



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

濟州產 豚肉의 品種 및
屠體冷却方法에 따른 肉質 評價 研究

The logo of Jeju National University is a large, faint watermark in the background. It features a stylized 'J' shape with three wavy lines in blue, green, and grey on the left side. In the center of the 'J' is a book icon with the text 'JEJU 1952' below it. The words 'JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952' are written in a circular path around the logo, and '제주대학교' is written in Korean at the bottom.

濟州大學校 大學院

動物資源科學科

宋 仲 龍

2010 年 8 月

濟州産 豚肉의 品種 및
屠體冷却方法에 따른 肉質 評價 研究

指導教授 康 珉 秀

宋 仲 龍

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2010 年 8 月

宋仲龍의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 류 연 철 

委 員 강 민 수 

委 員 장 동 기 

濟州大學校 大學院

2010 年 8 月

**Comparative Analysis of Meat Quality
according to Pig Breed and Carcass
Chilling Rate in Jeju Pork**

Joong-Young Song

(Supervised by professor Min-Soo Kang)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF MASTER OF AGRICULTURE**

2010. 8.

**THIS THESIS HAS BEEN EXAMINED AND
APPROVED**

**DEPARTMENT OF ANIMAL BIOTECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY**

목 차

I. 서 론	1
II. 연구사	3
1. 식육의 온도와 pH	3
2. 사후강직	4
3. 도체냉각	5
4. 돈육질 평가항목	7
5. 품종간 돈육질 변이	9
6. 후돼지 품질연구	10
7. 출하체중과 성별에 따른 도체특성과 물리적 특성	13
8. 근섬유의 조직학적 특성	14
III. 재료 및 방법	18
1. 공시재료	18
2. 온도 및 pH	19
3. 육색 측정	19
4. 보수력	19
5. 조직감	20
6. 도체등급판정	20
7. 주관적 평가방법	21
8. 근섬유의 조직생화학적 분석	21
9. 통계분석	21
IV. 결 과	22
1. 제주산 돈육의 품종별 육질분석	22
2. 농가별 돈육의 육질변이	26
3. 도체 냉각방식에 따른 돈육질 변이	38
V. 요 약	43
ABSTRACT	45
참고문헌	47

I. 서 론

제주도의 돼지 사육기록은 13세기 원의 지배 이후 소, 말과 함께 , 주로 흑색 소형종(성숙체중 20~50kg)이 도입되어 제주 전역 농가에서 사육되기 시작하였으며, 1930년 수원농사시험장에서 버크셔종을 이용한 재래종과의 누진 교배시험이 실시되었고, 1940년대에 이르러 재래돼지는 버크셔종과 교잡되었으며 1946년 국립농사시험장에서 8~10kg 정도의 왜소한 순종 재래돼지 사양 시험이 실시된 바 있다. 한편, 도제(道制)실시 당시의 제주도에서는 약 5만두의 돼지가 사육되고 있었으나 구비생산 및 경조사용으로 사육되었다.

1960년도 제주 한림읍 금악리에 위치한 성이시돌 목장에서 외국산 돼지(버크셔, 요크tu, 듀록)가 수입되어 농가에 보급되었으며, 농후사료 급여와 돈사 사육 형태가 보급되었으나 이때까지도 재래식 사육형태가 상당부분 차지하고 있었다. 1984년 제주도에서 전국소년체전이 개최되는 것을 계기로 재래식 사육형태가 사라지고 농가부업 돼지사육 비율이 급감하면서 겸업 및 전업사육 농가가 증가되었으며 제주 재래돼지는 그동안 지속적인 개량종과의 교잡으로 혼혈 잡종화되어 순수 고유 제주재래돼지가 멸종 위기에 이르게 되었으며 이에 대한 대책으로 1986년부터 제주도 축산진흥원에서 제주 재래돼지 보존사업을 시작하여 순수계통번식으로 제주재래돼지를 보존하고 있다.

1992년도 축산업 장기발전 계획 수립 시행으로 수출양돈체제를 갖추고 1993년 수출을 개시하면서 제주양돈산업은 급속히 전업화 되었으며, 1995년 총 사육두수 24만두(호당 평균 630두)로 급속히 증가되고 규모화 되었다. 1995년 10월 제주도축산진흥원 활성화대책에 의거 청정종돈생산·공급 및 개량연구전담부서 등 1996년 9월 제주도축산진흥원 청정종돈장 설립추진계획을 수립하여 제주시 해안동 산2번지 일대에 청정종돈장 설치 부지를 마련하고, 1997년부터 본격적으로 청정종돈장 신축공사를 착공하여 총71억3천5백만 원을 들여 분만돈사, 검정돈사, 비육돈사, 분양돈사, 종모돈사 등 8동에 8,690㎡와 부대시설인 축산분뇨처리 시설 및 관리사, 종돈장 울타리시설 등 GGP 종돈장을 완료하였다.

1999년 제주도는 무공해 청정지역으로서 맑은 공기(Fresh air), 깨끗한 물(Clean water), 푸른초원(Green fields)을 상징하는 축산물생산관리체계(제주형 HACCP - FCG)를 구축하여 시행하면서, 1997년부터 돼지콜레라 백신 미 접종정책을 실시한 결과 그동안 이들 질병발생이 없고 항체가 음성으로 확인됨에 따라 1999년 12월 18일 돼지전염병 청정지역을 전 세계에 선포하고 국제수역사무국(OIE)으로부터 가축전염병 청정지역임을 인정받게 되었다. 2001년 5월 30일 국제수역사무국으로부터 지역단위로는 세계최초로 구제역 청정지역 승인과 더불어 타시도 반출이 급증하면서 계속 사육두수가 증가하여 2009년 말 현재 총 사육두수는 509천두(호당 평균 1,648두)로서, 양돈산업은 제주지역 1차 산업 분야에서 소득 순위 3위를 차지하는 도내 주요 소득 품목으로 성장하였다. 또한 2006년 9월 19일 돼지고기 중 국내 최초로 농산물품질관리법에 의한 지리적 표시 등록이라는 쾌거를 이루었으며, 특히 한·미, 한·EU FTA 타결 등의 영향으로 양돈산업의 경쟁력 제고 대책이 시급함에 따라, 향후 정책방향을 백돼지는 수출형으로, 흑돼지는 수입산 돈육에 대응하는 품목으로 육성키 위한 대책을 수립하고 2009년부터 “제주 흑돼지 명품화 사업”을 추진하게 되었다.

그동안 제주 재래흑돼지에 대한 연구사업은 거의 없는 실정이며, 자료 역시 제주특별자치도 축산진흥원의 『제주재래가축편람(2005)』에 외모 및 유전적 특성, 성장 및 번식능력, 산육능력과 교잡시험, 사양관리 등이 간략히 기술되고 있을 뿐이다. 따라서 본 연구는 제주산 돈육의 품종에 따른 육질을 비교하고, 도축 후 도체 냉각방식이 돈육질에 미치는 영향을 분석하여 제주산 돼지고기의 우수성을 밝히고자 수행하였다.

II. 연구사

1. 식육의 온도와 pH

생축의 근육에서 근육의 수축 및 각종 대사작용을 수행하기 위해 이용하는 에너지원은 고에너지 화합물인 ATP이다. 이 ATP는 근섬유내 존재하는 Creatine Phosphate, 호기적 대사에 의한 각종 영양소의 분해, glycogen의 해당 작용 등의 방법으로 생성된다(김 등, 1998). 도축후 이들 고에너지 화합물은 사후 대사 현상을 유지하는데 소모되며 이때 근육내 온도를 상승시켜 사후 도체의 온도는 43℃까지 이르는 경우도 발생한다(Offer, 1991). 특히 glycogen은 혐기적 대사에 의해 젖산으로 전환되며 이 젖산은 방혈로 인하여 간으로 이행되지 못하고 근육내에 남게되며 이러한 근육내 젖산의 축적은 근육 pH의 저하를 가져온다.

따라서 근육의 최종 pH는 도살시 근육내에 존재하는 glycogen 확장에 따라 크게 좌우되고, 사후 식육 pH의 저하 속도 및 최종 pH의 정도는 육질에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Honikel과 Kim, 1986). 일반적으로 돼지고기의 초기 pH는 7.0 내외에서 서서히 저하되기 시작하며 6~8시간 후에는 pH 5.6~5.7에 이르고, 약 24시간 후에는 최종 pH인 5.4~5.6에 이르게 되며 다만 도살전 스트레스로 인하여 glycogen이 거의 고갈된 상태에서 도살된 경우는 사후 1~2시간 동안 약간의 pH 저하가 있을 뿐 더 이상 변화 없이 6.5~6.8의 높은 수준을 유지하게 되고 또 다른 경우는 pH의 저하 속도가 빨라 사후 1시간 내외에 pH 4.5~5.5에 이르고 최종 pH 역시 5.1~5.3의 낮은 수준을 보이는 경우가 발생하는데 후자의 두가지 경우는 이상육 발생의 원인으로 작용하는 것으로 보고되고 있다(김 등, 1998).

사후도체의 pH 저하 속도는 온도에 의해 많은 영향을 받으며 아직 온도가 높은 상태에서 pH가 빠른 시간내에 급속히 저하되면 근육 단백질의 변성의 변성을 가져오게 되어 이상육 발생에 영향을 미친다(Bendall과 Wismer-Pederson, 1962; Briskey, 1964). 이러한 현상은 도체 냉각 속도가 지나치게 늦을 경우 축종 및

pH 저하 속도에 상관없이 근육 심부에서 일어나며, 도체 냉각이 정상적인 경우에도 pH 저하가 빠르면 발생하는 것으로 보고되고 있다(Offer, 1991). 도체의 pH 수준은 육색, 조직감, 보수성 및 미생물 오염 등과의 관련에서도 매우 중요하다(Vander Wal 등, 1997). 최종 pH가 5.8이상으로 높은 경우 보수성을 증진시키고, 육색이 짙어지며, 거친 조직감을 보이고 미생물 성장이 용이한 환경을 제공하며 반면에 최종 pH가 5.5이하로 낮은 경우는 myosin의 등전점에 가깝게 되고 이에 따라 근섬유의 수축이 일어나 보수력이 저하되며, 육색이 창백한 색을 띠게 된다(김 등, 1998; Joo 등, 1995).

사후에 급속한 해당작용이 진행된 이상도체는 일시적인 체온 상승이 일어나며 그 정도가 높으면 단백질 변성을 가속시킨다(Warriss와 Lister, 1982). 도체에서 발생하는 열에 의한 단백질 변성은 특히 myosin에서 심하며 이런 이상육은 myofibrillar protein의 염용액에서의 용해도와 myofibrillar ATPase의 활성이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Bendall과 Wismer-Pederson, 1962; Penny, 1969).

2. 사후강직

육의 연도는 육질을 평가하는 가장 중요한 요인이기 때문에 많은 연구자들이 연도에 관련된 기작을 이해하고 이를 조절하기 위해 부단한 노력을 이어오고 있다(Tornberg, 1996). 특히 연도의 변이는 품종, 성별, 연령, 사양방식 뿐 아니라 도살전·후의 처리, 저장조건 등에 의해서도 상당한 차이가 나는 것으로 알려져 있다(Ouali, 1990). 사후 근육은 ATP, Creatine phosphate, glycogen 같은 고에너지 화합물이 고갈되면서 해당과정에 의해 glycogen이 젖산으로 축적되며(Greaser, 1986) ATP농도가 극도로 낮아지게 되면서 myofibril의 myosin filament가 actin filament와 교차 결합을 이루게 되고, 결과적으로 근육은 신전성을 잃고 결합된 상태 즉 강직된 상태로 변하게 된다(김 등, 1998). 근육의 수축현상은 근육이 처한 환경온도에 따라서 상당히 민감하다고 할 수 있다. 모든 근육은 $-1\sim 38^{\circ}\text{C}$ 사이의 온도에서 사후 해당 작용중에 어느 정도의 단축이 일어난다(Lawrie, 1991). 저온에서($0\sim 2^{\circ}\text{C}$)에서도 강직개시 또는 그전에 강직이 발생한다

는 것이 관찰되어 저온 단축 현상이 밝혀졌다(Locker와 Haguard, 1963). 육의 연도는 저온 단축 정도와 상당한 관계가 있다. 전단력으로 단축이된 육의 연도를 평가할 때 20% 단축으로는 큰 영향을 받지 않지만, 20~40%로 단축도가 증가됨에 따라 연도는 감소되어 단축도가 약 40%인 육을 가열하면 가장 질긴 육이 되는 것으로 알려져 있다(Marsh와 Leet, 1966; Locker 등, 1975). 반면에 단축도가 40~60%까지 발생한 근육에서는 오히려 과도한 수축으로 인하여 근섬유 단백질 자체가 붕괴되어 연화되는 것으로 추측된다.

사후강직 완료에 소요되는 시간은 축종에 따라 다르나 소나 양의 경우가 돼지의 경우보다 길고, 백색근 섬유가 많은 근육 일수록 적색근 섬유 근육에 비하여 오래 걸리며(김 등, 1998) 돼지고기의 경우도 저온 단축의 영향을 받으나 그 정도가 다른 축종에 비하여 약하며 오히려 도체 온도의 상태에 따른 pH의 급격한 변화 및 단백질 변성이 발생하기에 도축후 즉시 냉각시키는 것이 육질 보존에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(Galloway와 Goll, 1967).

3. 도체냉각

신선육을 직접 소비하거나 가공육으로 이용될 때까지 변패 및 품질의 변화를 막기 위해서 저장이 필요하다. 식육의 저장에 널리 이용되는 방법이 냉장이다. 가축의 도체는 도축즉시 냉장시켜야 하는데, 냉장실의 온도, 습도, 송풍속도 등이 도체에 영향을 미친다. 육질에 영향을 미치는 요인들에 대해서는 이미 오래 전부터 연구가 이루어져 왔는데 품종, 성별, 연령뿐만 아니라 사양조건, 도축방법, 도축전·후의 처리 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 왔다(Crouse 등, 1989). 이중 도살후 도체 처리방법에 따른 고기의 육질 변화에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다(Kastner 등, 1973).

저온저장은 장거리 식육수송으로부터 시작되었으나, 식육에 대한 냉장이 실용화되면서부터 많은 연구가 시작되었다(Hales, 1963). 신선육을 직접 소비하거나 가공육으로 이용될 때까지 변패 및 품질의 변화를 막기 위해서 저장이 필요하다. 식육의 저장에 널리 이용되는 방법이 냉장 및 냉동이다. 냉장육은 일반적으로 동

결되지 않은 저온에서 저장하는 것으로 대체로 0~10℃에서 취급하는 것을 말하며, 동결점 이하의 온도에서 저장하는 냉동육과는 구별되어 진다. 특히 신선육의 저장시 빙점에 가까운 -1~1℃의 조건에서 저장하는 것은 super chilled meat라 하여 구분하는 경우도 있다.

육류는 영양적 가치가 높지만 부패하기 쉬운 식품이고, 육류의 공급량이 주기적으로 변하고 유통 및 판매기간 동안 신선육의 품질을 유지해야 하는 필요성이 있기 때문에 냉각을 하여 저장을 시킨다. 냉장소고기는 -0.5~-1℃에서 40~50일이 보존되나(Hales, 1963), 가금육은 0℃에서 7~10일이 한계이다(Van Den Berg, 1964). 이와 같이 저온을 이용하여 식육을 저장할 때 취급과 처리시에 많은 주의가 요구됨은 물론 여러 가지 요인들이 저장기간에 영향을 미치게 된다.

도축후 도체의 냉장은 양질의 신선육을 생산하는데 있어서 결정적인 단계이다. 일반적으로 고기단백질의 변성과 미생물 번식을 방지하고 보존성을 증진시키기 위하여 도체는 도축 즉시 저온실에서 온도를 빨리 저하시키는 것이 바람직하다. 그러나 도축 직후의 도체를 냉장실에 바로 넣게 되면 냉각된 지육에 좋지 않은 영향을 미치게 되므로 예비냉각한 다음에 넣도록 한다. 일반적으로 높은 온도를 가진 도체로 냉장실은 하중을 많이 받기 때문에 효율적인 냉장을 위하여 일단 소, 돼지, 양 도체는 -4~0℃의 예비실에서 냉각시킨다.

강직전(pre-rigor) 근육을 0~11℃의 낮은 온도로 급속 냉각시킬 때 일어나는 근섬유 단축현상을 저온단축이라고 하는데(Locker와 Hagyard, 1963), 소에 있어서는 사후강직이 오기 전에 도체를 너무 낮은 온도에서 냉장을 시키면 저온단축(cold shortening)이 유발되어 질긴 고기가 생산될 것이고, 너무 높은 온도에서 냉장을 하게 되면 미생물의 성장을 촉진하게 되어 신선육의 저장기간이 단축되게 될 것이다. 따라서 적당한 도체냉장조건이 유지된다면 도체표면의 미생물성장을 억제하게되고, 저온단축을 방지하게 되므로 양질의 신선육을 생산하게 된다. Drumm(1992)은 실험에서 실내온도를 7℃로 사용하여 저온단축을 방지하였고, Mallikarjunan과 Mittal(1995)은 강직동안 5℃의 실내온도를 권장했다. 돼지고기에 있어서는 저온단축이 크게 문제가 되지 않으므로 냉장량감소를 위해 급속냉장을 이용한다. 미생물에 의한 부패와 물리화학적 작용에 의한 품질저하를 방지하여 신선육과 육제품의 저장기간을 연장시키기 위해서는 적절한 보존방법이 필

요하다.

돈육의 경우 우육 및 계육에 비해 육질의 변이가 크고 사후 해당과정의 속도가 빨라 타 축종에 비해 도축 후 처리에 의한 품질변이가 크다(Ryu 등, 2005). 특히 도체의 신속한 냉각은 빠른 사후 대사에 의한 pH저하 및 이에따른 단백질 변성을 억제하여 육질의 저하를 억제하는 중요한 단계이다(Joo 등, 1999). 도축 후 돼지 도체는 위생적으로 도축이 이루어진 경우에도 일반적으로 약 102~103 마리/cm² 정도의 표면미생물이 존재하게 된다(Brewer 등, 1992). 따라서 도축이 끝난 도체는 미생물의 증식을 억제하고 신선도를 유지하기 위해 신속히 냉각시켜야 한다(Karlsson 등, 1999).

