

## DSC를 이용한 PSE 豚肉蛋白質의 變性에 관한 研究

김천제 · Honikel, K.O.\* · 최병규

전국대학교 축산가공학과, \*독일연방식육 연구소

## Studies on the Denaturation of PSE Porcine Muscle Proteins by Differential Scanning Calorimetry

Cheon-Jei Kim, Honikel, K.O.\* and Byung-Kyu Choe

*Department of Animal Products Science, Kon Kuk University, Seoul*

*\*Department of Chemistry and Physics, Federal Institute of Meat Research, Kulmbach, West Germany*

### Abstract

The influence of the storage temperature and time after slaughter on the thermal denaturation of PSE porcine muscle protein was studied by differential scanning calorimetry and by measuring the solubility of the sarcoplasmic proteins. In the DSC therodiagram a decrease of the endotherm enthalpy of the myosin plus sarcoplasmic proteins in PSE muscle could be observed with an increase in the storage temperature and time of post mortem. Storage temperature at 20°C during the first four hours of post mortem resulted in relatively slight denaturation of myosin plus sarcoplasmic proteins in PSE muscle. Storage temperature above 25°C caused to increase the denaturation of muscle proteins. The minimal drip loss in PSE muscle could be observed, when the muscle was cooled to 2°C as quickly as possible post mortem. However, when stored for several hours of post morte at a temperature between 32°C-38°C, the drip loss reached the level established for PSE muscle. The paleness of PSE muscle could be prevented to some extent by rapid chill to 20°C post mortem. The more the muscle proteins in the PSE muscle become denatured during the early storage period of post mortem, the more the drip loss increases. With the increase in the denaturation of myosin plus sarcoplasmic proteins in PSE muscle with regard to temperature of post mortem, there was a corresponding decrease in the solubility of the sarcoplasmic proteins in PSE muscle.

Key words: PSE porcine, sarcoplasmic protein, DSC-thermodiagram, endotherm enthalpy

### 서 론

PSE(pale, soft, exudative) 이상육은 도살직후 근육내 에너지원인 creatine phosphate, ATP, glycogen, glucose phosphate 등이 고갈되어 낮은 농도를 특징적으로 나타내고 있으며<sup>(1,2)</sup> 혐기적 조건 하에서 glycogen이 급속히 분해되어 근육내 lactic acid와 H<sup>+</sup> ion이 축적됨에 따라 사후 1시간 내에 pH가 5.8 이하로 떨어진다<sup>(3,4)</sup>. 도살직후 낮은 pH와 도체의 높은 온도는 근장단백질과 근원섬유단백질의 변성을 가져와 PSE육의 육질저하의 원인이 되며 저장, 훈연, 염지, 조리과정

시 육즙분리가 심하여 비타민과 무기물 등의 영양소 손실이 크며 다즙성이 떨어지고, 건조하여 기호성이 떨어진다<sup>(4-12,17)</sup>.

PSE육의 보수력 감소는 변성으로 인하여 불용성으로 된 근장단백질이 근원섬유단백질을 손상시키기 때문이며, 도살직후 pH가 낮을 수록, 도체의 온도가 높을 수록 근원섬유단백질의 변성이 심하다고 한다<sup>(13,14)</sup>. Goutefongea<sup>(15)</sup>는 PSE육은 정상육보다 근장단백질, 근원섬유단백질의 용해성이 떨어지며, 냉동후 해동시 많은 양의 근장단백질이 drip 형태로 유출된다고 한다<sup>(6,7)</sup>. PSE돈육의 단백질 변성에 의한 육질저하는 Kim<sup>(17)</sup>, 한과 김<sup>(16)</sup>, Locke와 Vetterlein<sup>(18)</sup>, Kuhn 등<sup>(19)</sup>에 의하면 도살직후 도체의 온도를 급속히 떨어뜨림으로서 drip 발생과 육질을 개선할 수 있다고 하였다.

