

The Food and Life has published all type articles such as research articles, review articles, survey articles, research note, short communication or editorial since 2020. It covers the all scientific and technological aspects of food and life science.

<https://www.foodnlife.org>



돈육의 부위별 근육의 pH 및 가열감량 상관 관계

정슬기찬, 김소은, 한석희, 전하연, 우민경, 이선민, 정사무엘*, 조경*

충남대학교 축산학과

Correlation of pH and cooking loss in muscles from different primal cuts of pork

Seul-Ki-Chan Jeong, Soeun Kim, Seokhee Han, Hayeon Jeon, Minkyung Woo, Seonmin Lee, Samooel Jung*, Kyung Jo*

Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract

This study was investigated to identify the relationship between the muscle properties of pork shoulder butt (3 muscles), belly (9 muscles from 6th, 11th thoracic, and 4th lumber vertebrae), and loin from 30 pork carcasses. The pH and cooking loss of 390 muscles (13 muscles × 30 carcasses) were measured. M. *Cutaneous trunci* from 4th lumber vertebrae and M. *Semispinalis capitis* (SeC) from the shoulder butt had a significant correlation in pH with all other muscles. In the correlations of cooking loss, significant correlations were found among 3 muscles in the shoulder butt while no correlation between some muscles was found in the pork belly. The pH of SeC had a significant correlation with 4 muscles in the pork belly. Therefore, the SeC could be used as a representative muscle for predicting the quality properties of other pork cuts including the pork belly and loin in pork carcass. However, it is necessary to develop a technology that can quickly and accurately measure the quality properties of SeC and predict the quality of other pork cuts.

Keywords: pork belly, shoulder butt, loin, cooking loss, correlation

서론

고품질 식육에 대한 소비자들의 수요가 증가하면서 식육 품질에 대한 관심이 증가하고 있으며, 식육의 구매 전 식육의 품질을 예측할 수 있는 정보 제공에 대한 필요성이 강조되고 있다(Cha et al., 2025; Jeon et al., 2024). 식육의 품질은 육색, 형태, 마블링과 같은 외적인 특성과 pH, 보수력, 조직감과 같은 물리화학적 특성, 또한 섭취 시 느껴지는 맛이나 풍미, 다즙성과 같은 관능적인 특성들을 포함하여 복합적으로 결정된다(Cho and Kim, 2023; Lebret and Čandek-Potokar, 2022). 따라서 식육의 품질을 한가지 특성으로만 설명하기 어렵지만, 각 식육별 소비자의 니즈에 가장 근접한 특성을 대표 품질로 하여 이에 대한 정보의 제공이 필요한 실정이다(Aaslyng et al., 2003; Jo et al., 2025; Song et al., 2024).

돼지고기는 전세계적으로 많이 소비되는 식육 중 하나이며 앞으로도 소비량이 증가할 것으로 예상되고 있다(Khan and

Kim, 2023; OECD and FAO, 2022). 돼지의 목심과 삼겹살은 여러 개의 근육들과 근육 사이의 지방으로 이루어진 고지방 부위로 아시아 지역, 특히 한국에서 구이용으로 수요가 높다(Kim et al., 2023, 2024; Oh and See, 2012). 목심은 제1번 경추에서 제4번 또는 제5번 흉추에서 절개하여 얻어지는 부위로 머리 쪽에 가까운 위치일수록 머리반가시근, 목널판근, 뒤머리빗근, 머리가장긴근과 같은 여러 개의 근육이 존재하며 등심과 가까운 위치일수록 배쪽툽니근 같은 단일 근육의 비율이 증가한다(KAPE, 2024). 삼겹살은 제5번 또는 6번 늑골에서 마지막 요추까지의 부위에서 등심을 제외한 복부 부위를 말한다. 몸통피부근이 삼겹살 전체에 얇게 분포하고 있으며 또 다른 주요 근육으로는 넓고 삼각형 모양의 넓은등근이 있다(Soladoye et al., 2015). 또한 삼겹살의 자르는 위치에 따라 배쪽툽니근, 경사근, 가슴가로근과 같이 다양한 근육들이 존재한다(KAPE, 2024). 이와 같이 목심과 삼겹살은 해부학적 위치에 따라 부위를 구성

*Corresponding author : Samooel Jung. Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea. Tel: +82-42-821-5774, Fax: +82-42-825-9754, E-mail: samooel@cnu.ac.kr

Kyung Jo. Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea. Tel: +82-42-821-7858, Fax: +82-42-825-9754, E-mail: kyung6321@cnu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

하는 근육의 종류와 비율이 달라지기 때문에 단일 근육으로 이루어진 등심과 다르게 해부학적 위치별로 품질 특성이 다르게 나타날 수 있다(Jeon et al., 2024).

동일 개체 내의 타 부위간 이화학적 품질 특성을 이용하여 목적 부위의 품질 특성을 빠르게 예측하고자 하는 연구가 실시되어 오고 있으며, 이는 식육의 다른 부위의 품질 특성 간 상관성을 기반으로 잠재성이 평가되어 오고 있다(Jeong et al., 2024; Jo et al., 2022; Jo et al., 2025; Knecht et al., 2018). 한편, 목심 및 삼겹살 위에서 언급한 바와 같이 다양한 근육으로 구성되어 있으며, 근육의 품질 특성이 다르게 나타날 수 있다. 따라서, 다양한 근육의 품질 특성을 확인하고 다양한 근육과의 상관관계를 확인하여, 가장 대표성을 갖을 수 있는 근육의 탐색은 추후 돈육의 품질 예측 시 대표적 부위로서 큰 의미를 갖을 수 있다.

