

돈육의 사후 24시간 pH 수준에 따른 육질 특성

박범영 · 조수현 · 유영모 · 김진형 · 채현석 · 안종남 · 김용곤 · 이종문 · 윤상기
축산기술연구소

Comparison of Pork Quality by Different Postmortem pH₂₄ Values

B. Y. Park, S. H. Cho, Y. M. Yoo, J. H. Kim, H. S. Chae, J. N. Ahn, Y. K. Kim, J. M. Lee
and S. G. Yun

National Livestock Research Institute

ABSTRACT

Meat quality of the domestic pork loins(n=537) classified by 3 groups(5.31~5.50, 5.51~5.70 and ≥ 5.71) according to pH at 24hr post-mortem(pH₂₄) was investigated. In proximate chemical compositions, protein was highest and fat was lowest in the pork loins of pH₂₄ 5.31~5.50 group. Water holding capacity increased as pH₂₄ increased, whereas purge loss and cooking loss decreased as pH₂₄ increased. Meat color values(CIE L*, a*, b*, Chroma, Hue and ΔE) decreased as pH₂₄ increased. In texture traits, hardness and chewiness were lowest and fat hardness was highest in the pork loins of pH₂₄≥5.71 group when compared to the other pH₂₄ groups. However, Warner-Bratzler Shear force, springiness and cohesiveness were not significantly different among the pH₂₄ groups(P>0.05). In sensory properties, juiciness and tenderness were highest in pH₂₄≥5.71 group. From the results of this study, pork quality was highly related to pH₂₄. Therefore, the factors affecting the post-mortem pH, such as stress before slaughter, slaughtering methods, and cooling condition slaughter must be properly controlled and improved to produce high quality pork.

(Key words : Water holding capacity, Tenderness, pH₂₄, Meat quality)

I. 서 론

돈육의 품질은 여러 요인들의 복합적인 작용에 영향을 받지만 대략 50%는 돼지의 유전자, 수송 전 취급 등 생산자에 의해 조절되는 요인들에 영향을 받고, 나머지 50%는 도축 전 취급, 도축 후 도체의 취급 등 도축가공업자에 의한 요인들에 영향을 받는다. 이런 이유로 돼지의 유전자 검사를 통하여 선발을 하고, 도축가공장에서 돼지 취급기술을 개선하는 등 돈

육의 품질을 향상시켜 하나의 식품으로써 돼지고기에 대한 소비자의 만족감을 증가시키려는데 관심이 모아지고 있다.

돼지고기 산업은 최근 경제적 생산과 최상의 육질생산을 위하여 육즙 감소(drip loss)와 육색 향상에 관심을 집중하고 있으며, 이들 특성들은 근육 pH의 기능에 의해 조절되어진다(Maribo 등, 1998). 특히 PSE(pale, soft, exudative)육과 관련된 이전의 연구들은 드립량의 증가가 주로 사후 초기 pH가 낮고(pH<5.8) 도체

Corresponding author : B. Y. Park, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea.
E-mail : byp5252@rda.go.kr

온도가 여전히 높을 때(>38℃) 근원섬유단백질과 근장단백질의 변성 때문인 것으로 보고되고 있다(Honikel과 Kim, 1986).

그러므로 사후 근육에서 pH와 pH 저하율은 도축 후 육에서의 단백질 변성과 드립발생에 중요하다(Bendall, 1973; Offer, 1991). Offer(1991)의 보고에 따르면, 돼지 도체의 정상 pH 저하율은 직선적인 pH 감소를 가정할 경우 약 150 분 강직시간에 상응하여 0.01 unit/min이며, pH 저하율이 높아지면(0.1 unit/min) 단백질 변성을 초래하여 PSE육을 유발시킬 수 있다고 하였다. 또한 Honikel(1987)도 높은 pH 감소율은 육색을 더 창백하게 만들 수 있다고 보고하였다. 이처럼 단백질 변성의 정도는 강직개시까지의 pH 저하율에 좌우되며, 강직이 완료되면 액틴(actin)과 마이오신(myosin) 사이의 결합이 마이오신 머리의 변성을 막아주게 된다(Offer, 1991).