도축 공정이 완결되었을 때 도체의 내부온도는 대개 30~39℃이다. 도체의 냉각에 영향을 미치는 요인으로는 공기의 온도, 유속, 상대습도, 도체중, 수용밀도 및 등지방층 두께를 들 수 있다(Monin과 Ouali, 1992). 일반적으로 돼지도체의 냉각실은 상대습도 90% 정도를 유지하고, 도축 후 12~16시간 경에 도체의 심부 온도를 10℃ 이하로, 24시간 경에는 5℃ 이하로 떨어뜨리는 것이 바람직하다. 따라서 냉각실의 온도는 보통 0~4℃ 정도로 조절되며, 효과적인 열전달을 위해서 air blast cooler가 갖추어져 있다(Bowker 등, 2004).

효율적인 도체냉각을 위해 0~4℃의 일반적인 냉각방식과 함께 최근 -20℃ 내외의 급냉터널을 통과하는 방식으로 초기 근육의 온도를 하강시키는 급속냉각방식이 이용되고 있다(Eggert 등, 2002). 이처럼 도체의 급속냉각은 근육온도의 빠른 하강으로 사후 해당과정 속도를 늦추는 효과와 함께 근육단백질의 변성을 억제하는 효과가 있어 최종 돈육의 품질을 향상시키는 방법으로 활용될 수 있다(Henckel 등, 2000).

4. 돈육질 평가항목

돈육질은 신선육의 다양한 특성들의 조합에 의해 결정된다. 신선육의 특성은 육색, 보수성, 조직감 등을 포함하고 있는데 이러한 특성들은 소비자 평가와 과학적인 증명으로 확인되어진다. 이러한 식육품질들은 사후 근육 대사작용과 관련

이 깊다.

4. 1. 육색 (Meat color)

소비자들이 식육을 구매할 때 결정적인 품질특성 요인 중에 하나가 바로 육색이다(Risvik, 1994). 소비자들은 밝은 적색을 띠는 고기와 갈색 또는 회색을 띠는 조리된 고기 그리고 핑크빛이 도는 고기를 선호한다(Mikkelsen 등, 1999). 육색이 붉고 높은 근내지방도를 지닌 고기는 한국에서 가장 선호하는 고기 중에 하나이다(Hwang 등, 2004) 육색은 근육 종류, 품종 그리고 성별을 포함한 몇몇 생물학적 요소에 의존한다(Andersen 등, 1989). Tikik 등(2006)은 등심근의 육색이 사료에 의해 영향을 받는다고 보고하였다. 하지만 같은 환경조건 아래에서 같은 사료를 먹인 각각의 다른 품종간에 육색의 차이가 있다는 보고도 있어 육색을 결정하는 다른 요인도 존재하는 것으로 받아들여지고 있다(Park 등, 2007). Park 등(2007)은 육색이 사후 온도와 pH에 의해 영향을 받는다고 보고하고 있다.

4. 2. 보수성 (Water holding capacity, WHC)

보수성은 절단, 열처리, 분쇄, 압착 등과 같은 외부의 힘을 작용시켰을 때 수분을 유지시키는 능력이라고 정의되며 육색, 조직감, 신선육의 경도, 조리육의 연도, 다즙성 등에 영향을 준다고 알려져 왔다(Judge 등, 1989). 강직전의 고기는 함유수분이 높은데, 이것은 고농도의 ATP 존재하에 actin과 myosin이 해리되기 때문이며, 강직육의 연도에도 관계된다(Asghar 등, 1981). 우육과 돈육의 함유수분은 도살 후 시간의 경과, 저장온도, 저장시간, 육의 종류 및 근육부위에 따라 차이가 있으며(Schon 등, 1958), 육의 함유수분은 70%가 근원섬유 단백질에 기인하고 나머지 20%는 근형질 단백질, 10%는 육기질 단백질에 기인한다(Scopes, 1970). 육의 저장에 따른 보고로 최종 pH에서 근질의 단축도가 가장 심하고 감량손실은 근질의 단축도에 의해 근육세포의 구조가 변화하기 때문에 일어난다(Honikel 등, 1986). 보수성은 신선육의 경우 다즙(Weep), 냉동육의 경우 액량(drip), 조리육의 경우 무게감량(shrink)으로 나타난다(Lawrie, 1979). 도체 냉장 중 증발과 유리육즙에 의한 수분 손실은 도체중의 2~4% 정도이고(Chrystall 등, 1984), 저장 중에도 유리육즙의 손실은 계속된다. 육즙 손실량은 시료의 모양, 강

직전처리, 저장온도, 저장기간, 세포막의 구조 같은 요인에 의해 영향을 받으며 (Honikel, 1987), 그 손실 기작에 대해 Offer와 Knight(1988)은 myofibril의 수축과 수분이 세포외 공간으로 이동되어 점차 육표면으로 이동하는 것으로 설명하였다. 육의 보수성이 높으면 고기는 연하고 부드럽지만, 사후강직이 발생함과 함께 고기의 보수력은 낮아진다(Bouton 등, 1983).

보수력은 다즙성에 영향을 미친다. Crawford 등(2009)은 조리온도가 높아질수록 조리시 식육에서 빠져나오는 육즙의 양이 많아져 이것은 근육 단백질의 변성 결과와도 같다고 보고하였다. Park 등 (2007)은 유리육즙이 다즙성과 씹힘성과 부의관계에 있으며 씹는 시간과는 정의관계를 갖고 있다고 보고하였다. Crawford 등(2009)은 온도가 높아지면서 조리시 육즙량이 많아지는 것은 콜라겐의 수축이 관여하며, 콜라겐이 수축함으로써 근육으로부터 물이 밖으로 빠져나가게 압력을 가하고 이로서 조리시 육즙량을 증가시킨다고 보고하였다.

4. 3. 식육의 연도

육의 연도는 육질을 평가하는 가장 중요한 요인이기 때문에 많은 연구자들이 연도에 관련된 기작을 이해하고 이를 조절하기 위해 부단한 노력을 이어오고 있다. 특히 연도의 변이는 품종, 성별, 연령, 사양방식, 근육의 형태 뿐만 아니라 도살전·후의 처리, 저장조건 등에 의해서도 상당히 차이가 나는 것으로 알려져있다(Ouali, 1990). 육의 연도는 극한 pH(Bouton 등, 1971, 1973), 사후온도(Parrish 등, 1973; Moeller 등, 1976; Pierson 등, 1976), 근육의 상호작용의 상태(Locker 등, 1975; Marsh 등, 1966; Smith 등, 1971) 및 근원섬유 단백질의 분해효소(Penny 등, 1974; Parrish 등, 1981; King와 Harris, 1982; Suzuki 등, 1982) 등과 밀접한 관계가 있다고 보고된 바 있다.

5. 품종간 돈육질 변이

소비자들이 원하는 좋은 품질의 식육을 얻기 위해 고려해야 할 요인으로는 품종, 사양, 시설, 관리, 도축 등이 있으며, 그 중 품종은 육질에 영향을 미치는 가

장 중요한 요인 중에 하나이다(Martel 등, 1988; Martens, 1998).

Sather 등(1991)은 돼지 품종에 따라 도체특성은 유의적인 차이가 없고, 적육, 지방, 뼈 비율도 성별에 따른 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. Kim 등(2000)은 돼지 품종간에 돈육의 사후 pH변화에서 사후 45분 pH는 품종간에 차이가 있었으나, 사후 24시간에는 차이가 없다고 보고하였고, Jeremiah 등(1999)은 품종에 따른 육색 차이를 조사한 결과, 품종에 따른 차이가 없었다고 보고하였다.

Jin 등(2006)은 3원교잡종(LYD)과 Berkshire 및 가고시마 흑돼지의 등심근 육질을 평가한 결과 가고시마 흑돼지의 등심이 다른 품종에 비해 낮은 전단가와 높은 적색도를 보였으나, 다른 품종들 간에 뚜렷한 품질특성 차이는 없었다고 보고하였다. Kang과 Lee(2007)는 저장기간동안 품종간에 뚜렷한 향기패턴의 차이를 보였다고 보고하였다.

Kim 등(2008)은 품종간에 수분함량, 조단백질, 콜레스테롤 함량, pH, 전단가, 명도(L*), 총 아미노산 함량에 차이가 있다고 보고하였으며 신선육 상태에서 품종은 육색, 드립로스, 마블링과 전체적인 기호도에 영향을 미쳤지만 조리육의 경우 풍미를 제외한 관능검사 항목에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

6. 흑돼지 품질연구

제주도에서 사육한 개량 흑돼지 등심의 일반성분 함량을 보면 수분함량은 73.26~74.75%, 조단백질은 22.78~23.85%, 조지방은 0.85~1.18%, 그리고 조회분은 1.23~1.35%를 나타내었다(Moon, 2004). Kim 등(2001)은 9개월간 사육한 재래돼지 등심의 조지방 함량이 0.72%가 나왔는데 제주도 개량 흑돼지의 조지방 함량은 이보다 높은 결과이다. 제주 개량 흑돼지 등심의 아미노산 총량은 평균 20.25%이었으며, 각 농장에서 생산된 등심의 아미노산 중 공통적으로 가장 많이 함유된 필수아미노산은 lysine (1.67~2.25%)으로 보고되었다(문, 2004).

Kim 등 (2001)은 재래 흑돼지 등심의 아미노산 총량이 18.94%로, 필수아미노산 함량의 경우 lysine(2.066%)이 가장 많으며, 그 다음으로는 leucine, arginine, histidine, phenylalanine의 순이고, 비필수아미노산은 glutamic acid(3.63%),

aspartic acid 및 alanine 순으로 많았다고 보고하였다. 제주도 개량 흑돼지 등심의 경우도 대체로 비슷한 경향을 보였으나 맛에 관련이 깊은 glutamic acid 함량의 경우는 다소 높은 편이었다고 보고하였다(문, 2004).

제주 개량 흑돼지 등심의 포화지방산의 조성비는 모든 시료에서 palmitic acid (23.76~25.16%)가 제일 많고 그 다음으로 stearic acid와 myristic acid의 순으로 많이 함유되었다고 보고되었고 불포화지방산은 59.23~61.33%로 모두 oleic acid(42.99~44.8%)가 가장 많으며 그 다음으로 linoleic acid와 palmitoleic acid가 많았다고 보고되었다(문, 2004).

Kim 등(2001)은 재래돼지 등심의 지방산 조성에 대하여 oleic acid 44.48%, palmitic acid 25.29%, linoleic acid 7.62%, linolenic acid 0.25%의 수준을 보이고, 불포화 지방산은 59.42%로 보고하였다. 제주도 개량 흑돼지 고기의 지방산도 전체적으로 이와 유사하였으나 linoleic acid의 경우 12.14%로 그보다 더 많은 것을 알 수 있었다. 문(2004)은 제주 개량 흑돼지고기와 일반삼원교잡종(L×LW×D) 돼지고기의 지방산 조성을 비교해 보면 포화지방산과 불포화지방산 함량이 비슷하지만 흑돼지 고기가 oleic acid는 많고 linoleic acid가 적었다고 보고하였다. Yoo 등(2002)은 보수력과 pH가 높으면 가열 감량이 적어진다고 보고하였다. 문(2004)은 개량 흑돼지 등심의 pH는 5.57~5.70, 보수력은 64.22~69.40% 그리고 가열 감량은 28.17~30.45%의 함량이 나왔다고 보고하였다.

돼지고기의 육색에 관해서는 식육품질과 관련하여 많은 연구가 수행되어 왔으며(Kim 등, 2000), 육색은 보수력과도 관련이 있다(Warriss와 Brown, 1987). Jin 등(2001)은 재래돼지 고기가 랜드레이스 고기에 비하여 pH와 보수력이 낮아 육즙 손실이 많았으나, 육색이 붉고 지방색이 하얀색을 띠며 근원섬유가 많고 가늘어 연한 특성을 보였다고 하였다. 제주도 개량 흑돼지 등심의 명도(L*값)는 53.02~55.46, 적색도(a*값)는 8.71~9.87, 그리고 황색도(b*값)는 6.95~7.29로 나타났다(문, 2004). 제주 개량 흑돼지의 적색도의 경우, Park 등(1998)과 Jin 등(1999)이 보고한 일반 돼지 등심의 적색도보다 높게 나타났다. 제주 개량 흑돼지의 기호도는 7단계 기호척도법으로 관능평가한 결과 평균 4.70 이상의 점수를 받았다(문, 2004). 이처럼 제주 개량 흑돼지가 일반 백돼지보다 식육품질 특성 면에서 대체로 우수하지만 문(2004)은 제주도 개량 흑돼지는 사육 농가별로 그 고기

품질이 동일하게 출하되지 않는 문제점을 제기하였다.

Lee 등(2005)은 일반성분조성은 재래종 돼지고기가 개량종에 비해 조지방과 조단백질 함량이 높고, 수분과 조회분 함량은 낮았으며 재래종 돼지고기의 pH가 개량종에 비해 저장 5일부터는 낮았으며 보수력은 저장기간 9일 내내 개량종보다 재래종이 높았다고 보고하였다. 재래종 돼지고기는 명도가 낮고 적색도가 높아 개량종에 비해 검붉은 색깔을 지니고 있으며 재래종 돼지고기의 지방산 조성 비율을 보면 총 포화지방산과 stearic acid 함량이 개량종에 비해 높았다고 보고하였다(Lee 등, 2005).

Choi 등(2005)은 재래흑돼지의 생체중, 도체중, 거래 정육 생산량, 가죽, 지방 및 뼈의 생산량, 도체율, 정육률이 개량종에 비해 낮았고 총지방 생산율, 가죽, 뼈, 신장 및 신지방의 생산율은 재래흑돼지가 개량종에 비해 유의적으로 높았다고 보고하였으며 보수력과 가열 감량은 재래흑돼지가 낮은 경향을 보인 반면, 다즙성은 근내 지방함량이 높은 관계로 높았다고 보고하였다. Yang 등(2005)은 구성 아미노산 총량은 18.15~20.22%로 시료들 사이에 유의한 차이가 없었으며, 모두 glutamic acid, aspartic acid, lysine 및 leucine이 많이 함유되어 있다고 보고하였고 유리 아미노산 총량은 제주 개량 흑돼지가 일반돼지보다 많았으며 적색도와 황색도도 제주 개량 흑돼지가 높았다고 보고하였다.

Kang과 Lee(2007)는 흑돼지육이 멧돼지 교잡종육보다 수분함량이 낮고 조지방 함량은 높았으며 저장기간(12일간 냉장저장)동안 pH가 높아서 그에 따른 높은 보수력을 보였다고 보고하였으며 표면육색은 재래 흑돼지 육이 멧돼지 교잡종육보다 L*, a*, b*값이 저장기간(12일간 냉장저장) 동안 높았던 반면 저장 3, 6일부터는 멧돼지 교잡종육보다 낮았다고 보고하였다. Jin 등(2007)은 재래돼지×멧돼지 교잡종이 다른 종보다 육의 명도 및 탄력성을 제외한 대부분의 분석 항목에서 우수하다고 보고하였다.

Kang 등(2007)은 재래종 흑돼지육과 개량종 돼지육의 냉장저장중 향기성분 및 패터를 비롯한 품질을 비교한 결과 재래흑돼지육은 색깔이 붉고 짙으며, 가열감량이 높았고 조직감도 단단하였다고 보고하였으며 또한 기계적으로 향기특성의 차이를 구별하지는 못했지만, 관능검사상 재래흑돼지육이 우수한 기호도를 나타내었다고 보고하였다.

7. 출하체중과 성별에 따른 도체 특성과 물리적 특성

Beattie 등(1999)은 도살체중을 70kg에서 100kg으로 증가시켰을 때 육질이 향상되었고, 암돼지가 수돼지에 비해 근내 지방도와 조단백질 함량 그리고 전단력이 높았다고 보고하였다. Matsuoka 등(1991)은 수돼지, 거세돼지 및 미경산 암돼지간 육색은 차이가 없다고 보고하였다. 또한 도살 체중이 증가함으로써 도체중과 등지방 두께가 증가한다는 연구결과가 있다(Cisneros 등, 1996; Eggert 등, 1996; Ellis 등, 1996; Gu 등, 1992). Beattie 등(1999)은 수돼지와 미경산 암돼지간에 도체중은 차이가 없다고 보고하였으나, Ellis 등(1983)은 미경산 암돼지가 수돼지에 비하여 도체중이 높고 등지방두께가 두껍다고 보고하였다. Nikitenko 등(1990)도 암돼지의 등지방두께가 수돼지보다 두꺼웠다고 보고하였다.

Candek-Potokar 등(1998)과 Lee(2002)는 출하체중의 증가는 pHu와 Drip loss에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Unruh 등(1996)과 Leach 등(1996)은 도살체중의 증가와 가열감량과는 관계가 없다고 보고하였다. Beattie 등(1999)은 식육 pHu, Drip loss 그리고 가열감량에 있어서 수돼지와 미경산 암돼지간에 차이가 없고, 가열감량은 도체중과 성별에 있어서 상호작용이 있었다고 보고하였다. Malmfors와 Nillson(1978)는 수돼지가 미경산 암돼지에 비해 Drip loss와 가열감량이 높다고 보고하였다. Ellis 등(1996)은 도살체중이 증가함에 따라 전단력이 증가하였다고 보고하였다. 하지만 Cisneros 등(1994)은 100kg~160kg 도살체중간에 전단력은 차이가 없다고 보고하였다. 한편 Malmfors와 Nillson (1978)는 연도에 관해서는 수돼지와 미경산 암돼지사이에 유의적인 차이가 없다고 보고하였다.