따라서 본 연구는 등심과 목심 및 삼겹살을 구성하는 여러 근육에서 돈육 다즙성의 품질 특성이 될 수 있는 pH 및 가열 감량을 분석하고 이를 통해 돼지고기 목심과 삼겹살의 품질 특성간 연관성을 탐색하였다. 또한 각 근육의 품질 특성 간의 상관관계를 기반으로 돈육의 품질 예측시 대표적 부위로서 이용될 수 있는 근육의 탐색을 수행하였다.

재료 및 방법

시료 준비

실험에 사용된 30두의 암돼지(Landrace×Yorkshire×Duroc)는 충청남도 논산의 도축장에서 표준 절차에 따라 도축된 돼지에서 무작위로 확보되었다. 한 주에 3개의 도체를 공급받아 10개의 독립적인 배치(각 배치 당 3개 도체)로 실험이 구성되었다. 도축 후 24시간에 공급받은 돼지의 오른쪽 도체에서 목심, 삼겹살 및 등심을 분리하였다. 목심은 제 1번 경추에서 제 4번 흉추 사이를 잘라 얻었고, 삼겹살은 제 5번 흉추에서 6번 요추 사이를 절단하여 갈비뼈와 등심(*M. longissimus dorsi*)을 제거하여 얻었다. 등심에서 꺾질과 등지방을 제거하고 흉추 13번 위치에서 근육 부위(*M. longissimus dorsi* at 13th Thoracic vertebra, LLT)만을 채취 후 실험에 이용하였다. 얻어진 목심은 제 2번 경추 위치 단면에서 세계의 근육, 머리반가시근(*M. semispinalis capitis*, SeC), 목덜판근(*M. splenius capitis*, SpC), 및 뒤머리빗근(*M. obliquus capitis caudalis*, OC)을 분리하였다. 삼겹살은 제 6번, 11번 흉추 및 제 4번 요추 위치에서 자른 단면에서 각각 다음과 같이 세계의 근육을 분리하였다. 제 6번 흉추: 몸통피부근(*M. cutaneous trunci*, CT 6th), 넓은등근(*M. latissimus dorsi*, LD 6th), 배쪽툰니근(*M. serratus ventralis*, SV 6th); 제 11번 흉추: 몸통피부근(CT 11th), 배바깥경사근(*M. external abdominal oblique*, EO 11th), 가슴가로근(*M. transverse thoracic*, TT 11th); 제 4번 요추: 몸통피부근(CT 4th), 배바깥경

사근(EO 4th), 배속경사근(*M. internal abdominal oblique*, IO 4th). 목심과 삼겹살에서 얻은 근육들과 등심에서 pH와 가열 감량이 측정되었다.

근육의 pH 측정

근육의 pH를 측정하기 위해 각 근육 시료 1 g을 증류수 9 mL과 혼합하여 균질하고(T25 basic, IKA, Staufen, Germany) 균질액을 2,000×g로 10분간 원심분리 하였다(1580R, LaboGene, Lillerød, Denmark). 원심분리 후 상등액을 Whatman No.4 여과지(Whatman, Maidstone, UK)를 통해 여과한 후 pH 측정기(SevenEasy, Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 여과액의 pH를 측정하였다.

근육의 가열 감량 측정

가열 감량 측정을 위해 목심과 삼겹살에서 얻은 근육 시료와 등심을 진공 포장한 후 80℃ 항온 수조에서 심부 온도가 75℃가 되도록 가열하였다. 가열한 시료는 실온(25±2℃)에서 냉각한 후 포장지와 빠져나온 수분을 제거하였다. 가열 감량 값은 가열 전과 가열 후 측정된 무게 차이를 백분율로 계산하여 나타냈다.

통계 처리

본 연구의 데이터 처리는 SAS 통계분석 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용해 수행되었다. 기초 통계량을 산출하고 Shapiro-Wilk test를 통해 데이터의 정규성 여부를 확인하였다. 정규성을 따르지 않는 변수가 확인되어 스피어만(Spearman) 상관 관계 분석이 실시되었다. 상관관계는 $p < 0.05$ 인 경우를 유의성이 있는 것으로 판단하였으며, 상관관계의 강도는 Schober 등(2018)에 따라, 0.00-0.10의 범위는 무시해도 되는 강도, 0.10-0.39를 약한 강도, 0.40-0.69를 중간 강도, 0.70-0.89의 범위를 강한 강도, 0.90-1.00는 매우 강한 강도로 표현하였다.

결과 및 고찰

부위별 근육의 pH와 가열 감량

실험에 사용한 돼지 도체 30두의 등심, 목심 및 삼겹살 근육들의 pH와 가열 감량 측정 결과를 Table 1에 나타냈다. 목심에서 분리한 세계의 근육은 상대적으로 높은 pH를 나타냈으며(pH 6.35-6.44), 삼겹살에서 분리한 근육에서 측정된 pH 범위는 5.75-6.43으로 같은 대분할육 내의 동일한 해부학적 위치에 존재하는 근육임에도 불구하고 근육의 pH가 상이함이 확인되었다. 한편, 각 근육에서 측정된 pH는 등심 LLT 근육에서 5.65로 가장 낮았으며 목심의 SpC 근육에서 6.44로 가장 높았다.

