



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](#)

돼지의 조기선발 및 품질예측을 위한 근조직 생검법 적용기술 개발
高 旻 甫
二〇一八

博士學位論文

돼지의 조기선발 및 품질예측을
위한 근조직 생검법 적용기술 개발

濟州大學校 大學院

動物生命工學科

高 炘 甫

2018年 2月

돼지의 조기선발 및 품질예측을 위한 근조직 생검법 적용기술 개발

指導教授 柳 然 喆

高 炘 甫

이 論文을 農學 博士學位 論文으로 提出함

2017年 12月

高炘甫의 農學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 이 왕 식 _____ 印

委 員 _____ 민 태 선 _____ 印

委 員 _____ 최 영 민 _____ 印

委 員 _____ 송 민 호 _____ 印

委 員 _____ 류 연 철 _____ 印

濟州大學校 大學院

2017年 12月

Development of application technique of muscle
biopsy for juvenile selection and quality
prediction of pigs

Kyung-Bo Ko

(Supervised by professor Youn-Chul Ryu)

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
DOCTOR OF PHILOSOPHY

Department of Biotechnology
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
LIST OF TABLES	i
LIST OF FIGURES	iii
LIST OF ABBREVIATIONS	iv
ABSTRACT	v
CHAPTER 1: INTRODUCTION	1
CHAPTER 2: LITERATURE REVIEW	4
1. 국내 가축 현황	4
1.1 사육현황	4
1.2 소비현황	4
2. 국내 보급된 비육용 돼지품종 및 연구현황	5
2.1 랜드레이스(Landrace)	5
2.2 요크셔(Yorkshire)	5
2.3 듀록(Duroc)	6
2.4 버크셔(Berkshire)	7
2.5 삼원교잡종(LYD)	7
3. 돼지 품종별 육질 특성	8
4. 제주도 개량 흑돼지	10
4.1 제주도 개량 흑돼지 연구현황	11
5. 식육의 품질 항목	13
5.1 도체(고기)의 최종 pH가 육질에 미치는 영향	16
5.2 육색과 육질과의 상관관계	17
5.3 식육의 보수력(Water-Holding Capacity)	19
6. 근육의 구성	21
6.1 근섬유 구성 및 특징	22
6.2 근섬유 조성이 육질특성에 미치는 영향	25
6.3 근육의 생체 조직(Biopsy)검사	27
7. 돼지의 이유	28

8. 참고 문헌	29
CHAPTER 3: 제주 개량 흑돼지와 다양한 돼지 품종의 육질특성 비교	46
Abstract	46
서론	48
재료 및 방법	49
결론 및 고찰	53
참고 문헌	63
CHAPTER 4: 생체 돼지근육의 근섬유 조성 특성과 도축 후 도체 성적 및 육질 특성과의 상관관계	67
Abstract	67
서론	69
재료 및 방법	71
결과 및 고찰	78
참고 문헌	91
CHAPTER 5: 자돈의 이유일령과 이유체중이 도체 및 육질특성에 미치는 영향	94
Abstract	94
서론	95
재료 및 방법	97
결론 및 고찰	105
참고 문헌	115
SUMMARY	121

LIST OF TABLES

	PAGE
Table 1. 돈육 품질 기준 연구 현황	15
Table 2. 근섬유의 생물학적 특성	24
Table 3. 실험에 이용된 품종별 돼지 두수	49
Table 4. Instron 설정 값	52
Table 5. 제주개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 육색 측정 결과	60
Table 6. 제주 개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 보수력 측정 결과	61
Table 7. 제주 개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 근섬유 특징 분석 비교 결과	62
Table 8. 근섬유 조성과 사양 및 도체성적간의 연관성 분석	83
Table 9. 생검시료의 조직학 결과와 도축 후 조직학 결과의 상관 관계 분석	85
Table 10. 생검시료와 육질평가 항목간에 상관관계	86
Table 11. 도체 성적 및 근섬유 크기 변화	87
Table 12. 근섬유 면적 및 개수 비율 변화	88
Table 13. 세대별 육질 변화량	89
Table 14. 세대 별 NPPC Score	90
Table 15. 사료의 재료 및 영양성분	99

Table 16. 이유일령 및 이유체중에 따른 돼지의 분류	100
Table 17. Rhometer 설정값	102
Table 18. 조직감 측정 항목 정의	103
Table 19. 이유일령과 이유무게가 도체중, 등지방두께 및 NPPC 마블링 점수에 미치는 영향	109
Table 20. 이유일령과 이유무게가 pH 및 육색에 미치는 영향	110
Table 21. 이유일령과 이유체중이 보수력과 조직감에 미치는 영향	111
Table 22. 이유일령과 이유체중이 도체 품질과의 상관관계 분석	112

LIST OF FIGURES

	PAGE
Figure 1. 근육에서 식육으로 변화(근육대사의 변화)	14
Figure 2. 식육 표면에서의 myoglobin의 상호작용	19
Figure 3. 일반적인 근육의 구성	21
Figure 4. Biopsy 이용한 말의 질병, 근육 조직 검사	27
Figure 5. 제주개량 흑돼지와 국내 사육의 도체 성적 비교	58
Figure 6. 제주개량 흑돼지 및 국내 사육 돼지의 전단가 측정 결과	59
Figure 7. 선발 개요도	72
Figure 8. Biopsy의 원리	73
Figure 9. NPPC 표준 육색	76
Figure 10. NPPC 표준 마블링	77
Figure 11. 생검조직의 염색 결과	84
Figure 12. 미국 양돈 협회(National Pork Producers Council, NPPC)표준 마블링	98
Figure 13. Texture Profile Analysis(TPA)곡선	103
Figure 14. 이유일령 및 이유체중이 도체중, NPPC marbling score, drip loss와의 관계	113
Figure 15. 이유일령 및 이유체중이 육색 측정 항목과의 관계	114

LIST OF ABBREVIATIONS

B	Berkshire
CSAF	Cross-Sectional Aea of Fibers
CAS	Cross-Sectional Area
D	Duroc
FAC	Fiber Area Composition
FNC	Fiber Number Composition
GP	Grand Parent
GGP	Great Grand Parent
IMF	Intramuscular fat
KNP	Korean Native Pig
L	Landrace
LD	Longissimus dorsi
LYD	Landrace x Yorkshire x Duroc
L*	Lightness
NPPC	National Pork Producers Council,
PSE	Pale, Soft, Exudative
PS	Parent Stock
PSS	Porcine Stree Syndrome(스트레스증후군)
RFN	Red, Firm, Non-exudative
RSE	Red, Soft, Exudative
TNF	Total number of fibers
pHu	ultimate pH
WBSF	Warner-Bratzler Shear Force
WHC	Water Holding Capacity
Y	Yorkshire

ABSTRACT

The purpose of this study is to understand histologic characteristics and meat quality of various pig breeds and Jeju black pigs and screen crossbred black pigs with superior meat quality based on the correlation of histologic outcomes of biopsy on Jeju black pigs and after slaughter. It analyzed muscle quality of breeds such as Jeju black pigs(JBP) LYD, Berkshire (B), Yorkshire (Y), Duroc (D), Landrace (L) and Meishan(M) and cross-section and composition of muscle fiber (Chapter 3). It analyzed the composition of muscle fiber in living pigs by collecting their muscular system and verified the composition of muscle fiber by collecting the muscular system in the same area after slaughter (Chapter 4). Then, it screened crossbred black pigs with high ratio of a specific muscle fiber, by analyzing the correlation between the composition muscle fiber in living pigs and that after slaughter. Some effects of weaning weight and weaning age on meat quality of pigs were analyzed to use them in screening pigs in the process of crossbred. In chapter 3 and 4, pH, drip loss, cooking loss and shear force were conducted to measure meat quality. In chapter 4, NPPC marbling and color score were additionally conducted. Both muscle fibers in bioped samples and those after slaughter were stained by using myofibrillae adenosine triphosphatase staining methods.

Piglets were divided into one group with D21 (18~24 days) and other group with D28 (25~35 days), according to weaning age. Each group of weaning age was divided into three blocks according to weights (L, M, and H) per weaning. Weights in the group with the weaning age of D21 and other group with that of D28 were divided into $5.9\pm 0.1\text{kg}$ (L), $7.3\pm 0.1\text{kg}$ (M) and $9.0\pm 0.3\text{kg}$ (H), and $5.8\pm 0.1\text{kg}$ (L), $7.4\pm 0.1\text{kg}$ (M), $9.2\pm 0.1\text{kg}$ (H), respectively.

The results of chapter 3 showed that JBP had the lowest carcass weight,

and that Meishan(M) had the highest backfat thickness, while LYD had the lowest backfat thickness($P < 0.05$). The highest scores of NPPC marbling were shown for LYD, D and L, while the lowest score for M ($P < 0.05$). The score of JBP was significantly higher than that of M, but was lower than those of other breeds. The measurement of lightness (L^*) was highest for M, whereas it was lowest for B ($P < 0.05$). The measurement of redness (a^*) was highest for D and that of yellowness (b^*) was highest for JBP ($P < 0.05$). The value of drip loss was highest for M (6.13%), while it was lowest for B and D breed (2.29%) ($P < 0.05$). The measurement of cooking loss was lowest for LYD (23.39%), indicating that the cooking loss of LYD was better than that of other breeds($P < 0.05$) and there were not significant differences among them. The muscle fibers were analyzed by cross-sectional area (CAS), fiber number composition (FNC) and fiber area composition (FAC). An analysis of CAS shows that the values of CAS were highest for type I, IIa and IIb of LYD, while those were lowest for all types of muscle fibers in M ($P < 0.05$). The FNC was highest for type I of muscle fiber in JBP and D, while it was lowest for type IIa of it in JBP ($P < 0.05$). It was lowest for type IIb of muscle fiber in D and was highest in B, while there were no significant differences among remaining breeds. The FAC was highest for type I of muscle fiber in JBP ($P < 0.05$). There were no significant differences in FAC among other breeds, except for type IIa in JBP. It was lowest for type IIb in D, while there were no significant differences among remaining breeds.

In chapter 4, longissimus thoracts in 1122 piglets of crossbred black pigs were collected and analyzed to examine the relationship between the composition of biopsy muscle fiber and meat quality. Types I of Biopsy Fiber Area (BFA) has a positive correlation with fiber area composition (FAC) after slaughter ($r = 0.12$, $P < 0.05$) but has a negative correlation with IIb ($r = -0.15$, $P < 0.05$). Type I of Biopsy Fiber Area Composition (BFAC) has a

positive correlation with that of BFAC after slaughter($r = 0.48$ $P < 0.05$) but has a negative correlation with IIb($r = -0.41$, $P < 0.05$). An analysis of the correlation between the findings of biopsy analysis and meat quality exhibited that there is a positive correlation between drip loss and type I of BFA($r = 0.48$ $P < 0.05$). There was a positive correlation between type 1 of BFAC and final pH and NPPC color, while there was a negative correlation between it and measurement items of water binding capacity, including drip loss for 24h and for 48h and cooking loss ($r = -0.08$, $r = -0.11$, $r = -0.08$, $P < 0.05$, respectively). Total fiber number and fiber density for the 2th generation were higher than those for the 1th and the 3rd generation, and there was no difference between the 1th and the 3rd generation. The mean area of muscle fiber was lowest for the 2th generation ($P < 0.001$), while there is no difference between the 1th and the 3rd generation ($P < 0.001$). Average areas of type IIa and type IIb were lowest for the 2th generation and high for the 1th and 3rd generation, the difference among them was not significant. The composition of type I of muscle fiber was lowest for the 1th generation, followed by the 3rd generation, and then the 2th generation ($P < 0.001$). Type IIb was highest for the 1th generation followed by the 3rd generation, and then the 2th generation ($P < 0.001$). The average size of type I increased over generations, and the composition and the number of are also increased. Some measurement items including FFU, Drip loss for 24h and for 48h and cooking loss were better for the 2th and the 3rd generation than for the 1th generation. The population with higher composition of type I was selected and crossbred, to find that the measurements of carcass color exhibited the same tendency of those of previous lightness and redness. The NPPC color values were increased over generations ($P < 0.001$).

In chapter 5, the number of weaning piglets used in an experiment was 468 (252 females and 216 males), weaning ages were divided into 21 days(D21) and 28 days (D28), and weaning weights were also categorized

into low(L), middle(M) and high(H) group ($P < 0.05$). Carcass weights of pigs were affected by weaning ages and weaning weights. The L group with D21 had higher carcass weights than those of other groups ($P < 0.05$). The L group with lower weaning weights had the highest growth rate, regardless of weaning ages, and the L group with D 28 has the highest carcass weights. The NPPC marbling score was higher for D 21 than for D28 ($P < 0.05$), and the H group with D 21 had the highest score. Each of the lightness(L*) and the redness(a*) was affected by weaning weights and weaning ages, respectively ($P < 0.05$). The drip loss was not affected by weaning ages, and other measurement items of water binding capacity were not affected by weaning ages and weaning weights. The measurements of drip loss were higher for piglets with D28 than for those with D21, however, those that ranged from 1.76 to 2.92% were within the normal range. An analysis of the correlation between weaning ages and weaning weight showed that the latter increased according to the former($r = 0.26, P < 0.05$). They had negative correlations with carcass weights($r = -0.17, P < 0.05$) and drip loss($r = -0.26, P < 0.01, r = -0.22, P < 0.05$). In addition, they had no significant correlation with carcass color, one of quality evaluation items.

CHAPTER 1

INTRODUCTION

제주 흑돼지는 옛날부터 우리 삶속에 깊숙이 자리 잡고 살아왔다. 돌담을 만들고 변소에 돼지를 넣어 키웠으며, 이를 돛통(돛통시)이라고 불렀다. 이러한 시설은 지금은 찾아 볼 수 없지만, 사람의 배설물, 음식물을 처리하고 다시 퇴비를 얻는 생태순환적인 시스템이었다. 또한 집안에 잔치, 장례 등의 ‘큰일’이 있을 때 키우던 돼지를 추렴하여 돼지수육, 피순대 등을 만들어 대접하였으며, 이러한 문화는 지금도 제주도향토문화에 남아 있다. 일제강점기와 근대화를 통해서 1940년에 버크셔 종이 도입이 되면서, 토종 흑돼지와 교잡이 일어나게 된다. 양돈산업은 계속 발전하였지만, 제주 토종 흑돼지는 멸종위기 직전에 축산진흥원에서 순수 혈통의 흑돼지 암놈 4두와 수놈 1마리를 찾아 복원 사업을 시작하였다. 이때가 1986년에 일이다. 이후 순수 혈통의 흑돼지 260여 마리로 늘어났으며, 2015년에 천연기념물 550호로 지정되었다. 현재 제주도 내에서 판매하고 있는 흑돼지는 모두 개량종이며, 체구가 작고, 산자수가 적고, 성장이 느린 토종 흑돼지를 사육화 하면서 개량되었다.

흑돼지는 백돼지보다 지방이 단단하고, 고기의 견도도 더 높아 식감이 우수하고 육즙이 풍부한 것으로 알려져 있다. 제주의 청정이미지와 관광지역의 특성, 구이문화의 발달로 인하여 제주도 흑돼지의 선호도가 높다. 따라서 흑돼지 사육의 대량화 및 고급화에 대한 필요성이 요구된다(Cho et al., 2007). 하지만 사육성적(육량)과 품질을 동시에 만족하는 개량은 동시에 진행되기 어렵다. 우리나라의 과거 돼지개량은 육량을 높이는 방향으로 진행되어, 육량과 산자수는 높아졌지만, 육색, 보수력등 품질은 저하되는 불량육이 발생하였다.

식육의 품질을 결정하는 요인에는 환경적 요인과 생물학적, 화학적, 조직학적 특성에 영향을 받는다. 식육이 도축되기 전 이동과정 중에 발생하는 스트레스 및

계류장에서의 전기막대, 계류장내 서열다툼 등의 스트레스로 인하여 불량육이 발생하기도 한다. 도축 후에는 근육에서 식육으로 전환되는 과정에서 근육은 산소를 계속 공급받지 못하여, 호기적 대사는 체내에 남은 산소를 이용하고 난 후 중단이 되며, 혐기적 대사로 전환된다. 대사 결과 근육내 젖산이 축적되고 pH저하 속도에 영향을 미쳐 최종적으로 고기 품질에 영향을 준다. 이러한 대사 속도는 근육내에 남아있는 글리코겐의 양에 의해 결정되며, 글리코겐의 양은 근육의 종류에 따라 저장되어있는 양이 다르다. 근육은 빠른 수축을 하여 순간적인 힘을 내는 속근(fast-twitch muscle)과 지속적인 힘을 내는 지근(slow-twitch muscle)로 구분한다. 속근은 대사를 빨리 진행하여 수축을 하기 위하여 산소를 이용하지 않으며 세포에 에너지를 저장하고 있다. 산소와 에너지의 이동 통로가 되는 모세혈관이 발달하지 않았으며, 크기가 지근 보다 크다. 산소를 이용하지 않아 마이오글로빈이 적게 존재한다. 반대로 지근의 경우 산소를 이용하기 위하여 모세혈관이 발달하였으며, 세포내에 에너지를 저장하지 않으며 산소를 저장하는 마이오글로빈이 속근보다 많이 존재한다. 이러한 마이오글로빈은 육색소 역할도 하며 도축 후 육색을 결정한다. 지근과 속근은 다른 표현으로 적색근(지근), 백색근(속근)으로 표현한다.

근섬유의 조성은 돼지고기의 품질에 영향을 준다. 백색근섬유는 보수력, 육색 등에 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 적색근의 경우 보수력, 육색, NPPC color에 긍정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이러한 근섬유의 양은 출생시에 고정되며, 크기 성장을 통해서 근육량이 증가하게 된다. 따라서 특정 근섬유 조성(적색근)을 높이는 개량을 통해서 육질이 우수한 흑돼지를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문의 목적은 제주도 개량 흑돼지의 고품질화 및 계통돈을 생산하기 위하여 수행되었다. 이 목적을 수행하기 위한 세부적인 내용은 아래와 같다.

- 1) 제주도 개량 흑돼지와 국내에서 사육된 돼지의 품질 비교를 통한 현황 파악(Chapter 3)
- 2) 살아있는 돼지의 근섬유 채취 및 조직학 분석(Chapter 4)
- 3) 생체 조직학 분석결과를 통한 육질 예측 가능성 확인(Chapter 4)

4) 이유일령이 사육 성적 및 도체 품질에 미치는 영향에 대한 상관분석
(Chapter 5)

CHAPTER 2

LITERATURE REVIEW

1. 국내 가축 현황

1.1 사육 현황

1980년대 후반 우리나라는 급격한 산업화로 인하여 소규모 사육 농가가 점진적으로 기업화, 규모화 되면서 농가는 줄어들고 사육두수는 늘어나고 있는 실정이다. 2017년 현재 제주도의 경우 한우 사육 농가는 511호 32만두를 사육중이고, 젓소는 46호에서 4천두, 돼지 사육 농가는 284농가로 사육두수는 약 57만두(571,684)이며, 전국 사육두수 대비 약 5.5%에 해당된다(가축동향조사결과, 2017).

최근 제주도의 돼지 사육 동향을 살펴보면, 2015년도에 553,872마리가 사육되었으며(가축동향조사, 2015), 그 중에서 흑돼지가 95,097마리 사육되고 있다. 2013년에 80,319마리, 2011년에 6,8932마리가 사육되었다. 이처럼 흑돼지 사육 비율이 점차 증가하고 있는 추세이다(제주도 가축통계조사, 2015).

1.2 소비 현황(도축현황)

우리나라의 1인당 육류 소비량을 살펴보면, 2010년도에 소고기 8.8 kg, 돼지고기 19.3 kg, 닭고기 10.7 kg을 소비하였으며, 2015년 최근 조사에 따르면 소고기 10.9 kg, 돼지고기 22.5 kg, 닭고기 13.4 kg으로 증가하였다. 1인당 육류 소비량을 살펴보면, 2010년 38.8 kg에서 2015년 46.8 kg으로 약 8 kg가 증가하였다(스마트 축산 통계, 2016). 육류소비량 중에서 돼지고기 소비량이 제일 높은 것으로 나타났으며, 이 결과를 통해 육류중 우리나라 사람들은 돼지고기를 가장 즐겨

먹는 것을 알 수 있다.

2. 국내 보급된 비육용 품종 및 연구 현황

2.1 랜드레이스(Landrace)

랜드레이스의 원산지는 덴마크이며, 체적이 풍부하고 지방 침착이 어렵지 않아 많이 사육되었으며, 성돈의 무게는 암컷은 250 kg, 수컷은 300~350 kg 정도이다. 과거 덴마크에서 독일로 많은 양의 생육을 수출하면서 돼지산업의 급격한 발전과 산업화가 이루어지기 시작했다. 하지만 1887년 돼지 열병이 발생하면서 독일 시장은 모든 돼지 수입을 금지시켰다. 신선육 수출이 중단되면서 이에 대한 해결책으로 베이컨을 만들어 수출하였다(Derek & Alain, 2013). 이를 위해서 랜드레이스종에 라지화이트(요크셔)종을 교배하여 “베이컨 형” 돼지를 만들어 1896년에 개량 등록하였다.

우리나라는 1962년 일본을 통해서 처음 도입되었다. 랜드레이스는 흰색 피부를 가지고 있으며, 긴 체장과 발달된 후구를 가지고 있으며 넓적다리가(후지)가 두텁고 비절까지 후구전체가 풍만하다. 머리는 작은 편이며, 귀는 전향으로 굽어 떨어있으며 양귀 사이가 넓은 편이다. 다리가 약한 단점이 있으며, 스트레스 증후군(Porcine stress syndrome, PSS)이 발생하기도 한다(Taylor & Roese, 2005). 번식능력과 비육능력이 우수하여 모계(母系)로 이용되며, 사료효율과 성장률 및 도체형질도 양호하여 많이 사육되는 품종이다.

2.2 요크셔(Yorkshire)

요크셔는 크기에 따라서 대형, 중형, 소형이라는 수식어가 붙으며, 어떤 크기라도 원산지는 영국의 요크셔 주(州)이다. 영국에서는 라지화이트(large white)라고도 불리는, 지금의 요크셔는 대요크셔에서 유래된 토종 품종으로 세계적으로 인기가 있고, 많이 사육되는 품종 중 하나이다. 1868년에 National Pig Breeder's

Association에 처음 등록되었으며, 1884년에 최초의 혈통서가 발급되었다. 하지만 이전의 요크셔 계통은 추적하기 어려우며, 현재 전 세계적으로 사육되고 있는 요크셔는 1927년 영국에 산육능력검정소가 설립되고 개량을 거치면서 지금의 육용(肉用)형 요크셔가 만들어졌다.

우리나라에 도입된 시기는 1903년도이며, 국내 가장 많은 두수가 사육되는 품종 중 하나이다. 외형적인 특징을 살펴보면, 이름(large white 칭함)에서처럼 흰색 피부를 가지고 있고, 귀가 곧고 얇으며 앞으로 향해 있어 귀가 접혀있는 품종과 쉽게 구별이 된다. 주둥이는 뺨어 있으며, 체형은 돼지 중 가장 큰 대형종이며 가슴은 깊고 넓으며, 등이 길고 평평하여 폭이 있고, 늑골도 잘 개장되어 있다. 과거에는 베이컨 형으로 육성이 되었으나, 최근에는 번식에 이용되고 있다. 번식 능력이 뛰어나 평균 12마리 정도의 돼지를 분만하며, 포유 능력과 성장이 양호한 편이다. 질병 저항성이 강한 편이며, 교잡종(F1)으로 이용할 경우 모계(母系)로 이용하면 자돈수를 늘리는데 도움이 된다. 최근에는 육용형으로 개량되어 사육되고 있다(국립축산과학원 품종 해설).

2.3 듀록(Duroc)

듀록은 미국에서 유래한 오래된 품종이다. 1800년대에 뉴 잉글랜드(New England)에서 개량된 붉은색 돼지 품종 중 하나이다. 아이오와 주(州)와 일리노이 주(州)에서 많이 사육되고 있다. 구체적인 순종의 기원 및 역사는 정확하게 알려져 있지 않다. 콜럼버스에 의해 스페인에서부터 붉은색 돼지가 도입되었거나, 노예선을 통해서 아프리카 기니(Guinea)해안으로부터 도입된 것으로만 알려져 있다. 이렇게 도입한 돼지가 어떻게 혈통의 일부가 되었는지는 불분명하다. 이로 인해 여러 가지 색깔이 나타나며, 근래 사육되는 듀록은 미국에서 개량된 것이다. 듀록은 최초로 게놈지도가 완성된 종이며, 우리나라에 1950년 초에 도입되어 고기용으로 사육되기 시작하였다.

성돈의 체중은 암컷이 280~320 kg, 수컷이 300~350 kg 정도로 대형종에 속한다. 외모의 특징은 체구가 크고 두꺼우며, 머리가 작고, 귀가 아래로 축 늘어져 있다. 일당 증체량이 우수하고, 적응력이 강하여 우리나라에서는 육용돈생산을 위한 3원교잡종을 만들 경우에 부계(父系)로 이용하고 있으며, 육질과 도체율

이 매우 우수하다.

2.4 버크셔(Berkshire)

버크셔의 원산지는 영국의 버크셔 주(州)이다. 버크셔종의 기원은 영국에서 300여년전, 올리버 크롬웰(Oliver Cromwell)의 군대가 버크셔 주(州)의 레딩(Reading)지역에서 동계야영을 하다가 처음 발견하면서 세상에 알려졌다. 오리지널 버크셔는 붉은색 또는 옅은 갈색이며, 최근에는 종종 옅은 갈색(모래색, 흰색)의 종이 보이기도 한다. Siam종과 중국돼지가 교잡되었으며, 우수한 색상을 고정시키고자 하여 선발강도를 색상에 개량하였다(American Berkshire Association). 1786년부터 1860년까지 4회에 걸쳐서 대흑종(Large Black)에다 중국종, 인도종, Siam종, Neopolitan종, Suffolk종 등을 교배 한 다음, 순종교배를 통하여 계통을 고정하여 품종으로 인정되었다(국립축산과학원). 영국에서 미국으로 1823년에 수출 되었고, 미국 내 품종과 교배하였을 때 육량 개선 효과가 나타나서 미국 내에 빠른 속도로 사육되었다.

우리나라에는 1930년대 도입되었으며, 재래종 돼지 개량에 이용되었다. 현재 버크셔의 특징은 피부와 털이 검은 색이고, 얼굴 위, 사지(四肢), 꼬리 끝 6개 부위가 흰색이다. 요크셔와 비슷하게 생겼으며, 어린 시기에는 귀가 곧게 서있지만, 성돈이 되면서 앞으로 숙여진다. 몸무게는 암컷이 250~300 kg, 수컷이 270~320 kg정도이다. 조사료 이용성이 우수하며, 육질이 좋고 살코기 생산량이 많은 편이다. 우리나라와 일본에서 부계로 많이 이용되고 있다(Lee et al, 2004). 자돈생산 능력이 다소 떨어지고, 산자수도 7~9마리로 다른 품종이 비하여 낮은 편이다.