Candek-Potokar 등(1998)은 출하체중의 증가는 명도와 황색도는 차이가 없었고, 적색도가 낮았다고 보고하였으며 Garcia-Macias 등(1996)은 도살체중에 따라 L*값은 차이가 없었고, 도살체중이 증가함에 따라 a*값과 b*값은 높았다고 보고하였다. Matsuoka 등(1991)은 수돼지, 거세돼지 및 미경산 암돼지간 육색은 차이가 없다고 보고하였고, Beattie 등 (1999)은 70~90 kg인 도체의 수돼지와 미경산 암돼지간에 L*값과 b*값은 차이가 없고 70 kg인 도체의 a*값은 미경산 암돼지가 수돼지보다 높았다고 보고하였다. Warkup 등(1990)은 출하체중이 증가함에

따라 경도가 감소한다고 보고하였다. Lee(2002)는 수돼지가 암돼지에 비해 응집성이 높았지만 탄력성은 암돼지가 수돼지에 비해 높았다고 보고하였다.

Hah 등(2006)은 버크셔의 신선육 관능검사에서 암돼지보다 거세 돼지가 육색, 마블링 점수가 높아 전체적인 기호도가 높게 나타났으며, 가열육 관능검사에서도 암돼지보다 거세 돼지가 육색, 향 및 기호성에서 높은 점수를 나타내었다고 보고하였다. 또한 지방산 조성 중 linoleic acid와 arachidonic acid는 암돼지보다 거세 돼지가 낮았고 아미노산 조성 결과로는 전체적으로 암돼지보다 거세 돼지의 풍미가 낮은 경향을 나타내었다고 보고하였다.

Hah 등(2007)은 버크셔의 일반성분은 성 간에 차이를 보이지 않았고, pH는 암돼지보다 거세돼지가 높게 나타났으며 육색의 밝기를 나타내는 명도는 암돼지보다 거세돼지가 높게 나타났고, 돈육의 물리적인 특성 중 표면경도, 경도, 검성은 암돼지보다 거세돼지가 더 낮게 나타났다고 하여 종합적으로 암돼지에 비해 거세돼지육이 부드러운 조직을 나타내었다고 보고하였다.

Cho 등(2007)은 재래돼지의 지방함량은 암돼지가 유의적으로 높게 나타난 반면에 수분 및 회분함량은 수돼지가 더 높은 것으로 보고하였고 육질 특성에서 암돼지가 수돼지와 비교하여 보수력이 높고 전단력이 유의적으로 낮은 것으로 분석되었다. 관능적특성에서 암돼지가 수돼지와 비교하여 다즙성, 연도, 향미에서 더 우수한 것으로 나타났다. 또한 재래돼지의 일반성분 특성에서 암돼지 그룹이 수돼지 그룹보다 높은 지방 함량을 보였으며, 수돼지에서는 출하체중에 관계없이 지방 함량이 낮은 경향을 보이는 것으로 나타났다.

8. 근섬유의 조직학적 특성

8. 1. 근섬유형 구분방법

골격근은 근원섬유, 결체조직, 혈관, 신경조직 그리고 지방조직으로 구성되어있다. 근원섬유는 일반적으로 type I (slow-twitch), type IIA (fast-twitch) 또는 type IIB (fast-twitch) fiber로 구분되어 진다. 각 근섬유형은 대사적 특성(산화적, 산화-혐기적, 혐기적 대사)에 기준하여 구분할 수 있다. 이러한 근섬유의 조

성은 가축의 성장, 사후 대사과정 및 육질에 광범위하게 영향을 주게 된다. 각 근섬유형의 조성은 종, 품종, 근육의 종류, 근육의 기능에 따라 다양한 변이를 나타낸다. 종간의 근섬유 조성의 차이는 유전적 요인과 환경적 요인이 함께 영향을 주게된다. 연령, 영양, 물리적 활성, 호르몬 등은 근섬유 조성과 근육의 대사적 성격에 영향을 주는 요인으로 알려져 있다. 지속적인 선발을 통해 가축은 빠른 성장, 사료효율의 개선 그리고 적육량의 증가와 같은 결과를 얻었다. 하지만 이러한 과정에서 근섬유와 이들의 대사적 능력이 어떠한 과정을 거쳐 빠른 근육 성장에 적응하게 되었는지, 또한 이러한 변화가 육질에 미치는 영향이 어떠한지에 대한 많은 의문점들이 남아있다.

근섬유형을 구분하는 여러 방법이 제안되었으며 그중 Peter 등(1972)은 근섬유를 myosin ATPase 활성에 따라 type I, type IIa, type IIb로 구분하는 방법을 제안하였다. 이 구분체계는 수축속도, 혐기적 대사능력, 그리고 산화적 대사능력을 기준으로 구분하는 방법이다. 이 방법에 의해 fast twitch glycolytic, fast twitch oxidative glycolytic, slow twitch oxidative 세가지 유형의 근섬유로 구분하게 된다. 근원섬유내 ATPase를 이용한 염색에서 dark, intermediate, light의 염색형태를 나타낸다. Type I fiber (Brooke와 Kaiser, 1970)는 느린 수축속도를 보이며 산화적 대사를 주로 하는 섬유이다. Type IIA fiber는 산화적 대사와 혐기적 대사를 함께 하는 반면 type IIB fiber는 혐기적 대사를 주로하고 산화적 대사능력은 약한 특징을 가지고 있다.

Young과 Davey (1981)는 단일근섬유를 분리하여 근원섬유단백질의 조성과 대사적 활성을 조사하였다. 이 연구에서 type I fiber의 myosin heavy chain은 단일종류의 polypeptide로 구성되어 있는 반면 fast myosin heavy chain의 경우 두가지 변종이 존재하는 것을 발견하였다. 또한 Salviati 등(1982)은 peptide mapping 방법을 이용하여 type IIC fiber를 동정하였다. 이는 fast twitch와 slow twitch fiber에 존재하는 myosin light chain과 troponin이 공존하여 생성되는 섬유형이며, 따라서 type IIC는 type IIA의 변종 중 하나로 생각할 수 있다.

8. 2. 근섬유 특성에 따른 육질변이

동물은 개체간 뿐만아니라 동일개체에서의 근육의 종류에 따라서도 근섬유 조

성, 근섬유 크기, 각 근섬유의 대사적 특성에 차이가 나타난다. Monin 등(1987)은 근육의 종류에 따른 근섬유 조성을 분석한 결과 longissimus dorsi의 경우 type IIB fiber가 80~90%로 대부분을 차지하고 있는 반면 vastus intermedius 근육의 경우 type I fiber가 70~80%로 근육간에 근섬유 조성이 차이가 있음을 발표하였다. 또한 동일 근육에서도 심부로 갈수록 type I fiber의 조성이 높아지며 표면보다 산화적 대사능력이 증가한다고 보고하였다.

돼지의 경우 각 근섬유는 독특한 분포를 보인다. Type I fiber가 중심부에 군집되어 있으며 type IIA가 이들과 인접하여 존재하며 type IIB fiber가 가장 주변에 위치하고 있다. 또한 모든 근섬유형에서 산화적 대사능력이 나타나며, type I, IIA 근처의 type IIB fiber가 번두리에 위한 type IIB fiber에 비해 대개 높은 산화적 대사능력을 보인다. 일반적으로 가축화한 돼지품종의 경우 각 근섬유의 크기는 type IIA, type IIB가 type I fiber에 비해 크다. 야생종의 경우에는 type IIA, IIB fiber의 산화적 대사능력이 가축화한 돼지에 비해 높게 나타난다.

돼지의 경우 지속적인 육종의 결과 red fiber의 비율이 감소하였으며 근섬유의 평균 직경이 증가하였다. Essen-Gustavsson 등(1992)은 스트레스에 대한 민감도를 기준으로 실험돈군을 구분하여 근섬유의 특성을 조사한 실험에서 근섬유의 조성, 각 근섬유에 대한 모세혈관의 비율은 차이가 없었지만 스트레스에 민감한 돈군에서 근섬유의 크기가 크며 모세혈관의 분포도(capillary/mm²)는 낮은 결과를 나타냈다.

근섬유 조성, 대사적 특성, 육질측정 항목의 결과는 각 근육간에 다르게 나타난다. Longissimus dorsi의 경우 biceps femori에 비해 type I fiber의 비율이 적으며 type IIB fiber의 비율이 높다. 또한 산화적 능력이 낮고 혐기적 대사능력은 유사하다. Glycogen 함량을 비교해 보면 두 근육간에 서로 유사하지만 longissimus dorsi의 최종 pH가 더 낮으며, 여러 육질측정항목에서 좋지 못한 결과를 보인다(높은 표면반사율, 낮은 보수력 등).

Halothane gene free pig의 경우 type IIB fiber의 비율은 최종 pH, 방혈시 pH와 정의 상관관계를 보이며 보수력, 명도 항목과 부의 상관관계를 나타낸다. 또한 30% 이상의 type IIB fiber에서 glycogen의 고갈이 관찰될 경우 DFD 육이 발생할 가능성이 높아진다.

Lundstrom 등(1989)은 육질이 glycogen의 고갈형태, 대사적 특성과 관련되어 있다고 보고하였다. PSE 육을 나타내는 돼지의 경우 정상육을 나타내는 돼지에 비해 근섬유의 크기가 10%로 큰 것으로 나타났다. Leseigneur-Meynier와 Gandemer (1991)는 모든 type I fiber와 약 26%의 type IIA fiber 만이 세포내 중성지방을 포함하고 있으며 type IIB fiber는 약 1% 정도의 지방만이 존재한다고 보고하였다. 근섬유의 조직화학적, 생화학적 특성(fiber type, fiber area, 산화적·혐기적 대사능력, glycogen 함량, lipid 함량)은 육질에 영향을 주는 요인으로 작용한다.



Ⅲ. 재료 및 방법

1. 공시재료

제주도에서 사육된 총 188두의 교잡종 돼지를 공시동물로 이용하였다. 품종간 돈육질 비교를 위해 상업용 제주흑돼지(JBP), 재래 흑돼지 x 듀록 (JD), 그리고 삼원교잡종(랜드레이크 x 요크셔 x 듀록, JLYD)을 실험에 공시하였다. 상업용 제주흑돼지의 경우 제주도내 총 6개 흑돼지 생산농가에서 출하한 돈군을 분석하였으며, 삼원교잡종은 제주도내 총 4개 삼원교잡종 생산농가의 돈군을 실험에 공시하였다. 제주 재래 흑돼지와 듀록 교잡종의 경우 축산진흥원에서 보유하고 있는 실험돈군을 대상으로 분석을 실시하였다. 실험의 균일성을 위하여 제주도내 도축장(제주축협공판장)을 선택하여 동일 도축장에서 시료를 채취하여 분석을 실시하였다. 추가로 제주산 돈육의 품질비료를 위해 국내 주요 돈육 생산지인 경기도 안성지역의 삼원교잡종 등심근을 실험에 공시하여 품질비교에 이용하였다.

도축과정은 국내 축산물처리법에 따른 일반적인 방법에 준하였으며 탕박에 의해 탈모를 실시하였다. 탕박은 방혈 후 도체를 65℃ 탕침조에서 60~80초간 처리 후 잔모제거를 위해 가스블터널을 통과하였다. 이후 과정은 일반적인 방식에 의해 도축 후 두가지 도체 냉각방식을 설정하여 도체냉각을 실시하였다. 급냉처리구의 경우 도체를 50분간 급냉터널(-20℃ - 0℃)에서 순차적으로 냉각한 후 4℃ 예냉실에 보관하였으며, 일반냉각처리구의 경우 도축 후 바로 4℃ 예냉실에 입고하여 냉각을 실시하였다.

도축된 실험돈은 예냉실 입고 직후 등심근을 채취하여 시료로 이용하였다. 등심근 채취 후 portable thermometer (Model TES-1300, TES Electrical Electronic Co., Taiwan)를 이용하여 등심근과 등지방의 온도를 측정하였다. 육질 평가를 위해 나머지 등심은 동일한 예냉실에서 사후 24시까지 냉각 후 시료를 제주대학교 실험실로 운반하여 분석하였다.

2. 온도 및 pH

사후 45분과 24시에 potable pH meter (Model 290A, Orion Research Inc., U.S.A.)와 portable thermometer (Model TES-1300, TES Electrical Electronic Co., Taiwan)를 등심근에 삽입하여 pH와 온도를 측정하였다. pH는 등심근의 배측면에서 3회, 온도는 심부를 1회 측정하였다.

3. 육색 측정

육색은 백색판으로 표준화(C: $Y=91.7$, $x=0.3138$, $y=0.3200$) 시킨 Minolta chromameter (Model CR-300, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 도축 후 시료를 냉장($2\pm 2^{\circ}\text{C}$) 저장하며 사후 45분과 24시에 등심근을 절개하여 냉장실($2\pm 2^{\circ}\text{C}$)에서 blooming time을 30분으로 하여 측정하여 CIE L^* (lightness), a^* (redness), b^* (yellowness), chroma [$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$], hue 값으로 나타내었다.

저장중 육색소의 변화를 관찰하기 위해 Kryzwicki (1979)의 방법을 이용하여 표면의 metmyoglobin 농도를 측정하였다. 표면의 반사율은 spectrum color sensor (JP7200F, Color Techno System Co., Japan)의 30 mm viewing port를 이용하여 시료 표면을 polyvinylchloride wrap으로 싸 후 측정하였다.

4. 보수력

4. 1. 여과지 흡수법

Kauffman 등(1986)의 방법을 변형하여 실시하였다. 등심근의 표면을 잘라내어 외부에 노출시켜 20분간 냉장실($2\pm 2^{\circ}\text{C}$)에 방치시킨 후 건조시킨 지름 4.25 cm의 여과지(Whatman # 2)를 이용하여 여과지에 묻어나는 수분량을 칭량저울(Model

8606, Mettler Co., Switzerland)로 측정하였다.

4. 2. 유리 육즙량

Honikel(1987)의 방법을 변형하여 실시하였다. 사후 24시에 일정한 크기(4×7×2.5 cm)로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 shackle에 걸고 poly-ethylene bag으로 육의 표면이 닿지 않도록 싼 후 봉하여 저온실(2±2℃)에 매달아 놓고 저장 2일과 7일에 개봉하여 감량을 측정한 후 유리육즙량(%)을 산출하였다.

4. 3. 가열 감량

가열감량은 등심근을 일정한 크기(2×4×6 cm)로 절단한 후 무게를 측정하고 poly-ethylene bag으로 감싼 후 80℃인 항온수조에서 심부 온도가 71℃가 도달할 때까지 가열한 후 일정시간 식힌 다음 감소된 시료의 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다.

5. 조직감

가열감량을 산출한 시료를 이용하여 일정한 크기(1.5×1.5×1.5 cm)로 자른 후 Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 조직감을 측정하였다. 측정된 조직감 항목은 가열육의 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(gumminess), 파쇄성(brittleness)으로 나타내었다.

6. 도체등급판정

예냉이 종료된 돼지도체에 대하여 도축장에 배치되어 있는 축산물품질평가사가 축산법에 근거하여 돼지도체 등급판정을 실시하였다.

7. 주관적 평가방법 (subjective Evaluation)

도살 24시간 후에 발골 작업시 10~11번째 늑골사이를 절개한 배장근단면적에 대해 판정표(NPPC, 1991)에 의거하여 훈련된 검사요원에 의해 육의 근내지방도 (1 = devoid to practically devoid, 5 = Moderately abundant or greater)와 육색 (1 = pale, pinkish gray, 5 = dark purplish red) 항목을 각각 5단계로 주관적 평가하였다.

8. 근섬유의 조직생화학적 분석

Peter 등(1972)에 의해 제안된 구분체계에 따라 수축속도, 혐기적 대사능력, 그리고 산화적 대사능력을 기준으로 근섬유형을 구분하였다. 이 방법에 의해 fast twitch glycolytic, fast twitch oxidative glycolytic, slow twitch oxidative 세가지 유형의 근섬유로 구분하였다. 근원섬유내 ATPase를 이용한 염색에서 dark, intermediate, light의 염색형태에 따라 각각 type I, type IIB, type IIA로 나타내었다. Type I fiber (Brooke와 Kaiser, 1970)는 느린 수축속도를 보이며 호기적 대사를 주로 하는 섬유이다. Type IIA fiber는 호기적 대사와 혐기적 대사를 함께 하는 반면 type IIB fiber는 혐기적 대사를 주로하고 호기적 대사능력은 약한 특징을 가지고 있다.

9. 통계분석

실험결과의 분산분석은 SAS program(2001)의 General Linear Model을 이용하여 실시하였으며, 처리 평균 간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법(multiple range test)을 이용하여 유의성 5% 수준에서 검정하였다.

IV. 결 과

1. 제주산 돈육의 품종별 육질분석

제주산 돈육의 품종에 따른 육질변이를 분석하기 위해 도축 후 품종에 따른 사후대사속도 및 외관 육질평가 항목을 분석하였다(Table 1). 사후 대사속도의 지표로 이용되는 근육의 pH 분석결과 JD 품종이 사후 45분 pH가 가장 높게 유지되었으며 사후 24시 최종 근육의 pH 역시 JD 품종이 가장 높은 것으로 나타났다($P < 0.001$). 따라서 사후 대사속도 및 이에 따른 젖산의 근육내 축적이 JD에서 가장 느린 것으로 평가되었으며 JBP와 JLYD이 경우 유사한 결과를 보였다.

식육의 육색을 기계적 분석법으로 평가 한 결과 식육의 명도(L*)는 JD에서 가장 낮게 나타나 육색이 가장 짙은 것으로 확인되었다($P < 0.001$). 적색도(a*)와 황색도(b*)의 경우에도 JD 품종이 가장 높게 나타나 전체적으로 육색이 짙고 붉은 특성을 나타내었다($P < 0.001$).

관능평가에 의한 외관 육질평가 결과 JD 품종이 육색이 가장 짙은 결과를 나타내 기계적 분석에 의한 결과와 동일한 결과를 나타내었다. 특히 근내지방도로 표현되는 marbling 수치의 경우 다른 두 품종에 비해 월등히 높은 결과를 나타내 JD 품종의 경우 외관육질이 가장 우수한 것으로 평가되었다.

종합적으로 판단해 볼 때 JD 품종의 경우 사후 대사속도가 가장 느리고 식육의 pH가 높게 유지되 전체적인 외관육질이 가장 우수한 것으로 평가되었다. 또한 JBP이 경우 JLYD에 비해 적색도 항목에서 우수한 결과를 나타내었다.