Table 1. Descriptive statistics for pork

| | pH | | | |
|----------------------|-------|------|---------|---------|
| | Mean | SD | Minimum | Maximum |
| Belly | | | | |
| CT 6 th | 5.75 | 0.21 | 5.47 | 6.39 |
| LD 6 th | 5.87 | 0.23 | 5.47 | 6.37 |
| SV 6 th | 6.43 | 0.31 | 5.75 | 7.04 |
| CT 11 th | 5.91 | 0.24 | 5.48 | 6.72 |
| EO 11 th | 6.14 | 0.34 | 5.45 | 7.03 |
| TT 11 th | 6.08 | 0.36 | 5.40 | 6.79 |
| CT 4 th | 5.85 | 0.20 | 5.49 | 6.28 |
| EO 4 th | 5.81 | 0.26 | 5.32 | 6.48 |
| IO 4 th | 6.25 | 0.25 | 5.70 | 6.71 |
| Butt | | | | |
| SeC | 6.35 | 0.32 | 5.69 | 7.06 |
| SpC | 6.44 | 0.34 | 5.52 | 7.12 |
| OC | 6.38 | 0.36 | 5.84 | 7.15 |
| Loin | | | | |
| LLT | 5.65 | 1.84 | 5.42 | 6.11 |
| Cooking loss (%) | | | | |
| Belly | | | | |
| CT 6 th | 28.45 | 3.81 | 18.61 | 34.93 |
| LD 6 th | 33.42 | 2.54 | 27.38 | 38.47 |
| SV 6 th | 33.92 | 4.83 | 22.06 | 39.27 |
| CT 11 th | 29.14 | 2.47 | 22.87 | 33.57 |
| EO 11 th | 33.11 | 4.74 | 15.84 | 39.28 |
| TT 11 th | 28.83 | 3.92 | 19.31 | 34.56 |
| CT 4 th | 29.44 | 2.82 | 22.01 | 33.61 |
| EO 4 th | 35.98 | 1.98 | 31.67 | 39.33 |
| IO 4 th | 34.40 | 3.21 | 28.53 | 40.76 |
| Shoulder butt | | | | |
| SeC | 30.66 | 5.48 | 20.95 | 41.06 |
| SpC | 32.47 | 6.09 | 24.31 | 58.87 |
| OC | 30.37 | 5.17 | 16.91 | 39.62 |
| Loin | | | | |
| LLT | 33.99 | 1.84 | 30.01 | 37.95 |

CT 6th, LD 6th, and SV 6th: *M. Cutaneous trunci*, *M. Latissimus dorsi*, and *M. Serratus ventralis* in pork belly at 6th Thoracic vertebra; CT 11th, EO 11th, and TT 11th: *M. Cutaneous trunci*, *M. External abdominal oblique*, and *M. Transverse thoracic* in pork belly at 11th Thoracic vertebra; CT 4th, EO 4th, and IO 4th: *M. Cutaneous trunci*, *M. External abdominal oblique*, *M. Internal abdominal oblique* in pork belly at 4th Lumbar vertebra; SeC, SpC, and OC: *M. Semispinalis capitis*, *M. Splenius capitis*, and *M. Obliquus capitis caudalis* in pork shoulder butt at 2nd cervical vertebrae; LLT: *M. longissimus dorsi* at 13th Thoracic vertebra.

본 연구에서 이용한 삼겹살, 목심 및 등심의 근육을 Fig. 1에 나타냈다. 삼겹살의 pH 결과 상대적으로 높은 pH 6 이상인 근육인 SV 6th, EO 11th, TT 11th, IO 4th에서 상대적으로 육색이 붉은 것으로 확인되었다. 반면 삼겹살 전체에 얇게 분포하는 CT 근육의 경우 pH가 5.75-5.91로 위에서 언급한 근육보다 상대적으로 백색에 가까운 것으로 관찰되었다. 이는 근섬유 조성의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 백색을 띠는 식육의 근섬유 조성은 산화적 대사에 의존하는 적색의 근섬유(Type I, IIa)보다 속근섬유(fast-twitch glycolytic)인 Type IIb가 주를 이루고 있다(Bohrer et al., 2024; Park et al., 2024). IIb형 근섬유의 비중이 높은 근육은 빠르게 해당 작용이 유도되어 근육의 pH가

빠르게 감소할 수 있으며, IIb형 근섬유의 조성은 근육의 pH와 음의 상관관계가 있음이 보고되었다(Joo et al., 2013). 따라서, Type I과 IIa의 근섬유 비중이 높은 경우, 적색도가 크며 근육의 pH가 상대적으로 높게 발생된다. 한편, Type IIb형의 근섬유 비중이 높은 경우 pH가 낮고 백색을 띤다.

등심에 존재하는 근육인 LLT 근육의 pH는 5.65로 가장 낮은 결과를 보였다. 또한, Fig. 1에서, 등심의 근육인 (C)은 목심 (B) 및 삼겹살 (A)의 근육보다 상대적으로 백색을 띠는 것을 확인하였다. 등심의 경우, 돈육에서 다른 부위와 비교하여 상대적으로 백색인 근육으로 알려져 있다(Jeon et al., 2024). 이는 상대적으로 백색을 띠는 LLT 근육에서 삼겹살과 목심과 비교 시 Type IIb형의 근섬유 비중이 높기 때문에 낮은 pH를 띠는 것으로 사료된다. 본 연구 결과와 동일하게, 선행 연구의 결과에서 LLT 근육이 돼지의 다른 근육에 비해 색이 밝고 pH가 낮다고 보고하였다(Bohrer et al., 2024).

다양한 근육에서 측정된 가열 감량의 범위는 28.45-35.98%였다. 가열 감량의 경우, 주로 근육의 보수력의 영향을 많이 받는 식육의 품질 특성으로 알려져 있다. 도축 후 근육의 pH의 변화는 단백질 순전하와 근섬유 내부 공간의 변화로 이어지며 이는 식육의 보수력에 영향을 미친다(Jeong et al., 2023). 식육의 주요 근원섬유 단백질인 미오신과 액틴의 등전점으로 알려진 pH 5.2-5.3에서 pH가 증가할수록 근섬유 내부 공간에 단백질간의 반발력 증가로 인하여, 수분이 포집될 수 있는 공간이 증가하여, 보수력이 증가하게 된다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 따라서, pH가 높을수록 보수력의 증가로 인해 가열 감량이 감소할 수 있다. 또한, 이전의 많은 연구들에서 낮은 pH의 식육에서 수분의 손실이 크게 발생함을 보고하였다(Aaslyng et al., 2003; Huff-Lonergan and Lonergan, 2005; Jo et al., 2023).

