



돼지 근육의 사후 해당속도가 돈육 수리미의 젤 특성에 미치는 영향

강근호 · 양한술 · 정진연 · 주선태* · 박구부
경상대학교 동물자원과학부

Effect of Glycolysis Rate in Porcine Muscle Postmortem on Gel Property of Pork Surimi

Guen-Ho Kang, Han-Sul Yang, Jin-Yeon Jeong, Seon-Tea Joo*, and Gu-Boo Park

Division of Animal Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University

Abstract

Properties of pork surimi derived from porcine *longissimus* muscle were investigated. Rapid glycolysis of muscle reduced yield % of water-washed pork and moisture % of pork surimi because of its lower ultimate pH. Gel hardness was significantly ($p<0.05$) higher in pork surimi from rapid glycolysis muscle, but springiness was higher ($p<0.05$) in pork surimi from normal glycolysis muscle. SDS-PAGE pattern showed denaturation of sarcoplasmic proteins onto myofibrillar proteins in rapid glycolysis muscle, resulted in dark color and hard texture of pork surimi. Color and texture of gels were related with water-holding capacity of muscle proteins and moisture % in gel matrix. Results imply that glycolysis rate of porcine muscle at postmortem could affect gel properties of pork surimi, and muscle with rapid glycolysis muscle could produce a hard texture of pork surimi and dark color.

Key words : pork surimi, gel property, glycolysis rate, porcine muscle

서론

식육의 가공은 육제품의 품질을 개선하고 부가가치를 높이기 위해 실시되는데, 분쇄육의 이화학적 특성은 최종 육제품의 품질과 소비자들의 기호성에 결정적인 영향을 미친다(Smith, 1988). 따라서 많은 연구들이 식육동물이나 어류로부터 생산된 원료육의 기능적 특성이 햄이나 소시지와 같은 식육 가공 제품이나 수리미와 같은 어육 가공 제품의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 수행되어 왔다. 그 결과, 육단백질들 중 근원섬유 단백질의 기능적 특성이 육가공 제품의 조직과 성상에 많은 영향을 미치는 것으로 밝혀졌으며, 특히 마이오신과 액토타이오신이 육제품의 품질적 특

성을 결정하는 것으로 알려졌다(Yasui *et al.*, 1982; Camou and Sebranek, 1991).

최근 전통적으로 어육 단백질을 이용하여 제조하는 수리미 제품에 있어 식육 동물로부터 획득한 근원섬유 단백질을 이용하는 연구가 활발히 수행되고 있다(Lan *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1996; Lesiów and Xion, 2003). 수리미란 일본에서 유래된 용어로 어육을 세절하여 세척 작업을 거쳐 근원섬유 단백질을 추출한 후, 동결 보존제와 함께 동결 보관시킨 것을 의미한다(Okada, 1985). 우리나라에서 수리미를 원료로 하여 제조된 대표적인 제품은 '게맛살'이라는 상품이며, 원료육은 알래스카 연안에서 얻어지는 '폴락(pollock)'이 대부분을 차지한다. 하지만 전 세계적으로 수리미 제품의 생산과 소비가 증가하면서 수리미의 원료육을 대체할 수 있는 물질에 대한 탐구가 이루어지고 있다. 특히 적색 근섬유 비율이 높은 근원섬유 단백질로부터 수리미를 제조하는 것에 많은 관심이 집중되고 있는데, 그 이유는 백색 근섬유 비율이 높은 수리미 보다 더 단단한 젤 형성과 조직감을 얻을 수

* Corresponding author : Seon-Tea Joo, Meat Science Laboratory, Division of Animal Science of Technology, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea. Tel: +82-55-751-5511, Fax: +82-55-756-7171, E-mail: stjoo@gsnu.ac.kr

있기 때문인 것으로 추정된다. 일반적으로 식육 동물의 근육을 이용하여 수리미를 제조하면 어육 수리미와 비슷하거나 우수한 젤 특성을 나타내는 것으로 알려지고 있어(Park *et al.*, 1996), 우리나라에서도 식육을 이용하여 수리미를 제조하거나 이용하는 방법에 대한 연구가 많이 진행되었다(Ha *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2001a,b; Kang *et al.*, 2003).

