

# 전기 및 CO<sub>2</sub> 실신에 따른 돈육의 PSE 발생률 비교

박범영\* · 김진형\* · 이선호\*\* · 조수현\* · 황인호\* · 김관태\*\* · 김동훈\* · 김용곤\* · 이종문\*

농촌진흥청 축산연구소\*, 축산물 등급판정소\*\*

## Effect of Electrical and CO<sub>2</sub> Stunning Methods on Incidence of PSE Pork

B. Y. Park\*, J. H. Kim\*, S. H. Lee\*\*, S. H. Cho\*, I. H. Hwang\*, K. T. Kim\*\*, D. H. Kim\*,  
Y. K. Kim\* and J. M. Lee\*

National Livestock Research Institute\*, Animal Products Grading Service\*\*

### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the incidence of PSE pork depending on different stunning conditions at slaughterhouse. The carcass weights were significantly lower in the normal pork(74.6 kg) than those in the severe PSE pork(76.9 kg) and light PSE pork(77.0 kg). The groups of PSE pork showing the light or the severe PSE sign had significantly lower backfat thickness and intramuscular fat contents when compared to the normal pork( $p < 0.05$ ). The incidences of PSE pork significantly increased with the increase of the electrical stunning voltages such that they were 12.3% with 220 V of stunning voltage, 17.41% with 240 V of stunning voltage, 24.91% with 250 V of stunning voltage and 43.12% with 430 V of stunning voltage. On the other hand, the incidence of PSE pork was significantly lower in CO<sub>2</sub> stunning(33%) than high-voltage stunning(500 V, 72.96%) when they were slaughtered with the same slaughtering condition except the stunning method. The CO<sub>2</sub> stunning method was very effective to reduce the incidence of PSE pork. Therefore, the result from this study suggested that the stunning methods had a significant effect on the incidence of PSE pork. Also, the low-voltage stunning and CO<sub>2</sub> stunning methods were highly recommended to control and maintain the pork quality.

(Key words : Pork, PSE, CO<sub>2</sub> stunning, Electrical stunning)

### I. 서 론

돼지는 소나 양에 비하여 사후대사가 빠르고(March 등, 1972), 신선육의 품질은 근육 내 글리코겐의 대사가 거의 대부분을 결정하며, 대사의 결과에 따라 다양한 고기의 특성을 나타내게 된다. Pearson(1987)은 돼지고기의 최후 품질상태는 도축후 도체온도 변화, 도체

의 냉각율, 사후강직이 일어나는 환경의 작용에 따른 골격 근육 pH의 감소에 영향을 받는다고 하였고, Mitchell과 Heffron(1982)은 사후 pH 감소율은 스트레스 유전자의 존재 유무와 관계없이, 궁극적으로 PSE육을 생산한 도체가 대략 3배정도 대사가 빠르다고 하였다. 이러한 pH의 급감은 도체의 온도가 37℃ 이상인 상태에서 수분을 굳히는 근 섬유 단백질

Corresponding author : Beom-Young Park, National Livestock Research Institute, RDA, 564 Omokchun-dong, Suwon 441-350, Korea. Phone : +82-31-290-1701, Fax : +82-31-290-1697, E-mail : byp5252@rda.go.kr

의 변성을 초래한다.

박 등(2003)은 국내 PSE돈육 발생률은 대일 돈육 수출중단이후 매년 증가하여 2001년 45% 정도 되는 것으로 보고되고 있다. PSE돈육 발생원인으로는 PSE육의 발생은 일반적으로 돼지의 스트레스가 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 그러므로 도축 전 돼지의 취급방법 즉, 수송 전 취급, 수송시 수송밀도와 날씨 및 기온, 수송거리, 계류, 계류시 물 분무, 절식, 도축장 내로의 몰이 방법 등이 매우 중요한 요인들로 알려지고 있다(Eilert, 1997; Grandin, 1994; Tarrant, 1989). 돼지 몰이시 전기봉은 특히 차량에 승하차시 많이 사용하며, 돼지를 운송하는 운전기사는 대부분 사람들이 대부분 소유하고 종종 사용하고 있으나, D'Souza 등 (1998)은 돼지 몰이시 전기봉의 사용은 돈육의 질에 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