Corresponding author: Cheon-Jei Kim, Department of Animal Products Science, Kon-kuk University Mojin-dong, Seongdong-gu, Seoul 133-701

DSC (Differential Scanning Calorimeter)는 물질의 물리, 화학의 변화시에 필요로 하는 열량(endotherm enthalpy), 발산하는 열량(exotherm enthalpy)과 열변성온도( $T_g$ )를 측정할 수 있는 기계로서 최근 DSC를 이용하여 육단백질의 열변성에 관한 연구가 많이 진행되고 있으나<sup>(20-24)</sup>, PSE육의 열변성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 DSC를 이용하여 도살직후 저장온도와 시간에 따른 PSE육의 열변성, 단백질 용해성, drip 발생과 육색의 변화를 밝히기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 PSE 돈육은 landrace 종으로 안심 부위의 *M. psoas major*와 등심 부위의 *M. longissimus dorsi*를 도살후 30분 이내에 채취하였다. 실험에 사용된 PSE 돈육은 도살직후(30분 이내) pH<sub>1</sub>가 5.7 이하로써 육온이 39°C 이상인 것을 선별 사용하였다. 채취된 육은 눈에 보이는 지방과 건을 제거한 후 중량 70~80g, 두께 1.5cm로 절단하여 polypropylene의 포장지에 넣어 0~38°C의 methanol-kryostaten(TK 80D, MGW, Lauda)에서 24시간 항온시키면서 공시재료로 사용하였다.

### 육단백질의 열변성 Enthalpy 측정

Differential Scanning Calorimetry는 Perkin-elmer DSC-II (Überlingen, Germany)를 이용하였다. Aluminum pan에 시료육 38~40mg을 취하여 봉한 후 275°K(2°C)에서부터 375°K(102°C) 범위까지 10°K/min의 heating rate와 1mcal/sec의 sensitivity로 scanning 하였으며 chart speed는 20mm/min 이

었다.

Enthalpy의 적정산출은 landium( $\Delta H$  (fusion)=6.79 cal g<sup>-1</sup>, 용점 429.78°K)으로 하였으며, reference는 같은 중량의 2차 중류수를 이용하였다<sup>(26)</sup>.

### 근장단백질(Sarcoplasmic protein)의 용해성 측정

시료육 10g에 20ml buffer 용액(0.1M KCl, 0.05M Glycerophosphate, pH 6.5)을 가한 후 30초간 균질하여 0°C에서 1시간 stirring한 후 15,000×g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 상등액의 단백질 함량은 kjeldahl 법으로 측정하였다.

### Drip의 측정

시료의 크기를 가로, 세로, 높이 (3×3×3cm)를 일정한 두께로 절단하여 주사위 모양의 시료육 중심부를 바늘로 꿰뚫어 실로 묶은 다음에 polypropylene에 넣어 공기를 넣고 봉한 다음 각각의 저장 온도에서 항온시켰다. 발생된 drip은 polypropylene 하부로 흘러 내려 분리가 되므로 drip 손실량을 원료육 중량에 대한 감량으로 산출하였다.

### 육색측정

시료를 직경 6~7cm, 두께 1cm로 세절하여 DFC-5 colormeter(Zeiss, 7082 Oberkochen, Germany)를 이용하여 색택 L값을 측정하였다. 표준백색은 barium-sulfur filter (DIN 5033)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

사후저장온도와 시간에 따른 PSE 이상돈육의 열변성, drip 발생, 육색

Table 1은 도살직후 저장온도와 저장기간이 PSE 이

Table 1. Enthalpy of denaturation of myosin plus sarcoplasmic protein and actin protein in the *M. psoas major* of PSE porcine at different incubation temperature and time of post mortem

Condition of storage p.m.	Enthalpy of denaturation (mcal/mg muscle)		
	Myosi + Sacoplasmic Protein	Actin	Total
Control: immediately p.m. (1-2 h. p.m.)	0.81 ± 0.08 <sup>a)</sup>	0.24 ± 0.04	1.05 ± 0.12
3 h. p.m. at 20°C	0.08 ± 0.08	0.24 ± 0.03	1.04 ± 0.11
4 h. p.m. at 25°C	0.77 ± 0.08	0.24 ± 0.04	1.01 ± 0.12
4 h. p.m. at 35°C	0.71 ± 0.07	0.22 ± 0.04	0.93 ± 0.11
7 h. p.m. at 38°C	0.71 ± 0.06	0.21 ± 0.03	0.92 ± 0.09