2.5 삼원교잡종(LYD)

우리나라에서 고기를 목적으로 사육되는 돼지는 주로 요크셔, 랜드레이스, 듀록이고, 이 품종을 이용하여 육량과 육질 개량을 목적으로 교배를 시켜 잡종을 만든다. 앞서 언급한 것처럼 요크셔 종은 등지방 두께가 얇고, 번식능력, 포유능력이 우수하다. 랜드레이스는 일당증체량 높은 품종이다. 또 듀록종은 강건하고 근내 지방형성이 매우 우수하다. 이러한 특징을 이용하여 랜드레이스와 요크셔종을 교배하여 F1을 모돈으로 하고 여기에 듀록을 웅돈으로 하여 교배하는 삼원

교잡종(LYD)이 가장 많이 이용되고 있다(Kim et al., 2006a). 우리나라에서 도축되는 돼지의 60%가 삼원교잡종이다(Kim et al., 2006b). 삼원교잡종의 경우, 산자수가 많고 살코기 생산량이 높기 때문에 많이 이용되고 있다. 하지만 육량을 향상시키기 위하여 개량된 돼지는 육질이 저하되는 결과를 올 수도 있다고 알려졌다(Kang et al., 2011).

3. 돼지 품종별 육질 특성

개량이라는 사전적인 의미는 넓은 의미로는 육종이라고도 하며, 현재의 가축을 대상으로 그 품종의 특성을 바꾸는 것을 말한다. 돼지의 형질을 이용방법에 따라서 필요에 의해서 원하는 방향으로 바꾸는 것을 말한다. 이러한 필요조건은 시대의 흐름과 지역문화, 환경 등에 의해서 계속 변화한다. 개량의 효과적인 성과를 얻기 위해서는 상황에 맞는 좋은 가축을 보유하고, 시장변화를 예측할 수 있는 전문적이고 넓은 지식이 필요하다.

돼지를 개량하기 위해서는 단순 교배조합을 가지고 유전자를 유도하는 것이 아니라, 오랜 시간을 두고 선발과 교배 과정을 거쳐야하기 때문에 매우 복잡하며, 지속적으로 반복해야 한다(농촌진흥청, 2016). 랜드레이스(Landrace, L), 요크셔(Yorkshire, Y), 듀록(Duroc, D), 머크셔(Berkshire, B) 등이 우리나라에서 사육되고 있으며, 일부 지역에서는 재래돼지(Korean Native Pig, KNP)를 사육하기도 한다. 돼지의 개량은 피라미드 구조로 되어있다. 피라미드의 최상층을 구성하는 것은 핵돈군으로 원원종(GGP: Great Grand Parent)라고 하며, 순종라인이 유지 및 개량되는 단계로 여러 형질에 대한 검정, 유전능력 평가 그리고 대체돈을 위한 선발이 이루어지는 단계이다. 그 다음 단계는 증식돈군으로 원종돈(GP: Grand Parent)라고 하며, 핵돈군으로부터 가져온 개량된 돼지들을 이용하여 비육돈을 생산하는데 사용되는 실용돈군, 즉 F1을 늘리는 단계를 말한다. 즉 이 단계는 품종간 교잡을 통한 잡종강세를 극대화하고, 비육돈을 생산하는 단계라고 할 수

있다. 교배방식은 생산할 실용돈군에 따라 다르지만 모계로서는 대부분 랜드레이스와 대요크셔를 이용한 2원교잡을 사용한다. 마지막 단계는 실용돈군(PS: Parent Stock)라고 하며 증식돈군에서 분양받은 종돈을 이용하여 F1과 3품종간 교잡에 의해서 고급육을 생산하는 단계이다. 우수한 종모돈 및 종빈돈을 선발하려면, 기준 종모돈에서 성장률이 좋고 신체적으로 건강한 돼지를 선발해야한다. 종빈돈의 경우 이유전까지 모성애가 강하고, 산자수 및 포유 능력이 좋은 개체를 선발해야한다(농촌진흥청, 2016; 박 등 1988).

우리나라의 양돈 산업은 외형을 키우기 위하여 사육두수를 늘리는 고도의 성장기를 거쳤다. 돈육의 질적인 향상 보다는 산자수가 많고, 도체의 무게가 많이 나가는 육량 위주로 개량을 진행해 왔다. 이러한 품종 개량은 보수력이 떨어지고, PSE육이 발생하는 등의 문제가 나타났다. 돈육의 품종과 성별은 도축 후 식육품질 특성에 영향을 미친다. 특히 최종 pH, 도체중, 육색 등의 항목이 차이가 나타나는 것으로 연구되었다(Li et al., 2013). Renaudeau et al. (2005)의 연구에 의하면 품종에 따라 도체중, 보수력, 등지방두께, 지방산조성, 근내지방도의 항목에서 차이가 나타나며, 이는 신선육의 품질과 지방특성에 영향을 준다고 보고 하였다.

현재 국내의 비육용 돼지는 랜드레이스, 요크셔 및 듀록 종을 교배하여 생산하는 3원 교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc, LYD)이 많이 사육되고 있다. 각 품종마다 고유의 외형, 성장능력, 피부색 등의 특성을 가지고 있어서, 이를 이용하여 원하는 품종을 개발하고 있다. 랜드레이스의 경우 일단 증체량이 높고, 요크셔는 등지방 두께가 얇으며, 듀록은 근내지방도 형성이 우수하다. 반면에 햄프셔(hampshire)종은 체중 100 kg도달 일령이 가장 길고 PSE육 발생율이 높다. Oh et al.(2008)은 우리나라에서 사육중인 삼원교잡종과 순정의 랜드레이스와 요크셔를 후대평가에서 육질형질에 가장 도움이 되는 버크셔를 종료 웅돈으로 교배하여 육질 특성을 비교하였다. 순종에 버크셔를 교배한 돼지의 품질이 전체적으로 우수한 것으로 평가되었다. 하지만 돈육의 육질 특성은 품종 이외에도 사료의 종류, 사육농가, 도축 전 취급 방법, 도축 방법, 도축 후 취급 방법에 따라 돼지고기의 품질이 결정된다(Warriss et al., 1995). 아래에는 우리나라에서 사육되는 돼지의 품종에 대한 연구 결과를 정리하였다.

- Cho et al. (2005)는 우리나라의 재래흑돼지와 개량종 돼지의 육질 특성을 비교하였으며, 그 결과 재래 흑돼지의 생체중, 도체중, 정육율, 부산물 생산량이 모두 낮았으며, 다즙성과 근내 지방함량은 높은 것으로 나타났다.
- Kang et al. (2011)은 우리나라에서 사육되고 있는 5종의 순종돼지의 육질 특성과 이화학적 특성을 분석하였다. 이러한 연구의 목적은 기존의 육량위주가 아닌 고품질의 돼지 생산을 위한 순종품종의 기초자료로 이용하고자 실시되었다. 렌드레이스, 요크셔, 듀록, 버크셔 및 체스터 화이트(Chester White) 총 다섯가지 품종의 육질을 비교하였다. 목심의 지방함량은 듀록이 가장 높았고, 삼겹살의 지방함량은 버크셔가 가장 높았다. 보수력의 경우 요크셔 품종이 가장 우수한 것으로 보고하였다.
- Jin et al. (2006)은 고품질로 알려진 일본의 가고시마 흑돼지와 우리나라 삼원교잡종, 버크셔를 비교하여 돼지의 품종이 육질에 미치는 영향에 대해서 연구하였다. 조단백 함량이 버크셔가 가장 높았으며, 필수지방산 함량은 삼원교잡종이 가장 높은 것으로 측정되었다. 가고시마 흑돼지는 다른 품종에 비해 낮은 전단가와 높은 적색도를 보였지만, 품종간 뚜렷한 품질 차이는 확인되지 않았다.

4. 제주도 개량 흑돼지

제주도 흑돼지는 2015년 3월 천연기념물 550호로 등록 되었다. 등록된 대상은 제주축산진흥원 내 사육중인 제주흑돼지로 표준품종으로 등록된 개체만 해당된다(문화재청, 2015). 우리나라에 현재 등록된 축양동물 천연기념물은 진도의 진돗개(천연기념물 제 53호), 경산의 삽살개(천연기념물 제 368호), 제주의 제주마

(천연기념물 제347호), 연산 화악리의 오계(천연기념물 제 256호), 경주개 동경이(천연기념물 제540호), 제주 흑우(천연기념물 제546호) 그리고 제주 흑돼지(천연기념물 제 550호)로 총 7종이며, 제주도는 제주마(1986년 지정) 제주 흑우(2013년 지정)에 이어 제주 흑돼지까지 3가지를 보유하고 있다. 재래돼지의 사육은 전국 각지에서 이루어졌으며, 사육지역의 지명을 붙여서 경기도 강화도 지방의 강화돈, 경상북도 김천 지례지방의 지례돈, 경상남도 사천지방의 사천돈, 전라북도 정읍지방의 정읍돈 및 제주 지역의 제주돈 등의 이름으로 불렸으며, 각각 독특한 사육형태를 유지했다고 한다. 하지만 일제 강점기와 근대화 과정을 통해서 외래종이 도입되어 재래종과 교잡되어 순수한 혈통은 개체수가 줄어들고, 자취를 감춘 품종도 생겨났다. 제주도 축산 진흥원은 1986년에 우도 등에서 재래종 5마리를 확보하여 순수 계통 번식사업을 통해서 260마리를 보존하여 사육 관리하고 있다. 제주도 재래돼지에 대한 기록은 삼국지위지동이전(285년)에서 주호(당시에는 제주를 주호라 칭함)사람들은 가죽옷을 입고 소와 돼지를 기른다는 기록이 있고, 탐라지(1651~1653년), 제주읍지(1780~1789년), 제주대정의읍지(1793년), 제주군(1899년) 및 조선시대 대동여지도에 제주도에서 검은 빛의 돼지가 사육되었다는 기록이 남아있다(문화재청, 2015).

일반적으로 제주도에에서 사육되고 있는 돼지 중에 털이 검은색인 돼지를 흑돼지라고 부르며, 백색의 돼지는 일반돼지라고 부른다. 제주도에에서 사육되고 판매되는 흑돼지는 모두 교잡종이며, 과거 체구가 작고 질병 저항성이 높은 재래돼지를 개량 한 것이다. 과거에는 검은 도새기 또는 똥돼지라고 불렸으며, 지금 전국에 판매되고 있는 흑돼지는 이를 개량한 흑돼지이다. 한편 국내 소비자들은 재래돼지에 대한 높은 선호도를 가지고 있다. 재래돼지는 보통 사육되어지고 있는 지명을 붙여 브랜드화 된다. 예를 들면 제주 흑돼지, 지리산 흑돼지, 지례 흑돼지, 의령 흑돼지 및 함양 흑돼지 등이 있다(Yang et al., 2005). 하지만 대부분의 재래돼지는 품종 고유의 성질을 가지고 있고, 고기 목적으로 개량되기 전 상태여서 성장속도가 느리고 생산성이 떨어지는 단점이 있다(Moon, 2004). 재래돼지는 백돼지나 개량 흑돼지보다 지방이 단단하고 백색이며, 고기의 식감이 우수하고, 육즙이 풍부한 것으로 알려져 있다. 맛이 좋아 한국인의 기호도에 잘 맞는 것으로 알려져 있다(Jin et al., 2005).

4.1 제주도 개량 흑돼지 연구현황

앞서 설명한 바와 같이 제주도 흑돼지는 체구가 작고, 통통하며 전신이 흑모색을 나타내는 특징이 있다. 최근 흑돼지에 대한 소비자의 선호도가 높아지고 있으며, 대량화 및 고급화에 대한 필요성이 대두되고 있는 실정이다(Cho et al., 2007). 제주도의 흑돼지 연구 현황을 살펴보면, 재래 흑돼지의 유전적 개량을 위한 순종과의 교배를 통한 품질 연구에 초점이 맞춰져 있으며, 등지방이 얇은 돈육생산에 주력하였다. 품종간에 교잡에 의한 품종 규명이나 계통돈에 대한 명확한 연구가 없다. 최근에는 육질과 모색에 관한 유전자를 고정하여 경제형질과 맛이 모두 우수한 품종을 개발하기도 하였다(Cho, 2015). 제주 개량 흑돼지의 품질에 관한 연구는 국내외 많은 연구팀에 의해서 진행되어 왔다. 최근의 연구 동향을 살펴보면, 다음과 같다.

- Yang et al. (2005)은 제주도에 사육된 개량 흑돼지와 비육돈 등심의 아미노산 함량 및 육질 특성을 비교분석하였다. 이러한 연구는 제주도에 사육되고 있는 일반돼지와 개량 흑돼지의 고기의 품질 비교를 통해서 기초 자료를 얻기 위해서 진행되었으며, 그 결과 개량 흑돼지와 일반돼지의 pH, 보수력, 경도 등의 품질 검사 항목에서는 차이가 발생하지 않았지만, 돼지고기의 풍미를 좋게 할 수 있는 아미노산 함량에서, 개량 흑돼지의 유리 아미노산 함량이 일반돼지 보다 높게 측정되었으며, taurine, serine, glycine, alanine, valine, leucine 및 histidine이 현저히 높게 측정되었다.
- Moon (2004)는 제주도 개량 흑돼지 고기의 이화학적 및 관능적 품질 특성을 비교 분석하였다. 제주도에 사육한 개량 흑돼지 4농가에서 생산한 등심을 이용하여 일반성분, 아미노산, 지방산 및 물리화학적 특성을 측정하였다. 그 결과, 일반성분 항목과 보수력, 가열감량 및 육색의 육질검사 항목에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 조지방 함량과 아미노산 함량은 농장들 간에 유의적 차이가 나타났으며, 아미노산 함량이 가장 높은 농가가 관능평가 항목에서 모두 우수한 성적을 보였다.

- Cho et al. (2013)은 제주재래흑돼지와 렌드레이스, 교잡종 F2의 도체형질과 척추, 흉추 수 등을 조사하여 상관 분석하였다. 이를 통하여 도체중, 도체장단, 등지방 두께는 척추와 흉추 수와 관련 있으며 관련 유전자형을 보유하여 육량 개선을 위한 육종체계를 제안하였다.

5. 식육의 품질 항목

좋은 품질의 고기를 생산하고 유지하는 것은 생산자와 가공업자의 기본적인 관심요소이다. 신선육 품질과 육가공품 품질에 영향을 주는 요인은 많다. 소비자나 또는 생산자는 일관성 있는 식육의 품질과 최적의 가격을 요구한다. 육류 산업은 기술적으로 품질이 보장되어야 한다. 그리고 안정성과 확실함이 유지되어야 한다(Monin, 1998).

육색, pH, 보수력, 견도 및 NPPC marbling score는 돼지의 품질을 결정하는데 사용되는 가장 일반적인 측정법이다. 이러한 방법 외에도 품질은 형태적, 화학적, 생물학적, 미생물, 관능적, 위생 및 영양 등에 의해 평가된다. 살아있는 가축의 근육이 식육으로 전환되는 시점은 혈액순환이 중단되는 순간부터이다. 도축 과정에서 방혈이 시작되면 체내 혈액순환이 멈추고, 그 결과 근육의 산소 공급도 중단된다. 이때부터 사후대사와 사후 변화가 진행된다(Pösö & Puolanne, 2005). 혈액순환과 산소 공급이 중단된 근육은 TCA회로와 전자전달계에 의해 호기적 대사가 중단되고 혐기적 대사로 바뀌게 된다. 혐기적 대사에 의해 생성된 젖산(Lactic acid)은 혈액순환의 중단으로 포도당이나 글리코겐(Glycogen)으로 재합성되지 못하고 근육에 남아서 근육이 식육으로 전환되는 동안 품질에 영향을 준다.

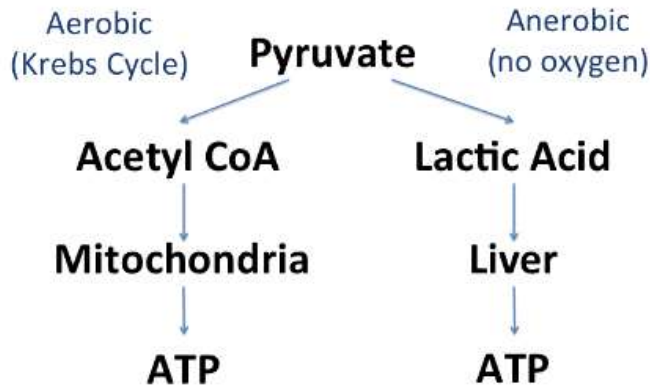


Figure 1. 근육에서 식육으로 변화(근육대사의 변화)

근육이 수축 이완을 작용을 위해서는 에너지가 필요하며, 주 에너지원은 ATP이다. ATP는 phosphocreatine의 분해, 호기적대사, 혐기적 대사에 의해 생성된다. 도축 후에는 호기적 대사에 의한 에너지 공급은 중단되고, 혐기적 대사에 의해 ATP를 생성한다. 하지만, 글리코겐의 모두 고갈되면 ATP생산이 중단되고 수축과 이완이 더 이상 진행되지 않아 사후강직이 시작된다(Aberle et al., 2013). 즉, 돈육의 품질은 근육이 고기로 전환되는 동안, 글리코겐이 젖산으로 변화되는 비율은 매우 중요하며, 이러한 변화는 궁극적으로 육색과 보수력에 영향을 준다.

돼지는 품종에 따라서 근육의 조성이 다르며 사후에 근육이 식육 전환되는 과정에서 근육 속 글리코겐의 양이 사후대사에 영향을 주며 최종적으로 고기의 육질에도 영향을 준다(Karlsson et al., 1999). 돼지는 품종에 따라 다양한 특성을 가지고 있으며, 사후 대사가 끝난 후 육색, 보수력, 다즙성, 조직감, 연도, 풍미 등에 의해서 육질이 결정된다(Lawrite & Ledward, 1991). 이러한 육질을 결정하는 항목들은 소비자 기호도와 연결이 되며, 구매를 결정 할 수 있는 동기를 부여하게 된다.

육색은 보수력과 근육구조와 관련이 깊으며, 이에 관한 연구가 오랫동안 진행되었다(Warriss & Brown., 1987). 일반적으로 고기의 품질은 PSE (Pale, Soft, Exudative), RSE (Red, Soft, Exudative), RFN (Red, Firm, Non-exudative) 및 DFD (Dark, firm, dry)으로 나뉜다. 이 중 가장 바람직한 고기는 선홍빛의 견고

하고 보수력이 우수한 RFN육 이다. 비정상적인 육은 경제적 중요도가 높아 오랫동안 연구되었다(Warriss & Brown, 1987; Warner et al., 1993; Warner et al., 1997). 육질 측정 항목 중 사후 45분 pH는 PSE육을 확인하는 지표로 사용할 수 있지만, 다른 RSE, RFN 및 DFD의 모든 카테고리를 예측 할 수는 없어 적용범위가 제한적이다. Table 1에는 다양한 범주로 돈육의 품질 기준이 제시되어 있다. 그러나 어떤 기준을 사용해야 하는지에 대한 국제적인 협의는 없다.

Table. 1 돈육 품질 기준 연구 현황

Source	Quality Categories	pH24h	L*	WHC	
				Drip loss	FFU
Kauffman et al.(1993)	PSE	-	>58	>5	-
	RSE	-	52-58	>5	-
	RFN	-	52-58	<5	-
	DFD	-	<52	<5	-
Warner et al. (1993)	PSE	<6.0	>50	>5	-
	RSE	<6.0	42-50	>5	-
	RFN	<6.0	42-50	<5	-
	DFD	≥6.0	<42	<5	-
Maganhini et al.(2007)	PSE	-	>55	-	>100
	RSE	-	47-55	-	>100
	RFN	-	47-55	-	<100
	DFD	-	<47	-	<100
Maganhini et al.(2007)	PSE	-	>53	-	-
	RFN	-	45-53	-	-
	DFD	-	<45	-	-
Faucitano et al. (2010)	PSE	<6.0	>50	-	≥80
	RSE	<6.0	43-48	-	≥80
	RFN	<6.0	43-48	-	<80
	DFD	≥6.0	<42	-	<80

Henrique et al., 2016

5.1 도체(고기)의 최종 pH가 육질에 미치는 영향

생체 근육의 pH는 7.0 ~ 7.3사이 이다(Tarrant et al., 1972; Bendal, 1975; Kylä-Puhju et al., 2004). 근육의 pH는 필수 효소의 효과적인 기능을 할 수 있도록 유지된다. 근육내 pH 항상성은 강력한 대사 및 구조적 완충작용에 의해 유지된다. 모노카르복시산 운반체(monocarboxylate transporters)의 도움을 받아 Na⁺/H⁺교환, 양성자 이동을 통해서 근섬유에서 젖산을 이동시켜 근육내 pH를 유지한다. 이러한 완충 시스템은 혐기적 대사를 통해 에너지를 만드는 근육운동에서 pH의 급격한 감소를 방지한다. 하지만, 급격한 스트레스를 받을 경우 근육의 pH는 6.3~ 6.5까지 떨어질 수 있다. 따라서 도살 전 스트레스는 근육의 pH를 감소시켜 사후 대사가 끝난 이후 육질에 부정적인 영향을 준다. 도축 후 근육의 pH저하 속도는 도축 시작 시점의 근육내에 이용가능한 에너지 양에 의해 결정된다(Briskey & Lawrie, 1961; Hamm, 1977; Warriss et al., 1989). 사후 도체의 pH는 보수력, 육색과 관련이 있으며, 이는 직접적으로 돈육 품질에 영향을 주며, 돈육산업에 경제적으로 부정적인 영향을 준다(Maribo et al., 1998).

PSE육과 관련된 연구에서 pH가 낮을 경우 사후 도체에서 근원섬유(myofibrillar) 및 근장단백질(sarcoplasmic protein)의 변성으로 보수력이 저하되는 것으로 나타났다. 이러한 도체의 초기 pH는 5.8보다 낮았으며, 도체 온도도 38°C 이상 유지된 것으로 보고되었다(Honikel et al., 1986). 따라서 도축 후 근육의 pH저하 속도는 보수력, 육색, 저장 기간, 조직감, 연도 및 고기의 기호성을 결정한다(Briskey, 1964; Asghar & Pearson, 1980; Seideman et al, 1984; Bendall & Swatland, 1988; Offer & Knight, 1988).

도축 후 돼지의 pH는 7.0의 중성인 상태에서 사후대사가 진행되고 최종 pH(ultimate pH, pH_u)가 5.4 ~ 5.6이 된다. 근육내 pH 변화는 혐기적 대사 진행과 이에 따른 젖산 축적과 온도변화에 영향을 받는다(Pearson et al., 1989). 도축 후 돈육의 품질 저하를 막기 위하여 도체의 온도를 낮춰야 한다(Offer, 1991). 도축 후 도체의 pH 저하속도는 근육 내에 존재하는 글리코젠 양에 의해 결정된다. 글리코젠의 양은 pH 저하 속도를 결정하지만, 근육내 글리코젠 함유량이 임계값 이하로 감소한 경우에만 해당된다. 또한 pH저하속도는 육색에도 영향을 미치는 것으로 알려졌다. Honike (1987)은 pH가 낮을수록 육색이 창백해진다고 보고했

다. 도축 전에 지속적인 스트레스를 받은 돼지는 체내 글리코겐의 고갈로 인해 육색이 진한 DFD육이 발생하고, 도축 후 도체의 일시적 스트레스를 받은 도체의 경우 PSE육이 된다(Santoro & Faucitano, 1996). PSE육에 대해 자세히 설명하면, 낮은 최종 pH, 느린 예냉, 과도한 빠른 해당작용 등의 다양한 인자가 조합하여 발생 한다(Offer & Knight, 1988b; Offer, 1991; Van Laack et al., 2000; Sams & Alvarado., 2004). 강직개시까지의 pH 저하속도에 따라 단백질 변성이 결정되며, 액틴과 마이오신이 가교를 형성하면 변성을 막을 수 있다(Offer, 1991). 보수력이 우수한 돼지도체는 강직완료가 3~6시간 이내에 종료된다(Taylor & Dant, 1971). 앞에 서술한 바와 같이, 사후 pH감소의 원인, 감소 속도, 사후대사 등의 기본적인 생화학 반응이 고기 품질에 미치는 영향에 대해서는 잘 알려져 있다. 그러나 동물육종에서는 성장속도와 생체중을 높이는데 중점을 두고 있다. 혐기적 분해 작용은 살아있는 근육에서 에너지 생산에 중요 역할을 하며, 근육이 식육으로 변환될 때 품질에 영향을 준다.

5.2 육색과 육질과의 상관관계

일반적으로 고품질 고기는 외관적으로 육색이 좋고, 위생적인 처리과정을 거쳐 가공되었으며, 소비자가 섭취하였을 때 맛과 영양이 우수한 제품이라고 정의할 수가 있다. 여기서 소비자가 고기를 구매할 때 판단의 기준이 되는 것은 육색이다. 신선한 붉은색의 색상은 소비자가 신선함을 판단하는 첫 번째 품질 판단 지표이기 때문에 육류 마케팅에서 가장 중요하다(Troy & Kerry, 2010).

고기의 색은 육색소인 마이오글로빈(myoglobin)과 헤모글로빈(hemoglobin)의 농도와 화학적 상태, 그리고 고기의 물리적 특성에 의한 빛의 흡수, 반사 및 분산에 의해 달라진다(Livingston & Brown, 1981). 빛이 고기의 표면에 도달하면 파장의 변화 없이 빛의 일부가 반사된다(Swatland, 1992). 식육에 들어간 빛은 대부분 강하게 흡수되거나 흡수되며, 녹색 파장은 대부분이 마이오글로빈에 흡수된다. 그리고 고기가 선홍색으로 보이도록 반사시킨다. 하지만 높은 빛 산란은 고기를 통과하는 빛의 경로를 차단시키고, 마이오글로빈의 흡광을 할 수 있는 기회가 줄어들어 고기색이 정상보다 더 창백하게 보이도록 한다(Offer et al.,

1989; Swatland, 1992).

육색소의 농도는 품종에 따라 다르게 존재하며, 연령, 운동량, 먹이(사료) 등과 같은 환경적 요인에 영향을 받는다(Living & Brown, 1981). 앞에서 언급한 육색소인 마이오글로빈은 3가지 형태로 존재한다. 환원 마이오글로빈(Deoxymyoglobin), 산소화 마이오글로빈(Oxymyoglobin), 그리고 산화 마이오글로빈(metmyoglobin)중 하나의 형태로 존재한다. 3가지 형태는 서로 상호작용이 가능하며, 화학적인 상태에 따라서 육색이 결정된다. 마이오글로빈은 복합단백질과 비단백질으로 나눌 수 있으며, 단백질 부분은 글로빈(globin), 비단백질 부분은 헴(heme)라고 한다. 헴은 철원자(Fe)와 포피린(porphyrin)으로 나눌 수 있는데, 포피린 중심에 철원자가 위치를 하고, 철원자는 6개의 결합부위를 가지고 있다. 4개에는 질소원자가 결합되어있으며, 다섯 번째 결합 부위는 글로빈과 연결되어있다. 여섯 번째 결합 부위는 마이오글로빈의 상태에 따라서 수분분자나 산소분자가 부착 될 수 있다. 따라서 이 철원자가 환원철인 2가 (Fe^{2+})되면 환원 마이오글로빈이라 하고 육색은 암적색이 된다. 환원 마이오글로빈은 두꺼운 근육을 절단 한 직후에 고기의 단면색 또는 진공 상태에서 저장된 고기의 색과 같다(Renerre, 1990). 여섯 번째 결합부위에 산소분자가 결합하면 산소화 마이오글로빈이라고 하며 선홍색의 육색이 나타난다. 이 선홍색은 소비자가 신선육을 구입하기 전에 고려하는 색상과 일치한다(Faustman & Cassens, 1990). 철원자가 산화되면 육색은 갈색으로 변하고 이를 산화 마이오글로빈이라고 부른다. 소비자가 신선하다고 느낄 수 없고, 육색으로 수용할 수 없는 범위의 갈색이 된다(Hood & Riordan, 1973). 신선한 돼지고기에 60%의 산화 마이오글로빈이 존재하면 돼지고기의 육색은 갈색으로 변한다. 앞에서 육색은 상호작용이 가능하다고 하였지만, 한번 갈색으로 변한 이후에는 선홍색으로 돌아가는 건 불가능하다. 저장 중 육류의 변색에 영향을 미치는 요인은 산화 마이오글로빈 축적속도, 사후 근육의 pH 변화속도, 근섬유의 종류와 동물의 연령, 성별과 같은 내적인 요인과 도축 전 동물의 처리방법, 전기 자극, 도축 후 냉각방법 등의 외적인 요인과 관련이 있다. 또한 소비자에게 판매할 경우에는 진열 중 온도, 산소 가용성, 조명 형태, 미생물의 성장 및 포장 상태에 따라서 육색이 변하고 판매에도 영향을 준다.