한편, 돈육 가공 산업에 있어서 PSE(pale, soft, exudative) 육과 같은 이상 돈육의 발생량 증가는 돈육 가공 업체뿐만 아니라 양돈 업체에도 막대한 손실을 초래하는데, PSE 육은 신선육으로서 소비자들의 호응을 받지 못하며 가공 원료육으로서도 가치가 낮은 것으로 평가된다. 따라서 PSE 육의 발생 원인과 특성에 대한 많은 연구들이 수행되어 왔는데(Joo *et al.*, 1995; Warner *et al.*, 1997; Owen *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2002), 정상 돈육과 PSE 돈육은 육단백질의 변성 정도가 서로 다른 것으로 밝혀졌다(Bendall and Wismer-Pedersen, 1962). 즉, PSE 돈육은 육즙 손실이 많고, 창백한 육색을 가지며, 근원섬유 단백질 또는 근장 단백질의 변성이 초래되고(Warner *et al.*, 1997), 근장 단백질의 용해성이 낮은 특성이 있다(Joo *et al.*, 1999). PSE 육에 있어 육단백질이 변성되어 용해성이 감소하는 것은 용해되지 않은 단백질 형태가 증가하기 때문이다(Fischer *et al.*, 1979). 따라서 사후 근육의 해당 속도가 급속히 일어난 돼지의 근육을 수세하여 수리미 원료육(돈육수세물)을 수거할 경우 수율은 높아질 수 있으나 변성된 근장 단백질의 존재로 인해 젤 형성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나 아직까지 사후 돼지 근육의 해당 속도가 돈육 수리미의 기능적, 품질적 특성에 미치는 영향에 대해서는 선행된 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 가공 적성이 나쁘다고 알려져 있는 PSE 돈육의 활용가능성을 제고하고자, 사후 해당 속도가 다른 근육을 이용하여 제조한 돈육 수리미의 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

시료 채취 및 수리미 제조

일반 상업용 방법으로 도축된 30개의 돈육 등심을 사후 3 시간 이내에 발골한 후 아이스박스에 담아 실험실로 이송하였다. 돈육 분류의 기준은 사후 24시간 췌, 빠른 대사작용을 가진 돈육은 $L^* > 50$, $pH < 5.5$, 육즙 감량 $> 6\%$ 로 설정하였으며, 정상 돈육의 기준은 $L^*(45\sim 54)$, $pH > 5.8$, 육즙 감량(3~5%)로 설정하였다(Table 1). 이때 사후 24시간에서 분류한 돈육질을 기준으로 하여 대조구 5두, 시험구 5두의 좌도체 등심을 이용하여 돈육 수리미를 제조하였다.

돈육 수리미 제조는 Park 등(1996)의 방법을 변형하여 외부의 결체 조직을 제거시키고, 적육을 2 cm^3 로 잘라 5배의 얼음물과 함께 균질(3 min/15,000 rpm) 하였다. 현탁액 속의 결

Table 1. Sample classification of pork longissimus at 24 hrs postmortem

| Treatments | CIE L* | pH | Drip loss (%) |
|-------------------|--------------|-------------|---------------|
| Normal glycolysis | 48.12±0.80 | 5.88±0.01** | 4.16±0.05 |
| Rapid glycolysis | 55.98±0.72** | 5.49±0.01 | 9.15±0.15** |

**Means±SE with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.01$).

체조직 제거를 위해 2 mm 스테인리스 재질의 체에서 거른 후, 500 μm 스테인리스 재질의 체에서 재차 투과시켰다. 근원 섬유 단백질 외 힘(heme) 관련 색소 물질, 지방 및 콜라겐 등과 같은 기타 물질의 제거를 위해 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시켜 침전물을 회수하여 동일한 방법으로 5배의 얼음물과 함께 균질한 후 원심분리 하였다. 최종적으로, 침전물에 2.5배의 얼음물과 함께 균질한 후 원심분리에 의해 돈육 수세물(water-washed pork, 비가열 돈육 수리미)을 획득하였다. 획득된 돈육 수세물을 뷰렛법(Gornall *et al.*, 1949)에 의해 증류수를 이용하여 단백질 농도를 5%로 조절하였다. 조절된 단백질 함량에 대해 3% NaCl, 0.5% tripolyphosphate 및 4% sorbitol을 첨가하여 혼합한 후 75°C의 항온 수조에서 20 분간 가열 후 흐르는 물에 즉시 담가 냉각을 실시하였으며, 젤 특성의 평가는 실온에서 30분간 열평형을 시킨 후 실시하였다.

육색, pH, 육즙 감량

육색은 색차계(Chromameter CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 동일한 시료를 5회 반복하여 명도(lightness)를 나타내는 L^* 값, 적색도(redness)를 나타내는 a^* 값과, 황색도 (yellowness)를 나타내는 b^* 값을 측정하였다. 이때 표준색은 $Y=93.5$, $X=0.3132$, $y=0.3198$ 인 표준색판을 사용하여 표준화한 후 측정하였다. 채도(Saturation index) C^* 값과 색상(hue angle) 값은 다음과 같은 공식(Saturation index= $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, hue angle= $\tan^{-1}(b^*/a^*)$)으로 산출하였다.

pH는 샘플 3 g을 증류수 27 mL와 함께 균질기 (T25basic, IKA, Malaysia)로 균질(1 min/14,000 rpm)하여 pH-meter (MP230, Mettler Toledo, Swiss)로 측정하였다.