a) Average ± standard deviation of 8 replicates

상돈육의 열변성에 어떠한 영향을 미치는지 dsc-thermodiagram을 이용하여 myosin+sarcoplasmic protein과 actin protein의 열변성시 필요로 하는 endotherm enthalpy를 나타낸 것이다. 도살직후 (1~2시간 후) PSE 이상돈육의 myosin+sarcoplasmic protein의 변성시 나타난 endotherm enthalpy는 0.81mcal/mg으로 가장 높았으며 20°C에서 3시간 항온한 시료는 0.80mcal/mg, 25°C에서 4시간 항온한 시료는 0.77mcal/mg, 38°C에서 7시간 항온한 시료는 0.71mcal/mg으로 높은 온도에서 항온시간이 경과할 수록 endotherm enthalpy가 감소하여 열변성이 쉽게 일어남을 알 수 있었다. 한편 actin protein은 열에 비교적 안정성이 높아 20°C 혹은 25°C에서 3~4시간 항온한 시료는 0.24mcal/mg으로 도살직후와 같았으나 35°C에서 항온한 시료는 0.22mcal/mg, 38°C에서 항온한 시료는 0.21mcal/mg으로 높은 온도(>35°C)에서는 항온시간이 경과할 수록 endotherm enthalpy가 다소 감소하였다.

Endoherm의 total enthalpy는 38°C에서 7시간 항온한 시료는 0.92±0.09 mcal/mg으로 도살직후 1.05±1.12 mcal/mg보다 약 12.4% 감소하여 PSE 이상돈육은 도살직후 저장온도가 높을 수록, 저장기간이 경과할 수록 열변성이 쉽게 일어남을 알 수 있다. 이것은 도살직후 PSE육의 낮은 pH와 높은 온도에 의한 sarcoplasmic protein과 myosin의 일부가 변성되기 때문인 것으로 사료된다.

Honikel과 Kim<sup>(25)</sup> 등은 PSE 이상돈육은 정상육과 마찬가지로 dsc-thermodiagram에 거의 같은 온도대에서 세계의 주요 peak를 나타내고 있으나 PSE 이상돈육은 peak I (myosin peak)가 둔화되었으며 peak II (sarcoplasmic, collagen)는 둔화되거나 소실되었으며 total enthalpy는 정상육보다 낮게 나타났다고 하였다. 또한 Stabursvik 등<sup>(21)</sup>은 PSE육은 정상육보다 myosin molecule이 50% 더 변성하였다고 한다.

도살직후 PSE육의 낮은 pH와 도체의 높은 온도는 육단백질을 변성시켜 PSE육의 wateriness를 유발시킨다고 한다<sup>(13,26)</sup>.

Fig. 1과 2는 도살직후 PSE육의 높은 온도가 열변성과 drip 발생에 어떠한 영향을 미치는지 도살직후 해체하여 38°C에서 0~4시간 항온 후 항온시간에 따라 2°C, 30°C, 34°C에서 2~6시간 항온한 시료 myosin+sarcoplasmic protein의 endotherm enthalpy와 3일후 발생한 drip의 손실을 나타낸 것이다.

