

돼지의 계류시간, 전살전압 및 도체냉각조건에 따른 PSE 발생을 비교

박범영* · 조인철¹ · 김일석² · 김진형 · 조수현 · 유영모 · 이종문 · 윤상기
*농촌진흥청 축산기술연구소, ¹제주농업시험장, ²진주산업대학교 국제축산개발학과,

**Comparison of Incidence of PSE Pork by Lairage Time, Use of Electrical Probe,
Stunning Voltage and Chilling Condition**

**Beom-Young Park*, In-Cheol Cho¹, Il-Suk Kim², Jin-Hyung Kim, Soo-Hyun Cho,
Young-Mo Yoo, Jong-Moon Lee and Sang-Gi Yoon**

**National Livestock Research Institute, ¹National Jeju Agricultural Experiment
Station,**

²Department of International Livestock Industry, Jinju National University

Abstract

The incidence of PSE pork by lairage time, use of electric probe, stunning voltage condition and carcass chilling rate was compared. The incidence of PSE pork was 22.2% when pigs were held in lairage overnight without electric probe, whereas it was 59.3% when held in lairage for < 1.5 hr with electric probe before slaughter. The incidence of PSE pork was 42.37% when pigs were treated with 230 V of stunning condition, and was 66.67% when treated with 500V of stunning condition. The incidence of PSE pork was 52.2% when the ultimate carcass internal temperature was controlled higher than 38℃ with the slow chilling(-5℃ for 70 min), and was 39.6% when controlled lower than 30℃ with the fast chilling(-15℃ for 70 min). Results indicated that the incidence of PSE pork

was decreased by 37.1% with lairage overnight and without use of electric probe, 24.3% with low voltage stunning treatment and 12.6% with fast chilling. However, the incidence of PSE pork was not significantly correlated with carcass weight.

Key words : PSE pork, chilling, electric probe, lairage

서론

우리나라는 지난 50여년 동안 육량 증대(등지방층 두께 감소, 근육량 증대)를 위한 강도 높은 선발로 산육성은 많이 개선되었으나, 돈육의 품질과 관련이 깊은 PSE(pale, soft, and exudative) 발생율은 여전히 높은 수준에 있다. 최근 들어 일본에 돼지고기를 수출하기 시작하면서 수입 바이어의 육질개선에 대한 요구와 국내 소비자들의 소득증대로 돼지고기의 품질에 대한 관심이 증가되고 있다. 그러나 2000년 구제역 발생으로 대일본 수출이 중단된 이후 국내 돈육중 PSE 발생율은 '99년 이후 매년 증가하여 2001년에는 45% 정도로 추정 보고되고 있다(농림부자료, 농민신문 2001. 10. 17). 일반적으로 돼지고기는 쇠고기보다 근육의 사후 대사과정이 빠르며(March et al., 1972), 근육 내 글리코겐 대사가 근육이 고기로 전환되는데 주 역할을 한다. 사후 대사 결과로 나타나는 pH 저하속도는 근육내 글리코겐 대사에 의한 젖산 축적과 밀접한 관계가 있으며, 이 젖산 축적은 사후 도체 온도가 높을수록 빠른 해당작용으로 촉진되며 결과적으로 pH를 급격히 저하시키게 된다(Maribo et al., 1998; Offer, 1991; Klont et al., 1994; Lawrie, 1998). 또한 높은 도체 온도와 급격한 pH의 저하는 PSE 육을 발생시키게 되는데, 이러한 상태가 myosin 등의 고분자 단백질을 변성시키게 되어 육즙 감량이 높아 보수력이 저하되며, 그 결과로 보수성이 낮고 육색이 창백하게 된다(Offer, 1991; Warris et al., 1991). 그리고, Pearson(1987)은 최종 돈육 품질은 도체내 온도변화, 도체의 냉각율, 사후 강직이 일어나는 환경에 의한 근육 pH의 감소에 영향을 받는다고 하였다. 일반적으로 돈육 품질개선을 위해 고려되어야 할 요인들에는 많은 것이 있으나 대략 사육농가에서 수송 전 취급, 수송 시 수송밀도와 날씨 및 기온, 수송거리, 계류, 물 분무, 절식, 도축장 내로 틀이, 전살조건, 도축공정, 도체 냉각 등이 고려되어야 한다. Grandin(1994)은 돈육 품질에 대한 책임의 50%는 생산자에게 50%는 도축 가공장에 있다고 하였고, 도축 가공장 50% 원인 중 10~15%는 취급 부주의로 발생하고 20~40%는 도체 냉각과 관련된 문제로 발생한다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 도축공정 중 돼지의 취급방법이 PSE 돈육 발생율에 미치는 영향을 구명하여 고품질 돈육 생산에 기초자료를 제시하고자 실시하였다.