육즙 감량은 원료육을 직경 3.5 cm 코어로 뚫어 무게를 측정한 다음, 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10 cm)에 매달아 24시간 동안 냉장온도(4°C)에서 저장 후 육즙의 손실을 백분율(%)로 산출하였다.

육즙감량 (%) =

$$\left(\frac{\text{저장 전 시료 무게} - \text{24시간 저장 후 시료 무게}}{\text{원래의 시료 무게}} \right) \times 100$$

수율과 수분함량

돈육 수세물의 수율은 돈육 수세물을 제조하기 위해 투입된 원료육 무게와 최종 획득된 돈육 수세물의 무게 차이에 따른 백분율(%)로 나타내었다. 돈육 수세물과 돈육 수리미의 수분 함량은 102±2℃의 드라이 오븐에서 24시간 건조한 후 중량을 측정하여 건조 전 시료 중량에 대해서 백분율(%)로 나타내었다.

육단백질 용해성

육단백질의 용해성은 Helander(1957)의 방법에 따라 근장 단백질과 총단백질 용해성을 측정하였다. 근장 단백질 용해성은 1 g 근육을 10 mL의 0.025 M potassium phosphate 용액(pH 7.2)에 넣고 균질한 후, 4℃의 교반기(SI-900R, Vision, Korea)에서 24시간 흔들여 준 다음, 원심분리(1,500 g, 20분)하여 상등액의 단백질 농도를 뷰렛 방법으로 구한 값으로 하였다. 총단백질 용해성은 1 g 근육을 20 mL의 1.1 M potassium iodide 용액이 포함된 0.1 M phosphate 용액(pH 7.2)에 넣고 균질하여 24시간 교반한 후 원심분리 하여 상등액의 단백질 농도를 구한 값으로 하였다. 근원섬유단백질 용해성은 총단백질 용해성에서 근장 단백질 용해성을 제한 값으로 하였다.

조직감

돈육 수리미의 젤 경도는 물성 측정기(CR-100D, Sun Scientific, Japan)를 이용하여 gel strength test type에 의해 측정하였다. 돈육 수리미의 젤 경도는 Bourne(1968)의 방법을 응용하여 직경 1.27 cm, 길이 2 cm의 원통형의 절편으로 만들어 60%만 변형시킨 후 젤 강도(g/cm²)를 측정하였다. 이때 물성 측정기의 조건은 compression load cell 10 kg, table speed 120 mm/min 이었으며, 모든 시료는 실온에서 측정되었다. 젤의 탄력성은 관능적인 방법으로 측정하였는데, 훈련된 7명의 평가 요원이 1×2×1 cm로 준비된 시료를 엄지와 검지로 잡고, 부스지지 않는 범위에서 구부림과 손으로 눌렀을 때 촉감에 의해 종합적으로 판단하여 10점 만점으로 평가하였다(젤이 많이 구부러지고, 손으로 눌렀을 때 원상회복이 빠른 것을 10점으로 하였다).

전기영동

돈육수세물 제조시 첫 번째 수세액의 상등액을 회수하여 근장단백질의 시료로 이용하였고, 근원 섬유 단백질은 최종 수세에서 얻어진 돈육 수세물 펠렛을 이용하였다. SDS-PAGE에 의한 전기영동은 Laemmli(1970)의 방법에 따라 실시하였으며 소형 젤용 전기영동장치(SE245, Hoefer, USA)를 이용하였고, 농축 젤과 분리 젤의 아크릴아마이드 함량은 각각 4%와 12%를 사용하였다. 단백질은 샘플 버퍼와 함께 혼합하여 1 min/100℃ 가열하여(Disi-Block[®]5402, [®]Electrothermal, USA)

10~20 mA의 일정한 전류로 전기영동을 실시하였다. 염색은 CBB(coomassie brilliant blue R-250) 염색을 실시하였으며, 40% methanol과 7% acetic 용액을 이용하여 탈색하였다.

통계분석

실험에서 측정된 값들은 SAS(2001) 프로그램을 이용하여 t-검정을 통해 유의차(p<0.01)를 검증하였다.