도축공정중 실신은 동물복지측면에서, 도축되는 모든 가축들은 순간적으로 무감각해지며 방혈시 완전히 의식을 잃은 상태로 유지하는 것이 합법적인 조건이다(Council Directive 93/119/CEE, 1993). 산업체에서는 실신방법에 대한 장점과 단점을 평가할 때 육질, 혈관파열이나 골절 등을 고려한다. 돼지의 경우 가장 대표적으로 넠리 사용되는 실신방법 2가지는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 실신법과 전기실신법이다. 우리나라에서는 주로 전기실신 방법이 이용되고 있고, CO<sub>2</sub> 실신방법을 이용하는 작업장은 3개 내외로 알려져 있다. Gregory(1994)는 도체나 고기의 품질은 기절방법의 영향으로 골절, 근출혈, 타박상, 부적합한 출혈, PSE 육을 포함하여 도체의 가치가 저하된다고 하였다. 일반적으로 전기 실신법으로 생산된 근육은 CO<sub>2</sub> 실신방법으로 생산된 근육과 비교하여 도축 후 사후초기에 더 빠른 pH 감소 현상과 낮은 보수력을 나타내는 반면에 사후 24시간 후 pH는 거의 영향을 주지 않는다(Casteels 등, 1995; Channon 등, 2000; Cannon 등, 2002)고 알려져 있다. 근출혈(혈관파열) 발생률에 있어서도 CO<sub>2</sub> 실신법이 전기실신법보다 유리하다

(Barton-Gade, 1997; Channon 등 2002; Velarde 등, 2001; Velarde 등, 2000).

따라서 본 연구에서 국내 돼지 도축 작업장에서 넠리 이용되고 있는 전기실신과 최근 도입되고 있는 CO<sub>2</sub> 실신방법에 따른 PSE 발생률을 구명하여 돼지고기 품질개선을 위한 기초자료를 제시하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시두수

본시험은 2003년 9월부터 2004년 6월 까지 국내 5개 대형 돼지 도축 및 부분육 가공장을 대상으로 현재 적용하고 있는 전기실신 전압에 따른 PSE 발생률을 조사 비교하였으며, 전기실신과 CO<sub>2</sub> 실신간의 PSE 발생률 비교는 동일한 작업장에서 2003. 6에 실신방법만 달리하여 비교하였다. 본시험에 공시된 두수는 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Total animal numbers for experimental design

	Total numbers of head
Electrical stunning	81,149
Electrical or CO <sub>2</sub> stunning	73

### 2. PSE 돈육 판정

돼지고기의 품질 및 PSE육의 판정은 현행 냉도체 육질등급판정기준(농림부 고시, 2002)에 의해 육색, 조직감, 근내지방도, 수분삼출도 및 근육 분리도를 도축 후 18시간 이상 도체를 냉각하여 심부온도가 5℃ 이하인 도체를 부분육 작업시 제 4.5능골 부위 절개하여 절개된 배최장근의 육색, 지방색, 수분삼출도 및 조직감을 축산물 등급 판정사가 측정하였으며, 최종 PSE 판정은 육색 1 또는 2번, 조직감 3번, 수분 삼출도 3번인 경우에는 중증

PSE육으로, 육색이 3번이상이지만, 조직감 또는 수분 삼출도가 2번인 경우 경증 PSE육으로, 그 이외는 정상육으로 평가하였다.