일반적으로 근육 pH의 감소는 돼지가 죽은 후 처음 24시간 동안 근육에서 발생하는 많은 변화들 중 하나이며, 정상적인 근육에서 pH는 도축 당시 7.0 또는 중성이었다가 근육내 젖산의 축적으로 죽은 후 처음 24시간 동안 점차적으로 떨어져 최종 pH가 거의 5.4~5.6이 된다. 하지만 이런 근육내 pH는 많은 요인들과 상호관계를 맺고 있으며, Pearson과 Young(1989)은 방혈 후 근육 pH를 저하시키는 혐기적 대사과정의 진행율과 젖산축적은 근육의 온도에 달려 있다고 하였으며, Offer(1991)는 저하율을 감소시키기 위해 사후 즉시 도체온도를 떨어뜨리는 것이 바람직하다고 제안했다.

따라서 본 실험에서는 돈육의 육질을 결정하는 중요한 요인인 사후 24시간 pH에 따른 육질차이를 구명하여 고품질 돈육 생산의 기초자료로 제시하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

공시재료는 국내산 돼지 537두를 축산기술연원구소 도축장에서 전일 제류 후 도축하여 24시간 냉각 후 좌도체 늑골 10번째부터 12번째 사이의 등심을 시료로 채취하여, 사후 24시간

pH(pH₂₄)를 10~11늑골 등심근에서 도체 pH meter(pH*K21, NWK-Binär GmbH Co., Germany)로 측정하였다. 분석시료는 도축 후 24시간 pH 범위에 따라 세 범위(5.31~5.50, 5.51~5.70, ≥5.71)로 구분하여 공시하였다.

수분, 조단백질, 조지방, 조회분 등 일반성분은 A.O.A.C. 방법(1990)에 의해 분석하였다. 보수력(Water holding capacity)은 Laakkonen 등(1970) 방법을 약간 변형하여 측정하였고, 가열감량(Cooking loss)은 등심근의 가열 전·후 중량차로 계산하였다. 전단력은 등심을 항온수조에서 심부온도 70℃ 도달 후 10분간 가열하여 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear meter; G-R Elec. Mfg. Co., USA)로 측정하였으며, 육즙감량(Purge loss)은 진공포장된 등심근을 냉장고(4℃)에서 2시간 보관한 후 무게감량을 백분비로 계산하였다. 육색은 근육을 절단하여 절단면을 공기 중에 30분 노출시킨 후 Chroma meter(Minolta Co. CR 300, Japan)로 CIE(Commission Internationale de Leclairage) L*, a*, b* 값을 9반복으로 측정하였으며, 이때 사용한 표준판은 Y=92.40, x=0.3136, y=0.3196의 백색타일을 사용하였다. Chroma를 $\{(a^*)^2+(b^*)^2\}^{1/2}$ 로, Hue angle을 $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ 로, ΔE(Total color difference)를 $\{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 로 계산하였다. 고기의 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 씹힘성(Chewiness)은 등심근을 3cm 두께로 절단한 후 육내부 온도 70℃에서 10분간 가열한 후, 지방 경도는 등지방을, 가로 × 세로 × 높이를 2cm로 절단하여 Instron(Instron Universal Testing Machine, Model 4465, USA)을 이용하여 측정하였다. 이때 측정기기의 조건은 Sample height(18mm), Puncture diameter(8mm), Load cell(5kg), Cross head speed(120mm/min)이었다.

관능 검사는 10명의 관능검사 요원들이 6점법으로 측정하였다(연도: 1=매우 질기다. 6=매우 연하다., 풍미, 다즙성: 1=매우 나쁘다. 6=매우 좋다). 시험 성적의 통계분석은 SAS(1996) 프로그램의 GLM procedure를 이용하여 Duncan의 다중검정으로 각 요인간의 유의성을 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

돈육 등심의 일반성분을 분석한 결과, 사후 24시간 pH가 낮은 구에서 유의적으로 단백질 함량은 높았고, 지방 함량은 낮았다($P<0.05$). 하지만 수분 함량과 회분 함량에서는 pH₂₄ 범위에 따른 유의적인 차이가 인정되지 않았다 (Table 1).