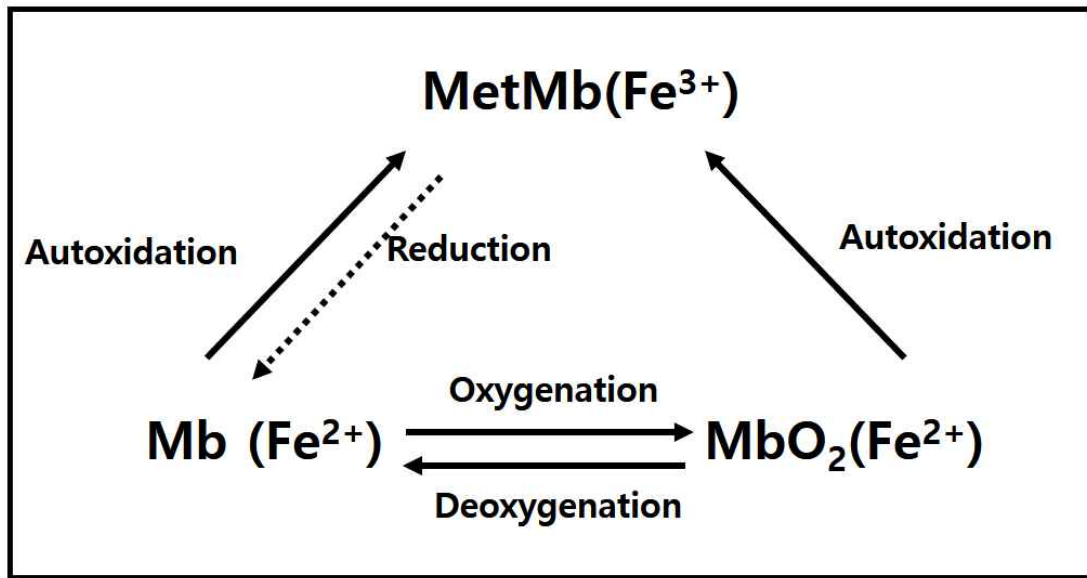


Figure 2. 식육 표면에서의 myoglobin의 상호작용

5.3 보수력(Water holding capacity, WHC)

근육의 약 75%가 수분을 함유하고 있다. 다른 주요 구성 성분은 단백질 약 20%, 지질 또는 지방 이 약 5%, 탄수화물 약 1% 그리고 비타민, 미네랄이 약 1%이다.

근육내 수분은 대부분 근육세포 사이 공간에 존재한다. 근원섬유 사이, 근원섬유와 근형질막(sarcolemma) 사이, 근섬유 다발속(muscle fiber bundles)에서 발견된다(Offer & Cousins, 1992).

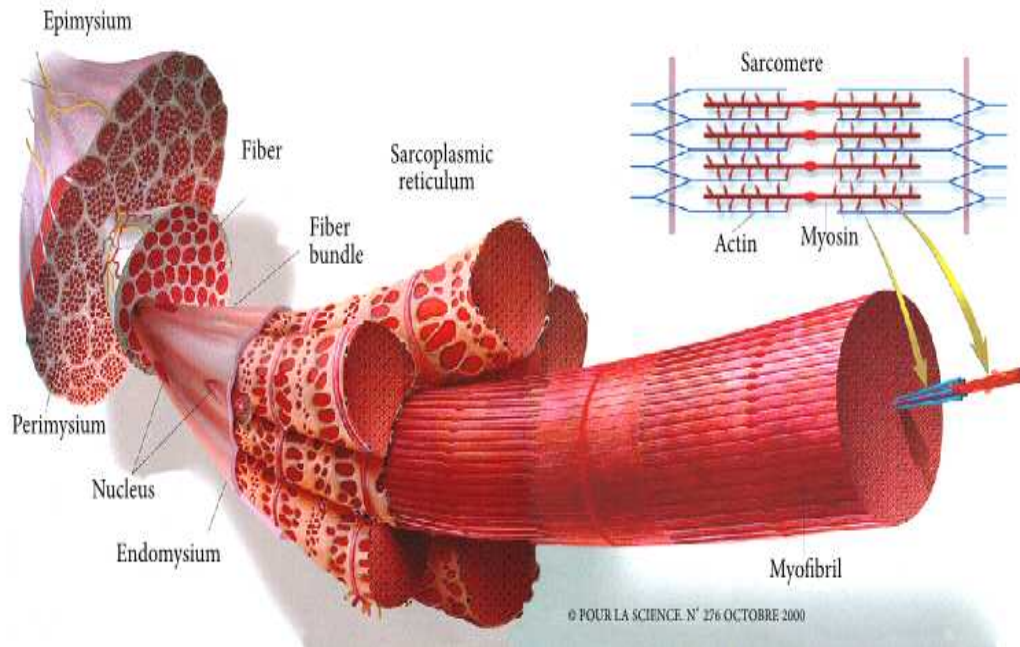
식육내에 존재하는 수분은 단백질과 결합 상태에 따라 결합수, 고정수 및 유리수로 구분한다. 결합수는 단백질 주변에 존재하며, 이동하지 않으며 강력하게 결합하고 있다. 사후대사가 진행되는 동안 일정한 양을 유지 하며 변화하지 않는다. 고정수는 단백질 자체에 결합되어 있지 않으며, 근육내 공간이나 결합수 표면의 수분분자들과 수소결합을 통해 존재한다. 내외부 환경에 의해서 쉽게 이동하며, 사후대사 초기에 조직에서 자유롭게 순환되지는 않지만, 쉽게 건조 될 수 있으며, 냉동 중 얼음으로 쉽게 전환된다. 이러한 고정수는 근육이 식육으로 전

환되는 과정에서 큰 영향을 받는다. 근섬유의 구조가 변형되고 pH는 대사가 진행됨에 따라 낮아져 수분이 밖으로 빠져나오게 된다. 고정수에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 근원섬유 단백질의 순전하, 근육세포의 구조와 구성(근원섬유, 세포골격 연결상태 및 세포막투과성)요소 뿐만 아니라 근육내 세포외 공간이 중요하다. 유리수는 단백질 전하의 영향을 받지 않으며 자유롭게 움직일 수 있다. 근육을 고기로 전환시키는 과정에서 가능한 많은 양의 수분을 고기안에 유지하는 것이 중요하다. 이러한 수분을 보유하는 능력을 보수력(WHC)이라 한다. 고기의 보수력은 다음과 같이 정의 할 수 있다. 외부의 압력(중력, 열)을 받더라도 수분을 보존하기 위한 사후 근육의 능력이라 정의 내릴 수 있다.

가장 보편적인 돼지고기 품질 문제 중 하나는 신선육의 가공 후 높은 수분 손실이다(Elisabeth, 2005). 돈육 가공에 있어서 보수력은 매우 중요하다. 손실된 수분은 바로 금전적으로 손해로 나타나기 때문이다. 즉 판매가능한 제품의 무게 감소와 고품질 제품을 요구하는 고객의 감소로 이어져 경제적 손실을 야기한다. 영양학적으로 수용성 단백질과 비타민은 수분을 통해 없어진다. 하지만 수용성 단백질과 비타민의 함량은 높지 않으며, 실질적으로 가공성, 저장성, 육색 및 관능 특성에 영향을 미친다. 즉, 보수력이 좋지 않을 경우 식육의 2차 가공 제품의 품질 특성에 영향을 미칠 수 있다(Elisabeth, 2005).

일반적인 돈육의 수분함량은 연구 결과에 따라 조금씩 다르지만 71% ~ 75%로 보고되고 있으며(Hodgson et al., 1991; Huff-Lonergan et al., 2005), 정상적인 돈육에서 손실되는 수분(Drip loss, 유리육즙)은 약 1~3%(Offer & Knight, 1988)비정상적인 돈육의 경우 5% 이상의 수분삼출이 발생한다. 육색과 보수력은 상호관계에 있으며 물리화학적으로 설명이 가능하다. 앞서 육색에서 설명한 것처럼 PSE육처럼 수분의 삼출이 많을 경우 고기 표면의 수분으로 인하여 빛의 반사율과 흡수율에 영향을 주어 육색을 변화시킨다. 육색과 보수력은 상관관계가 항상 적용되는 것은 아니다. 여러가지 육질 관련하여 독립적 변이가 영향을 준다. 여러 연구결과에 따르면, 육색의 명도(lightness, L^*)값이 높아 창백하게 보여도 보수력이 떨어진다고 판단할 수 없고, 육색이 정상이라고 보수력도 정상이라고 단정 지을 순 없다고 보고되었다(klauffman et al., 1992).

6. 근육의 구성



출처: Listrat et al, 2016

Figure 3. 일반적인 근육의 구성

골격근은 가축의 생체중의 30~40%정도를 차지하며, 수축과 이완을 통해 운동을 수행하며, 필요한 에너지를 저장하고 있다. 가축의 근육조직은 전체 크기와 모양이 다른 약 300개의 해부학적 단위로 구분된다. 골격근은 근원섬유에서 발생하는 힘을 전체 근육에 효과적으로 전달 할 수 있는 매우 복잡한 구조를 가지고 있다. 근섬유가 모여 근속(muscle fiber bundle)을 이루고, 근속들이 모여 근육(muscle)을 이룬다. 근섬유(muscle fiber)는 얇은 결합조직인 근형질막(sarcolemma)에 둘러싸여 있다. 이러한 근섬유가 50~150개가 모여 근다발을 이루고 근주막(perimysium)에 의해 근섬유 다발이 세분화된다. 근주막은 얇은 결합조직 층에 의해서 근육세포를 둘러싸고 있으며, 다양한 크기의 근다발을 구성한다. 여러 근속을 하나로 감싸주는 결합조직은 근외막(epimysium)이라 부른다. 근외막은 치밀하고 두꺼운 조직이며, 대부분의 근육 바깥을 감싸고 있다. 건

또는 건막으로 이행되어, 뼈 및 연골 등의 결합조직에 고정된다(Bailey & Light, 1989). 근육을 현미경으로 관찰하면, 명암의 무늬가 규칙적으로 나타나는 횡문근(striated muscle)이 보인다.

6.1 근섬유 구성 및 특징

근육은 결합조직(connective tissue)인 수축섬유(contractile fiber)로 구성된 복합 구조를 갖는다. 골격근은 근섬유로 구성되어 있으며, 근섬유는 형태학적 특성, 수축 및 대사 특성에 따라 분류한다. 골격근의 근섬유는 일반적으로 원주형의 직경이 10~100 μm , 길이가 1~40 mm의 다핵세포(multinucleate cell)로 구성되어 있다(Bechtel, 1986). 골격근 세포는 중배엽에서 여러개의 근모세포(myoblast)가 발생, 융합되어 형성되었으며, 핵의 위치는 세포막 바로 밑에, 가장자리에 위치하며 근형질(sarcoplasm)은 직경이 1~2 μm 정도인 근원섬유(myofibril)로 구성되어 있다.

근육량의 75~90%가 근섬유로 구성되어 있어 근섬유의 구성형태는 근육량을 결정하는 주 요인이 된다. 근섬유는 적색근 섬유(red muscle fiber)와 백색근 섬유(white muscle fiber)로 구분 할 수 있다. 이러한 분류는 근육내의 마이오글로빈 함량과 산소의 활용 여부에 따라서 구분되어진다. 근육은 한 가지 형태의 근섬유로만 구성되어 있지 않으며, 축종 및 근육 부위에 따라서 각각의 비율이 다르게 분포되어 있고, 이런 분포도에 따라서 구조적, 기능적 및 대사적 특징이 다르게 나타난다.

근섬유는 분포 형태에 따라서, 총 근섬유 수(Total number of fibers, TNF)와 근섬유 단면적(Cross-sectional area of fibers, CSAF)로 표현한다. 근육이 성장 특성은 TNF와 CSAF와 밀접한 관련이 있다고 보고되었으며(Ruusunen & Puolanne, 1997; Rehfeldt et al., 2000), 근육의 무게와 고기의 품질을 결정 하는 중요한 요인이다(Joo et al., 2013).

살아있는 동물의 근육이나 도축 후 근육에서 수축하는 특성은 산화반응 또는 해당작용 패턴에 의해 구별된다. 또 근섬유는 크기, 색깔, 글리코젠 및 지질 함량

에 따라 분류 할 수 있다(Schiaffino & Reggiani, 1996; Klont et al., 1998; Karlsson et al., 1999). 동일한 품종, 같은 성(性), 같은 환경에서 사육된 가축이라도 고기의 품질은 차이는 발생한다. 이러한 원인은 유전적, 환경적 요인에 의해서 결정된다. 도축 전·후 대사 과정과 상호 작용되어 결정이 된다. 또한 근섬유 종류, 근섬유 조성 등은 특정 근육의 모세혈관 밀도에 영향을 주어, 도축 후 많은 부분에서 고기 품질에 영향을 주는 요인이 된다. 근섬유는 골격근을 구성하는 기본이 되며, 다양한 종류의 근섬유가 분포되어 있다(Pette & Staron, 1990).

근섬유의 분류는 대사활성효소 및 조성, 미오신 중쇄 이성체(myosin heavy chain isoform) 그리고 미오신 ATPase 활성화에 기초한다. 일반적으로 근육섬유에는 4가지 종류가 있다. slow-oxidative(type I), fast oxidio-glycolytic(type IIa) 그리고 fast glycolytic(type IIx 또는 IIb)로 분류한다(Schiaffino & Reggiani, 1996). 이러한 여러 가지 상이한 근섬유유형을 화학적으로 확인하기까지 오랜 연구기간이 걸렸다. 다양한 근섬유 유형은 수축 및 대사 특징에 초점을 맞춰서 분류되어 정의되었다. 이러한 분류 방법은 모든 동물에 적용되고 있다(Bottinelli, & Reggiani, 2000).

근육 생물학에서 일반적으로 분류하는 방법은 산성, 알카리에서 마이오신 ATPase 반응의 안정성 차이에 기초 한다(Brooke & Kaiser, 1970). 마이오신 ATPase 반응은 근섬유의 화학적으로 분류함에 있어서 유용하게 사용된다. 다양한 범위의 pH에서 예비배양(preincubations)된 근섬유를 염색하여 3가지 분류(type I, IIa, IIb)로 구분한다(Brooke & Kaiser, 1970). Type I 은 pH 4.3 ~ 4.6 에서 예비배양하면 ATPase가 활성이 되며, pH 10.3에서 예비배양을 하면 낮은 활성을 나타낸다. Type IIb는 pH 10.4에서 예비배양 할 경우 높은 활성을 보였다(Lind & Kernell, 1991).

Table. 2 근섬유의 생물학적 특성

	I	IIA	IIX	IIB
Contraction speed	+ ¹⁾	+++	++++	+++++
Myofibrillar ATPase	+	+++	++++	+++++
Contraction threshold	+	+++	++++	+++++
Contraction time per day	+++++	++++	+++	+
Fatigue resistance	+++++	++++	++	+
Oxidative metabolism	+++++	++++	++	+
Glycolytic metabolism	+	++++	++++	+++++
Phosphocreatine	+	+++++	+++++	+++++
Glycogen	+	+++++	++++	+++++
Triglycerides	+++++	+++	+	+
Phospholipids	+++++	++++	+++	+
Vascularization	+++++	+++	+,++	+
Myoglobin	+++++	++++	++	+
Buffering capacity	+	+++	+++++	+++++
Z line width	+++++	+++	+++	+
Diameter	++	+,++	++++	+++++

¹⁾ +: very low; ++:low; +++:medium; ++++:high; +++++:very high.

Listrat et al., (2016)

6.2. 근섬유 조성이 육질특성에 미치는 영향

근섬유의 크기와 개수는 근육의 성장가능성과 고기의 품질에 영향을 미치는 요소이다(Ryu & Kim, 2005; Rehfeldt & Kuhn, 2006). TNF와 CASF는 서로 반비례 관계에 있으며 근육양과는 양의 상관관계를 가지고 있다(Rehfeldt et al., 2000, Picard et al., 2006). TNF가 높은 돼지는 근섬유 크기가 작았으며, TNF수가 적고 근섬유 크기가 큰 돼지보다 대사초기에 높은 pH를 보였고, drip loss도 높게 나타났다(lengerken et al., 1997). 근섬유 Type I의 비율과 drip loss와 육색의 명도와는 부의 상관관계가 있다(Ryu & kim, 2006). 이와 반대로 근섬유 type IIb는 높은 drip loss과 같은 보수력 측정항목과 정의 상관관계를 보인다.

돼지는 근섬유의 종류와 수가 출생 시 고정되며, 이는 성장과 정육 양에 영향을 준다. 근육의 크기는 성장 초기에는 근섬유 수에 영향을 받으며, 이후에는 근섬유 크기가 성장하면서 근육량이 증가하게 된다(Rehfeldt et al., 2000). 따라서 근섬유 수가 적은 자돈의 경우 같은 조건에서 낮은 성장률을 보인다. 근섬유가 가지고 있는 다양한 특징은 도축 후 육질특성과 많은 상관관계를 가지고 있다. 예를 들면, 근섬유 IIb의 크기가 큰 것을 선발하는 것은 고기의 육질을 나쁘게 한다(Gentry et al., 2002; Ryu & Kim, 2006).

근육내 지방함량(intramuscular fat, IMF)함량은 고기의 맛(taste), 다즙성(juiciness)과 풍미(flavor)에 영향을 주는 가장 중요한 요인이고, genotype, 성별, 사료 및 나이 등의 유전 및 환경 요인에 의해 결정된다. 이러한 IMF함량은 연도(tenderness)와 정의 상관관계가 있으며, 근섬유 면적과는 부의 상관관계가 있는 것으로 보고 연구되었다(Karlsson et al., 1999; Renand et al., 2001).

앞에서 설명한 바와 같이, 살아 있는 동물에서 에너지 생산에는 호기성대사 및 혐기성 대사 두가지 주요경로를 통해서 이루어지고 있다. 그러나 도축 후 혈액 순환이 중단되고 근육은 호기성 대사에 이용할 산소가 부족하고, 혐기적 대사를 통해 해당작용을 하여 젖산을 축적한다. 젖산의 축적은 pH를 급속도로 낮추고, 근육의 온도를 높인다. 그 결과 단백질이 변성되고 육질이 좋지 않게 된다(joo et al., 1999). 사후 대사 초기에 fast-twitch근섬유는 해당작용을 수행한다. 따라서 근섬유 IIB비율은 근육의 pH와 음의 상관관계가 있다(Ryu & kim, 2006).

사후 45분에 글리코겐 및 젖산의 함량은 근섬유 IIB가 근섬유 I보다 유의적으

로 높았으며, 높은 글리코젠은 낮은 글리코젠 그룹보다 높은 drip loss와 높은 명도값을 보였다(Choe et al., 2008)

Myosin isoforms에서 MHC fast isoform 함량은 젖산과 해당 전위와 정의 상관관계가 있으며, 글리코젠 및 근육의 pH와는 부의 상관관계가 있다. MHC slow isoform 함량은 글리코젠 함량과 근육 pH와 양의 상관관계에 있으며, 사후 대사 동안 젖산 함량과는 부의 상관관계가 있다(Choi et al., 2007). 낮은 MHC slow isoform 함량을 가진 근육이 사후 24시간 후 단백질 변성이 더 진행되었다고 보고되었다(Choi et al., 2006). Fast-twitch 근섬유는 slow-twitch 근섬유 보다 광범위하게 발달된 근소포체(sarcoplasmic reticulum), T-관, Z-band를 가지고 있다. 그리고 fast twitch 근섬유의 z-band를 구성하는 단백질은 도축 후 대사초기에 단백질 분해에 더 민감하다(Xiong, 2004). 따라서 단백질 변성에 대한 근섬유의 종류에 따른 차이는 적색근과 백색근 종류에 따라 서로 다른 육질 특성으로 설명할 수 있다(Browker et al., 2005). 많은 연구 결과에서 돈육의 품질과 근섬유 조성에 대해서 연구 했으며, 아래 내용을 요약하였다.

- PSE육처럼 육색, 견도, 보수력이 불량한 돈육은 fast-twitch가 더 발달하였다 (Warner et al., 1993).
- PSE육에서 사후 대사의 속도와 돈육의 품질 저하는 근섬유 type IIb의 비율 증가로 설명할 수 있다(Ryu & kim, 2005).
- Drip loss는 type I과 IIA의 비율과는 부의 상관관계가 있고, 근섬유 IIb와는 정의 상관관계가 있다. 육색의 명도 값은 근섬유 type I와 부의 상관관계에 있으며 Heme 색소와는 정의 상관관계가 있다(Henckel et al., 1997).

6.3 근육의 생체조직(Biopsy) 검사

생검(biopsy)은 피부를 절개하지 않고, 가운데가 비어있는 침(중공침)을 근육내 삽입하여 특수 제작된 biopsy gun을 이용하여 조직일부를 떼어내는 방법을 말한다. 통상적으로 병리 조직학적으로 이용되며, 암 진단, 피부병 진단 등에 이용된다. 동의어로 생체검사, 생체조직검사 및 조직검사라고도 불린다. 오래전부터 살아있는 말의 질병을 진단하거나, 조직학적 특성을 통한 피로도 회복속도, 근수축 속도 등의 상관관계에 대한 연구에 이용되었다(Lopez-rivero et al., 1992).



Stephanie, 2013.

Figure 4. Biopsy 이용한 말의 질병, 근육 조직 검사

Ville et al. (1992)은 살아있는 어린 돼지의 근육을 샘플링하는 방법을 연구하였다. 10~25kg의 새끼돼지의 대퇴부(*biceps femoris*)에서 약 108 mg의 생검 조직을 샘플링하여 근육내 지방함량을 측정하였다. 생검을 통하여 육질을 예측한 연구는 Valin (1982)에 의해 진행되었으며, 1개월된 어린 양을 생검하여 근섬유를 분석하여 육질관계를 연구하였다. Cheah & Cheah (1992)는 Landrace x Yorkshire x Duroc과 Landrace x Large white pig의 두 교잡종을 각각 PSS유전자(Halothane gentype) 보유군/미보유군(NN, Nn, nn)으로 나뉘서 생체무게 60 kg일 때 M. *Longissimus dorsi*(LD)에서 샘플링하여 보수력과 pH를 측정하였다.

이후 도축된 개체에서 LD를 채취하여 사후 1일째 pH, 최종 pH, Drip loss를 측정하여 biopsy 데이터와 비교하여 PSE육과 RSE육을 예측하였다. 살아있는 돼지의 LD에서 생검하여 pH와 보수력을 측정하고 할로탄(Halothane) 이형접합체 양성돼지와 음성돼지를 구분하여 보수력이 우수한 돼지를 선발하는 데 사용되었다. 이처럼 많은 연구에서 생검을 이용하여 사후 대사에 영향을 주는 halothane를 측정가능하고 육질 예측이 가능함을 보여주었다(Lahucky et al., 1982; Lahucky et al., 1993.). 백색 근육에서 글리코젠 수준을 증가시키는 RNgene을 검출하는데도 유용하게 사용되었다(Fernandez, et al., 1992;Fernande, et al., 1990). 최근에는 돼지고기에서 발생하는 특유의 냄새 인과관계를 밝혀내기 위하여 생검을 이용하여 지방 조직을 채취하여 skatole, indole의 농도를 측정하였다. 살아있는 돼지의 목(3부위), 등(6부위), 엉덩이(4부위) 및 배(5부위)에서 지방샘플을 채취하여 부위에 따른 skatole 및 indole농도를 측정 비교하였다(Raffael et al., 2016).

7. 돼지의 이유

돼지 사육 농가는 모돈의 회전율을 높이기 위하여 포유자돈을 3~4주 사이에 이유를 시작한다(Kim et al., 2017). 어미로부터 떨어져 새로운 돈사로 옮겨지며, 모유에서 사료로 전환되는 시기를 겪는다. 갑작스러운 변화는 많은 스트레스에 노출되게 된다. 새로운 돈사에서 다른 무리에 섞이게 되면서 공격적인 행동을 보이며, 서열 경쟁에 따른 투쟁행동으로 체중이 손실되고, 내분비계와 면역학 적으로 변화가 나타난다(Yin, 2013). 하지만 Weary et al. (2002)는 조기에 합사를 하면, 공격적인 행동을 하지만, 장기적으로 봤을 때 빠른 시간에 사회성이 향상되어 공격성이 빨리 줄어든다고 하였다. 따라서 이유를 실시 할때에는 일령, 체중 및 돈사 환경을 고려해야 한다. 적절한 이유일령과 체중은 이유 후 성장과 폐사율에 영향을 준다. 이유를 빨리 할 경우, 모돈이 분만 후 회복이 되지 않은 상황에서 다음 번식에 이용되어 번식 성적이 저하된다.

8. 참고문헌

- ABERLE, E. D., FORREST, J. C., GERRARD, D. E., and MILLS, E. W. (2013). Principles of Meat Science (5th Edition). Kendall Hunt Publishing. chapter 5. PP97-122.
- Asghar, A., and Pearson, A. M. (1980). Influence of ante- and postmortem treatments upon muscle composition and meat quality. *Advances in Food Research*. Vol 26. PP53-213.
- Bailey, A. J. and Light, N. D. (1989). *Connective tissue in meat and meat products*, Barking, England. Elsevier Applied Science. PP355.
- Bechtel, P. J. (1986). Muscle development and contractile proteins. In: Bechtel, P.J. (Ed.) *Muscle as Food*. Academic Press, Orlando, PP2-31.
- Bendall, J. R. (1973). In *Structure and function of Muscle*. ed. G. H. Bourne. Vol II. 2nd edn. part 2, Academic Press, New York. PP 243.
- Bendall, J.R. (1975). Cold-contraction and ATP-turnover in the red and white musculature of the pig, post mortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. vol 26. no 1. PP55-71.
- Bendall, J. R., and Swatland, H. J. (1988). A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*. vol 24. no 2. PP85-126.