Table 1. Postmortem metabolic rate and meat quality traits of *longissimus dorsi* muscle in different breeds

	Breed			Significance
	JBP	JD	JLYD	
Muscle pH _{45min}	5.96±0.28 ^b	6.28±0.11 ^a	5.98±0.29 ^b	***
Muscle pH _{24h}	5.59±0.19 ^b	5.94±0.20 ^a	5.64±0.11 ^b	***
Temperature _{24h}	5.32±1.57 ^{ab}	5.42±0.64 ^a	4.42±1.13 ^b	***
Lightness _{24h} (L [*])	51.09±3.37 ^a	41.78±5.38 ^b	50.66±3.11 ^a	***
Redness _{24h} (a [*])	6.93±1.27 ^b	14.15±3.66 ^a	5.82±1.49 ^c	***
Yellowness _{24h} (b [*])	5.13±1.09 ^b	6.13±1.74 ^a	4.47±1.11 ^b	***
NPPC color	3.06±0.68 ^b	5.00±0.60 ^a	2.82±0.62 ^b	***
NPPC marbling	1.69±0.76 ^b	3.90±1.25 ^a	1.82±0.63 ^b	***

Levels of significance: *** $P < 0.001$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

제주산 돈육의 품종에 따른 식육의 식감 및 보수성 변화를 Table 2에 나타내었다. 신선육의 보수성 평가항목인 여과지흡수법과 유리육즙량 분석결과 JD 품종의 경우 타 품종에 비해 월등히 우수한 보수성을 나타내었다($P < 0.001$). 또한 가열에 따른 육즙손실량으로 표현되는 가열감량의 경우에도 JD에서 가장 낮은 감량을 나타내 가열에 따른 수분손실도 가장 적은 결과를 보였다.

식육이 물리적 특성을 나타내는 조직감 분석결과 식육의 견고성은 JBP와 JLYD 품종이 JD에 비해 우수한 결과를 보였으며 응집성과 탄력성에서도 유사한 결과를 나타내었다($P < 0.001$).

Table 2. Eating quality traits (means \pm s.d.) of the porcine *longissimus dorsi* muscle in different breeds

	Breed			significance
	JBP	JD	JLYD	
FFU (mg) ¹	70.14 \pm 44.25 ^a	7.28 \pm 3.98 ^b	61.68 \pm 34.74 ^a	***
Drip loss (%)	5.53 \pm 1.40 ^a	0.95 \pm 0.25 ^b	5.07 \pm 2.49 ^a	***
Cooking loss (%)	26.21 \pm 4.01 ^a	18.84 \pm 4.63 ^b	26.03 \pm 3.65 ^a	***
Hardness (N/g)	41.51 \pm 6.73 ^a	31.58 \pm 4.94 ^b	37.62 \pm 4.09 ^a	***
Cohesiveness	0.40 \pm 0.12 ^a	0.26 \pm 0.18 ^b	0.42 \pm 0.10 ^a	**
Springiness	0.62 \pm 0.20 ^a	0.48 \pm 0.26 ^b	0.62 \pm 0.15 ^a	†

Levels of significance: † $P < 0.1$; *** $P < 0.001$.

^{a-b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

¹ FFU = filter-paper fluid uptake.

이상에서 나타난 바와 같이 제주산 돈육의 품종에 따른 육질변이의 원인을 규명하기 위해 근육의 조직학적 특성을 분석하였다(Table 3). 돈육질은 각 개체가 가지고 있는 내부적 요인과 외부 환경요인에 의해 결정되어진다. 그중 근섬유 조성은 유전적으로 결정되어지며 이후 환경적 요인에 의해 영향을 받게된다. 이러한 근육의 조직학적 특성은 일반적으로 중상의 유전력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 근육의 산화적 대사능력을 향상시켜 육질을 개선하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 각 근섬유가 가지고 있는 고유의 대사능력은 근육의 대사적 특성에 영향을 미치며 궁극적으로 육질을 결정하는 요인으로 작용하게 된다.

근육을 이루고 있는 근섬유의 조성비를 분석한 결과 흑돼지 품종인 JBP와 JD 품종에서 적색근 섬유(type I)가 차지하는 면적이 삼원교잡종에 비해 높은 결과를 나타내었다($P < 0.05$). 혐기적 대사특성이 강한 백색근섬유(type IIb)의 경우

JD 품종이 가장 낮게 나타났다. 이상의 결과를 식육의 사후 대사속도 항목과 함께 분석해 보면 호기적 대사특성이 강한 적색근 섬유 비율이 높고 반면 백색근 섬유의 비율이 낮은 JD 품종의 경우 사후 혐기적 조건에서 느린 대사속도를 보이는 것으로 판단된다.

Table 3. Muscle fiber characteristics of *longissimus dorsi* muscle in different breeds

	Breed			Significance
	JBP	JD	JLYD	
Area percentage (%)				
Type I	11.88±8.85 ^a	12.83±5.16 ^a	8.91±2.89 ^b	*
Type IIa	6.53±5.97 ^a	8.66±2.70 ^a	5.62±1.69 ^a	NS
Type IIb	83.01±9.98 ^a	78.51±5.48 ^b	85.55±3.92 ^a	*
Number percentage (%)				
Type I	16.07±4.98 ^a	14.46±4.92 ^a	13.85±4.33 ^a	NS
Type IIa	9.23±3.02 ^a	8.88±2.56 ^a	10.15±2.94 ^a	NS
Type IIb	74.86±5.55 ^a	76.46±5.95 ^a	75.82±5.87 ^a	NS

Levels of significance: NS = not significant; * $P < 0.05$.

^{a-b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

2. 농가별 돈육의 육질변이

제주산 돈육의 품종별 변이에서 나타난 바와 같이 돈육의 육질은 품종에 따른 차이가 큰 것으로 평가되었다. 따라서 제주도내 각 농가에서 생산된 돈육의 변이를 분석하여 농가별로 보유하고 있는 다양한 교배조합에 의한 효과를 분석하였다. 농가별 도체성적 분석결과 도체중 및 등지방두께에서 생산농가별 변이가 큰 것으로 나타났다. 대부분의 생산농가에서 도체중 및 등지방두께가 국내 규격에 적합한 결과를 나타냈었으나 일부 흑돼지 생산 농가의 경우 도체중이 규격 이하로 낮은 것으로 평가되었다(Table 4).

Table 4. Carcass weight and backfat thickness of commercial pig in various pig farm

Farm	Variables	
	Carcass Weight (kg)	Backfat thickness (mm)
JBP1	87.86±7.32 ^a	26.62±7.45 ^a
JBP2	78.60±5.95 ^c	23.45±5.18 ^a
JBP3	73.25±4.58 ^d	19.00±5.10 ^c
JBP4	82.85±3.53 ^b	21.15±4.18 ^{bc}
JBP5	80.90±3.88 ^{bc}	19.55±5.85 ^c
JBP6	79.75±2.90 ^{bc}	21.10±4.01 ^{bc}
JLYD7	80.90±4.89 ^{bc}	22.50±5.66 ^{bc}
JLYD8	78.80±3.29 ^c	22.15±3.73 ^{bc}
JLYD9	80.80±3.45 ^{bc}	24.25±4.68 ^a
JLYD10	83.71±6.96 ^b	23.00±5.58 ^{ab}
Significance	*	**

Levels of significance: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

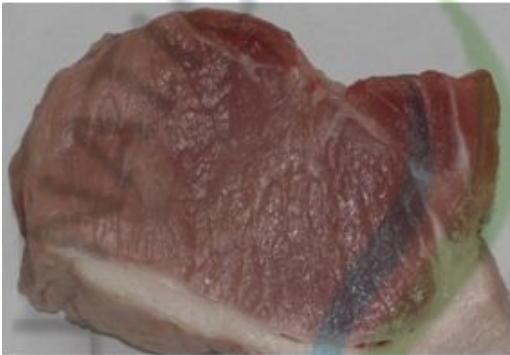
A.



B.



C.



D.



Fig. 1. Representative pictures of pig *longissimus dorsi* muscle from various pig breeds. A, commercial Jeju black pig; B, Cross-bred (Landrace x Yorkshire x Duroc) raised in Jeju; C, Cross-bred (Landrace x Yorkshire x Duroc) raised in Ansong, Kyounggi; D, Jeju native black pig x Duroc.

외관육질분석항목인 돈육의 육색 및 마블링 분석결과(Fig. 1) 제주 흑돼지의 육색이 가장 짙은 결과를 나타냈으며 마블링 점수도 삼원교잡종에 비해 우수한 것으로 확인되었다(Table 5). 식육의 육색을 객관적으로 평가하기 위해 색차계를 이용한 육색분석결과 제주 흑돼지의 적색도가 가장 높아 붉은빛이 가장 강한 것으로 확인되었으며 황색도의 경우에도 일반 상업용 삼원교잡종에 비해 높은 결과를 나타내었다(Table 6). 육색에 대한 관능평가 및 기계적 평가결과를 종합적으로 분석해 보면 제주 흑돼지는 육색 특히 적색도 및 황색도 항목에서 우수한 것으로 판단된다.

Table 5. Meat color and marbling score of *Longissimus dorsi* muscle

Farm	Variables	
	Meat color score	Marbling score
JBP1	3.02±0.79 ^a	2.07±0.75 ^a
JBP2	2.81±0.43 ^{ab}	2.30±0.81 ^a
JBP3	3.15±0.63 ^a	1.38±0.55 ^c
JBP4	3.00±0.66 ^{ab}	1.40±0.72 ^c
JBP5	3.06±0.83 ^a	1.50±0.66 ^{bc}
JBP6	2.98±0.62 ^{ab}	1.52±0.66 ^{bc}
JLYD7	2.55±0.74 ^b	1.94±0.54 ^{ab}
JLYD8	2.96±0.42 ^{ab}	2.03±0.60 ^a
JLYD9	2.96±0.41 ^{ab}	1.53±0.66 ^{bc}
JLYD10	2.94±0.76 ^{ab}	1.53±0.61 ^{bc}
Significance	*	**

Levels of significance: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

Table 6. Instrumental meat color parameters of *Longissimus dorsi* muscle

Farm	Variables		
	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
JBP1	49.51±3.72 ^c	7.09±1.20 ^a	5.12±1.26 ^{ab}
JBP2	52.94±2.47 ^a	6.12±1.10 ^{bc}	5.18±0.98 ^a
JBP3	49.69±2.49 ^c	6.27±1.17 ^b	4.64±0.93 ^{ab}
JBP4	50.14±2.95 ^{bc}	7.38±1.14 ^a	5.27±0.93 ^a
JBP5	52.03±3.92 ^{bc}	7.49±1.09 ^a	3.88±1.03 ^c
JBP6	51.16±3.15 ^{abc}	6.86±1.46 ^{ab}	4.48±0.93 ^{bc}
JLYD7	50.09±3.06 ^{bc}	5.18±1.32 ^d	5.05±1.11 ^{ab}
JLYD8	50.73±3.20 ^{bc}	5.43±1.15 ^{cd}	5.18±1.18 ^{ab}
JLYD9	50.72±3.19 ^{bc}	6.85±1.46 ^{ab}	5.05±1.10 ^{ab}
JLYD10	51.93±3.04 ^{bc}	6.22±2.25 ^b	4.81±1.57 ^{ab}
Significance	***	**	**

Levels of significance: ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

^{a-d}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

식육의 품질은 도축 후 대사속도에 의해 크게 영향 받으며 정상속도보다 빠르거나 느린 경우 이상육의 발생빈도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 제주도 흑돼지 및 삼원교잡종의 도축후 대사속도를 측정하기 위해 사후 초기 근육의 pH와 사후 강직 후 최종 pH를 측정하였다(Table 7). 사후 2시 근육의 pH 측정결과 대부분의 등심근 시료의 경우 정상적인 pH 저하속도를 나타내었으나 흑돼지 종가인 J5, J6, 및 삼원교잡종농가 J10의 경우 사후 pH 저하속도가 빠른 것으로 확인 되었으며 최종 pH의 경우에도 정상 이하의 pH를 나타내었다. 일반적으로 사후 빠른 pH 저하 및 낮은 최종 pH는 근육단백질의 변성을 일으켜 이후 보수력 저하 및 육색의 창백화 등 육질저하의 원인이 되며 PSE육 발생의 원인이 되는 것으로 알려져 있다.

Table 7. *Longissimus dorsi* muscle pH during postmortem period

Farm	Variables	
	Early postmortem pH (pH _{2h})	Ultimate muscle pH (pH _{24h})
JBP1	5.99±0.31 ^{abc}	5.79±0.15 ^a
JBP2	5.93±0.28 ^{bc}	5.56±0.10 ^d
JBP3	6.14±0.22 ^a	5.63±0.134 ^{bcd}
JBP4	5.89±0.28 ^{bc}	5.66±0.10 ^{bc}
JBP5	5.85±0.29 ^c	5.34±0.14 ^e
JBP6	5.89±0.32 ^{bc}	5.58±0.12 ^{cd}
JLYD7	6.02±0.29 ^{abc}	5.67±0.09 ^b
JLYD8	6.05±0.25 ^{ab}	5.67±0.13 ^b
JLYD9	5.88±0.32	5.58±0.11
JLYD10	5.78±0.28	5.15±0.09
Significance	*	**

Levels of significance: * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

^{a-d}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P<0.05$).

돈육의 보수성 및 조리후 감량 분석결과 제주 흑돼지 등심근의 경우 조리후 감량이 가장 낮은 것으로 나타났으며 유리육즙량의 경우 품종간 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다(Table 8). 농가별 유리육즙량 비교분석결과 근육의 pH 저하 속도가 빠르게 나타났던 J5, J6, J10 세 농가에서 유리육즙량이 정상보다 높게 나타나 보수성 항목에 문제가 있는 것으로 평가되었다.

Table 8. Water-holding capacity and cooking loss of *Longissimus dorsi* muscle

Farm	Variables		
	FFU ¹ (mg)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)
JBP1	56.67±31.60 ^{cd}	5.53±0.98 ^{ab}	25.13±3.38 ^b
JBP2	70.90±35.39 ^{bc}	4.75±0.79 ^{bc}	28.11±3.14 ^a
JBP3	36.65±10.76 ^d	4.80±0.81 ^{bc}	28.88±2.18 ^a
JBP4	58.65±23.78 ^{cd}	5.19±1.44 ^{bc}	24.91±3.34 ^b
JBP5	126.40±57.40 ^a	6.33±1.45 ^a	27.76±3.64 ^a
JBP6	59.20±22.61 ^{cd}	5.16±1.63 ^{bc}	28.76±2.52 ^a
JLYD7	39.60±10.63 ^d	4.44±0.95 ^c	24.91±3.34 ^b
JLYD8	86.25±44.37 ^b	5.22±1.85 ^{ab}	24.45±3.50 ^b
JLYD9	83.75±41.27 ^b	5.22±1.84 ^{ab}	28.76±2.52 ^a
JLYD10	132.40±48.40 ^a	10.41±2.63 ^a	19.94±3.32 ^c
Significance	**	***	**

Levels of significance: ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

^{a-d}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

¹ FFU = filter-paper fluid uptake.

식육 섭취시 식감을 분석하는 항목인 조직감 분석결과 견고성 (경도, hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess) 등 모든 조직감 분석항목에서 제주 흑돼지가 가장 우수한 결과를 나타내었다(Table 9, 10). 특히 흑돼지의 경우 식육 조직의 견고성이 높아 씹을때 일정수준의 경도를 나타내어 돼지고기 특유의 흐물흐물한 느낌이 적고, 뭉침성과 씹힘성도 우수하여 고기가 차지고 쫄득한 장점을 나타내었다 (견고성: 식품을 어금니 사이에 놓고 눌렀을 때 드는 힘의 크기, “무르다, 굳다, 단단하다”; 뭉침성: 반고체 식품을 부숴뜨리는데 필요한 일의 크기 “쫄득하다, 푸석푸석하다”; 씹힘성: 고체식품을 삼킬 수 있을 때까지 씹는데 필요한 일의 양 “연하다~질기다”).