Fig. 1에서 보면 도살직후 2°C에 6시간 항온한 시료는

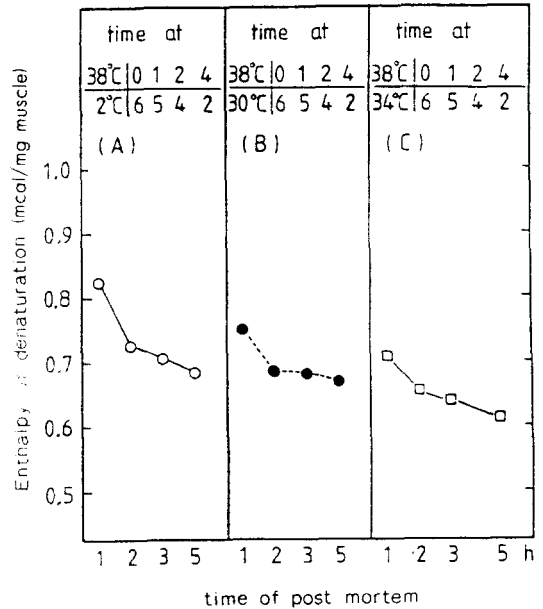


Fig. 1. Influence of tissue temperature and time of storage at 2°C, 30°C, 34°C and 38°C between 1 and 6 hours of post mortem on the endothermal denaturing enthalpy of myosin plus sarcoplasmic protein in the M. psoas major of PSE porcine(pH<sub>1</sub> 5.5). Samples were stored at 38°C for 0-4 hours and then 2-6 hours at 2°C(A), 30°C(B) and 34°C(C), followed by holding at 0°C. Values are results of 5 experiments.

냉각효과가 높아 도살직후 PSE육의 높은 체온에서 일어날 수 있는 단백질 변성이 다소 억제되어 변성시 나타나는 endotherm enthalpy가 가장 높았다. 38°C에서 항온시간이 길어질 수록 20°C에서의 냉각효과가 적어 단백질 변성이 심하여 endotherm enthalpy가 낮아져 열변성이 쉽게 일어남을 알 수 있다(Fig. 1A). 도살직후 30°C, 34°C에 항온한 시료는 2°C보다는 냉각효과가 적었으나 38°C에서 1~4시간 항온후 30°C, 34°C에 항온한 시료보다 endotherm enthalpy가 높았다(Fig. 1 B, C). 따라서 PSE육은 도살직후 해체하여 낮은 온도에서 급속 냉각 시킴으로서 높은 온도에서 일어날 수 있는 단백질 변성을 다소 억제할 수 있는 것으로 사료된다.

Fig. 2는 Fig. 1과 같은 조건으로 6시간 항온 후 0°C에서 3일간 저장 후 발생한 drip 손실을 나타낸 것이다. 3일후 발생한 drip 손실은 38°C에서 항온시간이 길어질 수록 높아져 도살후 냉각시간이 지연될 수록 냉각효과는 감소되어 drip 손실이 커짐을 알 수 있다. 도살직후 38°C에서 항온하지 않고 2°C, 30°C, 34°C에서 6시간 항온한

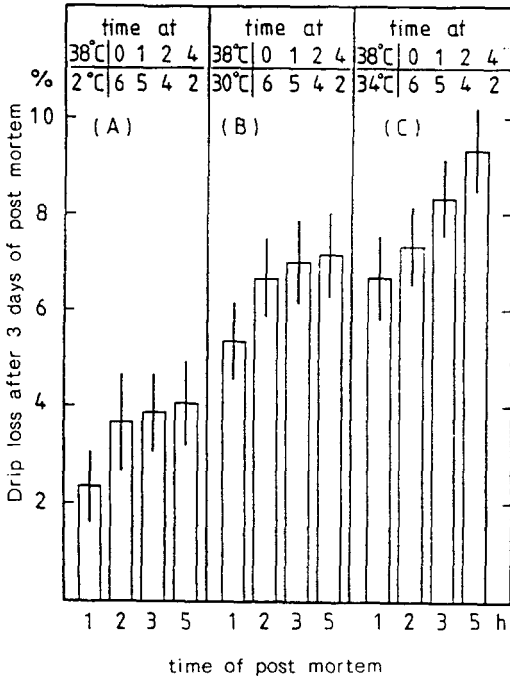


Fig. 2. Influence of tissue temperature and time of storage at 2°C, 30°C, 34°C and 38°C between 1 and 6 hours of post mortem on the drip loss of slices of *M. psoas major* of PSE porcine (pH 5.5). Samples were stored at 38°C for 0-4 hours and then 2-6 hours at 2°C (A), 30°C (B) and 34°C (C), followed by holding at 0°C. Values are results of 5 experiments. The vertical bars indicate the standard deviation.

시료들은 38°C에서 1~4시간 항온 후 20°C, 30°C, 34°C에 항온한 시료보다 drip 손실이 적었다. 가장 drip 손실이 적은 시료는 도살직후 2°C에 6시간 항온한 시료로 나타났다.