■ 재료 및 방법

본 시험은 제주도내에 소재하고 있는 J 도축장과 4개소의 수출가공장에서 2001년 9월부터 2002년 3월까지 조사한 결과이다.

공시두수

본 시험에 공시한 조사두수는 Table 1에서 보는 바와 같다. 계류 유무 및 전기봉 사용 유무에 따른 PSE 발생을 조사에서 계류는 도축 전일 15시 이후에 도축장에 도착시킨 후 익일 도축하였으며, 무계류는 당일 도착후 1시간 30분 이내에 도축하였다. 전기봉 사용은 도축전 전살기로 유도할 때, 전기봉 사용과 사용하지 않고 물이판을 사용한 것으로 구분하여 조사하였고, 전살전압은 230 V와 500 V로 도축장에 설치되어 있는 도축라인 1과 도축라인 2에서 도축된 돼지에 대하여 조사하였다. 예냉 후 등심 심부온도별 PSE 발생을 조사는 도축 완료 후 예비 냉각후(90분) 등심의 온도를 30℃ 이하와 38℃ 이상으로 구분하여 비교하였다. 이때 30℃ 이하는 예비냉각실 온도 -15℃에서, 38℃ 이상은 예비냉각실 온도 -5℃에서 70분간 냉각한 결과이다. 도체중대별 PSE 발생을 비교는 도체중 50 kg 미만, 50~60 kg 미만, 60~70 kg 미만, 70~80 kg 미만, 80~90 kg 미만, 90~100 kg 미만, 100~110 kg으로 구분하여 PSE 발생을 조사하였다.

PSE 판정

도축 후 18시간 이상 도체를 냉각한 후 도체 심부온도가 5℃ 이하의 도체를 부분육 작업시 제 4·5늑골 부위 절개하여 절개된 부분의 배최장근에서 육색, 드립 발생, 조직감을 상(정상), 중(다소 나쁨), 하(매우 나쁨)로 평가하여 세가지 항목 중 1항목 이하로 평가되면 중증 PSE, 중평가가 2항목 이상이면 경증 PSE, 상으로 평가받은 항목이 2항목 이상이면 정상육으로 구분하여 최종 PSE육으로 판정하였다.

Table 1. Total animal numbers for experimental design

Treatment	Total numbers of head
Lairage or electric probe	618
Stunning voltage	104
Chilling rate	2,370
Carcass weight	5,910

시험성적의 분석

시험성적의 통계분석은 SAS(1996) 프로그램의 FREQ procedure를 이용하여 빈도분석으로 처리간의 PSE 발생을 비교하였다.

■ 결과 및 고찰

계류 유무 및 전기봉 사용 유무에 따른 PSE 발생을 비교

Table 2는 동일 냉각조건하에서 계류 유무 및 전기봉 사용유무에 따른 PSE 발생율을 조사한 결과로 전일계류 후 전기봉을 사용하지 않았을 때 PSE 발생율은 22.2%이었으나, 계류하지 않고 전기봉을 사용한 경우 59.3%로 발생율이

Table 2. Incidence of PSE pork by treatment condition of lairage time and electric probe*

Treatment group	Normal	PSE incidence		
		Moderate	Extreme	Total
Lairage overnight without electric probe(n=559)	77.8	9.1	13.1	22.2
Lairage for <1.5 hr & use of electric probe(n=59)	40.7	18.6	40.7	59.3

*Carcasses were held in the same chilling condition.

37.1%가 증가되었다. 이러한 결과는 Park 등 (2002)이 무계류에 의한 PSE 발생율이 높다고 한 결과와 같이 무계류로 인하여 PSE 발생율이 증가되었을 뿐만 아니라 더불어 전기봉 사용으로 더 높은 PSE 발생율을 야기시킨 것으로 보인다. 돼지의 행동 생리에 대해 Grandin(1994)는 보

통의 가축들이 선천적으로 목초지에서 목초지로 움직일 때 일렬중대로 좁게 서서 움직이는 것과는 달리 돼지는 일렬중대로 걸어가는데 본성이 없다고 보고하였고 Tarrant(1989)는 흥분하기 쉬운 근육형 돼지들을 기절시키기 위해 방혈 전 돼지 취급시 짧은 시간동안이라도 스트레스를 주게 되면 스트레스에 저항력이 있는 유전자를 가진 돼지라 할지라도 PSE육의 발생이 증가된다고 보고한 바 있다.