Table 9. Hardness, cohesiveness, and springiness of *Longissimus dorsi* muscle

Farm	Variables		
	Hardness (N/g)	Cohesiveness	Springiness
JBP1	39.45±5.09 ^b	0.39±0.12 ^a	0.56±0.28 ^b
JBP2	40.70±6.90 ^b	0.41±0.07 ^a	0.72±0.12 ^a
JBP3	44.55±4.21 ^a	0.46±0.11 ^a	0.66±0.14 ^{ab}
JBP4	45.91±4.28 ^a	0.42±0.10 ^a	0.62±0.15 ^{ab}
JBP5	40.45±5.63 ^b	0.40±0.15 ^a	0.60±0.20 ^{ab}
JBP6	37.48±3.75 ^{bc}	0.44±0.12 ^a	0.62±0.13 ^{ab}
JLYD7	35.75±4.26 ^c	0.43±0.10 ^a	0.65±0.16 ^{ab}
JLYD8	39.65±3.44 ^b	0.41±0.11 ^a	0.60±0.17 ^{ab}
JLYD9	39.64±3.43 ^b	0.41±0.13 ^a	0.60±0.18 ^{ab}
JLYD10	36.63±4.03 ^a	0.45±0.13 ^a	0.66±0.24 ^{ab}
Significance	**	NS	*

Levels of significance: NS = not significant; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

Table 10. Gumminess, chewiness, and resilience of *Longissimus dorsi* muscle

Farm	Variables		
	Gumminess (N/g)	Chewiness (J/g)	Resilience
JBP1	17.55±4.34 ^{abc}	13.05±3.23 ^{ab}	0.16±0.05 ^b
JBP2	17.12±4.72 ^{abc}	12.82±3.33 ^{ab}	0.23±0.16 ^a
JBP3	19.78±4.65 ^a	13.93±3.36 ^a	0.15±0.06 ^b
JBP4	19.40±5.14 ^{ba}	13.13±3.75 ^{ab}	0.14±0.04 ^b
JBP5	15.32±5.21 ^c	11.27±3.93 ^b	0.16±0.04 ^b
JBP6	16.48±5.12 ^{abc}	11.69±3.58 ^{ab}	0.14±0.03 ^b
JLYD7	15.49±4.33 ^c	11.36±3.42 ^{ab}	0.15±0.06 ^b
JLYD8	15.99±4.53 ^{bc}	11.79±3.38 ^{ab}	0.14±0.04 ^b
JLYD9	16.37±4.52 ^{abc}	11.78±3.33 ^{ab}	0.17±0.03 ^b
JLYD10	16.63±5.02 ^{abc}	10.24±4.02 ^c	0.16±0.05 ^b
Significance	**	*	*

Levels of significance: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

식육은 근육에서 유래하며 근육의 구성에 따라 육질에 많은 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다. 제주 흑돼지는 유산소 운동에 적합한 적색 근섬유의 비율이 타 품종에 비해 높은 반면, 일반적인 삼원교잡종의 경우 육량위주로 육종된 결과 무산소운동과 관련이 높은 백색 근섬유의 비율이 높게 나타났다(Fig. 2, Table 11, 12, 13). 따라서 흑돼지와 백돼지의 육질차이는 일차적으로 식육을 구성하는 구조적 차이에서부터 비롯되는 것으로 평가된다. 하지만 근육단백질의 조성에는 큰 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

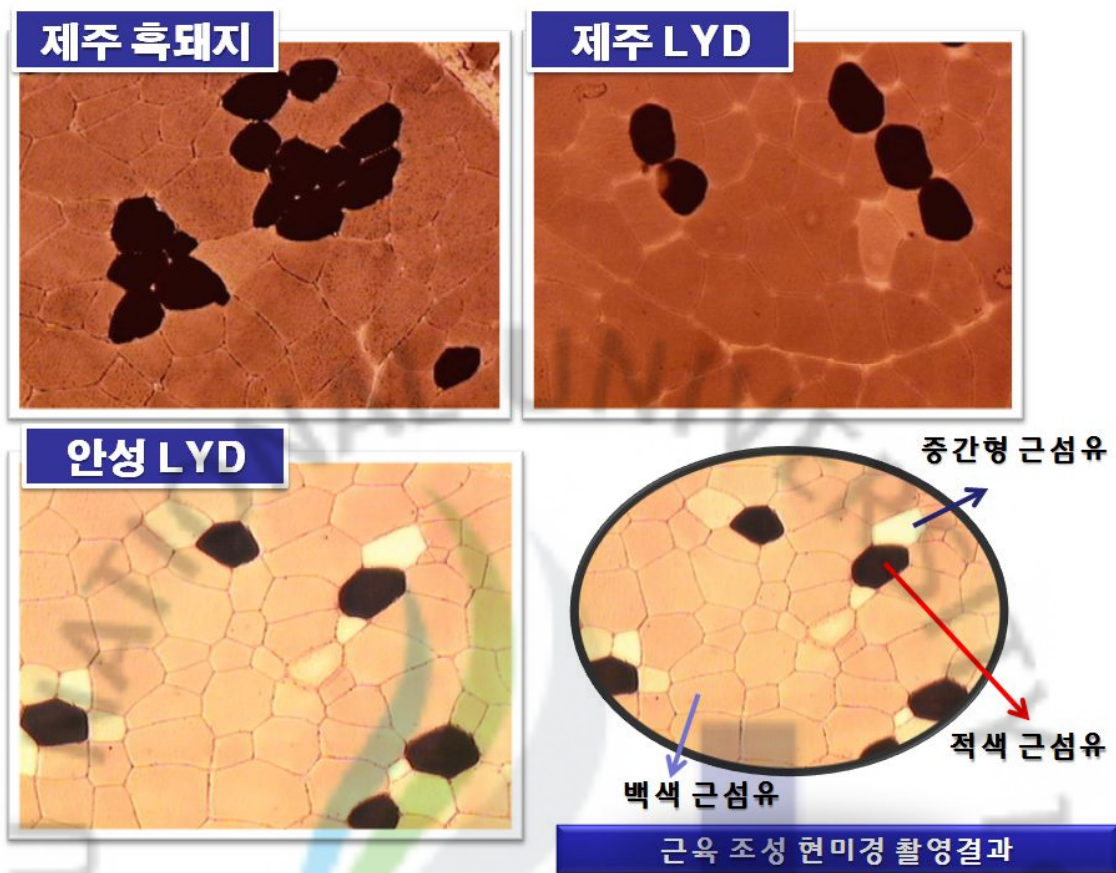


Fig. 2. Representative images of pig *longissimus dorsi* muscle fibers from various pig breeds. A, commercial Jeju black pig; B, Cross-bred (Landrace x Yorkshire x Duroc) raised in Jeju; C, Cross-bred (Landrace x Yorkshire x Duroc) raised in Anseong, Kyungi.

Table 11. Pig *Longissimus dorsi* muscle fiber area from different farms

Farm	Variables		
	Type I (μm^2)	Type IIa (μm^2)	Type IIb (μm^2)
JBP1	3367±519.31 ^a	2799±291 ^a	6286±353 ^{ab}
JBP2	2962±350 ^a	2312±250 ^a	4235±584 ^b
JBP3	3128±713 ^a	3568±652 ^a	5979±320 ^{ab}
JBP4	3912±1663 ^a	3112±972 ^a	5844±1405 ^{ab}
JBP5	3616±487 ^a	2995±276 ^a	6077±804 ^{ab}
JBP6	3113±681 ^a	2789±1035 ^a	6015±1524 ^a
JLYD7	2860±470 ^a	2400±717 ^a	5366±918 ^{ab}
JLYD8	3359±851 ^a	3192±1401 ^a	6646±1961 ^a
JLYD9	3125±581 ^a	2793±935 ^a	5875±290 ^{ab}
JLYD10	3628±527 ^a	3147±782 ^a	4975±521 ^b
Significance	NS	NS	*

Levels of significance: NS, not significant; * $P<0.05$.

^{a,b}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P<0.05$).

Table 12. Fiber area percentage of *Longissimus dorsi* muscle fiber type

Farm	Variables		
	Type I (%)	Type IIa (%)	Type IIb (%)
JBP1	8.93±0.96 ^{ab}	5.38±1.40 ^a	85.69±1.57 ^{ab}
JBP2	13.94±2.96 ^a	4.37±0.81 ^a	81.68±2.79 ^{ab}
JBP3	12.92±0.83 ^a	6.17±2.89 ^a	80.91±2.62 ^b
JBP4	8.37±3.76 ^{ab}	5.96±0.40 ^a	85.67±3.67 ^{ab}
JBP5	8.81±4.78 ^{ab}	4.87±0.88 ^a	86.31±3.91 ^{ab}
JBP6	9.21±3.87 ^{ab}	4.81±1.73 ^a	85.98±5.44 ^{ab}
JLYD7	11.25±4.17 ^{ab}	5.29±2.33 ^a	83.46±6.25 ^{ab}
JLYD8	7.11±2.78 ^b	4.29±1.05 ^a	88.60±3.53 ^a
JLYD9	12.42±1.63 ^a	6.37±2.69 ^a	81.21±2.82 ^b
JLYD10	7.51±2.78 ^b	4.09±1.05 ^a	88.40±3.53 ^a
Significance	*	NS	*

Levels of significance: NS, not significant; * $P<0.05$.

^{a,b}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P<0.05$).

Table 13. Fiber number percentage of *Longissimus dorsi* muscle fiber type

Farm	Variables		
	Type I (%)	Type IIa (%)	Type IIb (%)
JBP1	14.68±1.91 ^{ab}	10.54±2.38 ^a	74.78±3.15 ^a
JBP2	18.11±3.95 ^{ab}	7.57±2.78 ^a	74.32±3.83 ^a
JBP3	21.45±1.38 ^a	9.19±5.16 ^a	69.36±6.53 ^a
JBP4	12.17±6.94 ^b	10.25±0.78 ^a	77.58±6.17 ^a
JBP5	12.55±5.23 ^b	8.98±1.84 ^a	78.47±3.61 ^a
JBP6	15.16±5.14 ^{ab}	9.27±2.61 ^a	75.57±6.74 ^a
JLYD7	17.83±4.74 ^{ab}	10.00±3.26 ^a	72.17±7.99 ^a
JLYD8	12.44±4.63 ^b	8.43±2.40 ^a	79.13±4.27 ^a
JLYD9	21.05±2.38 ^a	9.39±4.66 ^a	69.56±5.73 ^a
JLYD10	12.84±3.73 ^b	8.23±3.18 ^a	77.13±4.73 ^a
Significance	*	NS	NS

Levels of significance: NS, not significant; * $P < 0.05$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same column significantly differ ($P < 0.05$).

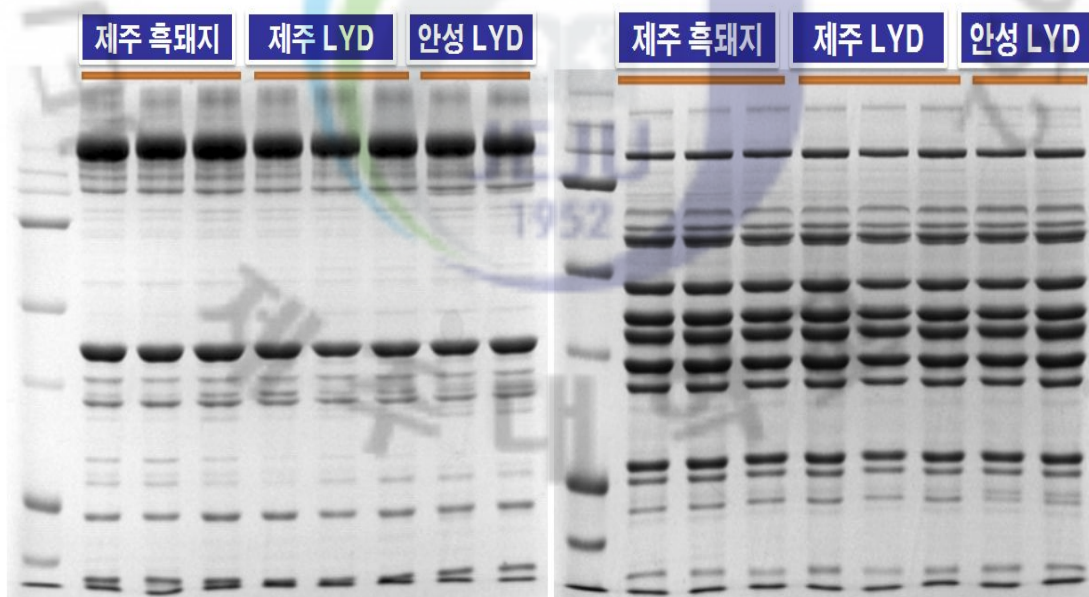


Fig. 3. SDS-PAGE of myofibrillar proteins (A) and sarcoplasmic proteins (B) of pig *longissimus dorsi* muscle from various pig breeds.

이상의 육질분석 결과를 종합적으로 분석하여 농장 별 이상돈육(PSE) 발생빈도를 조사하였다(Fig. 4). 전체적으로 제주도 내 양돈농가의 이상육 발생빈도는 10~85.7%로 나타나 농가별 변이가 매우 큰 것으로 확인되었다. 특히 사후 대사 속도 및 근육 pH 저하속도가 빠르게 나타났던 J5, J6, 및 J10번 농가의 경우 이상육 발생률이 각각 45, 60, 85.7%로 나타나 보다 집중적인 품질관리가 필요한 것으로 평가되었다.

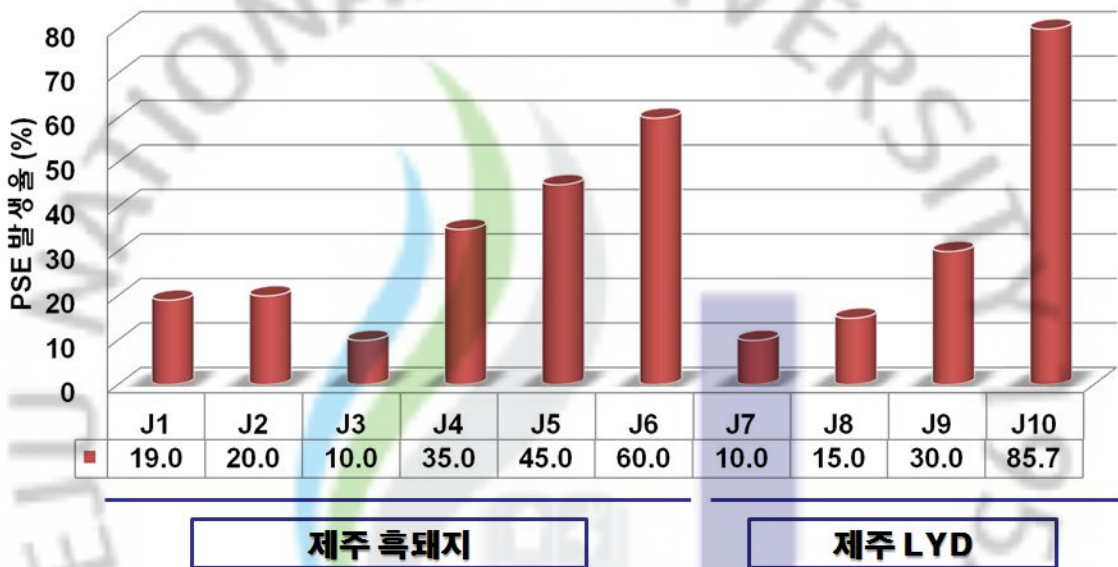


Fig. 4. Occurrence of abnormal pale, soft, exudative pork in different farms.

종합적으로 제주도내 흑돼지 및 삼원교잡종 생산농가의 품질분석결과를 정리하면 다음과 같다. J1 농가의 특징은 모든 평가항목에서 대체로 우수한 결과를 보였으며, 도체중, 등지방두께 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 근육조성 및 보수성 항목은 평균 성적을 유지하는 것으로 평가되었다. J2 농장의 특징으로는 마블링, 보수성, 근육조성 항목이 우수하며, 도체중이 낮고 등지방이 두꺼운 특징을 보여 도체형태가 지방형 돈육의 특성을 나타냈다. J3 농장의 경우 마블링 항목을 제외한 모든 항목에서 우수한 결과를 보였으나 도체중 및 등지방 두께 항목이 가장 낮게 나타났다. J4, J5 및 J6 농장의 경우 흑돼지 특징인 육색과 물성에 서 우수한 품질을 나타냈으나, J5, J6 농가에서는 PSE육 발생률이 높고 보수성이

낮은 특성을 보였다. 삼원교잡종 농가 중 J7, J8 농가의 경우 식육화 속도 및 육질 균일성 항목에서 우수한 장점을 보였으며 특히 PSE육 발생이 낮은 장점을 보였다. 하지만 J10 농가에서는 일반적인 육질평가항목 대부분에서 평균이하의 성적을 보였으며 PSE육 발생이 매우 높은 특성을 보였다. 이상에서 보는 바와 같이 제주도 내 돈육생산농가의 품질특성 분석결과 농가별로 품질특성이 뚜렷이 구분되는 특성이 나타났으며 삼원교잡종 농가에 비해 흑돼지 농가에서 품질의 변이가 더 큰 것으로 확인되었다.

3. 도체 냉각방식에 따른 돈육질 변이

식육의 품질은 도축 후 대사속도에 의해 크게 영향 받으며 정상속도보다 빠르거나 느린 경우 이상육의 발생빈도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 제주 돼지의 도축 후 대사속도를 측정하기 위해 사후 초기 근육의 pH와 사후 강직 후 최종 pH를 측정하였다(Table 14). 사후 45분 근육의 pH 측정결과 대부분의 등심근 시료의 경우 정상적인 pH 저하속도를 나타내었다. 일반적으로 사후 빠른 pH 저하 및 낮은 최종 pH는 근육단백질의 변성을 일으켜 이후 보수력 저하 및 육색의 창백화 등 육질저하의 원인이 되며 PSE육 발생의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Schiaffino와 Reggiani, 1996).

등지방두께가 냉각속도에 미치는 영향을 고려하여 등지방 두께에 차이가 없는 돈군을 이용하여 실험에 공시하였다. 냉각 방법에 따라 사후 근육의 온도와 pH 분석결과를 Table 14에 나타냈다. 도체냉각 방법에 따라 사후 초기 근육의 온도가 차이이며, 이와 함께 사후 대사속도의 지표인 근육의 pH역시 차이가 나타났다. 사후 45분 등심근의 온도를 측정한 결과 급속냉각 그룹의 온도가 일반냉각 그룹에 비해 낮게 나타났으며, 사후 45분 pH를 측정한 결과 일반냉각 그룹의 pH가 급소 냉각 그룹 보다 낮게 나타났다($P < 0.0001$). Bendall(1978)은 돼지 도체의 표면에서부터 근육의 심부까지의 거리가 냉각과정 동안 열전도율을 결정하며, 당분해 대사과정과 사후 pH 저하는 냉각이 서서히 이루어지는 심부 근육에서 더

빨리 일어난다고 하였다.

근육의 최종 pH는 차이가 나타나지 않았다. Ko와 Yang(2001)은 생축의 근육 pH는 약 7.2이지만 도축 후 점차 감소하여 24시간 후에는 pH가 5.4-5.8에 도달한다고 하였다. pH는 돼지고기의 품질을 좌우하는 매우 중요한 항목으로 육질 평가의 기본으로 사용되고 있다. 따라서 사후 초기 도체의 냉각속도는 사후 초기 도체 냉각속도와 대사 속도에 광범위하게 영향을 주는 것으로 평가되었다.

Table 14. Effect of chilling methods on pH and temperature of longissimus dorsi muscle during postmortem period

	Chilling Methods		Significance
	Fast Chilling	Normal Chilling	
Muscle pH _{2h}	6.14±0.21 ^{aA}	5.89±0.27 ^b	**
Muscle Temperature _{2h}	22.22±1.65 ^a	29.22±0.94 ^b	***
Muscle pH _{24h}	5.62±0.13 ^a	5.66±0.10 ^a	NS

Levels of significance: NS, not significant; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

^{a-b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

^AMeans ± Standard deviation.