Drip 발생의 주원인은 근원섬유단백질의 변성에 의한 것으로 도살직후 PSE 육을 낮은 온도에서 급속냉각하여 지육의 높은 온도에서 일어날 수 있는 단백질 변성을 줄임으로써 열에 의한 안정성을 높일 수 있으며 drip 발생을 줄일 수 있는 것으로 사료된다.

Kuhn 등<sup>(19)</sup>, Wismer-Pedersen 과 Briskey<sup>(27)</sup>, Honikel 과 Kim<sup>(25)</sup>, 한과 김<sup>(16)</sup> 등도 PSE 육은 도살직후 냉각효과를 높임으로써 PSE 육의 특성을 줄일 수 있었다고 하였다. 또한 Marsh<sup>(28)</sup>, Barton<sup>(29)</sup>, Bendall<sup>(30)</sup> 등도 돈육을 급속냉각 시킴으로써 PSE 이상돈육의 발생을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 육질을 개선하는데 효과적 이었다고 하였다.

Fig. 3은 도살직후 PSE 육을 20~42°C에 4시간 항온 후 육의 색택 L값(밝기)을 측정 한 것이다.

항온 온도 30°C 이하에서는 L값의 변화가 적었으나 30°C 이상에서는 항온온도가 상승함에 따라 육색이 밝아져 PSE 육의 창백성이 심해지는 것을 알 수 있다. 따라서 PSE 육은 도살직후 육온을 20°C 이하로 급속냉각 시킴으로써 PSE 육의 특징인 창백성을 개선할 수 있는 것으로 사료된다. PSE 육의 창백성은 근장단백질의 변성에 의한 것으로서 PSE 육의 wateriness가 증가 할수록 근장단백질의 변성이 심하다고 하였다<sup>(26)</sup>. Wisner-Pedersen<sup>(31)</sup>, Goldspink 와 McLoughlin<sup>(32)</sup>은 PSE 육의 창백성은 도살직후 낮은 pH와 높은 체온에 의하여 Myoglobin이 변성되었기 때문인 것으로 보고하였다.

PSE 이상돈육의 열안정성과 drip, 근장단백질의 용해성과의 관계

Fig. 4는 PSE 이상돈육을 도살직후 0~38°C에 4시간 항온 후 0°C에서 3일 저장 후 dsc-thermogram에 의한 변성시 나타나는 myosin+sarcoplasmic protein의 endotherm enthalpy와 3일 저장후 발생한 drip 양과의 관계를 나타낸 것이다. Myosin+sarcoplasmic

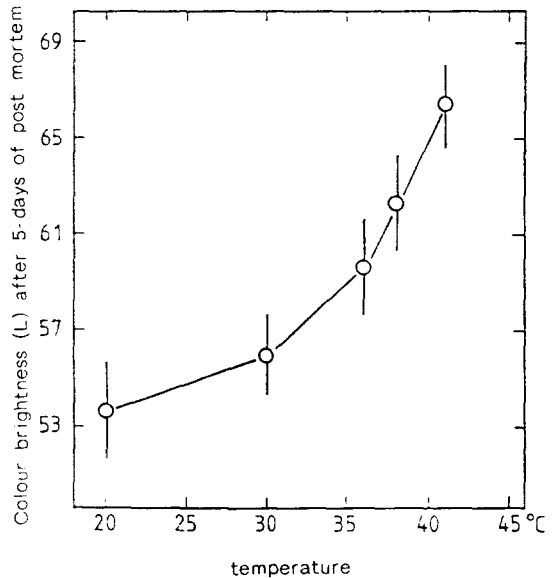


Fig. 3. Influence of temperature between 45 min and 4 hours of post mortem on colour brightness (L) of slices of *M. psoas major* of PSE porcine. Values are results of 5 experiments. The vertical bars indicate the standard deviation.