부위별 근육의 pH 간 상관관계

흉추 6 및 11번과 요추 4번 위치의 삼겹살에서 각각 얻어진 총 9개의 근육 pH의 상관관계 분석결과를 Table 2에 정리하였다. 동일 위치별 3개의 근육간 pH의 상관관계 결과 흉추 6번 위치의 경우는 CT가 LD 및 SV와 각각 0.66 및 0.50의 상관 계수를 보였으나, LD와 SV 사이에는 동일 위치임에도 불구하고 상관 관계가 없음이 나타났다($p>0.05$). 흉추 11번 위치의 경우 CT와 EO가 상관 계수가 0.39로 약한 강도의 상관관계 및 EO와 TT가 상관계수 0.68로 중간 강도의 상관관계가 있었지만, CT와 TT 사이에 상관 관계가 없음이 확인되었다($p>0.05$). 하지만 요추 4번 위치의 경우는 3개의 근육 사이에 0.41-0.65의 중간 강도의 상관관계가 있음이 확인되었다. 본 연구에서 분석한 9개의 삼겹살 근육 중 CT는 흉추 6 및 11번과 요추 4번 위치 모두에 분포되어 있는 동일한 근육이다. CT의 위치별 pH의 상관 계수는 0.64-0.66으로 동일 근육임에도 불구하고 위치 차

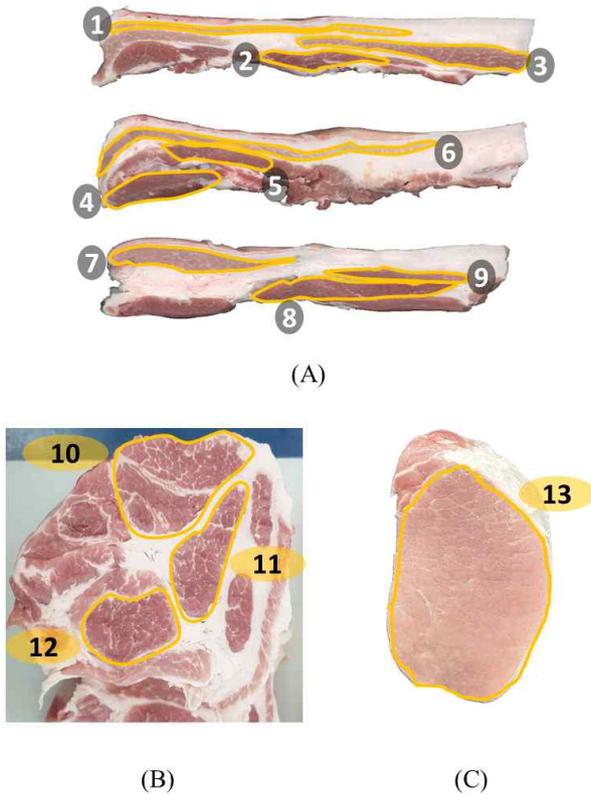


Fig 1. The images of pork belly and shoulder butt. (A), The images of pork belly slices. 1, 2, and 3=CT 6th, SV 6th, and LD 6th; M. *Cutaneous trunci*, M. *Serratus ventralis*, and M. *Latissimus dorsi* in pork belly at 6th Thoracic vertebra. 4, 5, and 6=TT 11th, EO 11th, and CT 11th; M. *Transverse thoracic*, M. *External abdominal oblique*, and M. *Cutaneous trunci* in pork belly at 11th Thoracic vertebra. 7, 8, and 9=CT 4th, IO 4th, and EO 4th; M. *Cutaneous trunci*, M. *Internal abdominal oblique*, M. *External abdominal oblique* in pork belly at 4th lumbar vertebrae. (B), The image of pork shoulder butt 10, 11, and 12=SeC, SpC, and OC; M. *Semi-spinalis capitis*, M. *Splenius capitis*, and M. *Obliquus capitis caudalis* in pork shoulder butt at 2nd cervical vertebrae. (C), The image of pork loin. 13= LLT; M. *Longissimus dorsi* at 13th thoracic vertebra.

Table 2. The significant correlations ($p < 0.05$) of pH among various muscles of pork

| | Belly | | | | | | Shoulder butt | | | Loin | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|----|-----|
| | CT 6 th 1) | LD 6 th | SV 6 th | CT 11 th | EO 11 th | TT 11 th | CT 4 th | EO 4 th | IO 4 th | SeC | SpC | OC | LLT |
| CT 6 th | 1 | | | | | | | | | | | | |
| LD 6 th | 0.66 | 1 | | | | | | | | | | | |
| SV 6 th | 0.50 | - | 1 | | | | | | | | | | |
| CT 11 th | 0.66 | 0.59 | 0.49 | 1 | | | | | | | | | |
| EO 11 th | - ²⁾ | 0.37 | 0.50 | 0.39 | 1 | | | | | | | | |
| TT 11 th | - | - | 0.49 | - | 0.68 | 1 | | | | | | | |
| CT 4 th | 0.64 | 0.38 | 0.49 | 0.72 | 0.63 | 0.66 | 1 | | | | | | |
| EO 4 th | 0.48 | 0.43 | 0.47 | 0.41 | 0.58 | 0.68 | 0.65 | 1 | | | | | |
| IO 4 th | 0.40 | 0.60 | 0.45 | 0.37 | 0.36 | 0.43 | 0.41 | 0.61 | 1 | | | | |
| SeC | 0.44 | 0.53 | 0.65 | 0.56 | 0.53 | 0.55 | 0.51 | 0.61 | 0.46 | 1 | | | |
| SpC | - | - | 0.60 | 0.56 | 0.44 | 0.55 | 0.52 | 0.47 | - | 0.75 | 1 | | |
| OC | - | - | 0.65 | 0.49 | 0.45 | 0.50 | 0.39 | 0.42 | - | 0.82 | 0.75 | 1 | |
| LLT | 0.55 | 0.63 | - | 0.39 | - | - | 0.41 | - | 0.41 | 0.47 | - | - | 1 |