냉각 방법에 따른 식육의 육색, 근내지방도, 색도 측정 결과를 Table 15에 나타내었다. 냉각방법에 따라 실험한 결과 육색과 근내지방도에는 영향을 주지 않았다. 식육의 색도를 측정한 결과 명도 값은 차이를 보이지 않았으나, 적색도와 황색도 값은 일반 냉각법이 높은 값을 나타내었다. 식육의 육색을 객관적으로 평가하기 위해 색차계를 이용한 육색분석결과 제주산 돼지의 경우 적색도가 높아 붉은빛이 강한 것으로 확인되었으며 황색도의 경우에도 높은 결과를 나타내었다. 육색에 대한 관능평가 및 기계적 평가결과를 종합적으로 분석해 보면 제주돼지는 냉각방식에 의한 차이는 나타나지 않았으나 육색 특히 적색도 및 황색도 항목에서 우수한 것으로 평가되었다.

Table 15. Effect of chilling methods on meat color and intra muscular fat content of longissimus dorsi muscle during postmortem period

	Chilling Methods		Significance
	Fast Chilling	Normal Chilling	
NPPC color	3.15±0.63 ^{aA}	3.0±0.66 ^a	NS
NPPC marbling	1.37±0.55 ^a	1.40±0.71 ^a	NS
Lightness (L*)	49.69±2.49 ^a	50.14±2.94 ^a	NS
Redness (a*)	6.26±1.17 ^a	7.38±1.13 ^b	**
Yellowness (b*)	4.64±0.92 ^a	5.26±0.93 ^b	*

Levels of significance: NS, not significant; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

^{a-b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

^AMeans ± Standard deviation.

돈육의 보수성 및 조리후 감량 분석결과 제주 흑지 등심근의 경우 조리후 감량이 가장 낮은 것으로 나타났으며 유리육즙량의 경우 큰 차이는 없는 것으로

확인되었다. 농가별 유리육즙량 비교분석결과 근육의 pH 저하속도가 빠르게 나타났던 시료에서 유리육즙량이 정상보다 높게 나타나 보수성 항목에 문제가 있는 것으로 평가되었다.

냉각 방법에 따른 그룹별 보수성, 물성에 대한 분석결과를 Table 16에 나타내었다. 여과 흡수지에 의한 유리육즙량 측정 결과 급속냉각법 이용시 유리 육즙량이 감소하여 보수성이 향상되는 결과를 나타냈다. 하지만 도체 냉각속도는 식육의 물성 평가 항목에는 영향을 주지 않았다. Warner 등(1997)은 식육의 보수력에 영향을 주는 요인으로 근육 pH, 단백질 변성, 근질의 길이 등이 관여한다고 하였다. 냉각방법에 따른 PSE 발생률을 Fig 1.에 나타내었다. 급속냉각이 일반 냉각에 비해 PSE 발생률이 낮게 나타났다.

식육 섭취시 식감을 분석하는 항목인 조직감 분석결과 견고성, 뭉침성, 씹힘성 등 모든 조직감 분석항목에서 제주 돼지가 가장 우수한 결과를 나타내었다. 견고성 평가의 경우 식품을 어금니 사이에 놓고 눌렀을 때 드는 힘의 크기를 의미하며, 뭉침성은 반고체 식품을 부숴뜨리는데 필요한 일의 크기, 씹힘성은 고체식품을 삼킬 수 있을 때까지 씹는데 필요한 일의 양으로 정의할 수 있다. 분석항목 중 특히 식육 조직의 견고성이 높아 씹을때 일정수준의 경도를 나타내어 돼지고기 특유의 흐물흐물한 느낌이 적고, 뭉침성과 씹힘성도 우수하여 고기가 차지고 쫄득한 장점을 나타내었다.

본 연구결과를 종합하여 분석해 보면 사후 도체의 냉각방식은 사후 초기 근육의 온도저하에 광범위하게 영향을 미치며 사후 대사속도에 영향을 주는 것으로 분석되었다. 이러한 사후 대사속도의 차이는 돈육의 보수성 항목에 영향을 주어 급속냉각법에 의한 도체의 냉각이 사후 육질, 특히 보수성 항목을 향상시키는 효과가 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구를 통해 도축 후 도체의 처리방법이 사후 초기 근육의 냉각속도 및 대사속도를 조절하며 최종 돈육질에도 영향을 주는 것으로 확인되었다.

Table 16. Effect of chilling methods on water-holding capacity and texture of longissimus dorsi muscle during postmortem period.

	Chilling Methods		Significance
	Fast Chilling	Normal Chilling	
Filter-paper fluid uptake (mg)	36.65±10.75 ^{aA}	58.65±23.78 ^b	***
Drip loss (%)	4.80±0.80 ^a	5.19±1.44 ^a	NS
Hardness	44.55±4.20 ^a	45.91±4.28 ^a	NS
Gumminess	19.77±4.64 ^a	19.39±5.14 ^a	NS
Chewiness	13.93±3.36 ^a	13.13±3.75 ^a	NS

Levels of significance: NS, not significant; *** $P < 0.0001$.

^{a-b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

^AMeans ± Standard deviation.

V. 요약

- 제주 흑돼지는 육색이 짙고 근육내 지방 침착이 적당하여 외관육질이 우수하다.
- 제주 흑돼지는 고기조직이 견고하고, 조리 후 감량이 타 품종에 비해 적어 고기를 씹을때 느끼는 물리적 특성, 특히 견고성, 뭉침성, 씹힘성이 우수하다.
- 제주 흑돼지는 적색 근섬유의 비율이 타 품종에 비해 높은 반면, 삼원교잡종의 경우 무산소운동과 관련이 높은 백색 근섬유의 비율이 높게 나타났다. 따라서, 흑돼지와 백돼지의 육질차이는 일차적으로 식육을 구성하는 구조적 차이에 서부터 비롯되는 것으로 판단된다.
- 삼원교잡종 농가에 비해 흑돼지 농가에서 도체중, 등지방 두께, 마블링 함량 등 분석치의 농가별 변이가 크게 나타났다. 이러한 도체 조성 및 초기 냉각속도의 변이는 최종 돈육질 및 PSE육 발생과 밀접히 연관되는 것으로 평가되었다.
- 종합적으로 평가해 보면 제주산 돼지는 근육조성, 관능평가 육색, 물성(식감) 항목에서 강세를 보이며, 특히, 물성항목은 소비자가 차이를 인지할 정도로 뚜렷한 차이 나타내는 것으로 확인되었다.
- 제주 흑돼지 농가별 육질현황에 대한 분석결과 가장 시급한 과제로
 - 1) 농가별 육질변이를 줄이고 품질 및 규격을 균일화 해야하며,
 - 2) 농가별, 모든 별 품종 및 교배조합의 차이로 품종 및 특화품질 정립 어려운 실정이며,
 - 3) 동일 농장에서도 모든별로 각기 특성이 다른 출하돈 생산으로 품질이 불균일한 문제점이 확인되었다.
- 현 생산체제에서 흑돼지 명품화를 위한 가장 현실성 있는 대안으로
 - 1) 모든의 품종 및 교배조합의 현대적 관리시스템 도입,
 - 2) 품종 확인된 출하돈의 품질 우수성 규명을 통한 흑돼지 인증 기준안 제시,
 - 3) 우수 흑돼지 생산농가 인증제도 도입을 통한 명품 흑돼지 생산체계 정착을

제안할 수 있다.

- 본 연구를 통해 제주 흑돼지의 육질특성을 규명하여 명품화 전략을 통해 제주 양돈산업이 획기적으로 발전할 수 있는 전기가 마련될 것으로 기대된다. 이를 계기로 국내외 양돈 및 돈육시장에서 제주산 돈육의 품질경쟁력을 높이고, 시장점유율을 배가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 궁극적으로 제주 돈육산업과 양돈산업의 지속적인 발전이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.



ABSTRACT

This study was to investigate the effects of pig breed and carcass chilling rate on meat quality traits in Jeju pork. This study involved 188 pigs from three different breeds as follows: commercial Jeju black pigs (JBP); native Jeju black pig×Duroc (JD); Jeju Landrace×Yorkshire×Duroc (JLYD). Pigs were slaughtered according to standard commercial procedures in a Korean abattoir. Within 45 min postmortem, muscle samples for histochemical analysis were taken from the *longissimus* muscle at the 8th *thoracic vertebrae*. Samples were cut into 0.5×0.5×1.0 cm pieces, promptly frozen in liquid nitrogen, and stored at -80°C until subsequent analyses. Serial transverse muscle sections (10 µm) were obtained from each sample with a cryostat at -20°C and mounted on glass slides. The myosin adenosine triphosphatase activities were detected after acid (pH 4.7) preincubation. About 300 fibers per sample were examined by an image analysis system and the muscle fibers were divided into type I, IIa, and IIb. Muscle pH was measured directly on carcass at the 7th/8th *thoracic vertebrae* using a spear type electrode at 45 min (pH_{45min}) and 24h postmortem (pH_{24h}). Following 24h of chilling, *M. longissimus dorsi* was taken to evaluate the meat quality traits. Drip loss was determined by suspending muscle samples standardized for surface area in an inflated plastic bag for 48h. The color of the meat was measured at the 8th/9th *thoracic vertebrae* at 24h postmortem with a chromameter after exposing the surface to the air for 30 min. The average of triplicate measurements was recorded and the results were expressed as C.I.E. L*, a*, and b*. The texture was measured after cooking, 2.0×2.0×2.0 cm³ pieces were cut for texture profile analysis (TPA). Three pieces for each sample were measured for TPA. JD contained a significantly lower mean area percentage of type IIb fibers than those of other breeds ($P<0.05$). The muscle pH_{45min} and pH_{24h} were significantly higher in JD ($P<0.001$). Drip loss and color parameters were significantly different

between the breeds ($P<0.001$). The muscle $\text{pH}_{45\text{min}}$ and $\text{pH}_{24\text{h}}$ were significantly higher in JD. Meat color and sensory evaluation value was closely related to postmortem metabolic rate and pH value. The muscle color and sensory evaluation value was positively related to pH value. However, the a^* value of the JLYD group was the lowest at 24 h postmortem ($P<0.001$). NPPC color value and NPPC marbling value of the JD group were highest in the breed groups ($P<0.001$). The water-holding capacity and texture were significantly dependent on breed. For the water-holding capacity measurements, the JD group had significantly highest values of FFU, drip loss, and cooking loss ($P<0.001$). The JD group had the highest value of hardness ($P<0.001$), cohesiveness ($P<0.01$), and springiness ($P<0.1$). The L^* value, a^* value and b^* value of the JD group was the highest at 24 h postmortem ($P<0.001$). In this study, JD group, which showed the highest muscle pH, the lowest drip loss, and L^* values contained a significantly lower mean area percentage of type IIb fibers than those of other breeds. Comparing the fiber type composition and meat quality traits observed from the different breeds, the results imply that the *longissimus dorsi* muscle of native Jeju black pig×Duroc group is better meat quality trait than that of other breeds. JD group, which showed the highest muscle pH, the lowest drip loss, and L^* values contained a significantly lower mean area percentage of type IIb fibers than those of other breeds.

참 고 문 헌

- Anderson, M.L., Keeton, J.T., Acuff, G.R., Lucia, L.M. and Vanderzant, C. 1989. Microbiological characteristics of precooked, vacuum packaged uncured beef and pork. *Meat Sci.* 25:69-79.
- Ashgar, A. and Pearson, A.M. 1981. Influence of ante- and post-mortem treatments on the chemical composition and quality. *Adv. Food Res.* 26:355
- Beattie, V. E., Weatherup, R. N., Moss, B. W., and Walker, N. 1999. The effecting of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science* 52, 205-211.
- Bendall, J.R. 1978. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. *Meat Sci.* 2:91-104.
- Bendall, J.R.. and Wismer-Pederson, J. 1962. Some properties of fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* 27:144-159.
- Bouton, P.E., Carrol, F.D., Fisher, A.L., Harris, P.V. and Shorthose, W.R. 1973. Effect of altering pH on bovine muscle tenderness. *J. Food. Sci* 38:816
- Bouton, P.E., Carrol, F.D., Fisher, A.L., Harris, P.V. and Shorthose, W.R. 1983. Influence of pH and fiber contraction state up on factors affecting the tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci* 38:404.
- Bouton, P.E., Harris, P.V. and Shorthose, W.R. 1971. Effext of ultimate pH upon the water holding capacity and tenderness of mutton. *J. Food Sci* 36:435
- Bowker, B.C., C. Botrel, D.R. Swartz, A.L. Grant and D.E. Gerrard. 2004. Influence of myosin heavy chain isoform expression and postmortem metabolism on the ATPase activity of muscle fibers. *Meat Sci.* 68:587-594.
- Brewer, M.S., W.G. Ikins and C.A.Z. Harbers. 1992. TBA values, sensor characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effect of packaging. *J. Food Sci.* 57:558-563.

- Briskey, E.J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89-178.
- Brooke, M. H. and Kaiser, K. K. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind. *Arch. Neurol.* 23, 369.
- Candek-Potokar, M., Zlender, B., Lefaucheur, L., and Bonneau, M. 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical Traits and Sensory Quality in pigs. *Meat Science* 48(3), 287-300.
- Cho, S. H., Park, B. Y., Kim, J. H., Kim, M. J., Seong, P. N., Kim, Y. J., Kim, D. H. 2007. Carcass yields and meat quality by live weight of Korean native black pigs. *Kor. J. Anim. Sci.* 49(4), 523-530.
- Choi, Y. S., Park, B. Y., Lee, J. M., and Lee, S. K. 2005. Comparison of carcass and meat quality characteristics between Korean native black pigs and commercial crossbred pigs. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 25, 322-327.
- Chrystall, B.B. and Devine, C.E., Ellery, S. and Wade, L. 1984. Low voltage electrical stimulation of lamb: its effects in muscle pH and tenderness. *Newzealand J. Agric. Res* 27:57-13
- Cisneros, F., Ellis, M., McCaw, J., McKeith, F. K., and Hyun, Y. 1994. Influence of slaughter weight on carcass cutting yields and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science* 72: suppl. 1, 378(abstr)
- Cisneros, F., Ellis, M., McKeith, F. K., McCaw, J., and Fernando, R. L. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotype. *J. Anim. Sci.* 74, 925-933.
- Crawford, S. M., Moeller, S. J., Zerby, H. N., Irvin, K. M., Kuber, P. S., Velleman, S. G., Leeds, T. D. 2009. Effects of cooked temperature on pork tenderness and relationships among muscle physiology and pork quality traits in loins from Landrace and Berkshire swine. *Meat Science*.
- Crouse, J.D., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Koohmaraie, M., and Seideman, S.C. 1989. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef

- characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.* 67:2661-2668
- Drumm, B.M., McKenna, B.M. & Joseph, R.L. 1992. *J. Food Engng*, 15:285.
- Eggert, J.M., Sheiss, E. B., Schnickel, A. P., Forrest, J. C., Grant, A. L., Mills, S. E., and Watkins., K. F. 1996. Effects of genotype, sex, slaughter weight, and dietary fat on pig growth, carcass composition and pork quality. 1996 Purdue Swine Day.
- Eggert, J.M., F.F.S. Depreux, A.P. Schinckel, A.L. Grant and D.E. Gerrard. 2002. Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. *Meat Sci.* 61:117-126.
- Ellis, M., Smith, W. C., Clark, J. B. K., and Innes, N. 1983. A comparison of boars, gilts and castrates for bacon manufacture. *Animal Production* 37, 1-9.
- Ellis, M., Webb, A. J., Avery, P. J., and Brown, I. 1996. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Animal Science* 65, 521-530
- Essen-Gustavsson, B., Karlstrom, K. and Lundstrom, K. 1992. Intramuscular fat content and lipid in muscle fibers of pigs fed high and low protein diet and relation to meat quality. 38th International Congress of Meat Science and Technology, Clermont Ferrand, France, pp. 41-44.
- Galloway, D.E. and Goll, D.E. 1967. Effect of temperature on molecular properties of postmortem porcine muscle. *J. Anim Sci.* 26:1302-1308.
- Garcia-Macias, J. A., Gispert, M., Oliver, M. A., Diestre, A., Alonso, P., Munoz-Luna, A., Sliggens, K., and Cuthbert-Heavens, D. 1996. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality on pig carcasses. *Animal Science* 63, 487-496.
- Greaser, M.L. 1986. In: muscle as food. Conversion of muscle to meat. Academic Press. New York.
- Gu, Y., Schickel, A. P., and Martin, T. G. 1992. Growth, development and carcass composition in five genotypes. *J. Anim. Sci.* 70, 1719-1792.

