market pigs on plasma concentrations of cortisol, glucose, creatine kinase and lactate dehydrogenase^{a)}

Handling stress	Fasting time	Cortisol (mg/dL)	Glucose (mg/dL)	Creatine kinase (mg/dL)	Lactate dehydrogenase (UI/L)
Minimal stress	0	8.24	99.52	379.0	203.3
	12	8.66	88.31	390.3	283.5
	24	9.09	77.87	386.2	308.8
Simulated stress	0	10.93	114.01	476.0	340.8
	12	11.28	96.88	471.0	363.8
	24	13.02	84.70	517.3	367.0
Pooled SE		0.46	4.11	24.17	11.09
Significance		Handling**	Handling*	Handling*	Handling*

^{a)} Blood samples were taken at slaughter from five randomly selected animals at each fasting × handling stress combination.

* p<0.05, ** p<0.01.

증가는 스트레스 호르몬 분비를 촉진하고 근 섬유와 근육손상을 가져오는 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Knowles와 Warriss, 2000).

출하전 절식에 의한 체내 glycogen 축적 차이에 대하여 Jones 등(1985)과 Whittman 등(1994)은 24시간 혹은 48시간 절식은 glycogen 수준을 낮게 한다고 보고하였으나, Bidner 등(2004)은 64시간 절식은 어떠한 영향도 미치지 않았다고 보고하였는데, 본 시험결과는 12시간 혹은 24시간 절식과 절식하지 않은 그룹 간에 스트레스 관련 혈액성상 차이가 없는 것으로 나타나 차이가 있었다.

2. 도체 품질

출하전 절식과 출하시 취급에 따라 도체품질과 육질에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

도체 pH와 drip loss는 출하전 절식시간, 출

하시 취급에 의한 차이는 인정되지 않았으며, 육색 역시 L값, a값 및 b값 모두 절식시간, 출하취급에 따른 차이는 나타나지 않았다. PSE 발생율은 절식하지 않은 그룹보다 12시간 혹은 24시간 절식 그룹이 낮은 것으로 나타나 PSE 발생 감소를 위하여 출하전 절식은 충분히 고려되어야 할 것으로 보인다. 그러나 출하시 취급 스트레스에 의한 PSE 발생을 차이는 인정되지 않았다.

출하시 불량한 복지상태는 스트레스를 유발하고(Payne과 Payne, 1987; Becker 등, 1989; Barton-Gade와 Christensen, 1998), 장거리 수송은 트럭에 탑재된 돼지의 행동변화(Hunter 등, 1994; Lambooj 등, 1985)는 물론 PSE 발생율을 증가시키기도 한다(Gispert 등, 2000; Lee와 Choi, 1999). 또한 거친 출하취급은 수송 도중 돼지를 극도로 피로하게 하고 심지어 폐사가 발생하는 것과 관련된 acidosis를 유발할 수 있을 뿐만 아니라(Bertol 등, 2002;

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

Handling stress	Fasting time	pH at 24h	Color			Drip loss (%)	PSE (%)
			CIE L*	CIE a*	CIE b*		
Minimal stress	0	5.54	53.17	8.62	5.14	1.60	29.2
	12	5.75	50.21	11.03	5.23	1.02	22.9
	24	5.78	50.33	10.48	4.61	1.24	16.7
Simulated stress	0	5.74	53.06	11.19	6.24	1.45	27.1
	12	5.69	53.30	13.52	6.85	1.37	25.0
	24	5.74	50.78	9.74	4.69	1.25	14.5
Pooled SE		0.07	1.57	1.13	0.87	0.12	-
Significance							NA

NA: not applicable

* p<0.05, ** p<0.01.

Hamilton, 2002), 도축시 근육내 glycogen 수준이 높으면 고기의 낮은 pH, 창백한 육색 및 보수성을 떨어뜨리는 결과를 가져온다 (Monin과 Sellier, 1985; Hamilton, 2002)고 보고하였다.