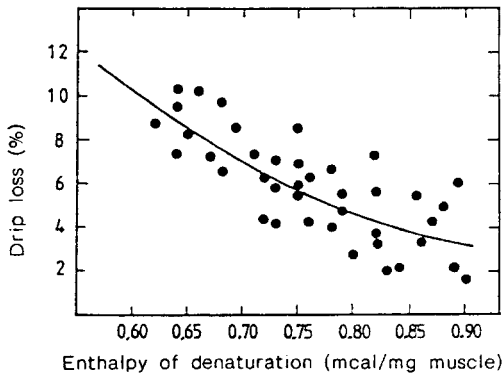


Fig. 4. Dependency of drip loss on the endothermal denaturing enthalpy of myosin plus sarcoplasmic protein in the *M. psoas major* of PSE porks; the muscles were stored between 0 and 38°C from the 1st to the 4th hour and at 0°C from the 5th hour up to 3 days post mortem.

protein의 endotherm enthalpy가 낮을 수록 즉 열안정성이 낮을 수록 발생하는 drip 양이 많았다. 발생한 drip 양이 적은 경우는 myosin+sarcoplasmic protein의 enthalpy가 높아 열에 대한 안정성이 높은 경우로도 도살직후 PSE 육의 높은 육온을 낮은 온도로 급속강하시킬 때이다.

Fig. 5는 도살직후 4시간 0~38°C에 항온한 PSE 육의 sarcoplasmic protein 용해성과 변성시 나타나는 endotherm enthalpy와의 관계를 나타낸 것이다.

Myosin+sarcoplasmic protein의 endotherm enthalpy가 0.75 kcal/mg 이상에서는 enthalpy가 높을 수록 sarcoplasmic protein의 열안정성이 높을 수록 근장단백질의 용해성이 증가하였는데 이러한 경우는 도살직후 육온을 낮은 온도로 떨어뜨렸을 때 열안정성을 높일 수 있어 도살후 PSE 육의 sarcoplasmic protein 용해성의 감소를 줄일 수 있는 것으로 사료된다. Endotherm enthalpy가 0.75 kcal/mg 이하일 때는 단백질 변성이 심하여 sarcoplasmic protein 용해성과 enthalpy 간에는 관계가 성립하지 않았다.

Sayre 등<sup>(33)</sup>은 PSE 육의 sarcoplasmic protein 용해성은 도살후 24시간 동안 시간이 경과됨에 따라 감소된다고 하였는데 Bodrell 등<sup>(34)</sup>, Goldspink와 Mcloughlin<sup>(32)</sup>, Matsushima와 Topel 등<sup>(35)</sup>에 의하면 도살직후 도체의 육온을 급속강하 시킴으로써 sarcoplasmic protein 용해성의 감소를 막을 수 있다고 하였다. 또한 Honikel과 Kim<sup>(25)</sup>은 도살직후 PSE 육의 육온을 15°C

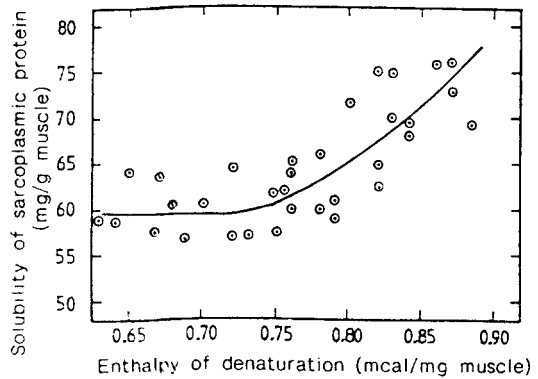


Fig. 5. Dependency of solubility of sarcoplasmic protein on the endothermal denaturing enthalpy of myosin plus sarcoplasmic protein in the *M. psoas major* of PSE porks; the muscles were stored between 0 and 38°C from the 1st to the 4th hour and at 0°C from the 5th hour up to 3 days post mortem.

이하로 떨어뜨렸을 때 sarcoplasmic protein 용해성이 감소되는 것을 막을 수 있다고 하였다.