- Hah, K. H., Jin, S. K., Kim, I. S., Jung, H. J., and Kim, D. H. 2006. Effect of gender on sensory scores, fatty acid and amino acid of berkshire pork. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 26, 426-430.
- Hah, K. H., Kim, I. S., Jin, S. K., Nam, Y. W., and Cho, J. H. 2007. Proximate composition and physico-chemical characteristics of Berkshire pork by gender. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 27(2), 137-141.
- Hales, K.C. 1963. *Adv. Food Res.* 12:147-207.
- Henckel, P., A. Karlsson, N. Oksbjerg and J.S. Petersen. 2000. Control of post mortem pH decrease in pig muscles: Experimental design and testing of animal models. *Meat Sci.* 55:131-138.
- Honikel, K.O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Evaluation and control of meat quality in pigs. eds. P.V. Tarrant. Martinus Nijhoff Publ. pp. 273.
- Honikel, K.O. and Kim, C.J. 1986. Causes of the development of PSE pork. *Fleischwirtschaft*66, 349-353.
- Honikel, K.O., Kim, C.J., Jamm, R. and Roncales, P. 1986. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.* 16:267
- Hwang, I. H., Park, B. Y., Cho, S. H., Kim, J. H., and Lee, J. M. 2004. Identificaiton of muscle proteins related to objective meat quality in Korean native black pig. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 17, 1599-1607.
- Jeremiah, L. E., Gibson, J. P., Gibson, L. L., Ball, R. O., Aker, C., and Fortin, A. 1999. The influence of breed, gender, and PSS(Halothane) genotype on meat quality, cooking loss, and palatability of pork. *Food Research International.* 32, 59-67.
- Jin, S. K., Kim, C. W., Song, Y. M. Jang, W. H., Kim, Y. B., Yeo, J. S., Kim, J. W., and Kang, K. H. 2001. Physicochemical characteristics of longissimus muscle between the Korean native pig and Landrace. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 21, 142-148

- Jin, S. K., Kim, I. S., Hur, S. J., Kim, S. J., and Jeong, K. J. 2006. The influence of pig breeds on qualities of loin. *Kor. J. Anim. Sci.* 48(5), 747-758.
- Jin, S.K., Kim, I.S., Kim, S.J., Jeong, K.J., Ko, B.S., Nam, Y.W., and Moon, S.S. 2007. Comparison of physicochemical and sensory properties of branded pork by feeding probiotics and crossbred between Korean native and Wild pigs. *Kor. J. Anim. Sci.* 49(1), 99-108.
- Jin, S. K., Song, Y. M., Lee, J. I., Park, T. S., Joo, S. T., and Park, G. B. 1999. Effects of feeding oriental medicinal residue on physico-chemical properties of pork during storage. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 19, 179-187
- 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 Food.* 6:211-226.
- Joo, S.T., R.G. Kauffman, B.C. Kim and G.B. Park. 1999. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to color and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Sci.* 52:291-297.
- Judge, M.D., Aberle, E.D., Forrest, J.C., Hedrics, H.B., and Merkel, R.A. 1989. Principle of meat science. Kendall/Hunt Publishing Co. p.128
- Kang, S. M., Kang, C. G., Lee, S. K. 2007. Comparison of quality characteristics of Korean native black pork and Modern genotype pork during refrigerated storage after thawing. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 27(1), 1-7.
- Kang, S. M., Lee, S. K. 2007. Quality comparison of *M.longissimus* from crossbred Wild boars, Korean native black pigs and Modern genotype pigs during refrigerated storage. *Kor. J. Anim. Sci.* 49(2), 257-268.
- Karlsson, A.H., R.E. Klont, and X. Fernandez. 1999. Skeletal muscle fibers as factors for pork quality. *Livestock Production Science*, 60:255-269.
- Kastner, C.L, R.L. Henrickson and R.D. Morrison. 1973. Characteristics of hot-boned bovine muscle. *J. Anim. Sci.* 36:484-487
- Kauffman, R.G., G. Eikelenboom, P.G. Van der Wal, B.G. Merkus and M. Zaar. 1986. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature.

Meat Sci. 18:191-200.

- Kim, B. K., Kang, S. S., and Kim, Y. J. 2001. Effects of dietary oriental medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 21, 208-214.
- Kim, I. S., Jin, S. K., Kim, C. W., Song, Y. M., Cho, K. K., and Chung, K. H. 2008. The effect of pig breeds on proximate, physicochemical, cholesterol, amino acid, fatty acid and sensory properties of loins. *Kor. J. Anim. Sci.* 50(1), 121-132.
- Kim, Y. B., Rho, J. H., Richardson, I., and Wood, J. 2000. Comparison of physicochemical properties of pork from 4 different pig breeds. *Kor. J. Anim. Sci. & Technol.* 42(2), 195-202.
- King, N.L. and Harris, P.V. 1982. Heat-induced tenderization of meat by endogenous carboxyl protease. *Meat Sci* 6:137
- Ko, M.S. and J.B. Yang. 2001. Effects of wrap and vacuum packaging on shelf life of chilled pork. *Kor. J. Food and Nutr.* 14:255-262.
- Krzywicki, K. 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Sci.* 3:1-10
- Lawrie, R.A. 1979. *Meat Science*. 3rd ed. p.300. Pergamon Press, New York.
- Lawrie, R.A. 1991. In: *Meat science*. 5th ed. Pergamon Press, Oxford.
- Leach, L. M., Ellis, M., Sutton, D. S., McKeith, F. K., and Wilson, E. R. 1996. The growth performance, carcass characteristic and meat quality of halithane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.* 74, 934-943.
- Lee, S. D. 2002. Effects of carcass and pork quality characteristics by marketing day of Kagoshima berkshire. *MA. thesis*, Chinju National Univ., Chinju, Korea.
- Lee, S. K., Ju, M. K., Kim, Y. S., Kang, S. M., and Choi, Y. S. 2005. Quality comparison between Korean native black ground pork and modern genotype ground pork during refrigerated storage. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 25, 71-77.
- Leseigneur-Meynier, A. and Gandmer, G. 1991. Lipid composition of pork muscle in

- relation to the metabolic type of the fibers. *Meat Sci.* 29, 229.
- Locker, R.H. and Hagyard, C.J. 1963. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.* 14:787.
- Locker, R.H., Davey, C.L., Nottingham, P.M., Haughey, D.P. and Law, N.H. 1975. New concepts in meat processing. *Adv. Food. Res.* 21:157.
- Lundstrom, K. Essen-Gustavsson, B., Rundgren, M., Edfors-Lilja, I. and Malmfors, G. 1989. Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and it's relationship with meat quality: A within-litter comparison. *Meat Sci.* 25, 251.
- Mallikarjunan, P., G.S. Mittal. 1995. Optimum Conditions for Beef Carcass Chilling. 39:215-223.
- Malmfors, B. and Nillson, R. 1978. Meat quality traits of boars in comparison with castrates and gilts. *Swedish Journal of Agricultural Research* 8, 209-217.
- Marsh, B.B. and Leet, N.G. 1966. Studies in meat tenderness. 111. The effects of cold shortening on tenderness. *J. Food Sci.* 31:450.
- Martel, J., Minvielle, F., and Poste, L. M. 1988. Effects of crossbreeding and sex on carcass composition, cooking properties and sensory characteristics of pork. *J. Anim. Sci.* 66, 41-46.
- Martens, H. 1998. Physiologie der Muskulatur und das MHS-Gen des Schweines: Zur Diskussion um eine Eliminierung des mutierten Ryanodin-Rezeptors aus der deutschen Schweinezucht. *Arch. Trierzucht. Dummerstorf.* 41(1/2), 179-192.
- Matsuoka, A., Yamano, Y., Furukawa, N., Ikeda, S., and Yamanaka, Y. 1991. Studies on meat quality of pigs crossbred with wild boars 5. Effects of sex on growth, carcass traits and physico-chemical properties of meat. *Japanese Journal of Wsine Sience* 28(1), 6-12.
- Mikkelsen, A., Juncjer, D., and Skibsted, L. H. 1999. Metmyoglobin reductase activity in porcine m. *longissimus dorsi* msclc. *Meat Sci.* 51, 155-161.
- Moeller, P.W., Fields, P.A., Duton, T.R., Landmann, W.A. and Carpenter, Z.L. 1976. Effect of high temperatyre and conditioning on subcellular distribution and

- levels of lysosomal enzymes. *J. Food Sci* 41:216
- Monin, G. and A. Ouali. 1992. Muscle differentiation and meat quality. In R. Lawrie (Ed.), *Developments in meat science* (pp. 89-157). London: Elsevier Applied Science.
- Monin, G., Mejenes-Quijano, A., Talmant, A. and Sellier, P. 1987. Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. *Meat Sci.* 20, 149.
- Nikitenko, R. I., Mukhanov, F. E., Podskrebkin, N. V., Silich, S. V., and Zagorel'skii, V. N. 1990. The use of young boars for meat. *Zootekhnika* No. 3, 76-77
- Offer, G. 1991. Modeling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effect of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.* 30:157.
- Offer, G., & Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding capacity in meat. Part 2: Drip losses. In R. Q. Lawrie (Ed.), *Developments in meat science* (pp. 173-241). London: Elsevier Applied Science.
- Ouai, A. 1990. Meat tenderization: Possible cause and mechanisms. A review. *J. Muscle Foods.* 1:129.
- Park, B. Y., Kim, N. K., Lee, C. S., Hwang, I. H. 2007. Effect of fiber type on postmortem proteolysis in longissimus muscle of Landrace and Korean native black pigs. *Meat Science.* 77, 482-491.
- Park, G. B., Lee, J. R., Lee, H. G., Park, T. S., Lee, J. I., Kim, Y. H., and Jin, S. K. 1998. The effect of feeding oriental medicine refuse on changes in physico-chemical properties of pork with storage time. *Kor. J. Anim. Sci.* 40, 391-400.
- Parrish, F.C. jr., Olson, D.G. Miner, B.E. and R.E. Rust. 1973. Effect of degree of marbling and internal temperature of doneness on beef rib steaks. *J. Anim. Sci* 37:430
- Parrish, F.C. Jr., Selving, C.J., Culler, R.D. and Zeece, M.G. 1981. CAF activity, calcium concentration, and 30,000-dalton component of tough and tender

- bovine longissimus muscle. *J. Food Sci* 46:308
- Penny, I.F. 1969. Protein denaturation and water holding capacity in port muscle. *J. Food Technol.* 4:269-273.
- Penny, I.F., Voyle, C.A. and Dransfield, E. 1974. The tenderizing effect of muscle proteinase on beef. *J. Sci. food Agri* 25:703
- Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A. and Stempel, K. E. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry* 11, 2627.
- Pierson, C.J. and Fox, J.D. 1976. Effect of postmortem aging time and temperature on pH, tenderness and soluble collagen fractions in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci* 43:1206
- Risvik, E. (1994) Sensory properties and preferences. *Meat Sci.* 36, 67-77.
- Ryu, Y.C., Y.M. Choi and B.C. Kim. 2005. Variations in metabolite contents and protein denaturation of the longissimus dorsi muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. *Meat Sci.* 71:522-529.
- Salviati, G., Betto, R. and Betto, D. D. 1982. Polymorphism of myofibrillar proteins of rabbit skeletal muscle fibres. An electrophoretic study of single fibres. *Biochem. J.* 207, 261.
- SAS Institute. 2001. SAS user's guide, version 8.2. Cary, NC: SAS Institute.
- Sather, A. P., Jones, S. D. M., Tong, A. K. W., and Murray, A. C. 1991. Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* 71(3), 646-653.
- Schiaffino, S. and C. Reggiani. 1996. Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*, 76:371-23.
- Schon, L. and Strosiek, M. 1958. Sodium under pH in rindfleisch and sch2einefleisch. *Fleischwirtschaft* 10:78
- Scopes, R.K. 1970. Characterization and studies of sarcoplasmic proteins. "In physiology and biochemistry of muscle as a food." Vol. 2. E.J. Briskey.

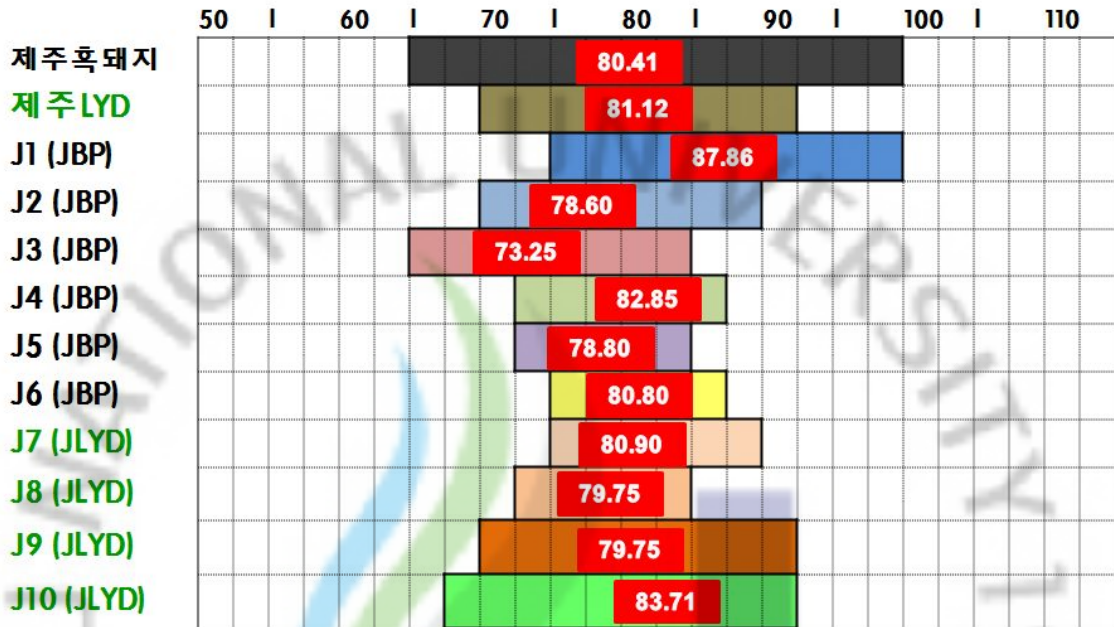
- R.G. Cassens and J.C. Trautman, ed. Univ. Wisconsin Press Midison. P. 471
- Smith, G.C., Arango, T.C. and Carpenter, Z.L. 1971. Effect of physical and mechanical treatment on the tenderness of beef longissimus. *J. Food Sci* 36:455
- Suzuki, A., Matsumoto, Y., Nonami, Y. and Saito, M. 1982. Ca²⁺ activated protease in stored muscle. *Meat Sci* 7:269
- Tikk, K., Tikk, M., Karlsson, A. H., and Andersen, H. J. 2006. The effect of a muscle-glycogen-reducing finishing diet on porcine meat and fat colour. *Meat Science*. 73, 378-385.
- Tornberg, Z. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Sci*. 43:s157.
- Unruh, J. A., Friesen, K. G., Stuewe, S. R., Dunn, B. L., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., and Tokach, M. D. (1996)
- Van Den Berg, L., Lentz, C.P., Khan, A.W. 1964. *Food Technol*. 18:729-731.
- Van der Wal, P.G., Engel, B and Hulsegge, B. 1997. Causes for variation in pork quality. *Meat Sci*. 46(4):319-327.
- Warkup, C. C., Dilworth, A. W., Kempster A. J., and Wood, J. D. 1990. The effects of sire type, company source, feeding regimen and sex on eating quality of pig meat. *Animal Production*. 50, 550-557.
- Warner, R.D., P.G. Kauffman and M.L. Greaser. 1997. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Sci*. 45:339-352.
- Warriss, P. D. and Brown, S. N. 1987. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci*. 20, 65-74.
- Warriss, P.D., and Lister, D. 1982. Improvement of meat quality in pigs by beta-adrenergic blockade. *Meat Sci*. 7:183-187.
- Yang, S. J., Kim, Y. K., Hyon, J. S., Moon, Y. H., and Jung, I. C. 2005. Amino acid contents and meat quality properties on the loin from cressbred black and crossbred pigs reared in Jeju. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour*. 25, 7-12.

- Yoo, Y. M., Ahn, J. N., Cho, S. H., Park, B. Y., Lee, J. M., Kim Y. K., and Park, H. K. 2002. Feeding effects of ginseng by-product on characteristics of pork carcass and meat quality. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 22, 337-342
- Young, O. A. and Davey, C. L. 1981. Electrophoretic analysis of proteins from single muscle fibers. *Biochem. J.* 195, 317.
- 김병철, 박구부, 성삼경, 이무하, 이성기, 정명섭, 주선태, 최양일. 1998. 근육식품의 과학. 선진문화사. pp.61-90, 93-147.
- 문윤희. 2004. 제주도 개량 흑돼지 고기의 이화학적 및 관능적 품질 특성. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* 24(3), 238-245.

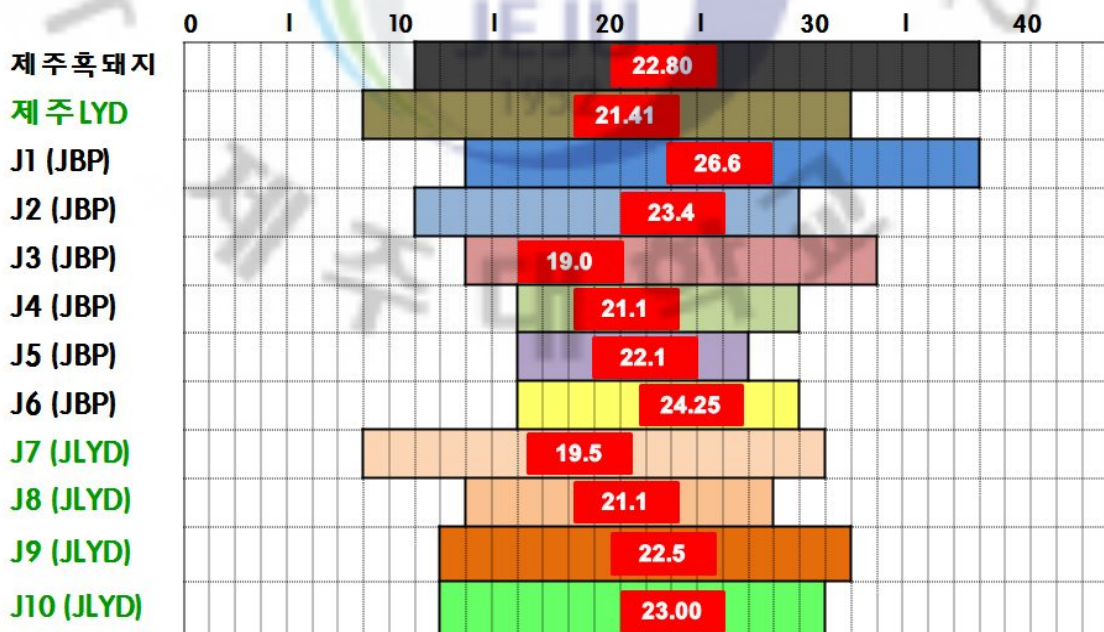


별첨. 제주도내 농장별 육질 비교

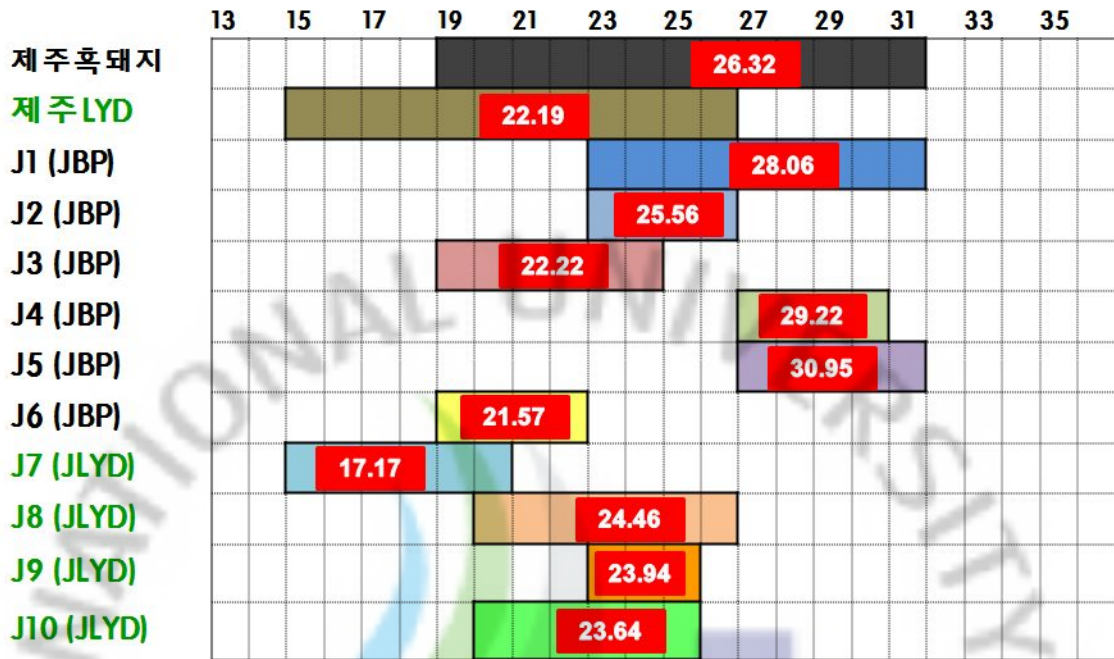
도체중 변이분석 [kg]