결과 및 고찰

사후 해당 속도가 서로 다른 돈육의 등심에서 돈육 수세물을 획득하여 수율을 조사한 결과, 정상 돈육이 해당 속도가 빠른 돈육에 비해 유의적으로(p<0.01) 높은 수율의 돈육 수세물을 획득하는 것으로 나타났다(Table 2). 이는 해당 속도가 빠른 돈육의 pH가 정상 돈육에 비해 상대적으로 육단백질의 등전점과 가까워진 것에 기인하여 돈육 수세물의 수율이 낮아진 것으로 사료된다. 사후 돼지 등심근의 pH 강하가 급속히 이루어지면 근장 단백질이 변성하여 근원섬유 단백질과 결합하고 그 결과 육색이 창백해지고 보수력이 약해진다(Joo *et al.*, 1999). 따라서 원료 돈육의 pH가 높을 경우, 높은 보수력에 기인하여 육단백질은 더 많은 수분을 함유하게 되고, 그 결과 획득된 돈육 수세물의 수율이 증가한 것으로 사료된다. 이는 Table 2의 돈육 수세물과 돈육 수리미의 수분 함량 결과와 일치되었다. 즉, 돈육 수세물과 이를 가열한 돈육 수리미의 수분 함량은 정상 돈육이 사후 해당 속도가 빠른 돈육에 비해 유의적으로(p<0.01) 높게 나타났다. 이처럼 정상 돈육을 수세한 것의 수분 함량이 높게 나타난 것은 육단백질의 기능성이 우수하여 수분 결합력이 증가했다는 것을 의미하며, 따라서 정상 돈육에서 획득한 돈육 수세물을 가열하여 돈육 수리미를 제조하면 우수한 조직감의 젤을 얻을 수 있을 것으로 추정된다.

한편, 육단백질의 변성 정도에 따라 단백질의 추출성과 기능성이 달라지기 때문에 사후 근육의 해당 작용 속도에 따라 획득된 돈육 수세물을 가열처리하였을 때 젤 형성력도 달라질 것으로 사료된다. 그 이유는, 예를 들어, 어육, 우육 및 돈

Table 2. Effect of glycolysis rate in porcine *longissimus* post-mortem on moisture (%) and yield (%) of water-washed pork and pork surimi

| Treatments ¹⁾ | Moisture (%) | | Yield (%) |
|--------------------------|-------------------|--------------|--------------|
| | Water-washed pork | Pork Surimi | |
| Normal glycolysis | 84.13±0.41** | 83.71±0.17** | 98.40±0.45** |
| Rapid glycolysis | 79.17±0.31 | 79.96±0.33 | 87.61±0.77 |

**Means±SE with different superscripts within a column are significantly different (p<0.01).

육은 최종 pH가 서로 다른 것에 기인하여 단백질 추출성과 근원섬유 단백질 위주로 제조된 수리미 제품의 젤 형성력이 달라지기 때문이다(Lan *et al.*, 1995). 이 같이 식육 동물의 품종(근섬유 형태와 비율)에 따라 서로 다른 젤 형성력이 나타나는 원인은 육단백질 추출성과 육단백질을 젤화 시키기 위한 최적의 pH가 서로 다르기 때문인데, 젤 형성력의 차이는 마이오신의 이성체에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Lan *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1996). 본 연구에서도 사후 근육 등심근의 pH 변화에 따라 근원섬유 단백질과 근장 단백질의 추출성이 달라지는 것이 확인되었다. 즉, 사후 해당 속도가 빠른 근육은 정상 근육에 비해 육단백질의 추출성이 유의적으로($p < 0.01$) 낮았다(Fig. 1). 이 같은 결과는 근육 수세물에 염을 첨가하여 근육 수리미를 제조할 때 젤을 형성하는 육단백질의 추출성이 사후 근육의 해당 작용 속도에 따라 달라질 수 있다는 것을 의미하며, 이는 결국 최종적으로 근육 수리미의 젤 특성에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 하지만 근장 단백질의 추출성만을 고려한다면 정상 근육의 경우 더 많은 근장 단백질이 수세 과정에서 제거될 것으로 생각되는데, 이는 Table 2에 나타난 수율의 결과와 상치되는 결과이다. 따라서 정상 근육의 경우, 비록 근육의 수세 과정에서 더 많은 근장 단백질들이 제거되지만 획득된 근원섬유 단백질의 보수성이 우수하여 더 많은 수분을 함유하기 때문에 수율이 높아진 것으로 추정된다. 또한 사후 해당 속도가 빠른 경우, 낮은 pH에 기인하여 근장 단백질이 변성하고 근원섬유 단백질과 결합하기 때문에(Joo *et al.*, 1999), 근육 수세물 내에 더 많은 근장 단백질이 잔류하지만 단백질의 변성으로 말미암아 보수성이 저하되어 더 적은 수분을 함유한 결과 수율이 낮아진 것으로 사료된다.