- Bottinelli, R., and Reggiani, C. (2000). Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. vol 73. PP195-262.
- Bowker, B. C., Swartz, D. R., Grant, A. L., and Gerrard, D. E. (2005). Myosin heavy chain isoform composition influences the susceptibility of actin activated S1 ATPase and myofibrillar ATPase to pH inactivation. *Meat Science*. vol 71. PP342-350.
- Briskey, E. J. (1964). Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advances in Food Research*. vol 13. PP89-178.
- Briskey, E. J., and Lawrie, R. A. (1961). Comparative in vitro activities of phosphorylase band cytochrome oxidase in preparation from two ox muscles. *Nature*. vol 192. PP263-264.
- Brooke, M. H. and Kaiser, K. K. (1970). Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. vol 18. PP670 - 672.
- Cheah, K. S., Cheah, A. M., and Just, A. (1998). Identification and characterization of pigs prone to producing 'RSE' (reddish-pink, soft and exudative) meat in normal pigs. *meat science*. vol 48. PP249-255.
- Cho, I. C., Kim, S. K., Kim, Y. K., Kang, Y. J., Yang, S. N., Park, Y. S.,

- Cho, W. M., Cho, S. R., Kim, N. Y., Chea, H. S., Seong, P. N. Park, B. Y., Lee J. H., Lee J. B., Yoo, C. K., Han, S. H., and Ko. M. S. (2013). Association between numerical variations of vertebrae and carcass traits in Jeju native black pigs. Landrace pigs. and crossbred F2 population. Korean Society of Life Scinece. vol 23. no 7. PP854-862.
- Cho, S. H., Seong, N. P., Kim, J. H., Park, B. Y., Kwon, O. S., Hah, K. H., Kim, D. H., and Ahn, N. C. (2007). Comparison of meat quality, nutritional, and sensory properties of Korean Native pigs by Gender. Korean Society for Food Science of Animal Resources. vol 27. no 4. PP475-481.
- Choe, J. H., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., (2008). The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. Meat Science. vol 80. PP355-362.
- 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. Korean Journal Of food Science of Animal Resources. vol 25. no 3. PP322-327.
- Choi, Y. M., Ryu, Y. C., and Kim, B. C., (2006). Effect of myosin heavy chain isoforms on muscle fiber characteristics and meat quality in porcine *longissimus* muscle. Journal of Muscle Foods. vol 17. PP413 - 427.
- Choi, Y. M., Ryu, Y. C., Kim, B. C. (2007). Influence of myosin heavy-

and light chain isoforms on early postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*. vol 76, PP281-288.

Derek, j. o., and Alain, D. (2013). *The food industries of Europe in the Nineteenth and Twentieth Centuries*, Ashgate Publishing, Ltd., PP133-146.

Elisabeth, H. L., (2005). *Water-Holding capacity of Fresh Meat*, American Meat Science Association, Fact Sheet.

Faustman, C., and Cassens, R. G. (1990). The biochemical basis for discoloration in freshmeat: A review. *Journal of Muscle Foods*. vol 1. PP217-243.

Fernandez, X., Naveau, J., Talmant, A. and Monin, G. (1990). Distribution du potentiel glycolytique dans une population porcine et relation avec le rendement "napole". *Journées Reck. Porcine France*. vol 22. PP97-100.

Fernandez, X., Tornberg, E., Naveau, J., Talmant, A. and Monin, G. (1992). Bimodal distribution of the muscle glycolytic potential in French and Swedish populations of hampshire crossbred pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. vol 59. No 3, PP307-311.

Gentry, J. G., McGlone, J. J., Blanton Jr., J. R., and Miller, M. F., (2002). Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs. *Animal Science Journal*. vol 80. PP2833-2839.

- Hamm, R. (1977). Postmortem breakdown of ATP and glycogen in ground muscle: A review. *Meat Science*. vol 1. PP15-39.
- Henckel, P., Oksbjerg, N., Erlandsen, E., Barton-Gade, P., and Bejerholm, C. (1997). Histo and biochemical characteristics of the longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Science*. vol 47. PP311 - 321.
- Henrique, P. C., Robledo, d. A., Paulo, R. F., Alcinéia, d. L., and Eduardo, M. R. (2016). Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. *Universidade Federal de Santa Maria*. vol 46. no 12. PP2241-2248.
- Hodgson, R. R., Davis, G. W., Smith, G. C., Savell, J. W., and Cross, H. R. (1991). Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. *journal of Animal Science*. vol 69. PP4858-4865.
- Honikel, K. O. (1987). Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In *evaluation and control of Meat quality of pigs*. eds. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom, G. Monin. Martinus Nijhof Publishers. PP273.
- Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R., and Ronchales, p. (1986). Sarcomere shortening of pre-rigor muscles and its influence on drip loss, *Meat Science*. vol 16. PP267-282.
- Hood, D. E., and Riordan, E. B. (1973). Discoloration in pre-packaged

beef: measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. *Journal of Food Technology*. vol 8, PP333-343.

Huff-Lonergan, E., and Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. vol 71 PP194-204.

Jin, S. J., Kim, I. S., Hur, S. J., Hah, K. Y., and Kim, B. W. (2005). Physicochemical characteristics with market weight in Korean Native and Landrace crossbred pigs. *Journal of the Korean Society of International Agriculture*. vol 17. no 3. PP182-187.

Jin, S. K., Kim, I. S., Hur, S. J., Kim, S. J., and Jeoun, K. J. (2006). The influence of pig breeds on qualities of Loin. *Journal of animal science and technology*. vol 48. no 5. PP747-758.

Joo, S. T., Kim. G. D., Hwang. Y. H., and Ryu, Y. C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*. vol 95. no 4. PP823-836.

Kang, H. S., Seo, K. S., Kim, K. T., and Nam, K. C. (2011). comparison of pork quality characteristics of different parts from domesticated pig species. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. vol 31. No 6. PP921-927.

Kang, H. S., Seo, K. S., Kim, K. T., and Nam, K. C. (2011). Comparison of pork quality characteristics of different parts from domesticated

pig species. Korean Journal of food Science of Animal Resources. vol 31. no 6. PP921-927.

Karlsson, A. H., Klont, R. E., and Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. Livestock Production Science. vol 60. PP255-269.

Kim, D. W., Kim, Y. H., Kim, K. S., and Kim, K. H. (2017). Effect of mixing of suckling piglets on change of body surface temperature in sows and piglets. Journal of the Korea Academia-Industrial. vol 18. no 1. PP135-140.

Kim, I. S., Jin, S. K., Song, Y. M., Park, K. H., Kang, S. M., Ha, J. H., Kim, I. J., Park, Y. S., and Kim, J. H., (2006a). Quality Characteristics of pork by sex on crossbred pigs. The Korean Society of International Agriculture. vol 18. No 1. PP34-39.

Kim, J. H., Park, B. Y., Yoo, Y. M., Cho, S. H. Hwang, I. H., Seong, P. N. Hah, K. H., and Lee, J. M. (2006b). Characteristics of Carcass and Meat Quality for Landrace, Yorkshire, Duroc and their Crossbreeds. Journal of Animal Science and Technology. vol 48. No 1. PP101-106.

klauffman, R. G., Cassens, R. G., Scherer, A., and Meeker, D. L. (1992). Variation in pork quality: History-Definition-Extent-Resolution. National Pork Producers Council Publication, Des Moines, Iowa. USA.

Klont, R. E., Brocks, L., and Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type

- and meat quality. *Meat Science*. vol 49. PP219–S229.
- Kylä-Puhju, M., Ruusunen, M., Kivikari, R., and Puolanne, E. (2004). The buffering capacity of porcine muscles. *Meat Science*. vol 67. no 4. PP587–593.
- Lahucky, R., Fischer, K., and Augustini, C. (1982). Predicting meat quality in the live pig by shot biopsy. *Provisional communication*.
- Lahucky, R., Mojto, J., Poltarsky, J., Miri, A., Renou, J. P., Talmant, A., and Monin, G. (1993). Evaluation of halothane sensitivity and prediction of post-mortem muscle metabolism in pigs from a muscle biopsy using ³¹P NMR spectroscopy. *Meat science*. vol 33. no 3. PP373–384.
- Lawrie, R. A., and Ledward, D. A. (2014). *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing Ltd., PP279–323.
- Lee, J. R., Joo, Y. K., Shin, W. J., Cho, K. J., Lee, J. W., Lee, J. I., Lee, j. D., and Do, C. H. (2004). Comparison of carcass and pork physical characteristics by market weight and gender of berkshire. *Korean Society for Food Science of Animal Resources*. vol 24, no 2, PP108–114.
- Lengerken, G., Wicke, M., and Maak, S. (1997). Stress susceptibility and meat quality–situation and prospects in animal breeding and research. *Archives Animal Breeding*. vol 40. PP163–17.
- Li, Y. X., Cabling, M. M., Kang, H. S., Kim, T. S., Yeom, S. C., Sohn, Y.

- G., Kim, S. H., Nam, K. C., and Seo, S. (2013). Comparison and correlation analysis of different swine breeds meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. vol 26. no 7. PP905-910.
- Lind, A., and Kernell, D., 1991. Myofibrillar ATPase histochemistry of rat skeletal muscle: a "Two-dimensional" quantitative approach. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. vol 39. PP589-59.
- Livingston, D. J., and Brown, W. D. (1981). The chemistry of myoglobin and its reactions. *Food Technology*. vol 35. PP244-252.
- Karlsson, A. H., Klont, R. E., and Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science*. vol 60. PP255-269.
- Lopez-rivero, J. L., Serrand, A. L., DIZ, A. M., and A. M. Galistedo. (1992). Variability of muscle fibere composition and fibre size in the horse gluteus medius: anenzyme-histochemical and morphometric study. *Journal of anatomy*. vol 181, PP1-10,
- Maribo, H., Olsen. E. V., Barton-Gade. P., Moller, A. J., and Karlsson. A. (1998). Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Science*. vol 50. no 1. PP115-129.
- Monin, G. 1998. Recent Methods for Predicting Quality of Whole Meat. *Meat Science*. vol 49. no 1. PP231-243.

- Moon, Y. H. (2004). Physicochemical properties and palatability of Loin from crossbred Jeju Black pigs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. vol 24. no 3. PP238-245.
- Offer, G. (1991). Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*. vol 30. no 2. PP157-184.
- Offer, G., and Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat In *Developments in Meat Science-4*, ed. R. A. Lawrie. Elsevier Science Publishers, London. PP63-243.
- Offer, G., and Cousins, T. (1992). The mechanism of drip production - formation of 2 compartments of extracellular-space in musclepostmortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. vol 58. PP107-116.
- Offer, G., and Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat part 2: Drip losses. In R. Lawrie (eds.), *Developments in Meat Sciences - 4*. London: Elsevier. PP173-243
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R., and Purslov, P. (1989). The structural basis of the waterholding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*. vol 8. PP151-170.
- Oh, H. S., Kim, H. Y., Yang H. S., Lee, J. I., Joo, Y. K., and Kim, C. U. (2008). Comparison of meat quality characteristics between

crossbreeds. Korean Journal Of food Science of Animal Resources. vol 28. no 2. PP171-180.

Otto, G., R. Roehe, H. Looft, L. Thoelking and E. Kalm. (2004). Comparison of Different Methods for Determination of Drip Loss and Their Relationships to Meat Quality and Carcass Characteristics in Pigs. Meat Science. vol 68, PP401-409.

Pearson, A. M., and Young, R. B. (1989). In Muscle and Meat biochemistry. Academic press. New York. PP457.

Pette, D. and Staron, R. S. (1990). Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibres. Reviews in Physiology, Biochemistry and Pharmacology. vol 116. PP2-76.

Picard, B., Juire, C., Duris, M.P., and Renand, G., 2006. Consequences of selection for higher growth rate on muscle fibre development in cattle. Livestock Science. vol 102. PP107-120.

Pösö, A. R., and Puolanne. E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals- a review. Meat Science. vol 70. No 3, PP423-434.

Raffael, W., Volker, S., and Ulrike, W., (2016). Influence of sampling procedure, sampling location and skin contamination on skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. Meat Science. vol 111. PP85-91.

Rehfeldt, C., Fiedler, I., Dietl, G., and Ender, K. (2000). Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection.

Livestock Production Science. vol 66. PP177-188.

Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P., and Lepetit, J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. Meat Science. vol 59. PP49-60.

Renaudeau, D., Hilaire, M., and Mourot, J. (2005). Acomparision of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slughtered at 150 days of age. Animal Research. vol 54. no 1. PP43-54.

Renerre, M. (1990). Review: factors involved in the discoloration of beef meat. International Journal of Food Science & Technology, vol 25. PP613-630.

Ruusunen, M., and Puolanne, E. (1997). Comparison of histochemical properties of different pig breeds. Meat Science. vol45. PP119-125.

Ryu, Y. C., and Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. Meat Science. vol 71. PP351-357.

Ryu, Y. C., and Kim, B. C. (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. Journal of Animal Science. vol 84. PP894-901.

Ryu, Y.C., and Kim, B.C. (2005). The relationship between muscle fiber

- characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. Meat Science. vol 71. PP351-357.
- Sams, A.R., and Alvarado, C.Z. (2004). Turkey carcass chilling and protein denaturation in the development of pale, soft, and exudative meat. Poultry Science. vol 83. no 6. PP1039-1046.
- Santoro, P., and Faucitano, L. 1996. Stress in pig production. Pig News and Information. vol 17. PP2-49.
- Seideman, S. C., Cross, H. R., Smith, G. C., and Durland, P. R. (1984). Factors associated with fresh meat color: a review. Journal of Food Quality. vol 6. PP211-237.
- Stephanie, J. V. (2013). Muscle anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine: Second Edition. Elsevier Inc. PP174-201.
- Swatland, H. J. (1992). Paleness, softness and exudation in pork - Review. In Pork Quality: Genetic and metabolic factors. Ed. Poulanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen, M. & Ellis, S. OECD workshop June 8-10, Helsinki, Finland. PP273-286.
- Tarrant, P. J., McLoughlin, J. V., and Harrington, M. G. (1972). Anaerobic glycolysis in biopsy and post-mortem porcine *longissimus dorsi* muscle. Proceedings of the Royal Irish Academy. Biological, geological, and chemical science. vol 72. no 5. PP55-73.

- Taylor, A. A., and Dant. S. T. (1971). Influence of carcass cooling rate on drip loss in pigment. *Journal of Food Technology*. vol 6. PP131-167.
- Taylor, G., and Roese, G (2005). Department of primary industries. PRIMEFACT 64.
- Troy, D. J., and Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat science*. vol 86. no 1. PP214-226.
- Valin, C., Touraille, C., Vigneron, P., and Ashmore, CR. (1982). Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *meat science*. vol 6. no4. PP257-263.
- Van Laack, R.L., and Kauffman, R.G. (1999). Glycolytic potential of red, soft, exudative pork *longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*. vol 77. no 11. PP2971-2973.
- Villé, H., Maes, G., Geers, R., Goedseels, V., Parduyns, G., Van Bael, J., Janssens, S., and Dekempeneer, P. (1992). A technique for muscle biopsy sampling on pigs to assess intramuscular fat. *Meat science*. vol 32. 123-129.
- Warner, R. D., Kauffman, R. G., and Greaser, M. L. (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat science*. vol 45. No 3. PP339-352.
- Warner, R. D., Kauffman, R. G., and Russel, R. L. (1993). Quality

attributes of major porcine muscles: A comparison with the *Longissimus Lumborum*. Meat science. vol 33. No 3. PP359-372.

Warriss, P. D., and Brown, S. N. (1987). The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. Meat science. vol 20. No 1. PP65-74.

Warriss, P. D., Browns S. N., Edwards, J. E. and Knowles, T. G. (1995) Effect of lagging time on levels of stress and meat quality in pigs. Proceeding of EU-Seminar. New information on welfare and meat quality of pigs a related to handling transport and lagging conditions. Mariensee. Germany. PP163-170.

Warriss, P.D., Bevis, E.A., and Ekins, P.J. (1989). The relationships between glycogen stores and muscle ultimate pH in commercially slaughtered pigs. The British veterinary journal, vol 145. no 4. PP378-383.

Weary, D. M., Pajor, E. A., Bonenfant, M., Fraser, D., and Kramer. D. L. (2002). Alternative housing for sows and litters.: Part 4. Effects of sow-controlled housing combined with a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. Meat science. vol 76. No 4. PP279-290.

Xiong, Y.L., (2004). Protein functionality. In: Jensen, W. K., Devine, C., Dikeman, M. (Eds.). Encyclopedia of Meat Sciences. Elsevier Academic Press, Oxford. UK. PP218-242.

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 crossbred black and crossbred pigs reared in Jejudo. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. vol 25. no 1. PP7-12.

Yin, Y. L. (2013). Birth oxidative stress and the development of an antioxidant system in newborn piglets. Free Radical Res. vol 47. PP1027-1035.

농촌 진흥청, 2016 영농기술, 돼지 개량 및 육종방향

농촌 진흥청 축종별 품종 해설

농촌 진흥청, 스마트한축산통계 30 (2016) 4호

미국버크셔 협회(American Berkshire Association), <http://www.ansi.okstate.edu>

문화재청. (2015). 문화유산정보/문화재검색, <http://www.cha.go.kr>

문화재 기본 상세정보 알람 (2015), <http://www.e-minwon.go.kr>

박영일, (1988). 양돈학. 선진 문화사

조인철. (2015). 흑돼지 신품종“난축 맛돈”개발 및 산업화. 한국축산학회, 축산기술과 산업 vol 6, no 1, PP38-39

제주 특별자치도, 농축산식품국, 2015년 가축통계조사.

통계청, 2017년 가축 동향 조사 결과.

통계청, 2015년 가축동향조사 결과.

CHAPTER 3

제주 개량 흑돼지와 다양한 돼지 품종의 육질특성 비교

ABSTRACT

본 연구의 목적은 제주 지역에서 생산되는 제주 개량흑돼지의 품질과 국내에 사육 유통되고 있는 다양한 품종의 육질의 차이점을 분석하고, 품종별 근섬유 조성 특징을 설명하고자 수행되었다. 제주개량 흑돼지(JBP), 버크셔(B), 듀록(D), 랜드레이스(L), 메이산(M), 요크셔(Y) 및 삼원교잡종(LYD)이 이용되었다. JBP가 가장 낮은 도체중을 보였다($P < 0.05$). M은 가장 높은 등지방두께를 보였으며, LYD가 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). NPPC marbling score 조사 결과에서는 LYD, D, 및 L이 높은 값을 보였으며, M이 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). JBP는 M보다 유의적으로 높은 값을 보였지만, 나머지 품종보다는 낮은 값을 나타냈다. 명도(L*)는 M이 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 B가 가장 낮은 명도 값을 보였다($P < 0.05$). 적색도(a*)에서는 D가 가장 높은 값을 보였으며, 황색도(b*)는 JBP가 가장 높았다($P < 0.05$). 유리육증량은 M이 가장 높은 값(6.13%)를 보였으며, B, D종이 가장 낮은(2.29%) 값을 보였다($P < 0.05$). 가열감량 측정결과에서는 LYD가 23.39%로 가장 낮은 값을 보여 다른 품종에 비해 가열감량이 우수한 것으로 확인되었고($P < 0.05$), 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 발생하지 않았다. 근섬유는 타입별 단면적(cross-sectional area, CAS), 근섬유 개수비율(fiber number composition, FNC) 및 근섬유 면적 비율(fiber area composition, FAC)로 분석하여 나타냈다. CAS분석 결과 LYD가 근섬유 type I, IIa 및 IIb 모두 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 M은 분석된 근섬유 모든 type이 가장 낮은 CAS값을 보였다($P < 0.05$). FNC의 분석 결과를 살펴보면, JBP와 D는 가장 높

은 근섬유 type I 비율을 보였으며, JBP는 다른 품종 보다 가장 낮은 근섬유 type IIa비율을 보였다($P < 0.05$). 근섬유 type IIb에서는 D가 가장 낮은 비율을 보였고, B가 가장 높은 비율을 보였지만, 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. FAC에서 JBP는 근섬유 type I은 다른 품종에 비해 높은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa, IIb는 다른 품종에 비해 낮은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa는 JBP를 제외하고 나머지 품종간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Type IIb는 D가 가장 낮은 값을 보였으며, 나머지 항목에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

서론

2016년 제주도내 가축 사육두수를 살펴보면 한우, 육우가 3만 천마리, 젓소가 4천 2백 마리, 돼지는 55만 5천마리, 그리고 닭이 170만 마리가 사육되고 있다. 돼지의 경우 10년 전보다 15만마리(37.1%) 증가하였다. 도축 두수를 살펴보면 2016년 850,574의 돼지가 도축되었으며, 이중에서 흑돼지가 174,767마리로 약 20.5%로 조사되었다(제주 특별자치도, 2016). 돼지고기의 소비는 일주일에 1번 이상 먹는 소비자가 10명 중 3명, 일주일에 3~4번 구입하는 경우도 10명중 1명 정도이며, 가장 선호하는 부분은 삼겹살, 목살로 대부분이 구이용을 선호하는 것으로 보고되었다(농촌진흥청, 2017). 국내에 비육용으로 사용되고 있는 품종은 Landrace, Yorkshire 및 Duroc종을 교잡한 삼원교잡종(LYD)의 백돼지와 재래돼지를 개량한 개량 재래돼지가 있다. 재래돼지는 육색이 진하고 근섬유가 가늘고 많아서 연한 특성을 가지고 있다(jin et al., 2001). 제주도에서 사육되고 있는 흑돼지는 재래돼지와 개량흑돼지로 구분하며, 개량 흑돼지는 일반 흑돼지라고 부른다. 일반돼지나 개량 흑돼지의 경우 교잡형태가 매우 다양하여 공식적으로 계통을 확인하는 어렵다. 개량이 된 흑돼지의 경우에도 재래돼지의 특징이 남아있어 성장률이 백돼지에 비해 느리고, 산자수도 낮다. 이에 따라 성장 및 육량을 높이는 품종 개량이 진행되었다. 이러한 육량 위주의 형질 개량은 PSE육과 같은 이상육 발생율을 높였다. 지금까지 재래돼지의 품질에 대한 연구는 다양하게 진행되었다. 예를 들면 재래돼지와 개량종 돼지와의 도체 및 육질 특성 비교(Choi et al., 2005), 재래돼지 출하체중 및 성별에 따른 육질특성(Cho et al., 2007), 재래돼지의 지방산 조성(Kim et al., 2009), 재래돼지와 Landrace 교잡돈의 품질 특성에 관한 연구(Jin et al., 2005; Kim et al., 2013) 등이 있다. 그러나 개량 흑돼지에 대한 연구는 제주 재래돼지와 혼돈을 막고 일반돼지와 차별화를 위하여 수행된 Moon (2004) 및 Yang et al. (2005)의 보고가 전부이다. 본 연구에서는 제주 지역에서 생산되는 제주 개량 흑돼지의 품질과 국내에 다양하게 사육 유통되고 있는 품종의 도축 후 육질의 차이점을 확인하고, 품종에 따른 근섬유 조성 확인하여 품종과 육질차이를 근섬유 조성 차이로 설명하고자 한다.

재료 및 방법

공시 재료(Animals & Experimental design)

연구에 사용된 돼지는 아래 표에 나타내었다(Table 3). 개량 흑돼지 302두, 삼원 교잡종 LYD, 101두, Berkshire(B) 211두, Duroc(D) 80두, Landrace(L)104두, Meishan(M) 110두, 및 Yorkshire(Y) 68두를 이용하였으며, 제주 개량 흑돼지는 제주도 축협 공판장에서 실험을 진행하였고, 나머지는 국내 6개 도축장에서 진행되었다. 모든 공시돈은 도축장에서 도축 후 45분째에 등심근 pH를 측정하였고, 근섬유 특성분석을 위한 시료 채취 및 도체중, 등지방 두께, NPPC marbling (NPPC, 2002)를 측정하였다. 냉각처리 후 등심근을 분리하여 육질특성을 조사하였다.

Table 3. 실험에 이용된 품종별 돼지 두수

품종	거세	암컷	합계
Jeju Black pig (JBP)	156	146	302
Landrace x Yorkshire x duroc (LYD)	51	50	101
Berkshire (B)	106	105	211
Duroc (D)	42	38	80
Landrace (L)	44	60	104
Meishan (M)	52	58	110
Yorkshire (Y)	36	32	68
Total	487	489	976

근섬유 특성 분석

도축 후 예냉실로 입고된 도체에서 등심근(*longissimus m.*, 8th thoracic vertebrae) 일부를 절단하여, 육질 분석용과 근섬유 분석용으로 나눈다. 근섬유

분석용은 일정한 크기(0.5cm x 0.5cm x 1.0cm)로 절단 하여 Tissue Embedding Cassettes에 넣어 액체질소로 급속 냉동 하여, 실험실로 옮겨 분석 시까지 -80°C의 Deep freezer에 보관하였다. 미세절편기(CM1950, Leica co., Mannheim, Germany)을 이용하여 10~20 μ m 두께로 절편하여 mATPase 활성법(Brooke & Kaiser, 1970)을 이용하여 근섬유를 염색 하였다. 염색된 근섬유는 현미경을 통해 관찰하였으며, 이미지 분석 프로그램(Image-pro@plus, Image & Graphics, Seoul, Korea)을 이용하여, 근섬유 I, IIa 및 IIb 세가지로 분류하여 분석하였다. 각 시료당 약 300개 이상의 근섬유를 분석하였고, 분석된 항목은 근섬유 타입별 cross-sectional area(μ m, CAS), fiber number composition(%) 및 fiber area composition(%)을 조사하였다.

pH

사후 45분이 지난 돼지의 흉추(*Longissimus thoracis*)의 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근에 portable pH meter(206-pH2, Testo, Germany)을 삽입하여 pH를 측정하였다. 등심근 일부를 채취하여 저온실(4°C)에 보관 후 24시간이 지난 후 동일한 방법으로 pH를 측정하였다.

육색(Meat color)

급속 냉동 터널을 지난 돼지 도체의 흉추 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근 표면을 30분간 공기 중에 노출 시킨 후 Chromameter(CR-300, Minolta co., Tokyo, Japan)을 이용하여 3번씩 반복하여 측정하였다. 측정 항목은 명도(Lightness, L*), 적색도(redness, a*), 그리고 황색도(yellow, b*)이며, 이때 사용된 Minolta Chromameter의 백색표준색판은 $Y = 93.5$, $x = 0.3132$, $y = 0.3198$ 로 표준화한 후 동일 시료를 3번 반복하여 측정하였다.

보수력 (Water-holding capacity)

1) 유리 육즙(Drip loss)

유리 육즙량은 Honikel (1987)의 측정방법을 이용하여 돈육 등심에 직경 4cm의 Core를 이용하여 시료를 채취 한 후, 무게를 측정한 후 shackel에 걸어 polyethylen bag으로 공기를 차단하고 표면에 외부 물질이 닿지 않도록 걸어두었다. 4℃에 48시간 보관 후 유리된 육즙량을 최초 무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$\text{Drip loss(\%)} = \frac{\text{최초의 시료 무게(g)} - \text{48시간 후 시료무게(g)}}{\text{최초의 시료 무게(g)}} \times 100$$

2) 가열 감량(Cooking loss)

등심근을 일정한 크기(2cm x 4cm x 6cm)로 잘라내어 무게를 측정한 후, polyeethylene bag으로 공기가 없도록 밀착하여 싼 후 미리 가열해 놓은 water bath(KMC-1205W1, Vision Co., USA)(85℃)에 넣는다. 시료의 심부온도가 70℃가 될 때까지 가열하며, 최종온도에 도달하면 꺼내어 찬물로 충분히 식힌다. 이후 bag에서 꺼내어 표면의 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{Cooking loss(\%)} = \frac{\text{가열 전 무게(g)} - \text{가열 후 무게(g)}}{\text{가열 전 무게(g)}} \times 100$$

전단가(Warner-Bratzler shear force)

전단가(Warner-Bratzler Shear force, WBSF)는 Instron(compac-100; Sun scientific co., Tokyo, Japan)을 이용하여 분석하였다.