이상의 결과에서 PSE 육을 도살 즉시 선별하여 육온을 낮은 온도로 급강하 시킴으로써 단백질 변성을 다소 억제할 수 있어 sarcoplasmic protein의 용해성의 감소와 drip 발생을 줄일 수 있으며 열안정성을 높일 수 있는 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 도살직후 저장온도와 저장시간이 PSE 이상돈육의 단백질 변성에 미치는 영향을 DSC를 이용하여 육단백질의 열변성, 열에 대한 안정성과 근장단백질 용해성을 검토하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

도살후 PSE 육의 저장온도가 상승됨에 따라, 저장시간이 경과됨에 따라 DSC-thermogram의 myosin+sarcoplasmic protein의 변성이 나타나는 endotherm enthalpy가 감소하였다. 도살후 1~4시간 동안 PSE 육의 저장온도가 20°C일 때 myosin+sarcoplasmic protein의 변성이 적었으나 25°C 이상일 때는 단백질 변성이 증가하였다.

PSE 육의 drip 손실은 도살후 가능한 신속히 2°C에 냉각시킨 육에서 최소를 나타냈다. 그러나 도살직후 수시간 동안 32~38°C에 항온시킨 PSE 육은 wateriness가 심하여 drip 손실이 현저히 증가하였다.

PSE 육의 창백성은 도살직후 육온을 20°C로 급속냉각함으로써 개선할 수 있었다.

PSE 육의 myosin+sarcoplasmic protein의 변성이 심할 수록 발생하는 drip 양이 증가하였다.

## 문 헌

- Honikel, K.O. and Fischer, C. : Eine Schnellmethode zur Bestimmung von PSE-und DFD-Fleisch. *Fleischwirtschaft*, **57**, 1015(1977)
- Hamm, R. and Potthast, K. : Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch-Biochemische Ergebnisse. *Fleischwirtschaft*, **52**, 206(1972)
- Fischer, K. and Augustini, C. : Studien der postmortalen Glykogenolyse bei unterschiedlichen pH<sub>1</sub>-werten in Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft*, **57**, 1191(1977)
- Briskey, E.J. : Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advances in Food Res.* **13**, 89(1964)
- Bendall, J.R. and Wismer-Pedersen, J. : Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.*, **27**, 144(1962)
- Kemp, J.D., Montgomery, R.E. and Fox, J.D. : Chemical, palatability and cooking characteristics of normal and low quality pork loins as affected by freezer storage. *J. Food Sci.*, **41**, 1(1976)
- Wirth, R. : Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch-konsequenzen für die Verarbeitung von wässrigem, blassem Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft*, **52**, 212(1972)
- Honikel, K.O. and Woltersdorf, W. : Einfluss der Temperatur postmortem auf das Saffthaltevermögen und die Farben von Schweinefleisch. *Proc. Biophysical PSE-Muscle Analysis*(ed. H. Pftzner), Suppl., **5**(1984)
- Park, H.K., Ito, T. and Fukazawa, T. : Comparison between normal and PSE porcine muscle in the extractability of myosin B and in the rheological properties of those sausages. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **46**, 360(1975)
- Flynn, A.W. and Bramblett, V.D. : Effects of frozen storage, cooking method and muscle quality on attributes of pork loins. *J. Food Sci.*, **40**, 631(1975)
- Searcy, D.J., Harrison, D.L. and Anderson, L.L. : Palatability and selected characteristics of three types of roasted porcine muscle. *J. Food Sci.*, **34**, 486(1969)
- Briskey, E.J. and Wismer-Pedersen, J. : Biochemistry of pork muscle structure I, Rate of anaerobic glycolysis and temperature change versus the apparent structure of muscle tissue. *J. Food Sci.*, **26**, 297(1961)
- Penny, I.F. : The effect of temperature on the drip, denaturation and extracellular space of pork longissimusdorsi muscle. *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 329(1977)
- Stabursvik, E. and Martens, H. : Proteins in white and red muscle compared by differential scanning calorimetry(DSC). 25nd. Eur. Meet. Meat Res. Work., Budapest, **5**, 21(1979)
- Goutefongea, R. : Contribution a l'etude du pouvoir de retention de differentes fractions musculaires chez le porc normal et exsudatif. 13nd. European Meeting of Meat Research Workers, Rotterdam, 27(1967)
- Han, Suk-Hyun and Kim, Cheon-Jei. : Effect of postmortem storage temperature on the meat quality of PSE-porcine. *Korean J. Anim. Sci.*, **28**(9), 612(1986)
- Kim C.J. : Veränderungen im Schweinemuskel nach dem Schlachten und deren Bedeutung für Wasserbindungsvermögen und Verarbeitungseigenschaften des Fleisches. *Ph. D. Thesis*, Justus Liebig, Uni. Gissen, (1984)
- Locke, D.J. and Vetterlein, R. : Observations on Britishheavy hogs handled in a factory slaughterline. 10. Meet. Eur. Meat Res. Work, Roskilde, (1964)
- Kuhn, G., Otto, E. and Grosse, F. : Untersuchungen über Einfluss ausserer Faktoren auf qualitative Merkmale des Fleisches beim Schwein. 3. Einfluss der Kuhlung. *Arch. Tierz.*, **16**, 51(1973)
- Martens, H. and Vold, E. : DSC-studien der Denaturierung der Muskelproteine. 22nd Meet. Eur. Meat Res. Malmo, **9**, 2(1976)
- Stabursvik, E., Fretheim, K. and Froystein, T. : Myosin denaturation in pale, soft and exudative porcine muscle tissue as studied by differential scanning calorimetry. *J. Sci. Food Agric.*, **35**, 240(1984)