### 3. 통계분석

본 연구결과 도출된 성적은 SAS Package(SAS, 2001)를 이용하여, 공시축의 도체특성은 분산분석과 Duncan의 다중검정을 실시하였고, PSE 발생률은 Chi-Square 분석을 통하여 처리간 통계적 차이를 비교하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 공시축의 도체 및 품질특성

Table 2는 실신 전기전압에 따른 PSE 발생률을 비교한 시험에 공시된 공시축의 도체 특성과 품질특성을 비교한 결과로서 도체중은 정상육 74.6 kg으로 중증 및 경증 PSE육의 각각 76.9 및 77.0 kg에 비하여 유의적으로 낮은 결과를 보였다. 등지방층 두께에 있어서는 정상육이 16.2 mm로 PSE육 17.1, 17.3에 비하여 낮

았다( $p < 0.05$ ). 그러나 근내지방도는 정상육이 2.1로서 경증 PSE 1.6, 중증 PSE 1.4에 비하여 유의적으로 높았다. 이상의 결과에서 PSE육이 도체중이 크고, 근내지방 함량이 낮고 등지방층 두께가 두꺼운 것으로 나타나, 동일한 조건일 경우 성장률이 빠른 개체가 PSE 발생률이 높다는 것을 암시하고 있다. 이러한 결과는 성장률이 빠른 계통의 돼지가 PSE 발생률이 높은 점(Webb et. al., 1982)과 일맥상통한다고 하겠다.

### 2. 전기실신 전압에 따른 PSE육 발생률

Table 3은 전기실신 전압별 PSE 발생률을 조사한 결과로 실신 전압별 PSE육 발생률은 220 V 인 경우 PSE 발생률이 12.3 %, 240 V 17.41%, 250 V 24.91 %, 430 V 43.12 %을 보여 전기 실신전압이 높아질수록 PSE 돈육의 발생률이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 전기 실신방법으로 돼지를 실신할 경우에는 저전압을 이용하는 것이 PSE 발생률을 감소시킬 수 있을 것으로 사료되며, 고전압으로 실신을 할 때 PSE 발생률이 높게 나타난 것은 고전압실신이 도체의

Table 2. Comparison of carcass and meat properties for normal, light and severe PSE pork

Item	Normal	Severe PSE	Light PSE
Number of animal	68,697	9,995	2,457
Carcass weight	74.63 <sup>b</sup> ± 0.03	76.87 <sup>a</sup> ± 0.08	76.96 <sup>a</sup> ± 0.16
Backfat thickness(mm)	16.17 <sup>c</sup> ± 0.02	17.13 <sup>b</sup> ± 0.05	17.43 <sup>a</sup> ± 0.11
Color score	3.51 <sup>a</sup> ± 0.00	2.44 <sup>c</sup> ± 0.01	3.19 <sup>b</sup> ± 0.01
Texture score	1.12 <sup>c</sup> ± 0.00	2.61 <sup>a</sup> ± 0.01	2.00 <sup>b</sup> ± 0.00
Marbling score	2.09 <sup>a</sup> ± 0.01	1.43 <sup>c</sup> ± 0.01	1.61 <sup>b</sup> ± 0.02
Moisture %	15.64 <sup>c</sup> ± 0.07	85.86 <sup>a</sup> ± 0.20	73.57 <sup>b</sup> ± 0.10
Moisture score	1.02 <sup>c</sup> ± 0.00	2.69 <sup>a</sup> ± 0.01	2.00 <sup>b</sup> ± 0.00
Separation score between muscles	1.03 <sup>c</sup> ± 0.00	1.20 <sup>a</sup> ± 0.00	1.11 <sup>b</sup> ± 0.01

<sup>a-c</sup> Means having different letters in the same row are significantly different( $p < .05$ ).

Table 3. Incidence rate of PSE pork by using different electric voltage for stunning

Stunning Voltage	Normal	PSE			Total numbers of animal
		Severe	Light	Total	
220 V	87.19	10.86	1.95	12.81	58,867
240 V	84.64	9.08	6.28	15.36	8,771
250 V	76.33	18.22	5.46	23.68	10,716
430 V	63.26	30.55	6.19	36.74	2,795

Chi-Square : 3505.99(p < .0001).