Table 4. Instron 설정 값

Items	conditions
Pre Test Speed	2.00mm/s
Post Test Speed	10.00mm/s
Target Value	20.0mm
Trigger load	5.00g
Test Speed	1.00mm/s
Cycle Count	1
Probe	TA-SBA
Fixture	TA-BT kit

통계분석(statistical analysis)

각 분석항목별로 얻은 결과는 SAS(SAS, 2002) 프로그램의 General linear model(GLM) 방법으로 분석하였고, 처리구 평균간 비교는 Duncan의 다중검정법 (multiple range test)으로 수행하였다. 유의수준은 5% 이내로 하였으며, 각 분석 결과값은 평균값과 표준오차로 나타내었다.

결과 및 고찰

도체중, 등지방 두께 및 NPPC marbling score

도체중, 등지방 두께 및 NPPC marbling score를 Figure 5에 나타냈다. 도체중 측정 결과 JBP가 가장 낮은 도체중을 보였다($P < 0.05$). LYD는 JBP보다 도체중 평균이 높았으나 유의성은 보이지 않았다. Y와 B가 가장 높은 도체중을 보였지만, 나머지 5종의 순종간에 유의적 차이는 없었다. 등지방 두께 결과를 살펴보면, M종 가장 두꺼운 것으로 나타났으며, LYD가 가장 낮은 값을 보여, 얇은 것으로 확인 되었다($P < 0.05$). JBP는 M, D 및 Y보다는 등지방 두께가 얇았고 LYD보다는 두꺼웠지만, B 와 L과는 유의적 차이가 없었다. 근내지방의 정도를 알아보기 위한 NPPC marbling score조사 결과에서는 LYD, D, 및 L이 높은 값을 보였으며, M이 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). JBP는 M보다 유의적으로 높은 값을 보였지만, 나머지 품종보다는 낮은 값을 나타냈다.

재래 흑돼지 품종은 성장이 느리고 생산성이 낮은 것으로 알려져 있다. 이러한 특징은 높은 경제 형질을 요구 하는 시장에서 열악하게 작용하였으며, 오랜 기간 생산능력을 향상시키기 위하여 개량을 진행하였다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 아직 다른 품종에 비해 성장이 느리고, 낮은 도체중을 보였다. Choi et al, (2005)의 연구에서 D와 LYD의 도체중은 각각 87.7 kg, 86.9 kg을 보였고, Kim et al, (2017)의 연구에서 제주 흑돼지의 도체중이 72.9 kg으로 확인되었다.

등지방 두께는 다른 품종에 비하여 Y가 상대적으로 얇은 것으로 알려져 있으나(Fjelkner-Modig & Persson, 1986), 본 연구에서는 삼원교잡종인 LYD가 가장 낮은 값을 나타냈다. 일당증체량과 사료이용성이 좋고, 근내지방도 형성이 높은 품종으로 알려져 있는(Suzuki et al., 2003) D는 높은 NPPC marbling score을 보였으며, 등지방 두께도 두꺼운 것으로 나타났다. LYD의 경우 등지방 두께가 가장 얇고, 근내지방도 함량이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 삼원교잡종의 장점을 나타낸 결과로 판단된다.

JBP는 가장 낮은 도체중과 LYD보다는 높은 등지방 두께를 보였으며, M종을 제외하고 가장 낮은 근내지방도를 보였다. B종은 L종이나 D종 보다 근내지방도가 낮아 육질에 뚜렷한 차이가 있다고 보고되었는데(Cameron & Enser, 1991; Suzuki et al., 2013), JBP는 B종보다 낮은 근내지방도 함량을 보였다. JBP종은 재래되지의 특징이 남아 있어 낮은 사료효율과 느린 성장속도로 인하여 사육기간이 길다. 하지만 농가에서 번식 및 비육을 원활하게 하기 위해서는 일정 기간이 되면 출하를 해야 하며, 이때 도체중이 낮은 개체들이 출하를 하게 된다. 따라서 도체중이 낮고 등지방 두께가 낮게 나타난다. 하지만, 일정한 도체중까지 높이면 등지방 두께도 같이 증가(Kim et al., 2013)하기 때문에 성장성적 및 도체특성을 고려할 때 우수한 개체를 선발 및 육종이 수행되어야 한다.

pH 및 육색

Figure 5에 도축 후 45분과 24시간 pH를 나타내었다. 사후 45분 pH는 JBP가 가장 높은 값을 보였고, LYD가 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). L과 Y는 45분째 pH는 유의적으로 차이가 나타나지 않았으며, 나머지 다른 순종 B, D, M보다 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 사후 24시간 pH측정 결과는 M이 가장 낮은 값을 보였으며($P < 0.05$), B가 가장 높은 24시간 pH를 보였으며, pH감소 범위가 가장 작은 것으로 나타났다. JBP는 LYD, D, M과 유의적 차이를 보이지 않았다. 고기의 물리화학적 성질에 가장 기본적이며 중요한 성질은 pH이다. 이러한 pH는 사후 해당속도의 척도이며, 식육의 보수력 및 육색에 영향을 미치며 PSE육과 같은 좋지 않은 품질과 관련이 있는 것으로 보고되었다(Honikel & Fischer, 1977; Joo et al., 1999; Ryu et al., 2005). PSE육은 사후에 빠른 pH강하와 관련이 있으며, 정상육에 비해 2~4배 빠른 속도를 보이며 최종 pH가 5.4이하를 보여 도체의 온도를 높이고 단백질 변성의 원인이 되어 보수력이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Joo et al., 1999; Ryu et al., 2005). 본 연구 결과에서 JBP 및 나머지 품종들은 모두 정상 범위의 최종 pH가 나타났다. 하지만 JBP는 가장 많은 변화를 보여 주어 사후 대사 속도범위와 육질과의 관계에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 5에는 품종별 육색 측정 결과를 나타냈다. 명도(L*) 측정결과에서는 M

이 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 B가 가장 낮은 명도 값을 보였다($P < 0.05$). 적색도(a^*)에서는 D가 가장 높은 값을 보였으며, 황색도(b^*)는 JBP가 가장 높은 값을 나타냈다($P < 0.05$). 본 연구에서 L^* 측정 결과는 44~50 사이에 포함되어 있으며, Joo et al. (1999)의 연구결과에서 설명한 정상범위에 있다. 명도값이 50을 이상이면 PSE육으로 간주하고 43보다 낮으면 DFD육으로 판단하였다. 그러나 M의 경우 가장 높은 명도값을 보였는데, 이러한 결과는 앞서 설명한 바와 같이 최종 pH가 낮아 육색에 영향을 준 것으로 판단된다. 반면 가장 높은 최종pH를 보인 B는 명도값이 가장 낮은 값을 보였다. 돈육의 최종pH와 육색의 명도값은 매우 밀접한 관계가 있음을 확인할 수 있다.

보수력 및 연도

보수력 측정 결과를 Table 6에 나타냈다. 유리육즙량을 측정한 Drip loss 결과는 M이 가장 높은 값(6.13%)를 보였으며, B, D종이 가장 낮은(2.29%) 값을 보였다($P < 0.05$). 가열감량 측정결과에서는 LYD가 23.39%로 가장 낮은 값을 보여 다른 품종에 비해 가열감량이 우수한 것으로 확인되었고($P < 0.05$), 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 발생하지 않았다. M이 높은 Drip loss값을 보여 가장 보수력이 나쁜 것으로 보이며, 이러한 결과는 다른 연구보고에서 보수력은 최종 pH와 단백질의 변성과 상관관계가 있다는 연구 결과와 일치하였다(Warner et al., 1997). Figure 5에서 M이 가장 낮은 최종 pH를 보였다. JBP는 3.09%의 Drip loss를 보였으며, M과 LYD 다음으로 낮은 drip loss를 보였으나, 정상범위 내의 값을 보였다. Choi et al. (2005)는 D, L, Y, 및 LYD는 재래흑돼지 보다 보수력이 우수하다고 보고했다. 본 연구에서는 B과 D 보다는 보수력이 낮았지만, 나머지 품종과는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Choi et al. (2005)의 연구에 이용된 재래돼지는 210~270일 사육되었으며, 재래종 특유의 특성이 남아 있는 것으로 판단된다.

Figure 6에는 품종간 WBSF를 측정하여 연도를 비교하였다. Y가 가장 높은 값을 보였고, D와 M이 가장 낮은 값을 나타냈다($P < 0.05$). JBP는 Y보다는 낮은 값을 보였지만, 나머지 품종과는 유의적 차이가 없었다.

근섬유 특징

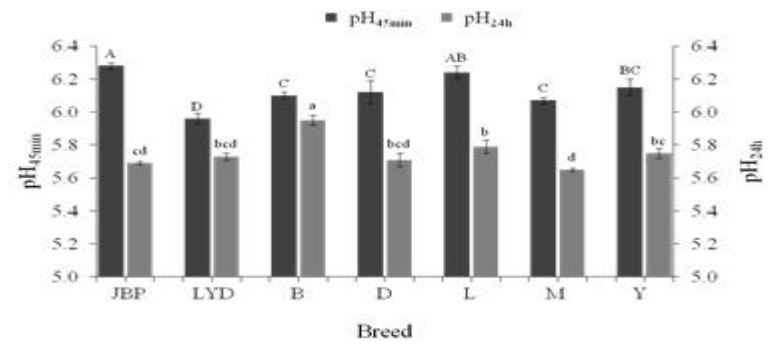
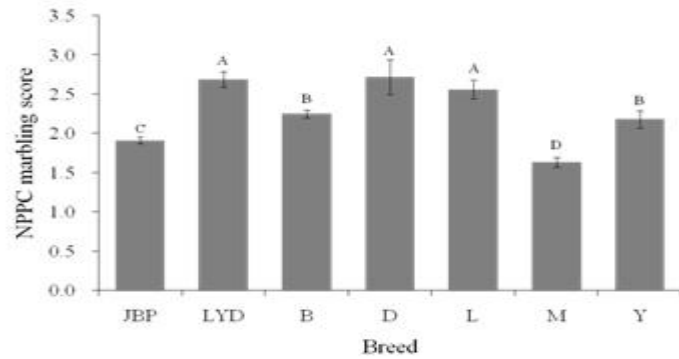
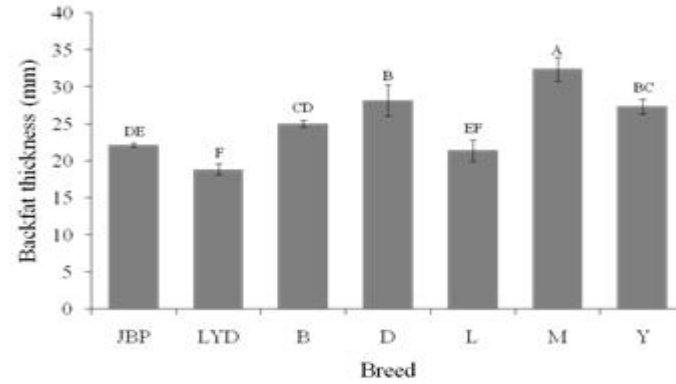
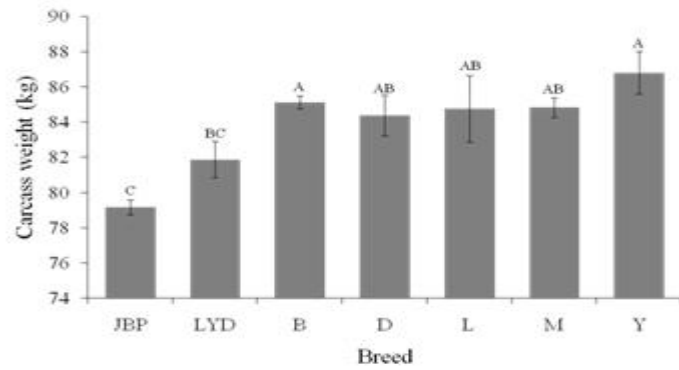
품종별 근섬유 특징을 분석한 내용을 Table 7에 나타냈다. 근섬유는 타입별 단면적(Cross-sectional area, CAS), 근섬유 개수 비율(fiber number composition, FNC) 및 근섬유 면적 비율(fiber area composition, FAC)로 분석하여 나타냈다. CAS분석 결과 LYD가 근섬유 type I, IIa 및 IIb 모두 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 M은 분석된 근섬유 모든 type이 가장 낮은 CAS값을 보였다($P < 0.05$). JBP의 근섬유 type IIb는 LYD와 유의적 차이를 보이지 않았지만, LYD를 제외한 다른 품종과 비교해 보면 높은 값을 보였다($P < 0.05$). JBP의 근섬유 type I은 LYD보다 낮은 값을 보였으나, LYD를 제외한 다른 품종 D, M보다는 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 하지만 D와 Y와는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

FNC의 분석 결과를 살펴보면, JBP와 D는 가장 높은 근섬유 type I 비율을 보였으며, JBP는 다른 품종 보다 가장 낮은 근섬유 type IIa비율을 보였다($P < 0.05$). 근섬유 type IIb에서는 D가 가장 낮은 비율을 보였고, B가 가장 높은 비율을 보였지만, 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

근섬유의 종류에 따른 크기비율을 나타낸 FAC에서 JBP는 근섬유 type I은 다른 품종에 비해 높은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa, IIb는 다른 품종에 비해 낮은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa는 JBP를 제외하고 나머지 품종간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Type IIB는 D가 가장 낮은 값을 보였으며, 나머지 항목에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 근섬유의 크기와 조성비율은 도체 특성 및 육질 품질에 밀접한 상관관계가 있는 것으로 보고되었다(Karlsson et al., 1993; Renand et al., 2001; Ryu & Kim, 2006; Kim et al., 2013). 보고에 따르면, 근섬유 type IIb의 크기가 크고 비율이 높으면 육질이 좋지 않고, 보수력이 낮고 육색이 창백한 고기 특성이 나타난다고 하였다. 근섬유 크기가 작고, 전체적으로 많은 비율로 구성되어 있는 도체는 사후대사 초기 pH가 높고 육질 손실이 낮은 것으로 보고되었다(Lengerken et al., 1997). 본 연구에서 D의 경우 다른 품종보다 근섬유 type IIb의 조성이 낮았으며, 육질 특성 중 drip loss와 WBSF도 낮은 값을 보였다. M의 경우 근섬유 type IIb가 FAC에서 가장 높은

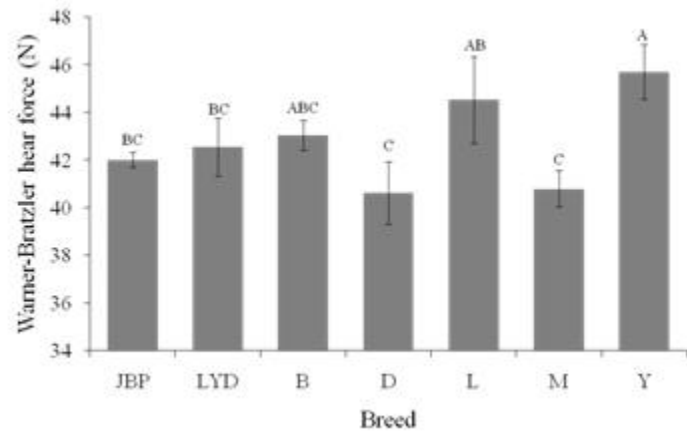
값으로 측정되었고, FNC도 B다음으로 가장 높은 값을 나타내었는데, 육질 특성에서도 가장 높은 명도 및 drip loss를 보여주었다. 근섬유 type I은 drip loss와 명도 값과 부의 상관관계를 보이며, IIb의 조성이 높은 경우에는 보수력에 정의 상관관계가 있는 연구와 일치하였다(Ryu et al., 2006).

JBP는 CAS에서 가장 높은 IIb 값을 보였지만, FNC와 FAC에서는 근섬유 type I이 가장 높은 것으로 나타났다. 도체중이 증가하면 IIB가 증가하는 연구와는 일치하지 않았다(Choi & Oh, 2016). 다른 품종 보다 type I조성이 높았던 JBP의 도체중은 가장 낮았으며, NPPC marbling score는 오히려 M다음으로 가장 낮았다. 근섬유의 type I의 크기가 작았던 이유는, Oksbjerg et al. (1994)의 연구 결과를 보면 근섬유의 크기 성장은 type II가 type I보다 빠르다고 하였다. 도체중이 가장 낮았던 JBP는 근섬유 type I의 크기가 IIb보다 작았던 것으로 판단된다. 이 chapter는 본연구 논문의 전체적인 배경으로 사용되기 위하여 작성되었으며, chapter 4의 돼지 조기선발을 기술개발을 통해 선발한 돼지의 품질 비교를 위하여 조사되었다.



JBP, Jeju black pig; LYD, three-way crossbred pig (Landrace × Yorkshire × Duroc); B, Berkshire; D, Duroc; L, Landrace; M, Meishan; Y, Yorkshire. Significance ($p < 0.05$) is indicated by different letters (A-F).

Figure 5. 제주개량 흑돼지와 국내 사육의 도체 성적 비교



JBP, Jeju black pig; LYD, three-way crossbred pig (Landrace × Yorkshire × Duroc); B, Berkshire; D, Duroc; L, Landrace; M, Meishan; Y, Yorkshire. Significance ($p < 0.05$) is indicated by different letters (A-C).

Figure 6. 제주개량 흑돼지 및 국내 사육 돼지의 전단가 측정 결과

Table 5. 제주개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 육색 측정 결과

	Breed						
	JBP	LYD	B	D	L	M	Y
Lightness (L*)	46.53 ^B (0.22)	46.82 ^B (0.36)	44.39 ^C (0.22)	46.39 ^B (0.27)	46.65 ^B (0.42)	49.56 ^A (0.32)	45.76 ^B (0.35)
Redness (a*)	6.83 ^D (0.07)	7.06 ^{CD} (0.12)	6.98 ^{CD} (0.08)	7.76 ^A (0.18)	7.35 ^{BC} (0.17)	6.70 ^D (0.12)	7.56 ^{AB} (0.15)
Yellowness (b*)	3.23 ^A (0.08)	2.78 ^B (0.10)	2.14 ^C (0.05)	2.99 ^{AB} (0.10)	2.75 ^B (0.13)	3.03 ^{AB} (0.09)	2.65 ^B (0.11)

Data are means (SE).

^{A-D} Means with different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05).

Abbreviations: JBP, Jeju black pig; LYD, three-way crossbred pig (Landrace × Yorkshire × Duroc); B, Berkshire; D, Duroc; L, Landrace; M, Meishan; Y, Yorkshire

Table 6. 제주 개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 보수력 측정 결과

	Breed						
	JBP	LYD	B	D	L	M	Y
Drip loss (%)	3.09 ^{BC} (0.10)	3.53 ^B (0.21)	2.29 ^D (0.10)	2.29 ^D (0.22)	2.73 ^{CD} (0.23)	6.13 ^A (0.20)	2.75 ^{CD} (0.22)
Cooking loss (%)	27.65 ^A (0.23)	23.39 ^B (0.85)	26.00 ^A (0.32)	26.06 ^A (0.64)	26.53 ^A (0.68)	26.06 ^A (0.47)	25.98 ^A (0.68)

Data are means (SE).

^{A-D} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Abbreviations: JBP, Jeju black pig; LYD, three-way crossbred pig (Landrace × Yorkshire × Duroc); B, Berkshire; D, Duroc; L, Landrace; M, Meishan; Y, Yorkshire

Table 7. 제주 개량 흑돼지와 국내 사육 돼지의 근섬유 특징 분석 비교 결과

	Breed						
	JBP	LYD	B	D	L	M	Y
<i>Cross-sectional area (μm)</i>							
Type I	3397 ^{BC} (213.2)	4135 ^A (265.0)	3563 ^B (84.52)	2933 ^C (142.8)	3290 ^{BC} (175.5)	2301 ^D (47.8)	3289 ^{BC} (212.3)
Type IIa	2957 ^{AB} (164.9)	3253 ^A (233.8)	2912 ^{AB} (54.72)	2922 ^{AB} (181.3)	2699 ^B (123.6)	2149 ^C (53.4)	2724 ^B (120.7)
Type IIb	5684 ^A (263.4)	5930 ^A (324.9)	4672 ^B (79.2)	4671 ^B (185.8)	4779 ^B (195.7)	3937 ^C (83.8)	4865 ^B (169.7)
<i>Fiber number composition (%)</i>							
Type I	15.79 ^A (1.35)	11.41 ^B (1.12)	7.93 ^C (0.37)	14.32 ^A (1.14)	10.65 ^B (1.05)	10.53 ^B (0.49)	10.77 ^B (0.89)
Type IIa	9.31 ^B (0.71)	14.58 ^A (1.04)	12.93 ^A (0.41)	13.27 ^A (0.86)	13.43 ^A (0.89)	13.17 ^A (0.47)	14.49 ^A (0.78)
Type IIb	74.90 ^{BC} (1.36)	74.01 ^{BC} (1.78)	79.14 ^A (0.49)	72.40 ^C (1.27)	75.92 ^{ABC} (1.38)	76.30 ^{AB} (0.65)	74.73 ^{BC} (1.22)
<i>Fiber area composition (%)</i>							
Type I	12.29 ^A (0.67)	8.73 ^{BC} (0.78)	6.59 ^D (0.31)	9.97 ^B (0.75)	7.84 ^{CD} (0.78)	6.82 ^{CD} (0.31)	7.89 ^{CD} (0.67)
Type IIa	5.07 ^B (0.27)	8.80 ^A (0.71)	8.67 ^A (0.28)	9.09 ^A (0.57)	8.49 ^A (0.63)	8.01 ^A (0.31)	9.46 ^A (0.56)
Type IIb	84.05 ^A (0.90)	82.47 ^{AB} (1.25)	84.73 ^A (0.39)	80.94 ^B (0.82)	83.68 ^A (0.97)	85.17 ^A (0.44)	82.65 ^{AB} (0.95)

Data are means (SE).

^{A-D} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$)

Abbreviations: JBP, Jeju black pig; LYD, three-way crossbred pig (Landrace \times Yorkshire \times Duroc); B, Berkshire; D, Duroc; L, Landrace; M, Meishan; Y, Yorkshire

참고 문헌

- Cameron, N. D. and Enser, M. B. (1991). Fatty acid composition of lipid in *Longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat science*. vol 29. PP295-307.
- Cho, S. H., Park, B. Y., Kim, J. H., Kim, M. J., Seong, Y. J., Kim, D. H., and Ahn, C. N. (2007). Carcass Yields and Meat Quality by Live Weight of Korean Native Black Pigs. *Journal of animal science and technology*. vol 49. no 4. PP523-530.
- Choi, Y. M. and Oh, H. Y. (2016). Carcass performance, Muscle fiber, Meat quality, and Sensory quality characteristics of crossbred pig with different live weights. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. vol 36. no 3. PP389-396.
- 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. *Korean Journal Of food Science of Animal Resources*. vol 25. no 3. PP322-327.
- 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. *Korean Journal Of food Science of Animal Resources*. vol 25. no 3. PP322-327.
- Fjelkner-Moding, S. and Persson, J. (1986). Carcass properties as related

to sensory properties of pork. *Animal Science Journal*. vol 63. PP102-113.

Jin, S. J., Kim, I. S., Hur, S. J., Hah, K. Y., and Kim, B. W. (2005). Physicochemical characteristics with market weight in Korean Native and Landrace crossbred pigs. *Journal of the Korean Society of International Agriculture*. vol 17. PP182-187.

Karlsson, A., Enfalt, A. C., Essén-Gustavsson, B., Lundstrom, K., Rydhmer, L. and Stern, S. (1993). Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science*. vol 71. PP930-938.

Kim, D. H., Seong, P. N., Cho, S. H., Kim, J. H., Lee, J. M., Jo, C. and Lim, D. G. (2009). Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs. *Livestock Science*. vol 120. PP96-102.

Kim, G. D., Kim, B. W., Jeong, J. Y., Hur, S. J., S. J., I. C., Lim, H. T., and Joo, S. T. (2013). Relationship of carcass weight to muscle fiber characteristics and pork quality of crossbred(Korean Native Black pig x Landrace)F2 pigs. *Food and Bioprocess Technology*. vol 6. PP522-529.

Kim, G. W. and Kim, Y. H. (2017). Effects of carcass weight and back-fat thickness on carcass properties of korean native pigs. *Korean journal of food science of animal resources*. vol 37. PP385-391.

- Lengerken, G., M. Wicke, and S. Maak. (1997). Stress susceptibility and meat quality - Situation and prospects in animal breeding and research. *Archives Animal Breeding*. vol 40. PP163 - 171.
- Moon, Y. H. (2004). Physicochemical properties and palatability of loin from crossbred Jeju black pigs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. vol24. PP238-245.
- Oksbjerg, N., Henckel, P., and Rolph, T. (1994). Effects of salbutamol, a β 2-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levels of dietary protein. I. Muscle fibre properties and muscle protein accretion. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 44, 12.
- Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P. and Lepetit, J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*. vol 59. PP49-60.
- Ryu, Y. C. and Kim, B. C. (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*. vol 84. PP894-901.
- Suzuki, K., Shibata, T., Kadowaki, H., Abe, H., and Toyoshima, T. (2003). Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and Crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc. *Meat Science*. vol 64. PP35-42.
- Warner, R. D., Kauffma, R. G. and Greaser, M. L. (1997). Muscle protein changes post-mortem in relation to pork quality traits. *Meat*

Science, vol 45. PP339.

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 crossbred black and crossbred pigs reared in Jeju.
Korean Journal for Food Science of Animal Resources. vol 25.
PP7-12.

제주 특별자치도. (2016). 2016년 4분기 도축 검사보고.

농촌진흥청. (2017). 돼지고기 소비경향 조사결과, 보도자료. 기술지원과.

CHAPTER 4

살아있는 돼지의 근섬유 조성 특성이 도축 후 도체 성적 및 육질 특성과의 상관관계

ABSTRACT

생체 근섬유조성과 육질과의 관계를 분석하여 생검을 이용하여 육질예측 가능성여부와 이를 이용하여 선발된 개체들을 교배에 이용 하였을때, 근섬유 조성 변화와 육질 개선 효과에 대해서 연구하였다. 개량 흑돼지 자돈 1122마리의 등심근을 채취하여 분석하였다. 생체 근섬유 면적(Biopsy fiber area, BFA)항목의 type I은 도축 후 근섬유 면적비율(Fiber Area Composition, FAC)과 정의 상관관계를($r= 0.12, P < 0.05$) 보였으며, IIb와는 음의 상관관계($r= -0.15, P < 0.05$)를 보였다. 생체 근섬유 면적비율(Biopsy Fiber Area Composition, BFAC)의 type I과 도축 후 근섬유 type I의 면적 비율은 서로 정의 상관관계($r= 0.48 P < 0.05$)를 보였고, 반대로 IIb와는 부의 상관관계 ($r=-0.41, P < 0.05$)를 보였다.

생검 분석 결과와 육질과의 상관관계를 분석한 결과, drip loss와 type의 I BFA는 정의 상관관계($r= 0.48 P < 0.05$)를 보였다. 최종 pH, NPPC color와 BFAC type I은 정의 상관관계(각각 $r= 0.46, r= 0.10, P < 0.05$)를 보였으며, 보수력 측정항목인 drip loss24h, drip loss 48h, cooking loss항목과는 부의 상관관계(각각 $r= -0.08, r= -0.11, r= -0.08, P < 0.05$)를 보였다.