¹⁾ CT 6th, LD 6th, and SV 6th: M. *Cutaneous trunci*, M. *Latissimus dorsi*, and M. *Serratus ventralis* in pork belly at 6th Thoracic vertebra; CT 11th, EO 11th, and TT 11th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, and M. *Transverse thoracic* in pork belly at 11th Thoracic vertebra; CT 4th, EO 4th, and IO 4th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, M. *Internal abdominal oblique* in pork belly at 4th lumbar vertebrae; SeC, SpC, and OC: M. *Semispinalis capitis*, M. *Splenius capitis*, and M. *Obliquus capitis caudalis* in pork shoulder butt at 2nd cervical vertebrae; LLT: M. *longissimus dorsi* at 13th Thoracic vertebra.
²⁾ There was no significant correlation between muscles ($p > 0.05$).

이에 따라 중간 강도의 상관 관계가 있음이 나타났다. Kim 등 (2019)과 Park 등(2024)의 연구에서 흉추에서 요추까지 붙어있는 최장근(longissimus muscle)이 흉추 영역(longissimus thoracis)과 요추 영역(longissimus lumborum)과 같이 위치에 따라 근섬유의 크기나 조성 같은 특성의 변화가 있을 수 있음을 보고하였다. 삼겹살의 위치별 상관 관계에서는 흉추 6 및 11번 위치에서 일부 근육간 상관 관계가 없음이 나타났다. 하지만 요추 4번 위치의 모든 근육은 흉추 4번 및 11번 위치 근육들과 유의적인 상관관계가 있음이 확인되었으며, 상관계수는 0.36-0.72로 대부분 중간 강도의 상관 관계를 보였다. 목심의 경우 3개의 근육간 상관계수는 0.75-0.82로 나타났다. 본 결과는 삼겹살의 동일 위치별 근육간 pH의 상관계수보다 높은 결과로 삼겹살 대비 목심에서 근육간 pH가 유사도가 높을 수 있음을 의미한다.

돈육을 구성하는 근육의 pH는 주로 도축 전 개체가 받는 외적 스트레스에 따른 근육내 adenosine triphosphate(ATP)의 소모 및 도축 후 도체 근육의 수축 및 이완에 따른 ATP의 소모와 항상성 유지를 위한 근육내 혐기적 해당 작용 정도에 영향을 받는다(Jo et al., 2022). 따라서 한 개체내 다양한 근육들은 pH에 영향을 주는 요인들에 대해 유사한 영향을 받을 수 있을 것

으로 생각된다. 하지만 본 연구의 결과 근육간 pH의 상관 관계가 높지 않았는데, 이는 동일 개체내 존재하는 근육이라고 해도 근육별 glycolytic potential이 다르기 때문에 따른 결과로 생각된다(Fernandez et al., 1992).

비록 근육간 상관 강도가 높지는 않았지만, 본 연구의 결과 목심의 SeC은 목심의 다른 근육뿐만 아니라 삼겹살의 9개 근육 및 등심 근육의 pH와 모두 중간 강도의 상관 관계가 있는 것이 확인되었다.

부위별 근육의 가열 감량 간 상관관계

삼겹살 근육 가열 감량의 상관 관계 분석결과 흉추 6번 위치의 삼겹살의 경우 LD와 SV간에 상관 계수 0.57의 중간 강도의 상관 관계가 있지만 CT 근육의 경우 LD 및 SV 근육과 상관 관계가 없음이 나타났다(Table 3). 흉추 11번 위치 삼겹살의 경우도 EO가 CT 및 TT와 각각 0.38 및 0.47의 상관 계수를 보였으나, CT와 TT 사이에는 상관 관계가 없는 것으로 확인되었다($p > 0.05$). 하지만 요추 부위 삼겹살의 경우 3근육 사이에 0.39-0.51의 상관 계수가 있음이 나타났다. 삼겹살의 pH 상관 관계 결과에서도 흉추 6 및 11번의 일부 근육 사이에 상관 관계가

Table 3. The significant correlations ($p < 0.05$) of cooking loss among various muscles of pork

| | Belly | | | | | | | | | Shoulder butt | | | Loin |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|------|------|------|
| | CT 6 th ¹⁾ | LD 6 th | SV 6 th | CT 11 th | EO 11 th | TT 11 th | CT 4 th | EO 4 th | IO 4 th | SeC | SpC | OC | LLT |
| CT 6 th | 1 | | | | | | | | | | | | |
| LD 6 th | – ²⁾ | 1 | | | | | | | | | | | |
| SV 6 th | – | 0.57 | 1 | | | | | | | | | | |
| CT 11 th | – | 0.48 | 0.37 | 1 | | | | | | | | | |
| EO 11 th | – | – | 0.46 | 0.38 | 1 | | | | | | | | |
| TT 11 th | – | – | – | – | 0.47 | 1 | | | | | | | |
| CT 4 th | – | 0.69 | – | 0.50 | – | – | 1 | | | | | | |
| EO 4 th | – | 0.55 | 0.43 | 0.38 | 0.57 | 0.52 | 0.51 | 1 | | | | | |
| IO 4 th | – | 0.51 | 0.38 | 0.56 | – | – | 0.43 | 0.39 | 1 | | | | |
| SeC | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 1 | | | |
| SpC | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0.54 | 1 | | |
| OC | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0.61 | 0.49 | 1 | |
| LLT | – | 0.46 | – | – | – | – | 0.37 | – | – | 0.46 | 0.50 | 0.51 | 1 |