Table 4. Incidence rate of PSE pork by using high electrical voltage or CO<sub>2</sub> stunning methods

Stunning methods	Normal	PSE pork		
		Severe	Light	Total
High electrical stunning (500 V)	27.14(19) <sup>1)</sup>	14.29(10)	58.57(41)	72.86(51)
CO <sub>2</sub> stunning	60.71(34)	16.07( 9)	23.21(13)	39.28(22)

<sup>1)</sup> ( ) : frequency

사후대사를 촉진시키는 결과를 초래하고 이는 비정상적인 도체온도 상승으로 이어져 단백질 변성에 의한 것으로 판단된다.

본 시험의 결과와 유사한 보고로 돼지 실신 전압을 230 V와 500 V를 비교한 결과 PSE 돈육 발생률이 500 V 66.7%, 230 V 42.37%로 실신전압이 높을수록 높다고 한 Park 등 (2002)의 보고가 있다. Grandin(1994)은 돼지의 실신시 전류가 계속 1.25 암페어로 흐르고 돼지의 저항에 의해 전압이 변하는 지속적인 전력공급의 사용을 권장하였고, 큰 돼지들에게는 최소 300 볼트가, 작은 돼지들에게는 그것보다 약간 낮은 볼트가 쓰여야 한다고 하였다.

### 3. 고전압 전기실신과 CO<sub>2</sub> 실신에 따른 PSE육 발생률

실신방법에 따른 PSE 발생률을 구명하기 위하여, 동일한 작업조건에서 실신방법만 달리하여 비교한 결과 고전압 전살(500 V)의 경우 PSE 돈육 발생률이 72.86% 이었으나, CO<sub>2</sub> 실신의

경우는 39.28%로 CO<sub>2</sub> 실신에 의하여 33%의 PSE 감소 효과를 가져 왔다. 전기실신보다 CO<sub>2</sub> 실신을 실시하는 것이 돈육의 품질 개선에 매우 효과적이라 할 수 있다.

일반적으로, 전기실신법으로 생산된 근육은 CO<sub>2</sub> 실신법으로 생산된 근육과 비교하여 도축 후 사후초기에 더 빠른 pH 감소 현상과 낮은 보수력을 나타내는 반면 사후 24시간 후 pH에는 거의 영향을 주지 않는다고 알려져 있다(Troeger & Woltersdorf, 1990/1991). 이것은 전기실신법이 CO<sub>2</sub> 실신법과 비교하여 매우 심각한 생리적인 스트레스를 줌으로써 근육내 효소활성 증가에 의한 초기 에너지 대사속도를 증가시키며 catecholamine을 혈액속으로 방출시킨다는 것을 의미한다(Troeger & Woltersdorf, 1990/1991).

## IV. 요약

본 연구는 국내 돼지 도축 작업장에서 이용되고 있는 돼지의 실신방법에 따른 PSE 발생률을 구명하여 돼지고기 품질개선에 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

공시축의 도체 특성과 품질특성을 비교한 결과로서 도체중은 정상육이 74.6 kg으로 중증 및 경증 PSE육의 각각 76.9 및 77.0 kg에 비하여 유의적으로 낮은 결과를 보였다. 등지방층 두께에 있어서도 정상육이 16.2 mm로 PSE육 17.1, 17.3에 비하여 얇았다( $p < 0.05$ ). 근내지방도는 정상육이 2.1로서 경증 PSE 1.6, 중증 PSE 1.4에 비하여 유의적으로 높았다.

전살 전압별 PSE 발생률을 조사한 결과 전살전압이 220 V인 경우 PSE 발생률이 12.3 %, 240 V 17.41 %, 250 V 24.91 %, 430 V 43.12 %을 보여 전살전압이 높아질수록 PSE 돈육의 발생률이 증가하는 경향을 보였다. 실신방법에 따른 PSE 발생률을 구명하기 위하여, 동일한 작업조건에서 실신방법만 달리하여 비교한 결과 고전압 전살(500 V)의 경우 PSE 돈육 발생률이 72.86 % 이었으나, CO<sub>2</sub> 실신의 경우는 39.28 %로 CO<sub>2</sub> 실신에 의하여 33 %의 PSE 감소 효과를 가져 왔다. 본 연구결과 돼지고기의 품질은 실신방법과 실신전압에 의하여 차이가 발생함으로 CO<sub>2</sub> 실신방법과 저전압 실신을 선택하는 것이 돼지고기 품질개선에 효과적일 것으로 판단되었다.