총 근섬유 수(Total fiber Number), 근섬유 밀도(Fiber density)는 2세대가 1세대와 3세대 보다 높은 값을 보였으며, 1세대와 3세대는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 평균 크기(mean area)는 2세대에서 가장 낮은 값($P < 0.001$)을 보였고, 1세대와 3세대 간에는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 type I 평균 면적(type I area)은 3세대가 1세대와 2세대 보다 높은 값을 보였다($P < 0.001$). type

IIa 평균면적(type IIa area)과 type IIb 평균 면적(type IIb area)은 2세대가 가장 낮은 값을 보였고, 1세대와 3세대가 높은 값을 보였지만, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 근섬유 type I의 비율 조성을 살펴보면 1세대가 2세대 3세대 보다 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). type IIa는 2세대와 3세대가 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). 근섬유 개수 조성을 살펴보면 type I의 비율은 1세대가 가장 낮은 값을 보였고, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$). Type IIb는 1세대가 가장 높은 값을 보였으며, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$). 근섬유 type I의 평균 크기가 세대가 지나면서 커졌으며, 조성 비율이나 개수 비율로 증가하였다.

보수력 측정항목에서는 FFU, Drip loss 24, 48시간 측정 결과 및 cooking loss는 1세대 보다 2세대와 3세대가 우수한 것으로 확인되었다. Type I의 조성이 높은 개체를 선발하여 개량을 한 결과, 육색의 경우 앞의 명도와 적색도 측정결과와 같은 경향을 보였다. 세대가 증가하면서 NPPC color값이 높게 측정되었다($P < 0.001$).

서론

경제 발전과 삶의 질 향상에 따라 육류 및 육가공품은 우리의 식단에서 매우 중요한 식품 품목이 되었다. 지난 50년간 보고서에 따르면 세계 육류 소비량은 1961년 7,000만 톤에서 2011년 2억8,300만 톤으로 증가했다(Tao & Pen, 2013). 우리나라의 경우 국민 1인당 돼지고기 소비량은 2013년 기준으로 20.9kg으로 70년대 5.2kg, 80년대 11.3kg으로 매년 빠르게 증가하고 있다. 현재까지 양돈 산업은 적육생산능력 향상을 목적으로 진행되어왔으며, 그 결과 양적으로는 개선이 되었지만, PSE(pale soft exudative)육과 같은 질적으로 저하되고, PSS(porcine stress syndrome)돈과 같은 문제가 발생하였다. 양돈산업의 지속적인 발전을 위해서는 적육생산 능력과 육질이 모두 우수한 방향으로 개량을 해야 한다.

현재 제주도내에서 도축 되는 물량 중 약 20.5%(2016년 기준)가 흑돼지이며, 이중 30%가 제주도내에서 소비되고 70%가 타지방으로 나간다. 제주도 흑돼지는 육질이 우수하고, 제주도의 청정지역이라는 특색과 잘 조화되어 지속적인 성장세를 보였다. 하지만 자세히 들여다보면, 제주 흑돼지는 품질 변이가 심하고, 생산성이 많이 저하되어 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 돼지고기의 품질은 근섬유 조성과의 관련이 있으며 이에 대한 많은 연구들이 수행되었다.

Ryu et al. (2008)은 근섬유 조성 차이는 돼지 품종에 따라 다르게 나타나며, 이러한 근섬유 조성은 돼지고기의 품질에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. 근섬유 수, 크기 및 근섬유 유형별 조성은 서로 밀접하게 관련이 있으며, 근섬유와 돼지고기 품질에 관한 연구를 살펴보면 근섬유 종류에 따라 사후 대사속도, 보수력, 육색 등 품질 관련 항목과 밀접한 관련이 있는 것으로 밝혀냈다(Ryu & Kim, 2005). 본 연구의 목적은 육질이 우수하고 적색근섬유 조성이 높은 돼지로 계량 하기 위해서 실시되었다. 이를 위해 자돈의 등근육을 생검을 이용하여 채취하였으며, 조직학적 특성을 분석하였다. 이를 통해 특정비율 이상의 적색근을 가지고 있는 개체에 대해서 선발하여 번식돈으로 사용하였다. 3세대에 걸친 계량을 통해 근섬유 비율을 고정하였으며, 도축된 개체에 대해서는 육질 검사를 실시하

였다. 생검 시료를 통해 얻어진 근섬유 조성 비율과 도축 후 품질 항목과의 상관 관계를 분석하였으며, 이를 통해 생검기법의 정확도 및 실효성에 대해서 검증하였다.

재료 및 방법

공시 재료(Animals & Experimental design)

제주특별자치도 서귀포시 남원읍에 위치한 흑돼지 사육농가에서 계통돈 조성을 위하여 선발 예정인 자돈 1,112마리를 생검(biopsy)을 실시하여 조직학적 근섬유 특징을 분석하였다. 선발에서 탈락한 개체에 대해서는 제주도 제주시 애월읍 소재 제주축산물 공판장에서 이각 및 이표를 확인하여 개체별로 추적하여, 예냉실에서 등심근을 채취 하여 냉장보관 후 실험실로 옮겨 육질 분석을 실시하였다. 3년간 육질검사를 실시한 두수는 총 602두이며 조직학적 특성도 같이 분석하였다.

선발 (Swine selection)

생검을 이용하여 15주령 자돈의 근섬유 조직학적 특성을 분석한 이후 아래 figure x 의 순서대로 선발하였다. 분석결과에서 type I면적 비율, 개수비율이 10%이상 되는 개체를 선발하였으며, 만일 선발조건에 해당하는 개체의 수가 적을 경우에는 면적, 비율 순으로 개체를 선발하여 이용하였다. 이용에서 탈락한 개체에 대해서는 모두 이표를 실시하여 도축 후 육질 검사를 실시하였다.

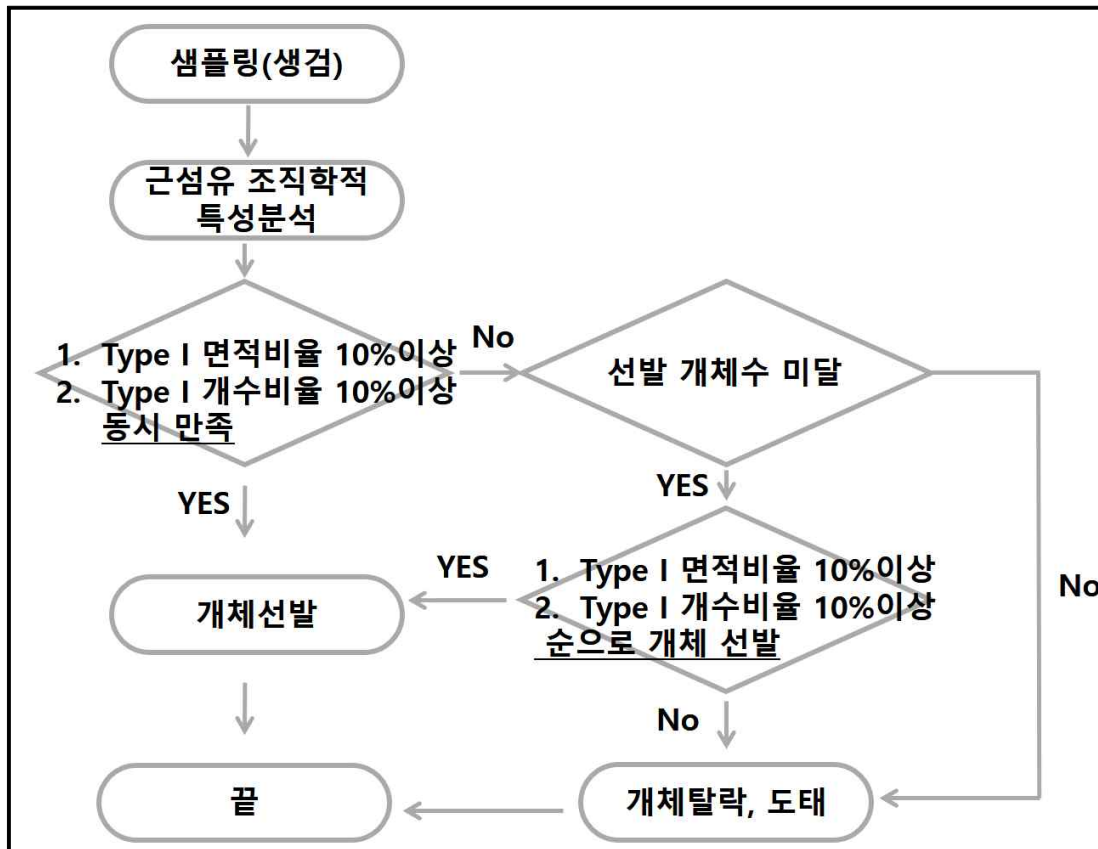


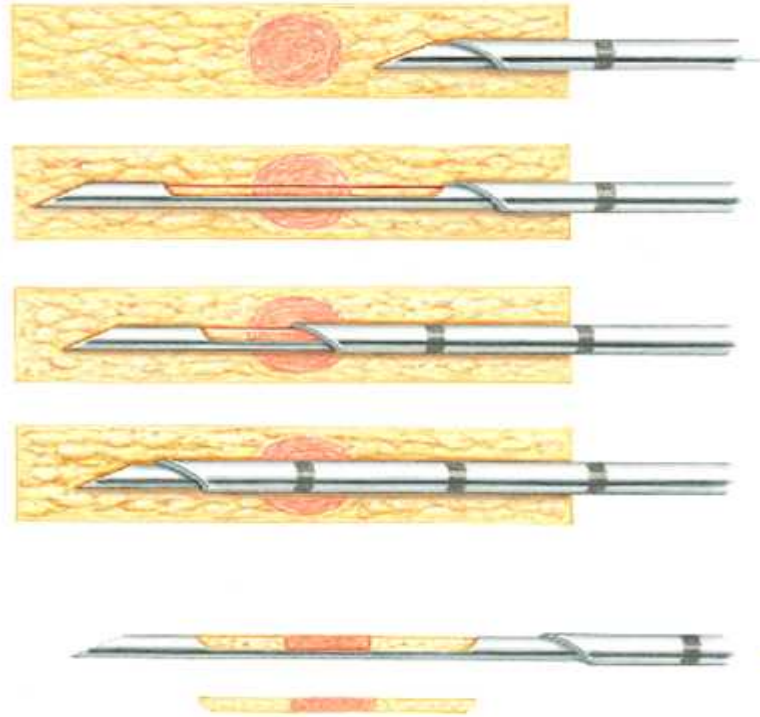
Figure 7. 선발 개요도

근섬유 조직학적 특성 분석(Histochemical analysis)

(1) 생검(biopsy) 시료 채취

자돈사에서 비육돈사로 이동하기 전(15주령)에 조기 선발 자료로 이용하기 위해서 살아있는 돼지의 *longissimus dorsi* muscle에서 소량의 등심근을 채취하였다. 안전하고 신속한 샘플링을 위하여, 돼지를 철제 틀에 고정하거나 코걸이를 이용하여 고정하였다. 채취 부위를 증류수로 세척 하고 알코올 소독하여 Coaxial Biopsy Needle(C1410B, BARD TRUGUIDE, Bard, USA)를 삽입하였다. 삽입된 Coaxial biopsy needle 13 g 게이지에 직경 7 cm이며 Guide core와 needle로 구성되어 있다. 삽입 후에는 needle은 제거를 한다. Core Biopsy instrument(Gun)(C1410B, BARD MAX-CORE, Bard, USA)를 이용하여 신속하게 샘플을 채취 한다. 샘플은 needle에서 분리하지 않고 그대로 액체질소에 냉각시킨다. 이후 Tissue embedding cassette로 분리하여 액체질소에 넣어 보관하였다. 샘플링이 완료된

자돈은 감염방지를 위하여 동물 수술용 소독약으로 소독을 하고 거즈로 압박하여 지혈 하였으며, 이후 분말 지혈제를 도포하여 세균 감염을 방지하였다.



출처: Bard Biopsy system

Figure 8. Biopsy의 원리

(2) 도축 후 시료 채취

선발에서 탈락한 개체는 비육 후 도축장에서 도축되었으며, 방혈대 및 두부 절단 실에서 개체 번호를 확인하였으며, 예냉실로 입고 후 이각번호가 부여된 순서대로 조직학 샘플을 채취하여 라벨링하였다. 도축 후 등심근(*longissimus m.*, 8th Thoracic vertebrae)에서 0.5 x 0.5 x 1.0 cm 크기로 근섬유 결이 보이는 방향으로 절단하여 액체질소로 냉각 후에 실험실로 옮겨져 염색에 사용되었다.

(3) 샘플 고정 및 염색방법

냉동상태의 biopsy 샘플은 상온에서 쉽게 녹아버리기 때문에, 원활한 실험을 위하여 액체 질소상태에서 보관, 이동되었다. 조직의 절편을 만들기 위하여 시편제작 디스크에 O.C.T(Opimal Cutting Temperature) Compund(Tissue-Tek 4583, Sakura Finetek, Ltd., Toyko, Japan)를 이용하여 biopsy 샘플을 가로로 고정하였다. 미세절편기(CM1950, Leica co., Mannheim, Germany)를 사용하여 10 μ m 두께로 절편하여 슬라이드 글라이스 부착하여 염색에 이용하였다. 근섬유 염색은 myofibrillar adenosine triphosphatase staining methods(Brooke & Kaiser, 1970)방법에 따라 진행하였다. 도축 후 채취된 샘플도 시편제작 디스크에 부착되어 10 μ m 두께로 절편하여, 슬라이드 글라이스 부착하여 염색에 이용하였다.

(4) 근섬유 크기 관찰

염색된 biopsy 시료의 근섬유는 현미경(DM2500, Leica, Germany)을 사용하여 촬영되었고, 이미지 분석 프로그램(Image-pro@plus, Image & Graphics, Seoul, Korea)을 이용하여 단위면적당 근섬유 수(fiber number), 근섬유 단면적(fiber area)을 측정하였고, 근섬유 개수 비율(Fiber number composition), 근섬유 면적 비율(Fiber area composition)를 계산하였다.

pH

사후 45분이 지난 돼지의 흉추(*Longissimus thoracis*)의 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근에 portable pH meter(206-pH2, Testo, Germany)을 삽입하여 pH를 측정하였다. 등심근 일부를 채취하여 저온실(4℃)에 보관 후 24시간이 지난 후 동일한 방법으로 pH를 측정하였다.

육색 (Meat color)

급속 냉동 터널을 지난 돼지 도체의 흉추 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근 표면을 30분간 공기 중에 노출 시킨 후 Chromameter(CR-300,

Minolta co., Tokyo, Japan)을 이용하여 3번씩 반복하여 측정하였다. 측정 항목은 명도(Lightness, L*), 적색도(redness, a*), 그리고 황색도(yellow, b*)이며, 이때 사용된 Minolta Chromameter의 백색표준색판은 Y = 93.5, x = 0.3132, y = 0.3198로 표준화한 후 동일 시료를 3번 반복하여 측정하였다.

보수력 (Water-holding capacity)

(1) 유리 육즙(Drip loss)

유리 육즙량은 Honikel(1987)의 측정방법을 이용하여 돈육 등심에 직경 4cm의 Core를 이용하여 시료를 채취 한 후, 무게를 측정한 후 shackel에 걸어 polyethylen bag으로 공기를 차단하고 표면에 외부 물질이 닿지 않도록 걸어두었다. 4℃에 48시간 보관 후 유리된 육즙량을 최초 무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$\text{Drip loss(\%)} = \frac{\text{최초의 시료 무게(g)} - \text{48시간 후 시료무게(g)}}{\text{최초의 시료 무게(g)}} \times 100$$

(2) 가열 감량(Cooking loss)

등심근을 일정한 크기(2 cm x 4 cm x 6 cm)로 잘라내어 무게를 측정한 후, polyehylene bag으로 공기가 없도록 밀착하여 찐 후 미리 가열해 놓은 water bath(KMC-1205W1, Vision Co., USA)(85℃)에 넣는다. 시료의 심부온도가 70℃가 될 때까지 가열하며, 최종온도에 도달하면 꺼내어 찬물로 충분히 식힌다. 이후 bag에서 꺼내어 표면의 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다.

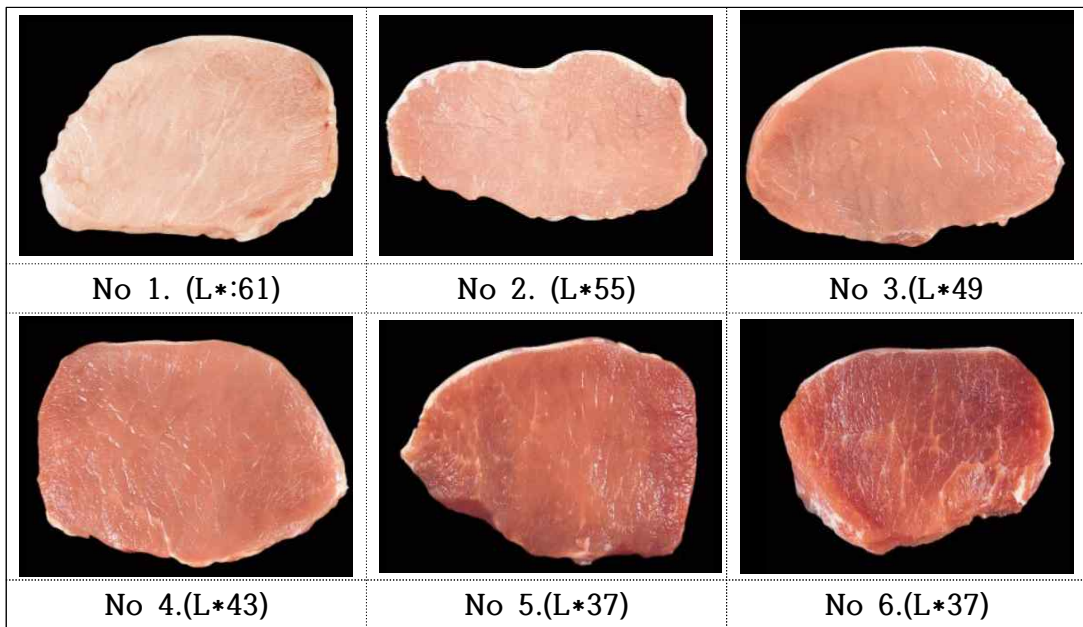
$$\text{Cooking loss(\%)} = \frac{\text{가열 전 무게(g)} - \text{가열 후 무게(g)}}{\text{가열 전 무게(g)}} \times 100$$

(3) 여과지 흡수법(Filter-paper fluid uptake)

여과지 흡수량 측정은 Kauffman(1986)의 방법을 이용하여 실시하였다. 등심근을 절개하여 20~30분간 표면을 저온실(4℃±2)에서 공기 중에 노출시킨 후 지름 5.5 cm의 여과지(Advantec #1)를 표면에 완전히 포개어 여과지가 흡수한 수분의 양을 저울(Elt202, Sartorius co., USA)을 이용하여 측정하였다.

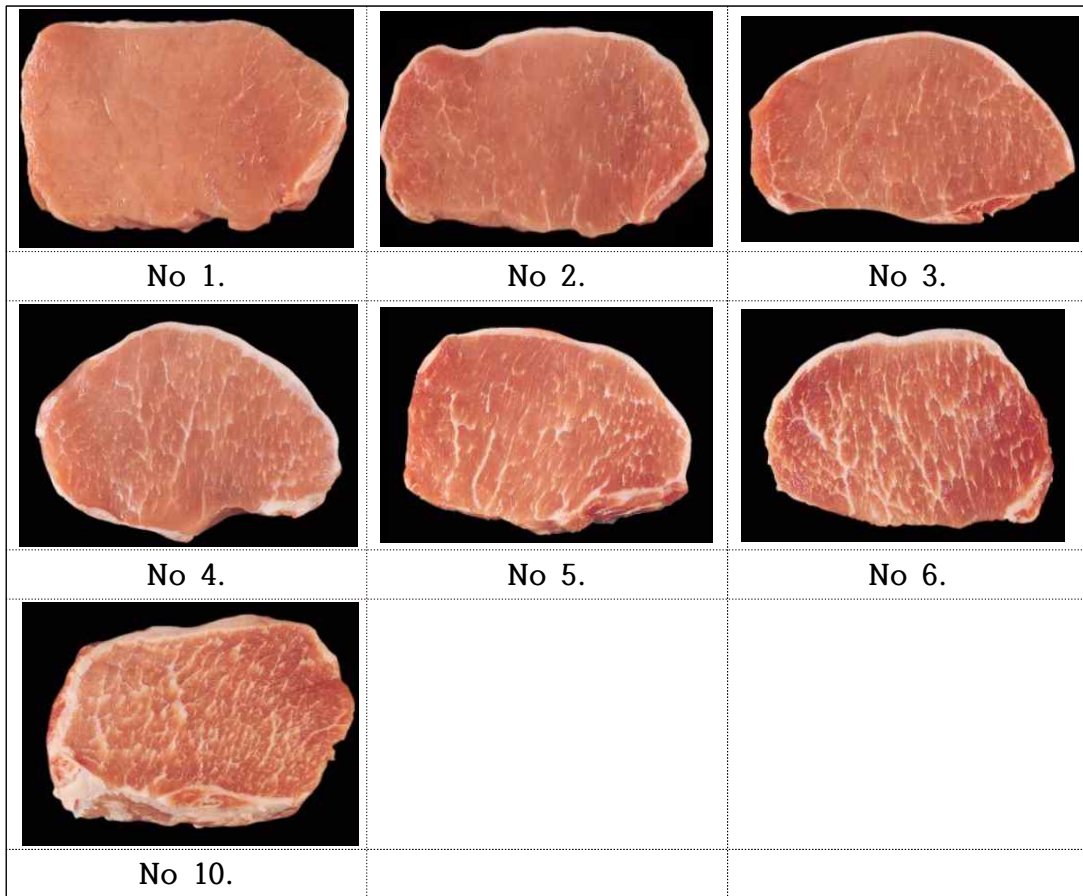
6) NPPC Color와 Marbling

마블링 점수는 NPPC 표준(NPPC, 2002)을 이용하여 육안으로 평가하였다. 점수는 1점~6점 그리고 10점으로 총 7단계로 지수화한 값으로 나타내었다. 1점은 마블링이 거의 없는 상태이면 점수가 높을수록 마블링이 높아진다.



출처:America's Pork Producers and the Pork Checkoff

Figure 9. NPPC 표준 육색



출처: America's Pork Producers and the Pork Checkoff

Figure 10. NPPC 표준 마블링

통계분석(Statistical analysis)

분석항목별로 SAS(SAS, 2002) 프로그램의 General linear model 방법으로 분석하였고, 세대간의 평균 비교에는 Duncan의 다중검정법(multiple range test)으로 수행되었다. 자돈의 성장 성적, 생김 조직학 결과, 도축 후 조직학 결과는 피어슨 상관계수를 이용하여 평가되었다.

결과 및 고찰

근섬유 조성 및 사양성적

계통돈 조성에 필요한 자돈을 선발하기 위하여 3년간 근섬유 조성을 분석하였다. 분석에 이용한 자돈은 총 1122마리를 이용하였다. 근섬유 조성 및 도체성적간의 상관분석 결과를 Table 8에 나타냈다. 근섬유 평균 크기(fiber area)에서 근섬유 type I의 크기와 검정시 정육율(%) 항목간에 정의 상관관계가($r = 0.14$, $P < 0.05$)가 나타났으며, 근섬유 type IIb 크기와 검정시 일당 증체량 항목에도 정의 상관관계가 나타났다($r = 0.11$, $P < 0.05$). 나머지 다른 항목에서는 근섬유 면적과 사양 및 도체성적간의 상관관계가 나타나지 않았다. 근섬유 면적 비율(Fiber Area Composition, FAC)에서는 type IIa는 이유시 일당증체량(kg), 21일령 체중(kg), 검정시 일당 증체량(kg), 검정시 정육율은 부의 상관관계를 나타냈다(각각 $r = -0.11$, $r = -0.10$, $r = -0.14$, $r = -0.21$, $P < 0.05$). FAC의 type IIb는 이유시 일당증체량(kg)($r = 0.10$, $P < 0.05$)은 21일령 체중(kg)($r = 0.10$, $P < 0.05$) 항목과 정의 상관관계를 보였다. 근섬유 개수 비율(fiber number Composition, FNC)과 이유시 일당증체량($r = -0.09$), 21일 체중($r = -0.09$), 검정시 일당증체량(-0.15), 그리고 검정시 정육율($r = -0.19$)은 부의 상관관계($P < 0.05$)을 보였고, 검정시 등지방두께($r = 0.17$)는 정의 상관관계를 보였다($P < 0.05$). 나머지 항목에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

생검조직 조직학 상관관계

돼지의 생검시료의 조직학 결과와 도축 후 조직학 결과 분석 결과의 상관관계를 Table 9에 나타냈다. 생검시료의 근섬유 평균크기(Biopsy mean area)는 도축 후 조직학 결과와 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 생체근섬유 면적(Biopsy fiber area)항목 중에서 Type I과 도축 후 근섬유 면적 FAC와

정의 상관관계($r = 0.12, P < 0.05$)를 보였으며, 이와 반대로 IIb와는 음의 상관관계($r = -0.15, P < 0.05$)를 보였다. 생검시료의 근섬유 면적비율(Biopsy fiber area composition)항목 중 type I과 도축 후 근섬유 type I의 면적 비율은 서로 정의 상관관계($r = 0.48, P < 0.05$)을 보였으며, 반대로 IIb와는 부의 상관관계($r = -0.41, P < 0.05$)를 보였다. 이러한 결과는 생검시료의 type I면적 비율과 도축 후 근섬유의 개수비율의 상관관계를 나타낸 결과에서도 같은 경향을 보였다. 생체근섬유 IIb면적비율과 근섬유 type I과 IIb 면적비율과는 정의 상관관계가 나타났다($r = 0.32, r = 0.33, P < 0.05$). 생체 근섬유 type I의 개수비율과 근섬유 면적비율 type I과 개수비율 type I은 정의 상관관계에 있으며, IIb는 부의 상관관계를 보였다. 일반적으로 근섬유의 구성, 근섬유의 수, 근섬유 단면적은 식육의 품질과 관련이 있다고 보고되고 있다. 백색근섬유의 비율이 높을 경우 사후대사 속도를 증가시키고 최종pH에 영향 준다고 보고되었다(Choi et al., 2007; Kim, et al., 2013a; Ryu & Kim, 2006). 이러한 백색근섬유는 저온에 민감하며 사후대사 동안 도체의 급격한 온도 상승의 원인이 된다. 또한 근육내에 높은 백색근 섬유 비율은 근육 수축 현상을 증가시킨다(Lonergan et al., 2010). 본 연구의 가장 중요한 포인트는 생체근섬유 시료의 이미지 분석 결과와 도축 후 등심근의 조직학 결과에 대해 서로 상관성이 있는지 여부에 따라서, 살아있는 돼지의 육질을 예측 할 수 있다는 전제 조건이 배경이 된다. 생체 근섬유 시료의 면적비율, 개수 비율은 도축 후 조직학 결과와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 생검시료의 type I의 개수 및 면적 비율과 도축 후 type I과 정의 상관관계 반대로 IIb항목은 부의 상관관계가 나타났다. 도축 전 과 후의 type이 같은 경향을 보였다.