¹⁾ CT 6th, LD 6th, and SV 6th: M. *Cutaneous trunci*, M. *Latissimus dorsi*, and M. *Serratus ventralis* in pork belly at 6th Thoracic vertebra; CT 11th, EO 11th, and TT 11th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, and M. *Transverse thoracic* in pork belly at 11th Thoracic vertebra; CT 4th, EO 4th, and IO 4th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, M. *Internal abdominal oblique* in pork belly at 4th lumbar vertebrae; SeC, SpC, and OC: M. *Semispinalis capitis*, M. *Splenius capitis*, and M. *Obliquus capitis caudalis* in pork shoulder butt at 2nd cervical vertebrae; LLT: M. *longissimus dorsi* at 13th Thoracic vertebra.

²⁾ There was no significant correlation between muscles ($p > 0.05$).

없으나($p > 0.05$), 요추 4번 위치 삼겹살 근육 사이에는 모두 상관관계가 있었는데, 가열 감량 결과에서도 pH 상관 관계 결과와 동일한 경향을 보였다.

삼겹살의 위치 차이에 따른 품질 특성 상관 관계 분석결과, 근육 pH의 경우 요추 4번 위치의 모든 근육이 흉추 6 및 11번 위치 근육들과 모두 상관 관계가 있음이 확인된 바 있다. 하지만 근육의 가열 감량의 경우 다른 경향이 확인되었으며, 요추 4번 위치의 EO가 흉추 6번 위치 CT를 제외한 나머지 모든 근육들과 0.38-0.57의 상관 계수가 있음이 확인되었다. CT의 경우 흉추 6번 및 11번과 요추 4번 위치 모두에 존재하는 동일한 근육임에도 가열 감량의 상관 관계가 없음이 나타나($p > 0.05$), pH가 중간 강도의 상관관계를 보였던 것과 다른 결과가 확인되었다.

목심 3개 근육의 가열 감량은 서로 0.49-0.61의 상관 계수를 보여, 3개 근육의 pH 사이에 상관 관계가 있었던 결과와 동일한 경향을 보였다. 하지만 목심 3개 근육의 pH가 높은 강도의 상관 관계를 보인 반면, 가열 감량의 경우는 중간 강도의 상관 관계가 나타났다. 다른 부위와의 가열 감량 분석 결과 목심 근육의 가열 감량은 등심의 가열 감량과 상관 관계가 있는 것이

확인되었다. 하지만 목심 근육들의 가열 감량은 3부위 삼겹살의 모든 근육들과 가열 감량에 상관 관계가 없는 것이 확인되었다($p > 0.05$). 또한 등심의 가열 감량 또한 삼겹살의 흉추 6번의 LD 및 요추 4번의 CT와의 각각 중간 및 약한 상관 관계를 제외하고 다른 삼겹살의 근육들과 가열 감량에 상관 관계가 없는 것으로 나타났다.

기존 연구에 따르면 돈육 등심과 흉추 6번 위치 삼겹살 슬라이스의 품질 특성 비교 결과 등심과 삼겹살과의 pH는 상관 계수 0.6으로 중간 강도의 상관 관계를 보였으나, 등심과 삼겹살의 가열 감량은 상관 관계가 없음을 보고하였다(Jo et al., 2022). 반면 Jeong 등(2024)의 연구에 따르면 목심 SeC와 흉추 6 및 11번과 요추 4번 위치의 삼겹살 슬라이스 사이에 가열 감량에 약한 상관 관계가 있다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서 삼겹살, 목심 및 등심을 구성하는 근육들의 pH 및 가열 감량 상관 관계에서 목심의 SeC가 삼겹살 및 등심의 pH와는 모두 중간 강도의 상관 관계를 보인 반면, 가열 감량에서는 등심의 가열 감량과 중간 강도의 상관 관계를 보이고 삼겹살 근육과는 가열 감량에 상관 관계가 없었다. 우선적으로 기존 연구들은 삼겹살 슬라이스를 이용하였지만 본 연구는 각 부분을 구

성하는 근육들을 대상으로 분석하였기 때문에 기존 연구와 본 연구와의 결과가 상이한 것으로 판단된다.

부위별 근육의 pH와 가열 감량 간 상관관계

각 근육의 pH가 증가할수록 보수력이 향상되어 가열 감량이 감소할 수 있다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 한편, 본 연구에서 관찰된 pH와 가열 감량 사이의 상관관계는 약하거나 중간 정도의 상관관계였으며, 일부 동일한 근육에서는 pH와 가열 감량 사이에 상관관계가 없음이 확인되었다(Table 4, $p>0.05$). 이는 식육의 가열 감량이 pH뿐만 아니라 도축 후 단백질 분해와 산화, 가열 중 단백질 변성 및 가열의 조건 등 다양한 요인에 복합적으로 영향을 받기 때문일 수 있다(Jo et al., 2023).