돈육 등심의 보수력을 측정한 결과, pH₂₄가 높을수록 보수력은 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$), 이런 경향은 가열감량과 육즙감량의 측정 결과로 다시 확인되었다(Table 2). Van der Wal 등(1988)도 최종 pH 범위에 따른 돈육의 물리적 특성을 측정한 결과, pH 5.5 이하의 육은 여지압착법으로 측정한 보수력이 매우 낮았으며, 가열감량과 드립로스는 높았다고 보고했고, Offer(1991)는 최종 pH 감소로 인한 드립의 증가가 마이오신의 변성과 근육 필라멘트 전하량의 감소 때문이라고 하였다.

등심의 pH₂₄ 범위에 따른 육색특성을 조사한

결과(Table 3), pH \geq 5.71 범위에서는 CIE L*, a*, b*, Chroma, Hue, ΔE 값이 다른 pH 범위에서보다 유의적으로 더 낮았다($P<0.05$). 이에 대한 이전의 연구결과로 van der Wal 등(1988)은 세가지 최종 pH 범위(<5.5, 5.5~6.0, >6.4)에 대해 육색특성을 조사한 결과, pH<5.5 범위의 육은 다른 두 범위에서 보다 CIE L*, a*, b*값이 유의적으로 더 높았다고 보고했다. 하지만 a*값에서는 일정한 경향이 나타나지 않는다고 보고해 본 실험의 결과와는 일치하지 않았다. pH가 낮은 육에서 육색 명도가 증가하는 이유로 Offer와 Knight(1989)는 근육내 사후 빠른 해당과정이 pH를 근육단백질의 등전점에 근접하도록 감소시켜 근원섬유들 사이의 단절을 넓어지게 하여, 근육 섬유들의 빛 투과율 감소와 고기표면에서의 빛 산란을 증가시키는 결과를 가져온다고 하였고, McLoughlin과 Goldspink(1963)는 미리 용해된 근장단백질의 변성에 의한 침전 때문이라고 제시했으며, 침전된 단백질이 근장단백질의 붉은 색을 덮어버려 근

Table 1. Proximate chemical composition of pork loins by different pH₂₄ values

| Traits | pH ₂₄ | | |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 5.31~5.50 | 5.51~5.70 | \geq 5.71 |
| No. of animals | 247 | 264 | 26 |
| Moisture (%) | 74.39 \pm 0.09 | 74.14 \pm 0.09 | 74.44 \pm 0.25 |
| Protein (%) | 22.61 \pm 0.05 ^a | 22.31 \pm 0.06 ^b | 22.15 \pm 0.12 ^b |
| Fat (%) | 1.84 \pm 0.08 ^b | 2.52 \pm 0.10 ^a | 2.36 \pm 0.28 ^a |
| Ash (%) | 1.04 \pm 0.02 | 1.02 \pm 0.01 | 1.02 \pm 0.03 |

^{a,b} Means having different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

Table 2. Physical characteristics of pork loins by different pH₂₄ values

| Traits | pH ₂₄ | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 5.31~5.50 | 5.51~5.70 | \geq 5.71 |
| Water holding capacity (%) | 54.23 \pm 0.38 ^c | 57.38 \pm 0.35 ^b | 60.09 \pm 1.33 ^a |
| Cooking loss (%) | 36.65 \pm 0.19 ^a | 36.41 \pm 0.26 ^a | 34.46 \pm 0.66 ^b |
| Purge loss (%) | 3.08 \pm 0.16 ^a | 2.31 \pm 0.13 ^b | 1.22 \pm 0.25 ^c |

^{a,b,c} Means having different letters in the same row are significantly different($P<0.05$).