## V. 사사

본 연구는 농촌진흥청 국책연구과제 수행결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## VI. 인 용 문 헌

1. Barton-Gade, P. 1997. The effect of pre-slaughter handling on meat quality of pigs. In: Cranwell, P. D., Editor, 1997. Manipulating pig production VI, S.R. Frankland, Melbourne, Australia, pp. 100-123.
2. Casteels, M., van Oeckel, M., Boschaerts, L., Spincemaille, G. and Boucque, C. V. 1995. The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. *Meat Sci.* 40:253-269.
3. Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. 2000. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality.

4. Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. 2002. Comparison of CO<sub>2</sub> stunning with manual electrical stunning(50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Sci.* 60:63-68.
5. Council Directive(93/119/CEE) of 22 December 1993 on the protection of animals at the time of slaughter or killing.
6. D'Souza, D. N., Warner, R. D., Leury, B. J. and Dunshea, F. R. 1998. The effect of dietary magnesium aspartate supplementation on pork quality. *Meat Sci.* 76:104-109.
7. Eilert, S. J. 1997. What quality controls are working in the plant? P. 59-63. In: Proc Pork Quality Summit. July 8-9. National Pork Producers Council. Des Moines, IA
8. Grandin, T. 1994. Methods to reduce PSE and Bloodsplash. Proc. Allen D. Leman Swine Confr. University of MN. 21:206-209.
9. Gregory, N. G. 1994. Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat Sci.* 36:45-56.
10. March, B. B., Cassens, R. G., Kauffman, R. G. and Briskey, E. J. 1972. Hot boning and pork tenderness. *J. Food Sci.* 37:179-180.
11. Mitchell, G. and Heffron, J. J. A. 1982. Porcine stress syndromes. *Advances in Food Research* 28: 167-230.
12. Park, B. Y., Cho, I. C., Cho, S. H., Kim, J. H., An, J. N., Hwang, I. H., Lee, S. J., Lee, J. M. and Yoon, S. G. 2002. Critical control points linked to PSE incidence in Korea packing plant. 48th ICoMST Vol.1 274-275.
13. Pearson, A. M. 1987. Muscle function and post-mortem changes. pp. 155-191. In: The Science of Meat and Meat Products. 3rd Edit. Price and Schwegert Edit. Food and Nutrition Press Inc. Westport, CN.
14. SAS. 2001. SAS User's Guide. SAS Institute, Gary, NC, USA
15. Tarrant, P. V. 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. pp. 1-25. In: Manipulating Pig Production II. Proc. Biennial Conference of the Australian Pig Science Assoc. Edit. J. L. Barnett and D. P. Hennessy. Warrabee, Victoria, Australia.
16. Troeger, K. and Woltersdorf, W. 1990. Electrical stunning and meat quality in the pig. *Fleischwirtschaft* 70:901-904.
17. Troeger, K. and Woltersdorf, W. 1991. Gas anaesthesia

- of slaughter pigs. I. Stunning experiments under laboratory conditions with pigs of known halothane reaction type: meat quality, animal protection. *Fleischwirtschaft* 71:1063-1068.
18. Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Alonso, P., Manteca, X. and Diestre, A. 2001. Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Sci.* 58:313-319.
19. Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X. and Diestre, A. 2000. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Sci.* 55:309-314.
20. Webb, A. J., Carden, A. E., Smith, C. and Imlah, P. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Madrid*, 5:588-608.
21. 박범영, 이종연, 김일석, 조수현, 김용곤, 이종문, 윤상기. 2003. 돼지의 출하일령, 수송시간 및 계류시간에 따른 PSE 발생률 비교. *동물자원지* 45 (3):483-490.
- (접수일자 : 2004. 12. 27. / 채택일자 : 2005. 4. 11.)