근육 등심근을 수세하여 제조한 근육 수리미의 조직감 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 예상과 달리 사후 해당작용 속도가 빠른 근육으로 제조한 근육 수리미가 정상 근육에 비

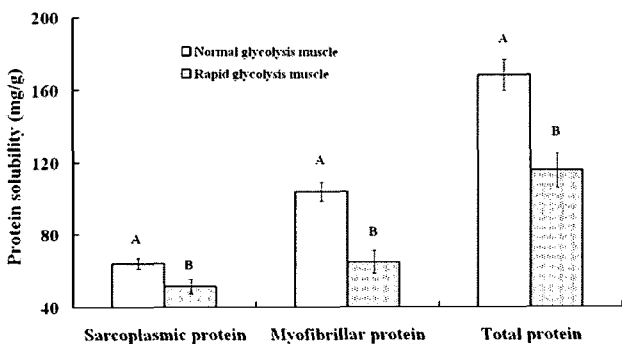


Fig. 1. Effect of glycolysis rate in porcine muscle postmortem on solubility of sarcoplasmic and myofibrillar protein.
^{A,B} Means±SE with different superscripts within a bar are significantly different ($p < 0.01$).

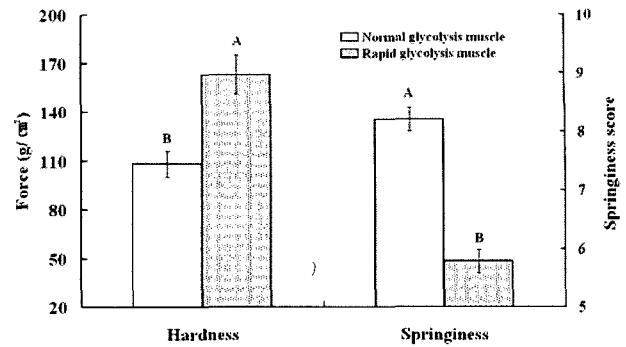


Fig 2. Effect of glycolysis rate in porcine muscle postmortem on texture of pork surimi. ^{A,B} Means±SE with different superscripts within a bar are significantly different ($p < 0.01$).

해 젤의 경도가 높은 것으로 나타났지만 탄력성은 정상 근육으로 제조한 것이 우수한 것으로 나타났다. 일반적으로 수리미 젤의 조직적인 특성은 젤의 강도와 응집성으로 평가되는데(Lanier, 1986), Park 등(1996)은 수리미 젤의 조직적인 특성을 평가함에 있어서 기기적인 압력에 의해 시료 높이의 60%만 변형시켰을 때 젤이 받는 강도와 경도를 평가하는 것이 타당하다고 주장하였다. 그러나 수리미 젤의 조직감 평가에 단단함의 지표인 경도와 강도만으로는 탄력성의 지표인 응집성까지 대변할 수는 없을 것으로 생각된다. 따라서 비록 수리미 젤의 조직감을 평가할 때 젤의 경도와 강도를 측정하는 것이 보편적인 것이라 생각되지만, 실제 관능으로는 젤이 일정한 압력에서 견디면서 탄력성을 유지하는 것이 우수한 젤이라 사료된다. 그러한 관점에서 본 실험에서는 시료 높이에 대해 60%만 변형시켜 젤의 경도를 기계적으로 측정하였고 탄력성은 일정한 크기로 자른 젤을 구부림과 손가락으로 눌러봤을 때 촉감 및 복원력 등을 종합하여 관능적으로 평가하였다. 그 결과, 정상 근육으로 제조한 근육 수리미가 젤의 경도는 약했지만 탄력성은 좋은 것으로 나타났다.

이처럼 근육의 사후 해당 속도에 따라 젤의 조직감이 달라진 것은 사후 근육의 기능적 특성이 변화한 것에 기인한 것으로 사료된다. 즉, 상술한 바와 같이 사후 해당 작용의 속도에 따라 근육의 최종 pH가 영향을 받고, 그 결과 근장 단백질이나 근원섬유 단백질의 변성이 유발되어 육단백질의 추출성과 보수성의 감소가 최종 근육 수리미의 조직감에 직접적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 육단백질이 가열되면서 젤을 형성할 때 가장 중요하게 작용하는 단백질 용해성은 사후 근육 내에서 일어나는 두 가지의 근섬유 용해 기작으로 설명될 수 있다. 즉, 근형질 내의 이온 농도가 증가하면서 굵은 필라멘트가 풀리는 기작과 액틴 필라멘트와 결합하고 있는 마이오신 머리 부위(heavy meromyosin)가 분리되는 기작