전살전압 및 도축라인

Table 3은 전살전압과 도축라인에 따른 PSE육 발생율을 조사한 결과로 도축라인 1은 저전압(230 V) 전살조건을 적용하였으며 2분할 시점까지의 작업소요시간은 15분 09초이었으며, 이때 PSE 발생율은 42.37% 이었다. 도축라인 2는 고전압(500 V) 전살조건을 적용하였으며, 작업

Table 3. Incidence of PSE pork by stunning voltage condition

Treatment group	Normal	PSE incidence		
		Moderate	Extreme	Total
High voltage stunning (500V), (n=59)	33.33	20.00	46.67	66.67
Low voltage stunning (230V), (n=45)	57.63	15.25	27.12	42.37

* Lairage time was <1.5 hr.

* Stunning voltage condition: low voltage with 230V Time to dissection from stunning: 15 min 09 sec, slaughtering line 2(high voltage, 500V). Time to dissection from stunning: 21 min 58 sec.

소요시간은 21분 58초이었고, PSE 발생률은 66.67%였다. 따라서 전살조건 및 작업소요시간에 따른 PSE 발생률 차이는 24.3%인 것으로 조사되었다. 전살조건에 따른 PSE 발생률에 대한 기존의 실험결과들은 서로 다른 의견들을 보고하고 있는데 Larson (1983)은 700 V와 300 V로 전살시 PSE 발생률은 각각 18%와 15%로 고전압에서 PSE 발생률이 높았다고 보고한 반면 van der Wal(1978)은 돼지를 300 V에서 1.5초간, 70 V에서 15초간 전살하여 도축 45분 후의 pH를 측정된 결과 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 Gregory(1987)는 60~70 V에서 20초 이상 또는 240~1,000 V에서 1~5초간 전살하는 것이 육질 보존에 효과적이라고 하였다. 본 연구결과 도축라인 2에서 PSE발생률이 높았던 것은 고전압 전살에 의한 사후대사촉진과 작업소요시간이 많이 소요된 것이 주요 원인으로 생각되며, 본 연구결과를 뒷받침하는 연구결과인 Bowker 등(1999)이 고전압전살(500 V)시 돼지 도체는 PSE육과 같이 되며, 전기자극의 효과는 사후 초기의 근육 pH의 저하를 가속화시키며, 이것이 PSE육과 같은 육질을 가져오게 한다고 보고하였다.

도체예비냉각 및 온도관리

Table 4는 예냉후 심부온도 관리에 따른 PSE 발생률을 조사한 결과로 도축 처리장에서 예냉후 도체 등심의 심부온도를 38℃ 이상으로 관리시 PSE 발생률은 52.2%였으나, 30℃ 이하로 관리

하였을 때 발생률은 39.6%로 예냉후 심부온도를 30℃이하로 관리함으로써 PSE 발생률을 12.6% 감소시킬 수 있었다. 이러한 결과를 뒷받침하는 연구결과로 Pearson과 Young(1989)는 돈육 품질은 생체내의 온도 변화, 도체의 냉각률, 사후 강직이 일어나는 환경조건에 따른 근육 pH의 감

Table 4. Incidence of PSE pork by chilling condition

Treatment group	Normal	PSE incidence		
		Moderate	Extreme	Total
Fast chilling($\leq 30^{\circ}\text{C}$), (n=2,169)	60.35	16.27	23.37	39.64
Slow chilling($\geq 38^{\circ}\text{C}$), (n=201)	47.76	33.33	18.91	52.24

소에 영향을 받는다고 하였으며, Swatland(1993)는 강직 전 도체는 높은 온도를 유지하기 때문에 신속하게 냉각시키지 않을 경우 매우 빠른 대사활동으로 인하여 glycogen이 젖산으로 축적되면서 pH가 급격히 저하된다고 보고하고 있다.

도체중대별 PSE 발생률

Table 5는 돼지 도체중대별 PSE 발생률을 조사한 결과로 도체중 80~89.9 kg 구간이 PSE 발생률이 낮은 것으로 조사되었으나 도체중에 따른 큰 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과는 도체중은 PSE 발생률과 관계가 없다는 것을 말하며, 현

Table 5. Incidence of PSE pork by carcass weight ranges

Carcass wt. (kg)	A, B % carcass grade	Normal 0	PSE incidence			No. of heads
			Moderate	Extreme	Total	
40~49.9	0	53.33	50	50	100	2
50~59.9	0	53.48	20	26.67	46.67	15
60~69.9	2.67	53.57	24.6	21.93	46.53	187
70~79.9	91.43	54.29	26.06	20.37	46.43	1,949
80~89.9	87.84	51.66	24.79	20.92	45.71	3,159
90~99.9	59.2	48.15	22.59	25.74	48.33	571
100~111	0	53.72	29.63	22.22	51.85	27
Total	82.9		25.01	21.27	46.28	5,910

행 도체 등급제도도 등지방층과 도체중에 따라 등급을 판정하고 있으므로 등급간의 PSE 발생율도 차이가 없을 것으로 판단한다.