이상의 결과를 요약하면 출하전 절식은 PSE 발생에 영향을 미치지만 출하 취급은 PSE 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 출하취급과 관계없이 출하전 12시간 혹은 24시간 절식은 PSE 발생을 감소시키며 상처, 하차 및 계류과정에 주어지는 출하 스트레스는 적절한 계류를 거치면 안정되는 것으로 나타났다. 출하전 절식과 출하 취급이 도체품질에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 스트레스 관련 혈액성상은 상당한 차이를 보여 출하돈의 복지에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 출하전 절식과 출하 취급에 대하여 동물복지 문제와 연관된 보다 진전된 연구가 필요한 것으로

판단된다.

적 요

출하전 절식과 출하 취급이 출하돈의 혈액 성상과 도체품질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 출하전 12시간, 24시간 절식한 그룹 및 절식하지 않는 그룹으로 구분하고 각각의 그룹에 대하여 출하 취급을 최대한 부드럽게 혹은 상처, 하차, 계류 과정에 전기봉 사용을 포함하여 고의적으로 거칠게 하는 그룹으로 나누어 체중 약 110kg에 출하되는 삼원교잡 종 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.

혈중 glucose 농도는 절식하지 않은 그룹에 비하여 12시간 및 24시간 절식 그룹이 낮았

으나 cortisol 농도는 반대로 절식하지 않은 그룹에 비하여 24시간 절식 그룹이 높게($p < 0.05$) 나타났다. 스트레스와 관련된 glucose, cortisol, creatine kinase 및 lactate dehydrogenase 농도는 출하 취급을 부드럽게 한 그룹에 비하여 고의적으로 거칠게 취급한 그룹에서 높았다. 그러나 스트레스 관련 혈액성상에 대한 절식 시간과 취급 스트레스 간의 상호작용 효과는 인정되지 않았다. PSE 발생율과 drip loss는 절식하지 않은 그룹보다 12시간, 24시간 절식 그룹이 낮았으나 도체 pH와 육색은 절식 시간의 영향은 나타나지 않았다. 그러나 PSE 발생율과 도체의 이화학적 특성은 출하 스트레스에 의한 차이가 인정되지 않았다.

결론적으로 출하전 12시간(하루밤) 절식은 PSE 발생을 줄이기 위한 좋은 방법이 될 수 있다. 또한 충분한 계류는 출하시 거친 취급으로 인한 도체품질에 미치는 영향을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 그러나 출하 취급이 거칠면 혈중 스트레스 관련 지표들의 농도가 증가하여 동물복지를 나쁘게 할 수 있어 거친 취급은 피해야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술평가원이 지정한 진주산업대학교 동물생명산업센터의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M. A., Guardia, M. D., Coll, C., Siggers, 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.
- 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.
- 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.
10. Jones, S. D. M., Rompala, R. E. and Haworth, C. R. 1985. Effects of fasting and water restriction on carcass shrink and pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 65:613-618.
 11. Kewart, K. B. and Millis, E. W. 2005. Effect of withholding feed from swine before slaughter on carcass and viscera weights and meat quality. *J. Anim. Sci.* 83:715-721.
 12. 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.
 13. Kim, D. H., Seo, J. T., Ha, D. M. and Lee, C. Y. 2004. Effects of fasting and handling stress of market pigs on plasma concentrations of stress-associated enzymes and carcass quality. *J. Anim. Sci.* Vol. 82, Suppl. 1:60(abstract)
 14. 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.
 15. Lambooj, 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.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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.
 20. Payne, J. M. and Payne, S. 1987. *The metabolic profile test*. UK: Oxford Science Publications.
 21. Perez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacon, G., Gascon, M., Calvo, J. A., Zaragoza, P. Beltran, J. A. and Garcia-Belenguer, S. 2002. Effect of transport time on welfare and quality in pigs. *Meat Sci.* 61:425-433.
 22. SAS. 1998. *User's Guide: Statistics*. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
 23. 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.
 24. 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.
 25. 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* 48:447-456.
26. 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. *J. Anim. Sci.* 66:255-261.
27. Wittman, W., Ecolan, P., Levasseur, P. and Fernandez, X. 1994. Fasting induced glycogen depletion in different fiber types of red and white pig muscles - Relationship with ultimate pH. *J. Sci. Food Agri.* 66:257-266.