이다(Ziegler and Foegeding, 1990). 그런데 사후 근육의 해당 속도가 빠르게 일어나면 사후 강직도 빨리 진행되고 그 정도도 심해지기 때문에 굵은 필라멘트가 쉽게 풀리지 않을 뿐만 아니라 액틴 필라멘트와 결합하고 있는 마이오신 머리 부위도 쉽게 분리되지 않는다(Bendall and Wismer-Pedersen, 1962; Warner *et al.*, 1997). 따라서 정상 돈육에 비해 사후 해당 속도가 빠른 돈육을 세절하고 수세를 하여 획득한 돈육 수세물은 굵은 필라멘트가 풀리지 않고 마이오신과 액틴의 결합물인 액토마이오신의 비율이 높게 존재하기 때문에 이를 가열하였을 경우 더욱 치밀한 젤 매트릭스를 형성할 것으로 추정되며, 그 결과 낮은 보수력으로 인한 낮은 수분 함량 때문에 젤의 경도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

일반적으로 사후 해당 속도가 빠른 돈육의 경우 정상 돈육에 비해 근장 단백질의 변성은 더욱 증가하는 것으로 알려져 있는데(Joo *et al.*, 1999), 본 연구에서도 이 같은 경향이 전기영동 결과 확인되었다. Fig. 3의 SDS-PAGE에서 사후 해당 속도가 정상적인 돈육의 근장 단백질에 존재하는 phospholylase (화살표 A)와 같은 효소들이 수세를 통해 쉽게 제거된 것으

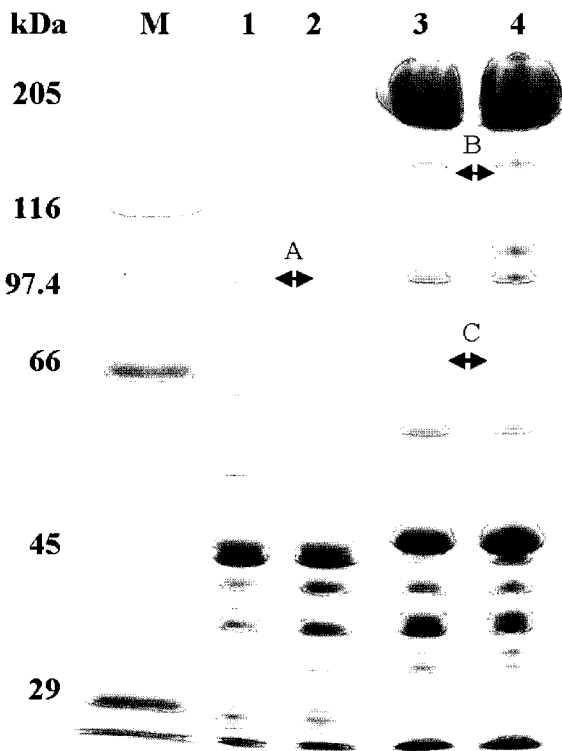


Fig. 3. SDS-PAGE pattern of myofibrillar and sarcoplasmic protein fractions of water-washed pork. M denotes molecular mass standards. The sarcoplasmic (lane 1~2) and myofibrillar (lane 3~4) protein fractions, which were defined as the sediment and supernatant after the first water-washing and centrifugation of the water-washed pork which had been derived from normal (lanes 1 and 3) and rapid (lanes 2 and 4) glycolysis *longissimus* muscles.

로 나타났다. 반면, 사후 해당 속도가 빠른 돈육의 경우 근장 내에 포함되어 있는 몇몇 효소들이 효율적으로 제거되지 않고 근원섬유 단백질과 결합한 것으로 나타났다(화살표 B와 C). 이 같이 변성된 근장 단백질은 돈육의 수세시 제거되지 않고 돈육 수세물 내에 근원섬유 단백질과 함께 잔존하면서 돈육 수리미의 젤 형성과 조직감 변화에 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 추정은 수리미 제조시 근원섬유 단백질의 기능성이 젤 구조와 응집성에 많은 영향을 미치지만(Xiong, 1997), 수리미 내에 근장 단백질이 존재하면 근원섬유 단백질의 젤 형성력을 방해한다는 보고(Okada, 1964)에 근거한다. 또한 고등어를 이용하여 수리미를 제조할 때 수용성인 근장 단백질은 젤 강도를 증가시킨다는 보고(Morioka and Shimizu, 1990)를 확인하는 결과이다. 따라서 본 연구 결과, 사후 빠른 해당작용으로 인해 변성된 육단백질들이 낮은 pH의 조건에서 수분 입자들과 결합하지 못한 결과(Table 2), 근섬유의 사후강직과 근원섬유의 단축에서 나타난 바와 같이, 가열을 통해 젤 매트릭스가 형성될 때 더욱 치밀한 미세 구조를 만들어 젤의 경도를 증가시킨 것으로 사료된다. 하지만 가열처리된 돈육 수리미를 구성하고 있는 단백질의 보수성이 우수하지 못해 관능적인 탄력성이 감소한 결과, 젤은 손가락으로 눌러보았을 때 즉각 복원되지 못하고 구부렸을 때는 쉽게 부서지는 특성을 나타낸 것으로 사료된다. 이 같은 결과는 정상 돈육을 수세하여 돈육 수리미를 제조하면 육단백질의 우수한 보수성에 기인하여 높은 수분 함량을 보유하고, 그 결과 관능적인 탄력성도 우수하다는 것을 의미한다.