- scanning calorimetry of beef muscle : Influence of postmortem conditioning. *J. Food Sci.*, **49**, 1513(1984)
23. Findlay, C.J. and Stanley, D.W. : Differential scanning calorimetry of beef muscle : Influence of sarcomere length. *J. Food Sci.*, **49**, 1529(1984)
24. Kim, Y.H., Park, G.B., Lee, M.H. and Jin, S.K. : Studies on the thermal denaturation of meat proteins by differential scanning calorimetry. *Korean J. Anim. Sci.*, **29**, 363(1987)
25. Honikel, K.O. and Kim, C.J. : Über die Ursachen der Entstehung von PSE-Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft*, **65**, 1125(1985)
26. Fischer, C., Hofman, K. and Hamm, R. : Elektrophoretische Untersuchungen der Proteine von Sarkoplasma und Myofibrillen in normalem und PSE-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft*, **58**, 303(1978)
27. Wismer-Pedersen J. and Briskey, E.J. : Der Einfluss von Temperature und pH-Wert auf die Qualität von Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft*, **41**, 273(1961)
28. Marsh, B.B. : Post-mortem muscle shortening and meat tenderness. *Proc. Meat Ind. Res. Conf.*, 109(1972)
29. Barton, P.A. : Some experience on the effect of pre-slaughter treatment on the meat quality of pigs with low stress resistance. *Proc. 2nd Int. Symp. Wageningen, Netherlands*, 180(1971)
30. Bndall, J.R. Hallund, O. and Wismer-Pedersen. : Post-mortem changes in the muscles of landrace pigs. *J. Food Sci.* **28**, 156(1963)
31. Wismer-Pedersen, J. : Quality of pork in relation to rate of pH change postmortem. *Food Res.*, **24**, 711(1959)
32. Goldspink, G. and Mcloughlin, J.V. : Studies on pig muscle. 3. The effect of temperature on the solubility of the sarcoplasmic proteins in relation to colour changes in post rigor muscle. *Irish J. Agr. Res.* **3**, 9(1964)
33. Sayre, R.N. and Briskey, E.J. : Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. *J. Food Sci.*, **28**, 675(1963)
34. Bodwell, C.E., Pearson, A.M., Wismer-Perdersen, J. and Bratzler, L.J. : Post-mortem changes in muscle. 2. Chemical and physical changes in pork. *J. Food Sci.* **31**, 1(1966)
35. Matsushima, C.Y. and Topel, D.G. : Association of some porcine muscle characteristics with postmortem temperature and plasma 17-hydroxy-corticosteroid levels. *J. Animal Sci.* **29**, 891(1969)
36. Honikel, K.O., Fischer, C., Hamid, A. and Hamm, R. : Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. *J. Food Sci.* **46**, 1(1981)

(1988년 3월 9일 접수)