■ 요약

동일 냉각조건하에서 계류 유무 및 전기봉 사용 유무에 따른 PSE 발생율을 조사한 결과 전일 계류를 실시하고 전기봉을 사용하지 않았을 때 PSE 발생율은 22.2%이었으나, 계류하지 않고 전기봉을 사용한 경우 59.3%로 발생율이 37.1%가 증가되었다. 이러한 결과는 무계류로 인하여 PSE 발생율이 증가되었을 뿐만 아니라 더불어 전기봉 사용으로 더 높은 PSE 발생율을 야기시킨 것으로 보인다. 저전압(230 V) 전살조건을 적용하였으며, 이때 PSE 발생율은

42.37%로 고전압(500 V) 전살조건을 적용한 도축라인에서는 66.67%였다. 따라서 전살조건 및 도축라인에 따른 PSE 발생율 차이는 24.3%인 것으로 조사되었다. 예냉후 등심 심부온도 관리에 따른 PSE 발생율을 조사한 결과 도축 처리장에서 예냉(도축후 70분)후 등심 심부온도를 38℃ 이상으로 관리시 PSE 발생율은 52.2%였으나, 30℃ 이하로 관리하였을 때 발생율은 39.6%로 예냉후 심부온도를 30℃ 이하로 관리함으로써 PSE 발생율을 12.6% 감소시킬 수 있었다. 그리고, PSE 발생율은 도체중과는 무관하였다.

참고문헌

1. Bowker, B. C., Wynveen, E. J., Grant, A. J., and Gerrard, D. E. (1999) Effects of electrical stimulation on early postmortem pH and temperature declines in pigs from different genetic lines and halothane genotypes. *Meat Sci.* 53, 125-133.
2. Grandin, T. (1994) Methods to reduce PSE and Bloodsplash. *Proc. Allen D. Leman Swine Confr. University of MN.* 21, 206-209.
3. Gregory, N. G. (1987) Effect of stunning on carcass and meat quality. In *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Edit. Tarrant, P. W., Monin, G. Martinus Nijhoff Publ., Boston, MA, pp. 265-272.
4. Klont, R. E., Talmant, A., and Monin, G. (1994) Effect of temperature on porcine-muscle metabolism studied in isolated muscle fibre strips. *Meat Sci.* 38, 179-191.
5. Larson, H. K. (1983) Comparison of 300 volt stunning, 700 volt automatic stunning and CO₂ compact stunning, with respect to quality parameters, blood splashing, fractures and meat quality. In *Stunning of animals for slaughter*. Eikelenboom, G.(ed.), Matinus Nijhoff Publ. Boston, MA, pp. 73-81.
6. Lawrie, R. A. (1998) *Lawrie's meat science: Sixth edition*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, pp. 67-68.
7. 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.
8. Maribo, H., Olsen, E. V., Barton-Gade, P., Moller, A. J., and Karlsson, A. (1998) Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 50, 115-129.
9. Maribo, H., Olsen, E. V., Barton-Gade, P., and Moller, A. J. (1998) Comparison of debiding versus scalding and singeing: Effect on temperature, pH and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 50, 175-189.
10. Offer, G. (1991) Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling refine and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.* 30, 157-184.
11. Park, B. Y., Lee, C. E., Kim, I. S., Cho, S. H., Hwang, I. H., Lee, S. J., Kim, Y. G., and Lee, J. M. (2002) Effect of pre-slaughtering condition on occurrence frequencies of PSE pork. *Korean Society of Animal Sci. and Technol. Proceed. of the 11th Annual Congress*, pp. 159.
12. Pearson, A. M. (1987) Muscle function and postmortem changes. In *The Science of Meat and Meat Products*. 3rd edi., Price and Schwiegat Edit. Food and Nutrition Press Inc., Westport, CN, pp. 155-191.
13. Pearson, A. M. and Young, R. B. (1989) In *Muscle and meat biochemistry*. Academic Press, New York, pp. 426-428.
14. Swatland, H. J. (1993) Growth physiology and postmortem metabolism in porcine muscle. In *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. Puolanne, E., Demeyer, D. I., Ruusunen, M., and Ellis, S.(eds.), CAB International, pp. 115-139.
15. Tarrant, P. V. (1989) The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. In *Manipulating Pig Production II*. *Proc. Biennial Conference of the Australian Pig Science Assoc.* Barnett, J. L. and Hennessy, D. P.(eds.), Warrabee, Victoria, Australia, pp. 1-25.
16. Van der Wal, P. G. (1978) Chemical and physiological aspect of pig stunning in relation to meat quality -A review. *Meat Sci.* 2, 19-30.
17. Warris, P. D., Brown, S. N., and Adams, S. J. M. (1991) Use of the tecpro pork quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30, 147-156.

(2003. 2. 10 접수 : 2003. 3. 6 채택)