생검분석 결과와 육질평가 항목 상관관계

Table 10 에 도축 후 돈육의 육질 평가 결과와 생체 조직학 결과와의 상관관계를 분석하여 나타났다. Type I의 평균크기는 도축 후 45분 측정 pH와 부의 상관관계($r = -0.16, P < 0.05$)를 보였으며, 24시간 후 측정된 drip loss항목과 정의 상관관계($r = 0.22, P < 0.05$)를 보였다. Type I의 면적비율과 육질항목간의 상

관관계를 살펴보면, 최종 pH(pH24h)와 NPPC Color는 정의 상관관계(각각 $r = 0.46$, $r = 0.10$, $P < 0.05$)을 보였으며, 보수력 측정항목인 drip loss24h, drip loss 48h, cooking loss항목과는 부의 상관관계(각각 $r = -0.08$, $r = -0.11$, $r = -0.08$, $P < 0.05$)를 보였다. 나머지 항목은 유의적 상관관계가 나타나지 않았다. Type IIb의 면적 비율은 type I와 상반되는 경향을 보였다. pH24와 NPPC color항목은 부의 상관관계($r = -0.37$, $r = -0.12$, $P < 0.05$)를 보였으며, drip loss는 정의 상관관계($r=0.09$, $P < 0.05$)를 보였다. 근섬유 개수 비율과 육질항목간의 상관관계 결과에서는 면적비율 결과와 같은 경향으로 나타났다. 적색근섬유(type I)의 비율이 증가하면 마이오글로빈 함량이 높아져 고기의 육색을 진하게 하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2010). 하지만 본 연구에서는 근섬유와 육색과의 상관관계는 나타나지 않았다. 하지만, 높은 type IIb 근섬유 조성은 사후 대사 속도를 증가시켜 최종 pH가 낮으며, 육색 측정 항목 중 명도 값을 증가시켜 고기가 창백하게 보이는 것으로 알려져 있다. 또 낮은 pH로 인해 단백질 변성이 증가되어 보수력이 저하된다는 보고와 일치하였다(Kim et al., 2013a).

근내지방도(intramuscular fat, IMF)와 결합조직 함량은 근섬유 종류에 따라 다르며(Klont et al., 1998), 근섬유 면적과 IMF간에는 강한 상관관계가 있다(Larzul et al., 1997). 또한 IIb의 근섬유 비율과 IMF함량은 정의 상관관계가 있다고 보고되었다(Kim, et al., 2013a). 하지만 본 연구 결과에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

도체 성적 및 근섬유 크기 변화

근섬유 type I의 구성 비율을 고려하여 개체를 선발 하고 교배를 통하여 개량된 돼지의 도체형질 및 근섬유 면적 변화를 Table 11에 나타냈다. 1세대에서 2세대로 개량되면서 도체중이 줄어들었으나, 다시 3세대에서 1세대와 비슷한 도체중을 보였다. 유의적으로 변화($P < 0.001$)가 있는 것으로 나타났지만, 결과적으로 1세대와 3세대는 차이가 없는 것으로 나타났다. 도체중이 증가하면 type I과 IIa의 구성 비율이 감소하고 type IIb의 조성이 증가하는 것으로 나타났다. 근섬유의 크기는 도체중이 증가하면 type I과 IIb가 커지고, IIa가 작아지는 것으로 알

려졌다(Kim et al. 2013b). Choi & Oh (2016)의 연구에 의하면 돼지의 생체중이 증가하면 type IIb의 크기가 커졌으며, type I은 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 근섬유의 면적비율과 개수비율에서도 생체중의 증가에 따른 변화는 나타나지 않았다. 본 연구의 목적은 근섬유 type I의 비율을 높이는 것이 목적이며 기존 연구에서처럼 type I의 비율 증가는 도체중에 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 등지방 두께는 도체중과 관련이 있으며, 도체중이 증가하면 등지방 두께가 증가한다. 하지만 본 연구에서는 1세대에서 3세대로 진행될수록 등지방 두께가 줄어들었다. 등심근 단면적(loin area)은 도체중과 상관관계가 있으며(Beattie et al., 1999), 등심근 단면적의 유의적 차이가 보였지만, 1세대와 3세대 간에는 차이가 나타나지 않았으며, 앞서 설명한 도체중과 등심근 단면적은 정의 상관관계에 있으며 1세대와 3세대간에 도체중의 변화가 없었다. 따라서 등심근 단면적의 변화도 없을 것으로 판단된다.

총 근섬유 수(total fiber Number), 근섬유 밀도(fiber density)는 2세대가 1세대와 3세대 보다 높은 값을 보였으며, 1세대와 3세대는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 평균 크기(mean area)는 2세대에서 가장 낮은 값($P < 0.001$)을 보였고, 1세대와 3세대 간에는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 type I 평균 면적 (type I area)은 3세대가 1세대와 2세대 보다 높은 값을 보였다($P < 0.001$). type IIa 평균면적과 type IIb 평균 면적은 2세대가 가장 낮은 값을 보였고, 1세대와 3세대가 높은 값을 보였지만, 유의적 차이는 나타나지 않았다.

근섬유 비율 및 육질 특정 항목 변화

세대간의 근섬유 조성 변화 비율을 Table 12에 나타냈다. 앞에서 언급한 것처럼 type I 면적비율이 높아질수록 명도가 낮아지고, 보수력과 경도가 개선된다고 보고하였고, 반대로 type IIb의 면적비율이 높아질수록 보수력이 낮아지고 명도가 높아진다는 연구결과가 있다. 근섬유 type I의 비율 조성을 살펴보면 1세대가 2세대 3세대 보다 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). type IIa는 2세대와 3세대가 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). 근섬유 개수 조성을 살펴보면 type I의 비율은 1세대가 가장 낮은 값을 보였고, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$). type IIb는 1

세대가 가장 높은 값을 보였으며, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$).

Table 11와 12의 결과는 근섬유 type I의 평균 크기가 세대가 지나면서 커졌으며, 조성 비율이나 개수 비율로 증가하였다. 1세대에서 3세대로 선발 육종되면서 type I 비율이 높아지고 type II 비율은 낮아져 근섬유조성이 개선되었다고 판단된다.

세대간 육질 비교

세대가 지나면서 근섬유 type I의 비율이 증가하였는데, 그에 따른 육질의 변화를 Table 13에 나타냈다. 사후 45분 pH는 사후대사의 지표로 이용되는 항목이며, 이상육출현의 가장 큰 원인이기도 하다. 세대별 사후 45분과 24시간 pH를 살펴보면 세대간에 유의적 차이가 나타났다. 3세대가 사후45분pH가 가장 높았으며, 최종pH는 2세대가 가장 낮은 것으로 나타났다($P < 0.001$). 유의적으로 차이가 나타난 것으로 확인되었지만, 세대별로 모두 정상범위에 포함되었다. 육색 측정항목에서는 명도(L*)값은 2세대가 사후 45분 측정된 결과와 24시간 후 측정된 결과에서 모두 높은 값을 보였다($P < 0.001$). 적색도(a*)는 3세대가 45분과 24시간 측정결과 모두 다른 세대보다 높은 값을 보였다($P < 0.001$, $P < 0.01$). 보수력 측정항목에서는 FFU, drip loss 24, 48시간 후 drip loss 측정 결과 및 cooking loss 모두 1세대 보다 2세대와 3세대가 우수한 것으로 확인되었다.

NPPC color와 marbling score를 Table 14에 나타냈다. Type I의 조성이 높은 개체를 선발하여 개량을 한 결과, 육색의 경우 앞의 명도와 적색도 측정결과와 같은 경향을 보였다. 세대가 증가하면서 NPPC color값이 높게 측정되었다($P < 0.001$). 하지만 근섬유 type I과는 부의 상관관계가 있는 IMF로 인하여 NPPC marbling값은 세대가 증가하면서 낮아진 것으로 판단된다. 전체적으로 종합해 보면, 근섬유 type I의 크기가 커지고, 면적비율과 개수비율이 증가하면서 육질에 영향을 준 것으로 판단된다. 보수력 항목에서 drip loss와 cooking loss 측정 결과는 모두 정상 범위에서 결과가 나타났지만, 세대가 증가하면서 보수력이 더 우수해지는 것으로 확인되었다. 외관적으로 명도값이 낮아지고 적색도가 높아져서 세대가 지날수록 개량 효과로 인하여 고기의 색이 더 붉고 선명해진 것으로 판단된다.

Table 8. 근섬유 조성과 사양 및 도체성적간의 연관성 분석

Measurements		이유시 일당 증체량 (kg)	21일령 체중 (kg)	검정시 등심근 단면적 (mm)	90kg 도달일령 (day)	검정시 일당 증체량 (kg)	검정시 등지방 두께 (mm)	검정시 육율 (%)	출하 체중 (kg)	도체중 (kg)	도체 등지방 두께 (mm)	도체 등심근 단면적 (mm)
Fiber area (μm^2)	mean area	-0.02	-0.02	0.03	-0.07	0.08	-0.08	0.15	.	0.07	-0.03	0.03
	I	-0.16	-0.16	0.09	-0.03	0.00	-0.11	0.14*	-0.41	0.11	0.00	-0.11
	II a	-0.17	-0.17	0.02	-0.01	-0.04	0.00	0.03	0.03	-0.05	-0.10	-0.13
	II b	0.04	0.04	0.02	-0.10	0.11*	-0.05	0.13	-0.92	0.12	-0.02	0.08
Fiber area composition (%)	I	-0.04	-0.04	0.02	-0.04	0.02	0.02	0.05	0.00	0.02	0.01	-0.06
	II a	-0.11*	-0.10*	-0.08	0.07	-0.14*	0.14	-0.21*	-0.11	-0.06	-0.14	-0.06
	II b	0.10*	0.10*	-0.02	-0.02	0.06	-0.02	-0.04	0.00	0.00	0.06	0.06
Fiber number composition (%)	I	0.02	0.02	-0.13	-0.03	0.04	0.00	-0.04	0.35	0.08	0.04	-0.04
	II a	-0.09*	-0.09*	-0.04	0.08	-0.15*	0.17*	-0.19*	-0.99	-0.03	-0.15	0.00
	II b	0.03	0.03	0.13	-0.04	0.06	-0.08	0.12	-0.09	-0.05	0.04	0.02

Significance: * $P < 0.05$.

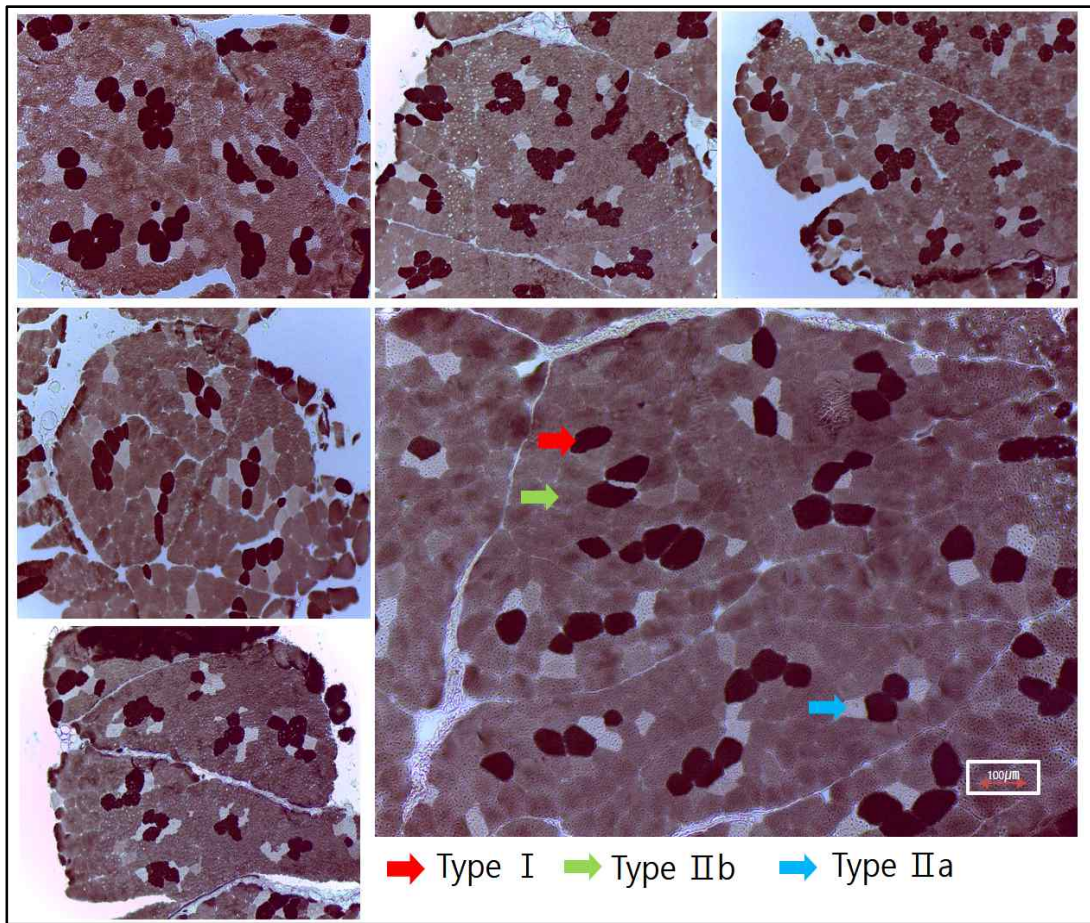


Figure 11. 생검조직의 염색 결과

Table 9. 생검시료의 조직학 결과와 도축 후 조직학 결과의 상관관계 분석

Measurements	Total fiber Number	Fiber Density	mean area (μm^2)	Fiber area(μm^2)			Fiber area composition(%)			Fiber number composition (%)			
				I	II a	II b	I	II a	II b	I	II a	II b	
Biopsy	mean area	-0.21*	-0.70	0.68	0.33	0.39	0.71	0.04	-0.03	-0.02	0.23	0.04	-0.23
	I	-0.25*	-0.47	0.43	0.64	0.43	0.34	0.12*	0.07	-0.15*	-0.10	-0.03	0.11*
Fiber area (μm^2)	II a	-0.30*	-0.53	0.53	0.49	0.75	0.47	0.08	0.21	-0.19*	0.03	-0.03	-0.01
	II b	-0.12	-0.63	0.62	0.20	0.30	0.68	0.05	-0.01	-0.04	0.30	0.09	-0.33
Fiber area composition (%)	I	-0.06	-0.06	0.04	0.11*	0.12*	0.02	0.48*	0.01	-0.41*	0.47*	-0.03	-0.38*
	II a	-0.16	-0.20	0.19	0.28	0.32	0.16*	-0.02	0.21	-0.09	-0.04	0.14	-0.05
	II b	0.07	0.09	-0.07	-0.18	-0.20	-0.05	0.32*	-0.12	0.33*	-0.31*	-0.05	0.29*
Fiber number composition (%)	I	-0.09	-0.15*	0.14*	-0.06	0.10	0.19*	0.59*	-0.02	-0.49*	0.70*	-0.04	-0.57*
	II a	-0.13	-0.19*	0.19*	0.20	0.18*	0.19*	-0.01	0.24	-0.11*	0.00	0.23*	-0.14*
	II b	0.12	0.21	-0.21	-0.05	-0.17*	-0.24	-0.40*	-0.13	0.41*	-0.49	-0.12	0.49*

Significance: * $P < 0.05$.

Table 10. 생검시료와 육질평가 항목간에 상관관계

Measurements		pH45 min	pH24 hr	L*24 ¹⁾ hr	a*24 ²⁾ hr	b*24 ³⁾ hr	ffu ⁴⁾ (mg)	drip loss 24hr	drip loss 48hr	cooking loss (%)	NPPC color	NPPC marbling
Biopsy	mean area	-0.04	-0.01	-0.01	0.01	-0.04	0.12	-0.03	-0.01	0.02	-0.02	0.13
	I	-0.16*	0.10	-0.04	-0.04	-0.07	0.12	0.22*	0.23	0.01	-0.01	0.06
	II a	-0.01	0.01	0.08	0.09	0.08	0.15	-0.03	-0.05	0.01	0.25*	0.08
	II b	-0.05	0.00	-0.08	0.00	-0.09	0.08	0.01	0.06	0.03	-0.06	0.11
Fiber area composition (%)	I	-0.02	0.46*	0.03	-0.07	0.01	-0.03	-0.08*	-0.11*	-0.08*	0.10*	-0.05
	II a	0.00	0.08	0.02	0.01	0.05	0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.09	-0.06
	II b	0.00	-0.37*	-0.03	0.05	-0.04	0.01	0.06	0.09*	0.06	-0.12*	0.09
Fiber number composition (%)	I	-0.03	0.58*	0.04	-0.10*	0.00	-0.05	-0.11*	-0.16*	-0.07	0.10	-0.03
	II a	0.00	0.08	0.02	-0.01	0.06	0.00	-0.03	-0.03	0.00	0.08	-0.04
	II b	0.00	-0.46*	-0.05	0.08	-0.05	0.03	0.09	0.13*	0.05	-0.12*	0.04

¹⁾⁻³⁾Lightness(L*), Redness(a*) and Yellowness measured at 24 hour postmortem.

⁴⁾Ffu: Filter Paper Fluid uptake.

⁵⁾NPPC: National Pork Producers Council color.

Significance: * $P < 0.05$

Table 11. 도체 성적 및 근섬유 크기 변화

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	Significance ¹
Carcass Weight(kg)	73.02 ^a ±8.62	70.29 ^b ±5.52	72.25 ^a ±5.75	***
Back fat thickness(mm)	21.33 ^a ±4.95	20.46 ^a ±4.88	18.85 ^b ±5.02	***
Loin area(cm ²)	41.95 ^b ±5.23	45.70 ^a ±6.67	41.83 ^b ±6.32	***
<hr/>				
Total fiber No (×1,000)	993 ^b ±193	1089 ^a ±294	976 ^b ±163	***
Fiber density (Number/mm ²)	237 ^b ±40	262 ^a ±58	235 ^b ±29	***
Mean area(μm ²)	4349 ^a ±764	4016 ^b ±964	4318 ^a ±548	***
Type I area(μm ²)	3480 ^b ±772	3207 ^c ±852	3672 ^a ±661	***
Type II a area(μm ²)	2833 ^a ±764	2510 ^b ±818	2886 ^a ±624	***
Type II b area(μm ²)	4607 ^a ±850	4312 ^b ±1117	4568 ^a ±620	**

Data are means (SD).

¹Levels of significance: **P<0.01, ***P<0.001.

^{a)-c)}Mean with different superscript are significantly different in the same row.

Table 12. 근섬유 면적 및 개수 비율 변화

	1세대 (n=126)	2세대 (n=388)	3세대 (n=138)	Significance ¹
Type I area composition (%)	8.77 ^b ±3.03	10.18 ^a ±3.33	10.05 ^a ±3.31	***
Type II a area composition (%)	4.45 ^b ±1.90	4.81 ^b ±2.03	5.07 ^a ±2.14	+
Type II b area composition (%)	86.78 ^b ±3.83	85.01 ^a ±3.90	84.88 ^a ±3.65	***
Type I Number composition (%)	10.93 ^c ±3.33	12.83 ^a ±4.26	11.91 ^b ±3.74	***
Type II a Number composition (%)	6.91 ^b ±2.60	7.71 ^a ±2.97	7.55 ^a ±2.89	*
Type II b Number composition (%)	82.16 ^a ±4.07	79.46 ^c ±5.01	80.54 ^b ±4.19	***

Data are means (SD).

¹Levels of significance: significance: *P<0.05, ***P<0.001.

^{a)-c)}Mean with different superscript are significantly different in the same row.

Table 13. 세대별 육질 변화량

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	Significance ¹
pH _{45min}	6.37 ^b ±0.33	6.38 ^b ±0.27	6.53 ^a ±0.32	***
L* ² _{45min}	37.29 ^b ±1.96	37.95 ^a ±2.13	37.04 ^b ±2.19	***
a* ³ _{45min}	5.23 ^b ±0.87	5.38 ^b ±0.84	6.05 ^a ±1.08	***
b* ⁴ _{45min}	0.70±0.52	0.72±0.56	0.69±0.57	N.S
pH _{24hour}	5.75 ^a ±0.20	5.63 ^b ±0.21	5.72 ^a ±0.23	***
L* ² _{24hour}	45.54 ^b ±3.10	46.40 ^a ±2.91	45.51 ^b ±2.98	**
a* ³ _{24hour}	6.24 ^b ±1.26	6.47 ^b ±0.95	7.38 ^a ±1.32	***
b* ⁴ _{24hour}	2.20 ^a ±0.90	1.93 ^b ±0.76	1.99 ^b ±0.93	**
FFU ⁵ (mg)	44.85 ^a ±61.60	22.81 ^b ±12.35	23.44 ^b ±18.09	***
drip loss 24hour(%)	1.46 ^a ±1.61	0.91 ^b ±0.57	0.98 ^b ±0.77	***
drip loss 48hour(%)	2.69 ^a ±2.95	2.11 ^b ±1.12	2.06 ^b ±1.38	**
cooking loss(%)	21.50 ^a ±5.56	19.76 ^b ±3.97	19.54 ^b ±5.35	***

Data are means (SD).

¹Levels of significance: † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

²⁻⁴Lightness(L*), Redness(a*) and Yellowness(b*) measured at 45 minute or 24 hour postmortem.

⁵Ffu: Filter Paper Fluid uptake.

Table 14. 세대 별 NPPC Score

	1세대 (n=126)	2세대 (n=388)	3세대 (n=138)	Significance ¹
NPPC Color	2.75 ^b ±0.38	2.31 ^c ±0.59	2.98 ^a ±0.71	***
NPPC Marbling	1.83 ^a ±0.42	1.50 ^b ±0.56	1.52 ^b ±0.75	***

Data are means (SD).

¹Levels of significance: ***P<0.001.

^{a)-c)}Mean with different superscript are significantly different in the same row.

참고 문헌

- Beattie, V. E., Weatherup, R. N., Moss, B. W., & Walker, N. (1999). The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science*, vol 52. PP205-211.
- Brooke, M. H. and Kaiser, K. K. (1970). Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. vol 18. PP670 - 672.
- Choi, Y. M., and Oh, H. K. (2016). Carcass Performance, Muscle Fiber, Meat Quality, and Sensory Quality Characteristics of Crossbred Pigs with Different Live Weights. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. vol 36. no 3. PP389-396.
- Choi, Y.M., Ryu, Y.C., and Kim, B.C. (2007). Influence of myosin heavy- and light chain isoforms on early postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*. vol 76. PP281-288.
- Honikel, K. O. (1987). How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*, Martinus Nijhoff, Dordecht, the Netherlands. PP129-142.

- Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., van der Waal, P. G., Merkus, G., and Zaar, M. (1986). The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*. vol 18. PP191-200.
- Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., Yang, H.S., Jeon, J. T., and Joo. S. T. (2010). The relationship between meat color (CIE L* and a*), myoglobin content, and their influence on muscle fiber characteristics and pork quality Korean Journal for Food Science of Animal Resources. vol 30. PP 626-633.
- Kim, G. D., Kim, B. W., Jeong, J. Y. and Joo. S. T (2013b). Relationship of carcass weight to muscle fiber characteristics and pork quality of crossbred(Korean Native Black pig x landrace)F2 pigs. *Food and bioprocess Technology*. vol 6. PP522-529
- Kim, G. D., Jeong,, J. Y., Jung, E. Y., Yang, H. S., Lim, H. T., and Joo S.T (2013a). The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science*. vol 94. PP267-273.
- Klont, R. E., Brocks, L., and Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science*. vol 49. PP219-S229.
- Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogu  J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P, and Monin G. (1997). Phenotypic and genetic parameters for *longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *Journal of Animal Science*. vol 75. No 12. PP3126-3137.

- Lonergan, E. H., Zhang, w. and Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle – Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, vol 86. PP184-195.
- Ryu, Y. C. and Kim, B. C. (2005) The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. *meat science*. vol 71. PP351-357.
- Ryu, Y. C. and Kim, B. C. (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*. vol 84. PP894-901.
- Ryu, Y. C., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., Choe, J. H., and Kim, J. M. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*. vol 80. PP363-369.
- Tao, F. and Pen, Y. A (2013). Method for nondestructive prediction of pork meat quality and safety attributes by hyperspectral imaging technique. *Journal of food engineering*. vol 126. PP98-106

CHAPTER 5

자돈의 이유일령과 이유체중이 도체특성 및 육질특성에 미치는 영향

ABSTRACT

본 연구의 목적은 이유일령과 이유체중으로 분류된 그룹이 도축 후 돼지고기의 품질에 미치는 영향에 대해서 수행되었다. 실험에 이용한 이유자돈은 총 468두(암컷 252두, 수컷 216두)가 이용되었으며, 이유시기는 21일령(D21), 28일령(D28)으로 나뉘었으며, 이유체중은 낮은 그룹(L), 중간 그룹(M), 높은 그룹(H)으로 분류하였다($P < 0.05$). 돼지의 도체중은 이유일령과 이유시 체중에 영향을 받았다. 이유일령 21일의 L그룹은 다른 그룹보다 높은 도체중을 보였다($P < 0.05$). 이유일령과 관계없이 이유체중이 가벼운 L그룹이 성장률이 가장 높았으며 28일에 이유를 한 L그룹이 가장 높은 도체중을 보였다. NPPC marbling score는 D21이 D28일령보다 높았으며($P < 0.05$), D21의 H 그룹이 가장 높은 값을 보였다. 명도(L*)는 이유시 체중에 영향을 받았으며, 적색도(a*)는 이유일령에 영향을 받았다($P < 0.05$). Drip loss는 이유일령에 영향을 받았으며, 다른 보수력 측정항목에서는 이유일령 및 이유시 체중에 영향을 받지 않았다. Drip loss 측정결과 28일령에 이유된 자돈이 21일령 이유자돈보다 높은 값을 보였으나, 1.76 ~ 2.92%로 모두 정상범위의 값을 보였다. 이유일령과 이유체중의 상관관계를 분석한 결과 이유체중은 이유일령에 따라 증가하였다($r = 0.26, P < 0.05$). 하지만 도체중과는 부의 상관관계를 보였다($r = -0.17, P < 0.05$). Drip loss는 이유일령 및 이유체중과 부의 상관관계를 보였다($r = -0.26, P < 0.01, r = -0.22, P < 0.05$). 이유일령이나 이유시 체중은 육색과는 유의적 상관관계가 나타나지 않았다.

서론

출생 후 3주정도 모유를 먹던 자돈은 돈사를 옮기면서 이유를 시작한다. 이 시기에 모돈과의 이별, 새로운 돈방으로 이동, 다른 자돈들과 집단생활, 모유에서 소화가 잘되지 않은 사료로 전환되는 등의 많은 스트레스를 받는다(English, 1980; van der Meulen et al. 2010). 따라서 사료섭취량의 감소, 자돈 성장률 저하 및 설사병과 부종이 종종 발생한다(McCracken et al., 1995). 통상적인 이유관리 시스템에서의 이유시기는 17일~21일 사이에서 이루어진다. 그러나 초기에 도입된 이유 시스템에서는 12~14일에 이유되었다(Dantzer & Mormede, 1981; Maxwell & Carter 2000).

일부 유럽에서는 28일 이전에 이유하는 것을 금지하고 있다(ECCD, 2001). 다른 연구에 의하면 이유를 일찍 시작하면 성장을 저해하는 병원체의 감소로 인해 서, 사료 효율과 성장률이 증가한다(Patience et al., 2000). 즉, 이유일령이 길어지면 모돈으로부터 병원체 감염이 쉬워져서 질병에 무방비로 노출되는 경향이 발생한다. 그러나 이유일령을 앞당겨서 할 경우 일당 증체량 감소, 사망률 증가 및 공격적인 행동을 일으키는 단점이 있다(Main et al., 2004).