앞서 근육들의 pH 상관관계에서 목심의 SeC가 다른 모든 근육들의 pH와 유의적인 상관관계가 있는 것이 확인되었다. 근육들의 pH와 가열 감량의 상관관계 분석 결과, 삼겹살 근육들의 pH는 목심 근육들의 가열감량과 상관관계가 없는 것이 확인된 반면, 목심 SeC의 pH와 흉추 6번에 존재하는 LD와 SV, 흉추 11번의 EO 및 요추 4번의 EO의 가열 감량과 중간 강도의

상관관계가 있음이 나타났다. 기존 선행 연구 결과, SeC 근육의 pH와 흉추 6번 및 11번의 삼겹 슬라이스의 가열 감량의 약한 강도의 음의 상관관계가 관찰되었다(Jeong et al., 2024). 따라서 SeC의 품질 특성이 다른 근육들과 가장 높은 상관 관계가 있는 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 흉추 6 및 11번과 요추 4번 부위 삼겹살을 구성하는 주요 9개의 근육과 목심을 구성하는 주요 3개의 근육 및 등심 근육 총 13개 근육의 pH와 가열 감량을 분석하여 근육간 품질 특성의 연관성을 분석하고, 품질 예측시 대표성을 갖을 수 있는 근육을 탐색하기 위해 수행되었다.

근육 pH의 상관관계 분석 결과 목심의 SeC가 삼겹살 9개의 근육 및 등심과 중간강도의 상관관계가 있음이 확인되었으며, 다른 목심 근육들과는 강한 강도의 상관관계가 있음이 나타났다. 가열 감량 상관관계 분석결과 삼겹살 근육들의 경우 일부 근육 사이에서 가열 감량의 상관관계가 없는 반면, SeC는 다른 목심 근육들과 중간 강도의 상관관계가 있었다. 또한 SeC의

Table 4. The significant correlations ($p<0.05$) of pH and cooking loss among various muscles of pork

| pH | Cooking loss | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------|-------|-------|
| | Belly | | | | | | | | | Shoulder butt | | | Loin |
| | CT 6 th ¹⁾ | LD 6 th | SV 6 th | CT 11 th | EO 11 th | TT 11 th | CT 4 th | EO 4 th | IO 4 th | SeC | SpC | OC | LLT |
| CT 6 th | -. ²⁾ | - | -0.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LD 6 th | - | -0.52 | -0.60 | -0.38 | - | - | - | - | -0.55 | - | - | - | - |
| SV 6 th | - | - | -0.60 | - | -0.53 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CT 11 th | - | - | - | - | - | - | - | -0.38 | -0.38 | - | - | - | - |
| EO 11 th | - | - | - | - | -0.53 | -0.58 | - | -0.52 | - | - | - | - | - |
| TT 11 th | - | - | - | - | -0.57 | -0.61 | - | -0.42 | - | - | - | - | - |
| CT 4 th | - | - | - | - | - | - | - | -0.41 | - | - | - | - | - |
| EO 4 th | - | - | - | - | -0.41 | - | - | -0.40 | - | - | - | - | - |
| IO 4 th | - | - | -0.41 | - | - | - | - | - | -0.44 | - | - | - | - |
| SeC | - | -0.45 | -0.59 | - | -0.43 | - | - | -0.48 | - | -0.44 | - | - | - |
| SpC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OC | - | -0.49 | -0.61 | - | -0.57 | - | - | -0.45 | - | - | -0.39 | -0.43 | - |
| LLT | - | -0.51 | -0.44 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -0.41 |

¹⁾ CT 6th, LD 6th, and SV 6th: M. *Cutaneous trunci*, M. *Latissimus dorsi*, and M. *Serratus ventralis* in pork belly at 6th Thoracic vertebra; CT 11th, EO 11th, and TT 11th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, and M. *Transverse thoracic* in pork belly at 11th Thoracic vertebra; CT 4th, EO 4th, and IO 4th: M. *Cutaneous trunci*, M. *External abdominal oblique*, M. *Internal abdominal oblique* in pork belly at 4th lumbar vertebrae; SeC, SpC, and OC: M. *Semispinalis capitis*, M. *Splenius capitis*, and M. *Obliquus capitis caudalis* in pork shoulder butt at 2nd cervical vertebrae; LLT: M. *longissimus dorsi* at 13th Thoracic vertebra.

²⁾ There was no significant correlation between muscles ($p>0.05$).

pH가 4개의 삼겹살 근육들의 가열 감량과 유의적인 상관관계가 있는 것이 확인되었다.

삼겹살 및 등심은 돼지 반도체에서 내부에 존재하는 부위로써 품질 특성을 측정하기 위해서는 발골 및 정형의 과정이 필요하다. 하지만 SeC는 돼지 반도체에서 외부로 노출되어 있다. 따라서, SeC 돈육의 품질을 예측하기 위한 잠재적인 부위가 될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 SeC의 품질 특성을 빠르고 정확하게 측정이 가능하며, 돼지 도체의 삼겹살 및 등심을 포함한 다른 부위의 품질을 예측할 수 있는 기술의 연구 및 개발이 필요하다.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgments

This study was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture, Science, and Technology Development (Project No. RS-2021-RD010001) of the Rural Development Administration of the Korea.

Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

Author Contributions

Conceptualization: Jung S.

Data curation: Jeong SKC, Jo K.

Investigation: Jeong SKC, Kim S, Han S, Jeon H, Woo M, Lee S, Jo K.

Writing-original draft: Jeong SKC.

Writing-review & editing: Jeong SKC, Kim S, Han S, Jeon H, Woo M, Lee S, Jung S, Jo K.