Table 3. Meat color characteristics of pork loins by different pH₂₄ values

| Traits | pH ₂₄ | | | |
|--------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 5.31 ~ 5.50 | 5.51 ~ 5.70 | ≥ 5.71 | |
| CIE | L* | 53.74 ± 0.50 ^a | 52.69 ± 0.37 ^{ab} | 49.20 ± 0.77 ^c |
| | a* | 8.13 ± 0.37 ^a | 7.54 ± 0.24 ^a | 5.85 ± 0.24 ^b |
| | b* | 5.96 ± 0.14 ^a | 5.53 ± 0.10 ^a | 4.00 ± 0.25 ^b |
| Chroma | 10.16 ± 0.38 ^a | 9.41 ± 0.25 ^a | 7.14 ± 0.29 ^b | |
| Hue | 37.02 ± 0.47 ^a | 36.65 ± 0.38 ^a | 34.06 ± 1.45 ^b | |
| ΔE | 55.06 ± 0.31 ^a | 53.76 ± 0.26 ^{ab} | 49.73 ± 0.77 ^b | |

^{a-c} Means having different letters in the same row are significantly different(P<.05).

육이 창백하게 된다고 하였다. 이 실험에서도 pH 5.31 ~ 5.50 범위에서는 단백질 변성의 결과로 육의 L*값이 유의적으로 높았던 것으로 사료된다.

pH₂₄ 범위에 따른 돼지 등심의 조직적 특성을 조사한 결과, pH ≥ 5.71 범위에서는 유의적으로 지방경도가 가장 높았으며, 육의 경도와 씹힘성이 가장 낮았다(Table 4). 전단력, 탄력

Table 4. Texture traits of pork loins by different pH₂₄ values

| Traits | pH ₂₄ | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 5.31 ~ 5.50 | 5.51 ~ 5.70 | ≥ 5.71 |
| Shear value(kg/0.5 inch ²) | 3.77 ± 0.07 | 3.99 ± 0.16 | 4.39 ± 0.32 |
| Hardness | 6.88 ± 0.07 ^a | 6.78 ± 0.08 ^a | 6.10 ± 0.14 ^b |
| Springiness | 6.87 ± 0.07 | 6.95 ± 0.06 | 7.18 ± 0.15 |
| Cohesiveness | 0.42 ± 0.00 | 0.42 ± 0.00 | 0.43 ± 0.01 |
| Chewiness | 2.87 ± 0.04 ^a | 2.88 ± 0.04 ^a | 2.60 ± 0.09 ^b |
| Fat hardness(kg) | 14.55 ± 0.30 ^b | 15.46 ± 0.27 ^b | 17.91 ± 0.91 ^a |

^{a-b} Means having different letters in the same row are significantly different(P<.05).

Table 5. Sensory properties of pork loins by different pH₂₄ values

| Traits* | pH ₂₄ | | |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 5.31 ~ 5.50 | 5.51 ~ 5.70 | ≥ 5.71 |
| Juiciness | 3.69 ± 0.04 ^b | 3.85 ± 0.04 ^b | 4.15 ± 0.01 ^a |
| Tenderness | 3.89 ± 0.05 ^b | 3.92 ± 0.06 ^b | 4.38 ± 0.18 ^a |
| Flavour | 4.23 ± 0.03 | 4.29 ± 0.03 | 4.39 ± 0.08 |

^{a-b} Means having different letters in the same row are significantly different(P<.05).

* Based on 6-point scale(Juiciness, 1=very dry, 6=very juicy; Tenderness, 1=very tough, 6=very tender; Flavor, 1=very objectionable, 6=very acceptable).

성, 응집성에서는 pH₂₄ 범위에 따라 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만, 이들 특성들도 pH₂₄ ≥ 5.71 범위에서 높은 경향을 보였다. 따라서 pH₂₄가 5.70이하의 돈육은 연도가 높은 경향을 보였다.