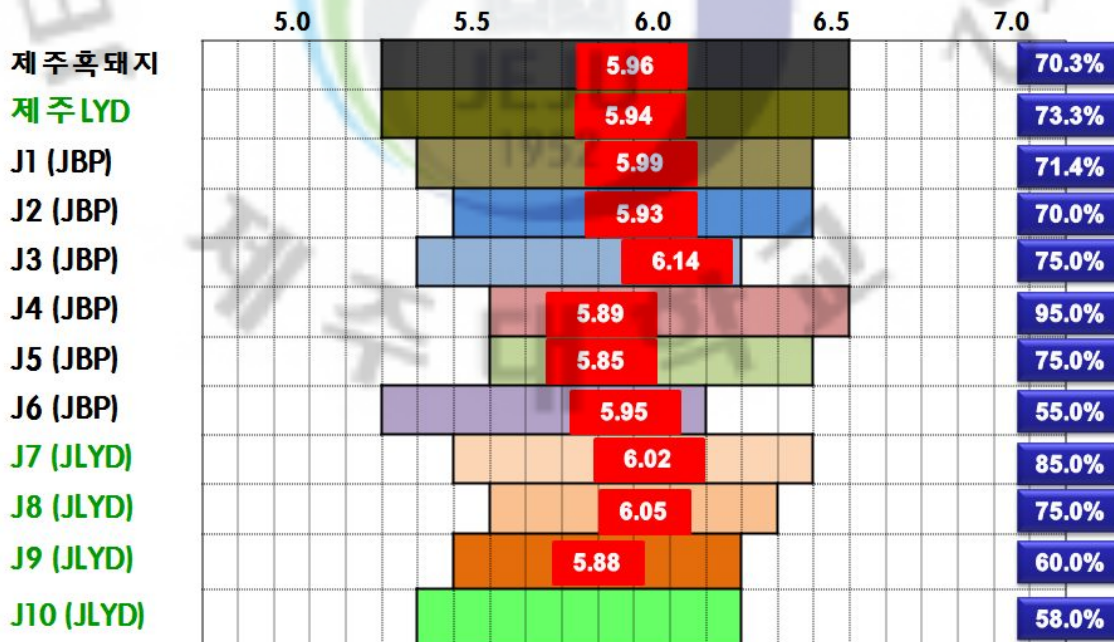
등지방 두께 [mm]



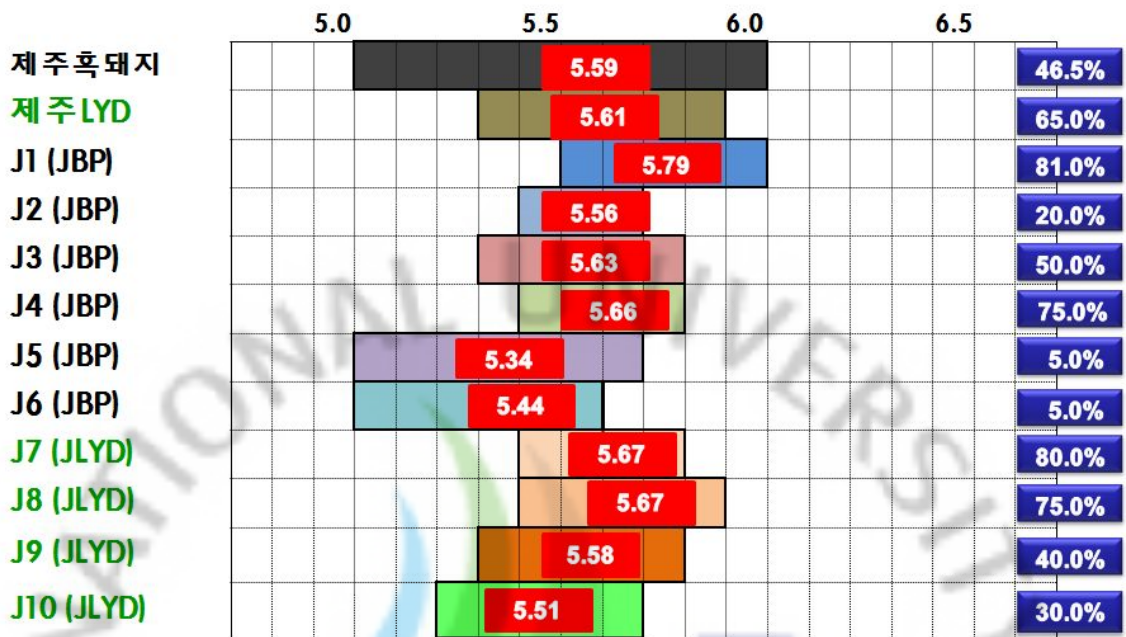
사후 2시 근육온도(°C)



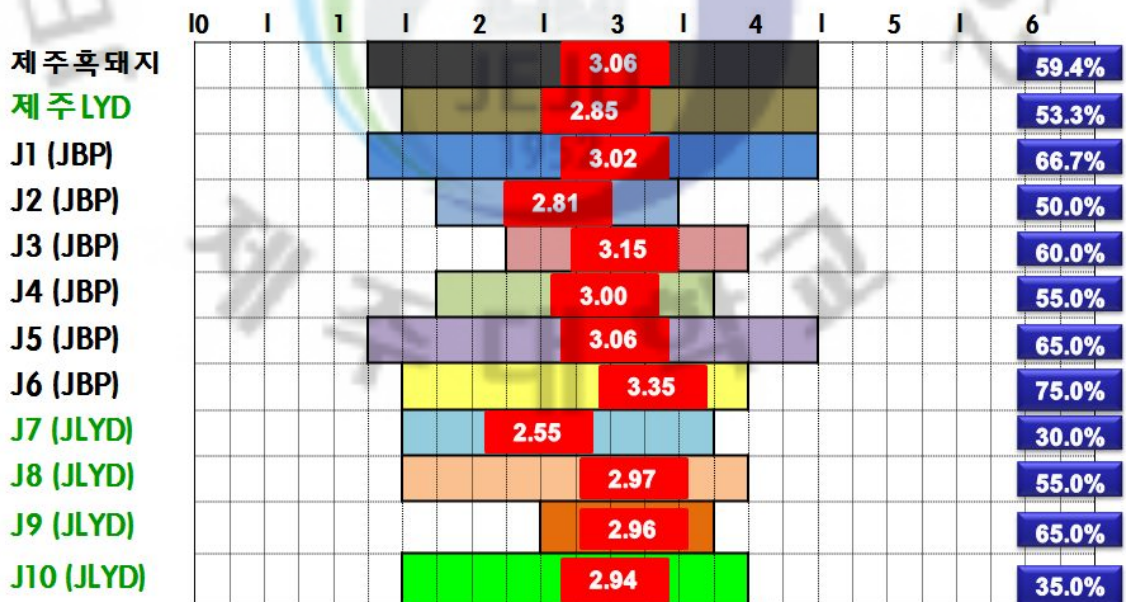
사후 2시 근육 pH



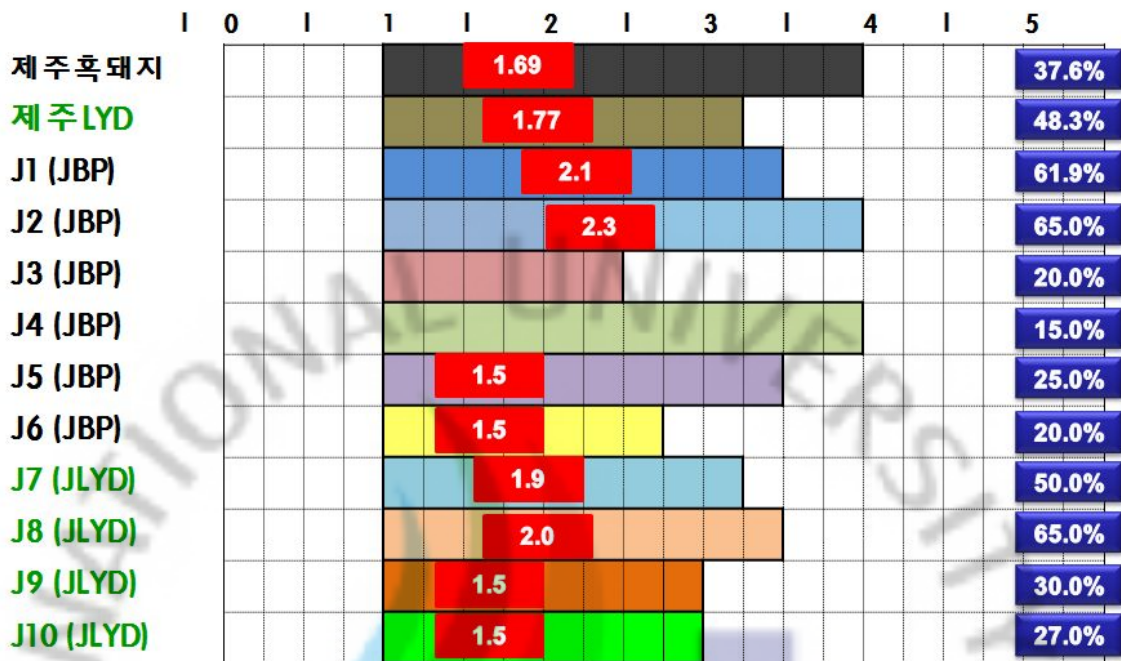
사후 24시 근육 pH



식육의 육색 (NPPC)



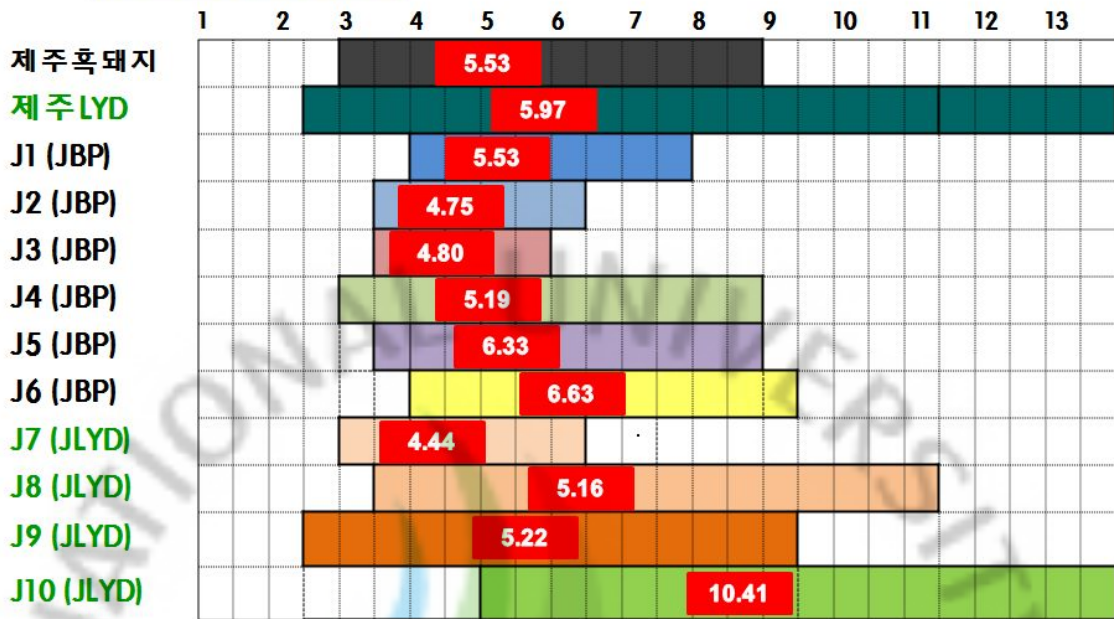
근내지방도 (마블링)



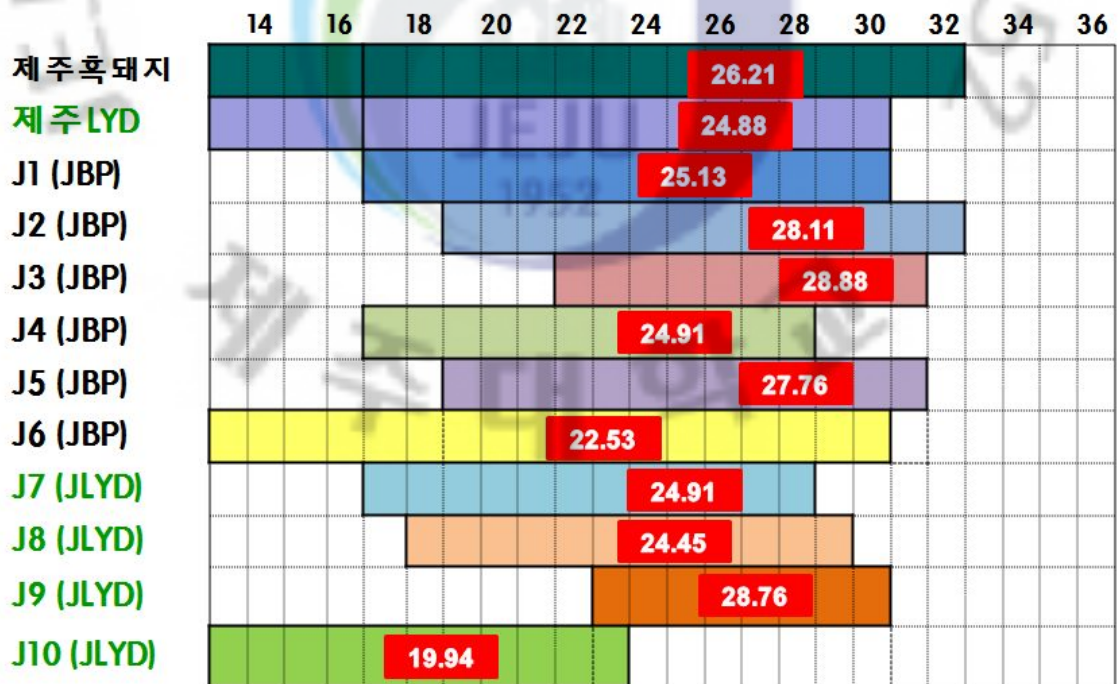
식육의 육색 (명도)



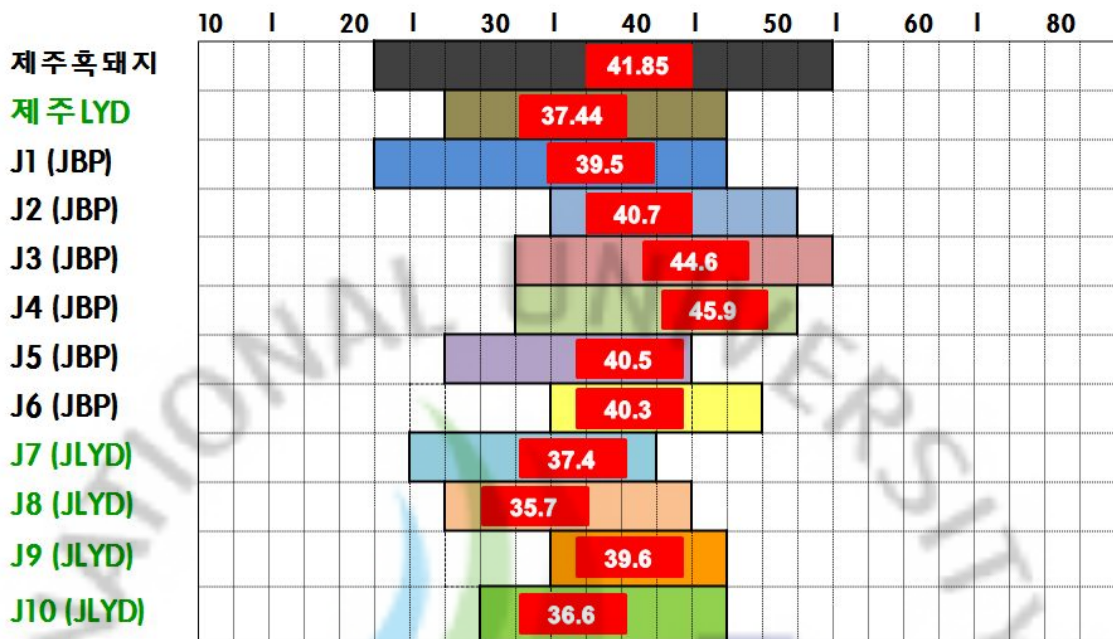
유리육증량 (%)



조리 후 감량 (%)



식육의 물성 (건고성)



적색 근섬유 비율 (%)