한편, 수리미 제품의 품질 평가에 있어 조직감뿐만 아니라 외관적인 색깔 또한 매우 중요한 요소이다. 수리미의 색깔은 소비자들의 구매에 직접적인 영향을 주는 품질의 가장 중요한 요인으로, 특히 제품의 선명도와 밝기가 색깔을 결정하는 주요 요소이다. 사후 해당 속도의 차이에 따라 제조된 돈육 수리미의 색깔을 측정된 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 사후 해당 속도가 정상인 돈육을 수세하여 제조한 돈육수리미는 적색도(a^*)와 황색도(b^*) 값이 유의적으로($p < 0.01$) 낮은 결과, 채도(saturation index) 값은 낮고 색상(hue angle) 값은 높아져 전체적인 젤의 색깔이 밝고 깨끗한 것으로 나타났다. 이 같이 정상 돈육이 사후 해당 속도가 빠른 돈육에 비해 밝고 깨끗한 돈육 수리미를 생산한 이유는 두 가지 요인에 기인한 것으로 판단된다. 반대로 사후 해당 속도가 빠른 돈육 수리미는 수분 함량이 적고 밀집한 젤 매트릭스를 형성하기 때문에 빛을 반사하기 보다는 더 많이 흡수하여 어두운 표면색을 나타낸 것이라 사료된다. 이는 육제품 표면의 빛의 분

Table 3. Effect of glycolysis rate in porcine *longissimus* postmortem on color measurements of pork surimi

| Treatments | L* | a* | b* | Chroma | Hue |
|-------------------|------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| Normal glycolysis | 83.19±0.10 | -2.31±0.02 | 6.96±0.04 | 7.33±0.04 | 108.25±0.18** |
| Rapid glycolysis | 83.44±0.42 | -1.62±0.06** | 8.51±0.09** | 8.66±0.08** | 100.76±0.48 |

**Means±SE with different superscripts within a column are significantly different ($p<0.01$).

산은 빛을 분산하는 물질의 크기와 관련이 있으며(MacDougall, 1970), 물질의 농도가 증가하면 더 많은 빛이 내부로 흡수된다는 주장(Birth, 1978)에 근거한다. 둘째, 사후 해당속도가 빠른 돈육 수리미는 변성된 근장 단백질이 수리미 내에 잔존하기 때문에 이것이 직접적으로 젤의 황색도를 증가시킨 원인으로 작용하고, 그 결과 채도를 높이고 색상을 감소시켜 투명하고 깨끗한 젤을 형성하지 못한 것으로 사료된다. 따라서 본 연구의 결과는 돈육을 수세하여 제조한 돈육 수리미의 색깔은 원료 돈육의 사후 해당 작용 속도에 따른 육 단백질의 변성에 영향을 받으며, 특히 근장 단백질의 변성 정도에 의해 결정적인 영향을 받는다는 것을 보여준다.