이런 경향은 관능적 특성 조사결과에서도 확인되었으며, 특히 다즙성과 연도가 pH₂₄ ≥ 5.71 범위에서 가장 좋았다. 그러나 향미는 pH₂₄ 범위에 따른 차이가 나타나지 않았다(Table 5). McGeehin 등(2001)은 육의 연도는 사후 pH 저하율과 관계가 있다고 하였으며, Smulders 등(1990)은 사후 3시간의 pH 범위가 5.9~6.3라는 것은 우육의 연도가 최상이라는 것을 나타낸다고 보고한 바 있다. 따라서 본 실험의 결과에서는 pH₂₄가 ≥ 5.71 범위일 때 돈육의 관능적 특성이 가장 좋은 것으로 나타났다.

IV. 요약

도축 후 돈육의 육질평가에 있어 중요한 요인인 사후 24시간 pH를 측정하여 pH가 5.31~5.50, 5.51~5.70, ≥ 5.71에 따른 육질을 조사한 결과, 사후 pH가 더 낮을수록 단백질 함량이 높고, 지방 함량이 낮았다(P<0.05). 사후 24시간 pH가 높을수록 보수력은 증가하였으며, 가열감량과 육즙감량은 유의적으로(P<0.05) 감소하였다. 육의 경도, 탄력성, 씹힘성과 지방경도 역시 사후 24시간 pH가 높을수록 유의적인 증가를 보였다(P<0.05). 육색특성 중 CIE L*값은 사후 24시간 pH가 낮을수록 유의적으로 높았으며, a*와 b*값, chroma 값은 최종 pH가 5.71 이상의 돈육에서 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). Hue 값은 pH 5.31~5.70 범위에서 가장 높았으며, ΔE 값도 pH 5.31~5.50에서 가장 높았다. 관능적 특성의 분석결과, 다즙성과 연도는 최종 pH가 높을수록 향상되었으나, 향미는 최종 pH 범위에 따른 차이가 인정되지 않았다.

따라서 본 연구결과, 도축 후 24시간 돈육의 pH 범위에 따라 육질의 차이를 보이기 때문에 사후 적정 pH를 유지할 수 있도록 도축전 관리, 도축방법, 도축 후 냉각 온도관리 등을 개

선하는 것이 고품질 돈육생산에 있어 중요한 것으로 사료된다.

V. 인용 문헌

1. A. O. A. C. 1990. "Official Methods of Analysis" 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Bendall, J. R. 1973. In Structure and function of Muscle. ed. G. H. Bourne. Vol. II. 2nd edn. part 2. pp. 243. Academic Press, New York.
3. Grandin, T. 1994. Methods to reduce PSE and Bloodsplash. Proc. Allen D. Leman Swin Confr. University of MN. 21:206.
4. Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In Evaluation and Control of Meat quality of Pigs. eds. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom, G. Monin. Martinus Nijhof Publishers. pp. 273.
5. Honikel, K. O. and Kim, C. J. 1986. Causes of the development of PSE pork. Fleischwirtschaft 66:349.
6. Laakkonen, E., Wellington, G. H. and Skerbon, J. W. 1970. Low temperature long time heating of bovine. I. Changes in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water-soluble component. Journal of Food Science. 35:175.
7. 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 Science. 50:115.
8. McGeehin, B., Sheridan, J. J. and Butler, F. 2001. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. Meat Science. 58:79.
9. McLoughlin, J. V. and Goldspink, G. 1963. Post-mortem changes in the colour of pig longissimus dorsi muscle. Nature., 198:584.
10. Offer, G. and Knight, P. 1989. The structural basis of water-holding in meat part 2: drip losses. In Developments in Meat Science-4, ed. R. Lawrie. pp. 173. Elsevier Applied Science, London.
11. Offer, G. 1991. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effect of chilling

- regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*. 30:157.
12. Pearson, A. M. and Young, R. B. 1989. In *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic Press, New York. pp. 457.
13. SAS. 1996. SAS/STAT user's guide.
14. Smulders, F. J. M., Marsh, B. B., Swartz, D. R., Russell, R. L. and Hoenecke, M. E. 1990. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science*. 28:349.
15. van der Wal, P. G., Bolink, A. H. and Merkus, G. S. M. 1988. Research note: Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science*. 24:79.
- (접수일자 : 2001. 12. 6 / 채택일자 : 2002. 2. 22)