Author Information

Seul-Ki-Chan Jeong

(Doctor's Student, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0000-0002-2163-8340>

Soeun Kim (Master's Student, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0009-0008-5794-0198>

Seokhee Han (Master's Student, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0009-0006-0816-3471>

Hayeon Jeon (Doctor's Student, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0009-0006-3741-7696>

Minkyung Woo (Master's Student, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0009-0007-5885-8340>

Seonmin Lee (Ph. D, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0000-0002-5713-1795>

Samooel Jung (Professor, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0000-0002-8116-188X>

Kyung Jo (Ph. D, Chungnam National University)

<https://orcid.org/0000-0002-3006-5396>

References

- Aaslyng MD, Bejerholm C, Ertbjerg P, Bertram HC, Andersen HJ. 2003. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Qual Prefer* 14:277-288.
- Bohrer BM, Wang Y, Dorleku JB, Campbell CP, Mandell IB. 2024. Pork muscle profiling: pH and instrumental color of the *longissimus thoracis* is not representative of pH and instrumental color of shoulder and ham muscles. *Meat Sci* 208:109380.
- Cha JY, Kim YJ, Kim JH, Park MK, Jung S, Choi YS. 2025. Study on structural analysis and physicochemical properties of meat using hyperspectral image analysis. *Food Life* 2025:15-22.
- Cho H, Kim HY. 2023. Changes in physicochemical characteristics of pork loin, beef loin and chicken breast with various wet aging periods. *Food Life* 2023:19-27.
- Fernandez X, Mågård M, Tornberg E. 1992. The variation in pig muscle glycolytic potential during lairage: An *in-vivo* study. *Meat Sci* 32:81-91.
- Gispert M, Furnols MF, Gil M, Velarde A, Diestre A, Carrión D, Sosnicki AA, Plastow GS. 2007. Relationships between carcass quality parameters and genetic types. *Meat Sci* 77: 397-404.
- Hoa VB, Seol K, Seo H, Kang S, Kim Y, Seong P, Moon S, Kim J, Cho S. 2021. Investigation of physicochemical and sensory quality differences in pork belly and shoulder butt cuts with different quality grades. *Food Sci Anim Resour* 41:224-236.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71:194-204.
- Jeon H, Jeong SKC, Lee S, Kim D, Kim HB, Bae IS, Kim Y, Seong PN, Jung S, Jo K. 2024. Correlation of electrical conductivity and color with water loss and shear force of

- pork loin. Korean J Agric Sci 51:307-314.
- Jeong SKC, Lee S, Jo K, Choi YS, Jung S. 2023. Quality properties of pork gel manufactured by the pork treated with high hydrostatic pressure without phosphate. Food Life 2023:29-38.
- Jeong SKC, Jo K, Lee S, Jeon H, Kim S, Han S, Woo M, Kim HB, Seong PN, Jung S. 2024. Relationship between the pH of *semispinalis capitis* muscle and the quality properties of pork shoulder butt and belly slices. Food Chem X 23:101704.
- Jo K, Lee S, Jeong HG, Lee DH, Kim HB, Seol KH, Kang S, Jung S. 2022. Prediction of cooking loss of pork belly using quality properties of pork loin. Meat Sci 194:108957.
- Jo K, Lee S, Jeong HG, Lee DH, Yoon S, Chung Y, Jung S. 2023. Utilization of electrical conductivity to improve prediction accuracy of cooking loss of pork loin. Food Sci Anim Resour 43:113-123.
- Jo K, Lee S, Jeong SKC, Kim HB, Seong PN, Jung S, Lee DH. 2025. Cooking loss estimation of *semispinalis capitis* muscle of pork butt using a deep neural network on hyperspectral data. Meat Sci 222:109754.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. Meat Sci 95:828-836.
- Khan SU, Kim IH. 2023. Comparative effect of crumbled or mashed feed form on growth performance, nutrient digestibility, backfat thickness, and carcass quality of growing-finishing pigs. Korean J Agric Sci 50:595-602.
- Kim GD, Jeong JY, Yang HS, Hur SJ. 2019. Differential abundance of proteome associated with intramuscular variation of meat quality in porcine *longissimus thoracis et lumborum* muscle. Meat Sci 149:85-95.
- Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Kang J, Kim H, Chae Y, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Kim Y, Seong PN, Bae IS, Cho S, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2024. Assessing the relationship between muscle-to-fat ratio in pork belly and boston butt using magnetic resonance imaging. Korean J Agric Sci 51:187-192.
- Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Pandey S, Lee NR, Kang J, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Bae IS, Cho SH, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2023. Evaluation of the correlation between the muscle fat ratio of pork belly and pork shoulder butt using computed tomography scan. Korean J Agric Sci 50:809-815.
- Knecht D, Duziński K, Jankowska-Mąkosza A. 2018. Pork ham and belly quality can be estimated from loin quality measurements? Meat Sci 145:144-149.
- Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (KAPE). 2024. Animal muscle atlas. KAPE, Sejong, Korea. pp 82-149.
- Lebret B, Čandek-Potokar M. 2022. Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. Animal 16:100402.
- Oh SH, See MT. 2012. Pork preference for consumers in China, Japan and South Korea. Asian-Australas J Anim Sci 25:143-150.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. OECD-FAO agricultural outlook 2022-2031. OECD, FAO, Paris, France, Roma, Italy. doi: 10.1787/f1b0b29c-en
- Park J, Moon SS, Song S, Cheng H, Im C, Du L, Kim GD. 2024. Comparative review of muscle fiber characteristics between porcine skeletal muscles. J Anim Sci Technol 66:251-265.
- Schober P, Boer C, Schwarte LA. 2018. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. Anesth Analg 126:1763-1768.
- Soladoye PO, Shand PJ, Aalhus JL, Gariépy C, Juárez M. 2015. Review: Pork belly quality, bacon properties and recent consumer trends. Can J Anim Sci 95:325-340.
- Song S, Park J, Cheng H, Du L, Baek J, Kim GD. 2024. A review on the technology of discriminating different types of meat. Food Life 2024:101-112.