요 약

돈육을 수세하여 돈육 수리미를 제조할 때, 사후 해당 속도가 빠른 돈육을 원료육으로 이용하면 낮은 pH에 기인하여 보수성이 낮은 결과 적은 수분 함량을 보유하는 돈육 수세물을 획득하게 되어 수율이 낮아졌다. 사후 해당 속도가 빠른 돈육은 정상 돈육에 비해 육단백질의 변성이 유발되어 수분 함량이 낮고 치밀한 젤 매트릭스를 형성하여 경도가 높지만 탄력성이 낮은 돈육 수리미를 생산하였다. 뿐만 아니라 사후 해당 속도가 빠른 돈육은 변성된 근장 단백질이 근원섬유 단백질과 결합하여 수세되지 않고 돈육 수세물 내에 잔존하게 되어 돈육 수리미의 색깔을 어둡게 만드는 원인으로 작용한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 진주산업대학교 동물생명산업지역협력연구센터의 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Bendall, J. R. and Wismer-Pedersen, J. (1962) Some properties of the myofibrillar protein of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* **27**, 144-159.
- Birth, G. S. (1978) The light scattering properties of foods. *J. Food Sci.* **43**, 916-925.
- Bourne, M. C. (1968) Texture profiling of ripening pears. *J. Food Sci.* **33**, 223-226.
- Camou, J. P. and Sebranek, J. G. (1991) Gelation characteristics of muscle protein from pale, soft, exudative (PSE) pork. *Meat Sci.* **30**, 207-220.
- Costa, L. M., Fiego, D. P. L., Dall'Olio, S., Davoli, R., and Russo, V. (2002) Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Sci.* **61**, 41-47.
- Fischer, C., Hamm, R., and Honikel, K. O. (1979) Changes in solubility and enzymatic activity of muscle glycogen phosphorylase in PSE muscle. *Meat Sci.* **3**, 11-19.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., and David, M. M. (1949) Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* **177**, 751-766.
- Ha, J. U., Woo, D. K., and Hwang, Y. M. (2000) Effect of carboxyl methyl cellulose and methyl cellulose on the functional properties of pork heart alginate/calcium(AC) surimi. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **20**, 199-206.
- Helander, E. (1957) On quantitative muscle protein determination. *Acta Physiologica Scandinavica*, **41**, 9-95.
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., and Kim, C. J. (1995) The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine *longissimus* muscle. *J. Muscle Foods.* **6**, 152-156.
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., and Park, G. B. (1999) The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *longissimus* muscle. *Meat Sci.* **52**, 291-297.
- Kang, G. H., Oh, S. H., Yang, H. S., Kim, J. S., Joo, S. T., and Park, G. B. (2003) Effect of myofibrillar protein extracted from pig hearts on quality characteristics of emulsion type sausages. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **23**, 122-127.
- Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.

14. Lanier, T. C. (1986) Functional properties of surimi. *Food Technol.* **40**, 114-117.
15. Lan, Y. H., Novakofski, J., McCusker, R. H., Brewer, M. S., Carr, T. R., and McKeith, F. K. (1995) Thermal gelation properties of myofibrillar protein from pork, beef, fish, chicken and turkey muscles. *J. Food Sci.* **60**, 936-940, 945.
16. Lee, S. K., Min, B. J., and Kang, C. G. (2001a) Effects of oleoresin spices on the quality of chicken surimi during frozen storage. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **21**, 292-299.
17. Lee, S. K., Min, B. J., and Kang, C. G. (2001b) Influence of propyl gallate, sodium ascorbate, and sodium tripolyphosphate on quality change of chicken surimi during storage. *Kor. J. Anim. Sci. Technol.* **43**, 525-534.
18. Lesiów, T. and Xion, Y. L. (2003) Chicken muscle homogenate gelation properties: effect of pH and muscle fiber type. *Meat Sci.* **64**, 399-403.
19. MacDougall, D. B. (1970) Characteristics of appearance of meat. I. The luminous absorbion, scatter and internal transmittance of the lean of bacon manufactured from normal and pale pork. *J. Sci. Food Agric.* **21**, 568-571.
20. Morioka, K. and Shimizu, Y. (1990) Contribution of sarcoplasmic proteins to gel formation of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi.* **56**, 929-933.
21. Okada, M. (1964) Effect of washing on the gelly forming ability of fish meat. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries.* **30**, 255-261.
22. Okada, M. (1985) The history of surimi and surimi based products in JAPAN. Proceedings of the International Symposium on Engineered Seafood including Surimi, Seattle, pp. 30-31.
23. Owen, B. L., Montgomery, J. L., Ramsey, C. B., and Miller, M. F. (2000) Preslaughter resting and hot-fat trimming effects on the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork and han processing characteristics. *Meat Sci.* **54**, 221-229.
24. Park, S., Brewer, M. S., Novakofski, J., Bechtel, P. J., and McKeith, F. K. (1996) Process and characteristics for a surimi-like material made from beef or pork. *J. Food Sci.* **61**, 422-427.
25. SAS (2001) The SAS program for window. Cary, NC: The SAS Institute, Inc, USA.
26. Smith, D. M. (1988) Meat protein: functional properties in comminuted meat products. *Food Technol.* **23**, 116-120.
27. 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.
28. Xiong, Y. L. (1997) Structure-function relationships of muscle proteins: In Damodaran, S. and Paraf, A. (eds), Food proteins and their applications. New York, Marcel Dekker Inc. pp. 341-392.
29. Yasui, T., Ishioroshi, M., and Samejima, K. (1982) Effect of actomyosin on heat-induced gelation of myosin. *Agric. Biol. Chem.* **46**, 1049-1059.
30. Ziegler, G. R. and Foegeding, E. A. (1990) The gelation of proteins. *Adv. Foods Res. Nutr.* **34**, 203-298.

(2005. 8. 18. 접수 ; 2005. 11. 4. 채택)