이유시 체중은 돼지의 성장에 영향을 주는 요인 중 하나이다. 이유 후 체중이 감소하지 않고 유지되면, 178일령에 도축체중에 도달하며, 115g이상 성장하면 15일 가량 도축체중 도달 일령이 약 15일 가량 단축된다. 따라서 성장 속도는 작은 돼지 보다 큰 돼지에서 더 높은 경향이 있으며, 이유시 체중은 생시체중과 이유 자돈의 차이가 원인이다(McConnell et al., 1987; Allen et al., 2010). 이전 연구에서 28일에 이유자돈의 평균체중은 8.5kg 이상이고, 이유시 체중이 높은 돼지는 가벼운 돼지보다 20주까지의 성장률이 더 높은 것으로 보고되었다(Mahan et al., 1998; Lawlor et al., 2002; Magowan et al., 2011).

기존에 연구된 내용을 살펴보면, 이유 연령에 따른 이유 행동, 사료 효율, 일당 증체량에 대해서 보고되었다. 즉, 이유연령과 체중이 성장과정에 미치는 영향에 대해서는 이미 확립되었다. 하지만 이유연령, 이유 체중이 도축 후 고기 품

질에 미치는 영향에 대한 연구는 부족하다. 따라서 본 연구의 목적은 이유일령과 이유체중으로 분류된 그룹이 도축 후 돼지고기 품질에 미치는 영향에 대해 알아보았고, chapter 4에서 계량된 돼지품질의 표현형을 극대화하기 위하여 수행되었다.

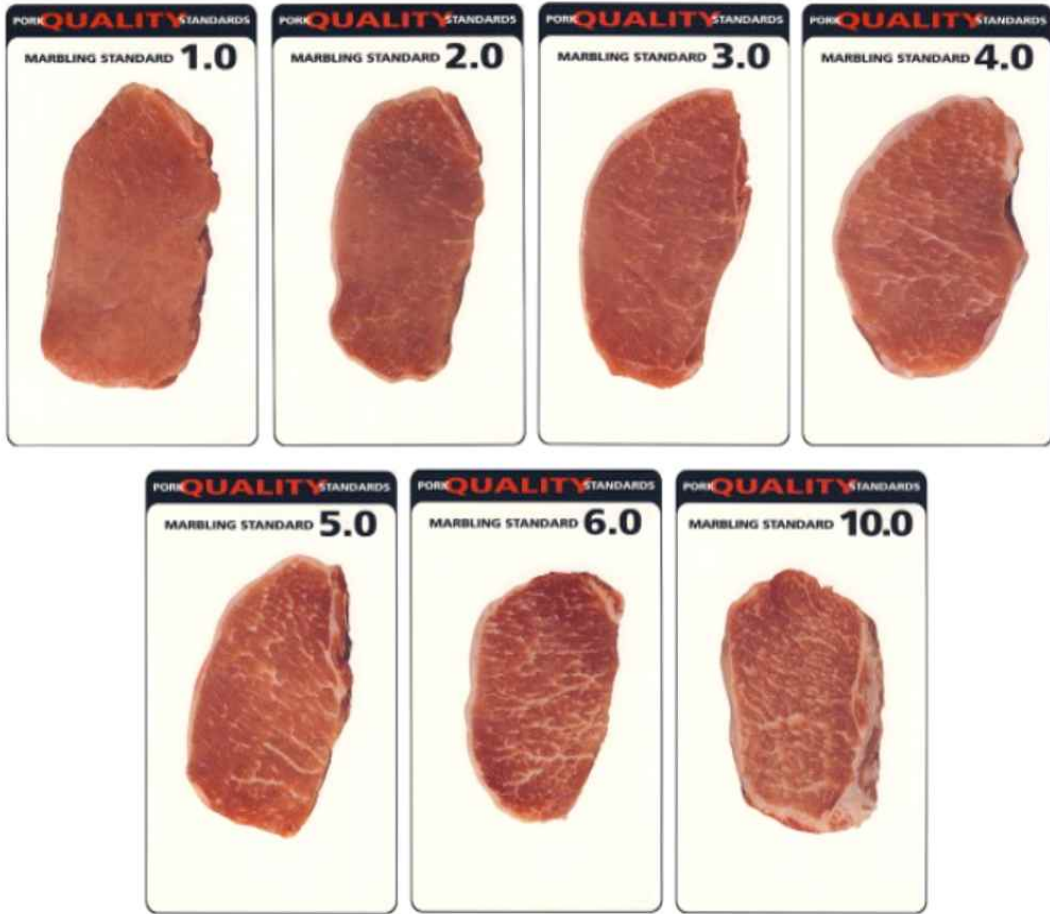
재료 및 방법

공시 재료(Animals & Experimental design)

제주특별자치도 서귀포시 남원읍에 위치한 흑돼지 농가에서 실험조사 되었으며, 모돈 57두와 부돈 4마리 사이에서 태어난 자돈 총 468두(암컷 252두, 수컷 216두)를 얻었다. 모돈과 부돈은 제주개량 흑돼지를 이용하였다. 4마리의 수컷에서 채취된 정액을 이용하여 모돈에 인공수정 되었다. 모돈 당 산자수 평균의 최대 값 및 최소값은 각각 11.4 및 8.2였다. 이유 시 평균일령은 26.6일이었으며, 평균 체중은 7.3kg이었다. 자돈들은 돈방에 12마리씩 무작위로 할당하여 사육하였다. 사료 및 돼지 사양 프로그램은 한국가축사양표준(2007)을 따랐다. 공급된 사료의 영양성분은 Table 15에 나타냈다. Table 16에 나타낸 바와 같이, 이유자돈은 이유일령에 따라 D21(18~24일령)과 D28(25~35일령) 두 그룹으로 분류하였다. 각각의 이유일령 그룹은 이유당 무게(L, M, H)에 따라 3개의 블록으로 분류하였다. D21의 경우에는 체중은 5.9±0.1kg (L), 7.3±0.1kg (M) 및 9.0±0.3kg (H), D28의 경우에는 5.8±0.1kg (L), 7.4±0.1kg (M) 및 9.2±0.1kg (H)로 분류하였다. 도축은 190~210일령에서 3일간(156두/day) 매일 진행되었다. 도축 후 도체중 등 지방두께를 측정하였고, 24시간 예냉실에 보관하였다가 육질 특성 분석과 NPPC 마블링 표준 점수표와 비교하여 마블링을 평가하였다.

근내 지방 평가(NPPC marbling score)

마블링 점수는 NPPC 표준(NPPC, 2002)을 이용하여 육안으로 평가하였다 (Figure 12). 점수는 1점~6점 그리고 10점으로 총 7단계로 지수화한 값으로 나타내었다. 1점은 마블링이 거의 없는 상태이며 점수가 높을수록 마블링이 높아진다.



출처: Liu et al.,2012

Figure 12. 미국 양돈 협회(National Pork Producers Council, NPPC)표준 마블링

Table 15. 사료의 재료 및 영양성분

	초기	중기	후기
Ingredient composition (%)			
Corn	49.7	65.3	69.3
Soybean meal	32.6	27.7	15.7
Wheat bran	-	-	5.7
Wheat	14.2	-	-
Rapeseed meal	-	-	3.0
Molasses	0.5	4.0	4.0
Limestone	0.5	0.4	1.0
Tricalcium phosphate	1.6	1.9	0.8
NaCl	0.1	0.3	0.3
Vitamin [†]	0.1	0.1	0.1
Mineral [‡]	0.1	0.1	0.1
L-Lysine HCl	0.2	0.1	0.1
DL-Methionine	0.2	-	-
Antibiotic	0.3	0.1	-
Analyzed nutrient and energy content			
Crude protein (%)	19.5	16.0	14.0
Lysine (%)	1.2	0.9	0.8
Methionine (%)	0.4	0.3	0.2
Digestible energy (Mcal/kg)	3.5	3.4	3.3

[†] Supplied per kg of diet: 8100 IU of vitamin A, 1200 IU of vitamin D3, 45 IU of vitamin E, 2.25 mg of vitamin K, 1.5 mg of thiamin, 0.6 mg of riboflavin, 2.55 mg of pyridoxine, 0.03 mg of vitamin B12, 19.5 mg of pantothenic acid, 39 mg of niacin, 0.09 mg of biotin, and 0.75 mg of folic acid. [‡] Supplied per kg of diet: 102.7 mg of FeSO₄, 0.4 mg of CoSO₄, 67 mg of CuSO₄, 54.2 mg of MnSO₄, 69 mg of ZnSO₄, 0.5 mg of CaIO₃, and 0.3 mg of Na₂SeO₃.

Table 16. 이유일령 및 이유체중에 따른 돼지의 분류

Weaning age	21			28			S E
	L	M	H	L	M	H	
Weaning weight							M
Number of pig	65	52	59	63	85	144	
Weaning age(day)	21.5	21.8	22.0	29.0	28.9	28.3	0.3
Weaning weight(kg)	5.9	7.3	9.0	5.8	7.4	9.2	0.1

pH

사후 45분이 지난 돼지의 흉추(*Longissimus thoracis*)의 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근에 portable pH meter(206-pH2, Testo, Germany)을 삽입하여 pH를 측정하였다. 등심근 일부를 채취하여 저온실(4℃)에 보관 후 사후 24시에 동일한 방법으로 pH를 측정하였다.

육색(Meat Color)

급속 냉동 터널을 지난 돼지 도체의 흉추 7번과 8번 사이를 절개하여 노출된 등심근 표면을 30분간 공기 중에 노출 시킨 후 Chromameter(CR-300, Minolta co., Tokyo, Japan)을 이용하여 3번씩 반복하여 측정하였다. 사후 24시에 도 동일한 방법으로 육색을 측정하였다. 측정 항목은 명도(Lightness, L*), 적색도(redness, a*), 그리고 황색도(yellow, b*)이며, 이때 사용된 Minolta Chromameter의 백색표준색판은 $Y = 93.5$, $x = 0.3132$, $y = 0.3198$ 로 표준화한 후 동일 시료를 3번 반복하여 측정하였다.

보수력(Water-holding capacity)

1) 유리 육즙(Drip loss)

유리 육즙량은 Honikel(1987)의 측정방법을 이용하여 돈육 등심에 직경 4cm의 Core를 이용하여 시료를 채취 한 후, 무게를 측정한 후 shackel에 걸어 polyethylen bag으로 공기를 차단하고 표면에 외부 물질이 닿지 않도록 걸어두

었다. 4℃에 48시간 보관 후 유리된 육즙량을 최초 무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$\text{Drip loss(\%)} = \frac{\text{최초의 시료 무게(g)} - \text{48시간 후 시료무게(g)}}{\text{최초의 시료 무게(g)}} \times 100$$

2) 가열 감량(Cooking loss)

등심근을 일정한 크기(2 cm x 4 cm x 6 cm)로 잘라내어 무게를 측정한 후, polyethylene bag으로 공기가 없도록 밀착하여 찐 후 미리 가열해 놓은 water bath(KMC-1205W1, Vision Co., USA)(85℃)에 넣는다. 시료의 심부온도가 70℃가 될 때까지 가열하며, 최종온도에 도달하면 꺼내어 찬물로 충분히 식힌다. 이후 bag에서 꺼내어 표면의 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{cooking loss(\%)} = \frac{\text{가열 전 무게(g)} - \text{가열 후 무게(g)}}{\text{가열 전 무게(g)}} \times 100$$

3) 여과지 흡수법(Filter-paper fluid uptake)

여과지 흡수량 측정은 Kauffman(1986)의 방법을 이용하여 실시하였다. 등심근을 절개하여 20~30분간 표면을 저온실(4℃±2)에서 공기 중에 노출시킨 후 지름 5.5cm의 여과지(Advantec #1)를 표면에 완전히 포개어 여과지가 흡수한 수분의 양을 저울(Elt202, Sartorius co., USA)을 이용하여 측정하였다.

조직감(Texture property analysis)

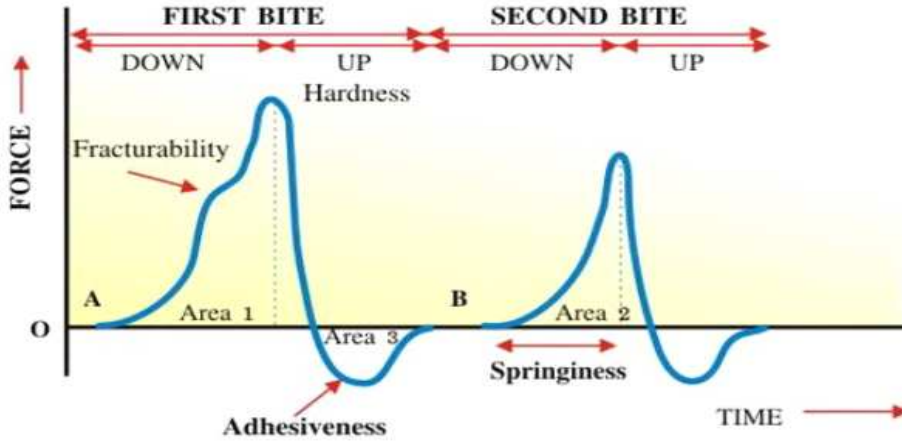
TPA는 rheometer(compac-100; Sun scientific co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정되었고, Bourne(1978)의 방법을 이용하여 시료는 균일한 크기(2.5cm x 2.5cm x 2.5cm)로 절단하여 분석하였다. probe가 설정된 깊이만큼 샘플에 침투되어, 침투할 때 드는 힘, 걸린 시간이 측정되었다. 분석조건은 Table 17에 나타내

었다. 이를 이용하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess)를 측정하였다.

Table 17. Rhometer 설정값

Setup manual	조건
Pre Test Speed	2.00mm/s
Post Test Speed	10.00mm/s
Target Value	75.0%
Trigger load	10g
Test Speed	1.00mm/s
Load Range	10kg
Cycle Count	1
Probe	TA52
Fixture	TA-SBA

조직감의 측정 결과는 처음 peak는 hardness값을 나타내며, 이 hardness값을 기준으로 하여 peak까지 걸린 시간, 면적 및 두 번째 peak까지 걸린 시간 등을 계산하여 나머지 항목을 나타낸다. 따라서 hardness값에 따라 나머지 값이 달라질 수 있다. Table 18에 분석 방법을 설명하였다.



출처: Food Network Solution

Figure 13. Texture Profile Analysis(TPA)곡선

Table 18. 조직감 측정 항목 정의

	정의	설명
경도 (hardness)	일정한 변형에 도달하는데 필요한 힘	첫 번째 압축과정에서 나타나는 최대 peak
응집성 (cohesiveness)	물체가 있는 그대로의 형태를 유지하려는 힘	첫 번째와 두 번째 압축 시 면적 비율(Area2/Area 1)
탄력성 (springiness)	변형된 시료에 힘이 제거된 후에 시료가 원래의 상태로 돌아가려는 성질	첫 번째 그래프의 시작점에서 피크까지의 시간/두 번째 그래프의 시작점에서 피크까지의 시간(B/A)
부착성 (adhesiveness)	Probe가 시료에 떼어지는데 필요한 힘	첫 번째 bite에서 negative force area(Area 3)
파쇄성 (fractuability)	시료가 부서지거나 깨드러지는데 필요한 힘	첫 번째 bite 곡선에서 유의적인 break가 일어날 때의 힘
검성 (gumminess)	반고체 상태의 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 성질	경도 x 응집성
씹힘성 (chewiness)	고체 상태의 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 성질	검성 x 탄력성

통계 분석(Statistical analysis)

실험은 2(이유일령 D21과 D28) x 3(이유시 체중 L, M, H)의 요인설계 방법으로 설계되었다. 이유일령과 이유시 체중은 군집분석을 하여 구분하였다. 이유일령과 이유체중의 상호관계를 분석하기 위하여 일반선형모델(GLM, SAS2002)을 이용하여 데이터를 분석하였다. 이유일령과 이유체중과 도축 후 도체 무게, NPPC marbling score, 육색, 보수력의 육질 특성과의 관계를 상관계수 분석 하였다.

결론 및 고찰

도체중, 등지방 두께 및 NPPC marbling score

이유연령과 이유체중에 따른 도체중(carass weight), 등지방두께(backfat thickness) 및 마블링 점수(NPPC marbling score)의 상관관계를 Table 19에 나타냈다. 돼지 도체중은 이유연령과 이유시 체중에 영향을 받았다($P < 0.01$). 이유일령 21일(D21)의 L그룹은 M그룹과 H그룹보다 유의하게 높은 도체 무게를 보였다 ($P < 0.05$). 이유일령 28일(D28)의 L그룹도 같은 경향을 보였다. L그룹이 M그룹과 H그룹보다 유의적으로 높은 도체 무게를 보였다($P < 0.01$). 그러나 D21과 D28의 이유 집단 간에는 유의적 차이가 없었다($P > 0.05$). D28그룹은 D21그룹보다 높은 도체중을 보였다($P < 0.01$). 이 결과, 이유일령과 관계없이 이유체중이 가벼운 이유자돈의 성장률이 중간형, 무거운형의 그룹 보다 높은 것을 보여주며, 28일에 이유를 하면 돼지의 도체중이 증가하였다. 다른 연구결과를 살펴보면, 42일간 이유된 새끼 돼지는 그보다 일찍 이유된 돼지보다 더 이유에 잘 적응할 수 있었으며, 그 결과 소화 시스템 조금 더 빨리 발달한다고 보고되었다(Hay et al., 2001; Jarvis et al., 2008). 또 이유연령이 12일에서 21일로 증가함에 따라 이유 후 출하까지 일당증체량, 폐사율, 도체중의 성장관련 능력이 향상되었다는 보고가 있다(Fangman et al., 1996; Main et al., 2004). 본 연구에서는 D28은 D21일 보다 높은 도체중을 보였으며, D28의 L그룹은 높은 도체중을 보였지만, 이유전까지 가장 느린 성장률 나타낸 그룹이다.

다른 연구보고에 의하면 도체중이 증가함에 따라 등지방두께와 근내지방 함량도 같이 증가한다고 보고하였다(Galián et al., 2009; Kim et al., 2013). 그러나 본 연구에서는 도체중이 높은 D28의 L그룹의 등지방두께는 다른 그룹과 비교하였을 때 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 오히려 마블링 점수가 D21의 H그룹이 제일 높았으며, D21은 D28보다 높은 값을 나타냈다($P < 0.001$).

Correa et al (2006)은 성장률이 느린 돼지는 빠른 성장률을 가진 돼지에 비해

정육비율이 높고, 지방비율이 낮으며 성장률과 도체품질 간에는 부의 상관관계가 있는 것으로 보고했다. 본 연구에서 성장률이 낮은 D21과 D28의 이유시 까지 성장률이 느린 L그룹은 각각의 일령에서 높은 도체중을 보였다. 반면에 낮은 마블링 점수를 나타냈다. 이와 반대로 D21의 H그룹은 이유시까지 가장 높은 성장률을 보이고, 이유시 체중이 다른 그룹에 비해 가장 무거웠지만, 도축 후 가장 낮은 도체중을 보였다. 그러나 가장 낮은 성장률(가장 낮은 도체무게)을 보였지만 가장 높은 마블링 점수를 보였다.

근육 pH와 육색

근육의 pH와 육색에 관한 결과를 Table 20에 나타냈다. 도축 후 45분, 24시간이 지난 후 측정된 pH는 각각 6.29~6.45, 5.62~5.70으로 나타났으며, 이유 연령, 이유시 체중은 도축 후 사후 pH에 상호작용 효과가 없었다($P > 0.05$). 근육 pH는 사후대사가 진행되면서 글리코겐의 분해되는 속도에 의해 결정이 된다 (Honikel & Fischer, 1977). 근육이 빠른 속도로 당분해를 할 경우 도축 후 45분 pH는 낮은 것으로 나타난다 (i.e < 5.80). 이러한 결과로 인하여 단백질이 변성이 나타나고 낮은 보수력을 동반한다(Joo et al., 1999; Ryu et al., 2005). 본 연구에서는 사후 45분 pH는 정상 범위(≥ 5.80)로 측정되었다. 이유일령과 이유시 무게는 도축 후 45분 육색에는 영향을 주지 않고, 24시간 후 육색에 차이가 나타났다.

명도(L*)는 이유시 체중에 영향을 받았고($P < 0.01$), 적색도(a*)는 이유일령에 영향을 받았다($P < 0.05$), 황색도(b*)는 이유일령과, 이유시 체중에 영향을 받아 유의적으로 차이가 나타났다($P < 0.05$). 도축 후 사후대사가 끝난 24시간 후의 돼지고기에서 너무 높거나 너무 낮은 L*값은 비정상적인 고기로 간주한다. 예를 들어 L*값이 43 미만인 고기는 DFD(dark, firm, and dry)로 간주되며, L*값이 50보다 높은 고기는 PSE(pale, soft and exudative)로 간주 한다(Joo et al., 1999). 본 연구에서 M그룹은 다른 그룹보다 낮은 L*값을 보였지만, 모든 그룹이 일반적인 돼지고기 품질 범위의 값을 나타냈다. D21그룹은 D28그룹 보다 a* 및 b*값이 높게 나타났다. 이러한 결과는 도체중과 관련이 있으며, 이전 연구를 살

펴보면, 높은 도체중을 보인 도체는 낮은 a*값과 b*값을 보였다 (Galián et al., 2009; Kim et al., 2013). D21그룹은 이유시 체중에 관계없이 D28그룹보다 도체 무게가 낮았다. 따라서 더 낮은 a*, b*값이 D28에서 나타났다. D21의 L그룹은 M, H그룹보다 도체중이 높았으며, 이유 일령에 관계없이 낮은 b*값을 보였다. 하지만, 도축 후 45분과 24시간 후 이유 일령과, 이유시 체중에 따른 상호작용은 관찰되지 않았다 ($P > 0.05$).

WHC와 TPA

WHC와 TPA에 대한 결과를 Table 21에 나타냈다. WHC는 FFU, drip loss 및 cookig loss를 측정하여 나타냈다. Drip loss는 이유일령에는 영향을 받지만($P < 0.05$), 다른 WHC측정항목에서는 이유일령 및 이유시 체중에 영향을 받지 않았다. 또한 이유연령과 이유시 체중간의 상호작용에 의한 WHC의 영향에 대해서는 발견되지 않았다($P > 0.05$). Drip loss는 D28그룹이 D21그룹 보다 높은 값($P < 0.05$)을 보였지만, 1.76 ~ 2.92% 로 일반적인 정상 범위에서 나타났다. PSE육의 경우 6.0%이상의 높은 drip loss를 보이며, 비정상육으로 간주 한다 (Warner et al., 1997; Joo et al., 1999). 그러나 본 연구에서는 모든 측정 결과는 6.0% 보다 적은 값을 보였다. Table 7에 나타낸 것처럼, 이유 연령과 이유시 체중간에 상호작용에 의한 TPA특성에 미친 영향은 확인되지 않았다($P > 0.05$).

식육의 조직감, 부드러움은 근육내 지방함량(IMF) 함량과 높은 관계가 있고 (Blanchard et al., 1999), 도체중이 높은 도체는 높은 IMF함량을 보이며, 그결과로 낮은 전단력(shear force)을 보인다(Galián et al., 2009; Kim et al., 2013).

본 연구 결과 이유일령과 이유시 체중은 도축 후 경도에 영향을 미칠 것으로 예상하였다. Table 5에 나타난 것처럼, D21의 M, H그룹은 D28의 L그룹의 도체중은 유의적으로 차이가 나타났기 때문이다. 하지만, 조직감 측정 결과는 그룹간에 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). NPPC 마블링 측정 결과를 통해서 추측하면, D21이 낮은 경도(hardness)값을 보여야 하지만, 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$).

이유일령 및 이유체중의 상관관계와 품질 특성과의 상관관계 분석

피어슨의 상관관계 계수(r)을 이용하여 이유일령과 이유체중에 관계를 분석하였다(Table 22, Figures 14, 15). 이유체중은 이유일령에 따라 증가하였다($r=0.26, P < 0.05$); 그러나 도체중과는 부의 상관관계를 나타냈다($r= -0.20, P < 0.05$). 이유일령이 늦어지면 NPPC 마블링 점수의 감소와 관련이 있다($r= -0.17, P < 0.05$). 이유체중과 NPPC 마블링 점수간에는 정의 상관관계가 나타났으나 유의적으로 확인되지 않았다. Drip loss는 이유일령 및 이유체중과 부의 상관관계를 보였다($r= -0.26, P < 0.01, r= -0.22, P < 0.05$). 이유일령이나 이유시 체중은 도축 후 24시간 육색에 미치는 영향은 확인되었지만, 유의적 상관관계는 나타나지 않았다($P > 0.05$).

Table 19. 이유일령과 이유무게가 도체중, 등지방두께 및 NPPC 마블링 점수에 미치는 영향

Weaning age	21			28			SEM	Level of significance		
	L	M	H	L	M	H		WA	WW	WA × WG
Carcass weight (kg)	78.68	74.22	73.10	81.19	78.61	77.12	1.31	**	**	NS
Backfat thickness (mm)	22.64	21.61	23.80	22.92	22.39	21.53	0.97	NS	NS	NS
NPPC marbling score	1.96	2.14	2.55	1.77	1.77	1.93	0.12	***	**	NS

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

Abbreviations: WA, weaning age; WW, weaning weight. Data are means. NPPC, National Pork Producers Council.

Table 20. 이유일령과 이유무게가 pH 및 육색에 미치는 영향

Weaning age	21			28			SEM	Level of significance		
	L	M	H	L	M	H		WA	WW	WA × WG
pH 45 min	6.45	6.41	6.38	6.32	6.37	6.29	0.06	NS	NS	NS
pH 24 h	5.68	5.66	5.62	5.70	5.63	5.63	0.04	NS	NS	NS
Meat color at 45 min postmortem										
Lightness (L*)	37.91	37.58	37.96	37.87	37.93	38.47	0.70	NS	NS	NS
Redness (a*)	6.06	5.76	5.52	5.54	5.27	5.61	0.26	NS	NS	NS
Yellowness (b*)	1.78	1.56	1.70	1.60	1.48	1.71	0.18	NS	NS	NS
Meat color at 24 h postmortem										
Lightness (L*)	46.38	44.51	46.64	44.27	44.23	45.86	0.67	NS	**	NS
Redness (a*)	6.80	6.51	7.35	6.28	6.44	6.49	0.28	*	NS	NS
Yellowness (b*)	2.68	2.75	3.55	2.24	2.45	2.72	0.23	**	*	NS

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

Abbreviations: WA, weaning age; WW, weaning weight. Data are means.

Table 21. 이유일령과 이유체중이 보수력과 조직감에 미치는 영향

Weaning age	21			28			SEM	Level of significance†			
	L	M	H	L	M	H		WA	WW	WA × WG	
Water-holdign capacity											
Filter paper fluid uptake(mg)	34.69	31.11	30.70	26.65	32.75	30.44	2.87	NS	NS	NS	
Drip loss(%)	2.92	2.61	2.23	2.45	1.76	2.08	0.26	*	NS	NS	
Cooking loss(%)	27.93	27.86	28.36	27.46	28.22	28.38	0.69	NS	NS	NS	
Texture property analysis											
Hardness	33.73	33.76	31.80	32.67	30.76	32.00	1.28	NS	NS	NS	
Cohesiveness	0.41	0.38	0.46	0.46	0.42	0.42	0.02	NS	NS	NS	
Springiness	0.71	0.65	0.78	0.78	0.74	0.73	0.03	NS	NS	NS	
Adhesiveness	-3.49	-3.17	-2.34	-2.85	-2.67	-2.98	0.35	NS	NS	NS	
Gumminess	13.80	12.96	15.55	15.17	13.31	14.34	0.88	NS	NS	NS	
Chewiness	10.90	9.96	12.42	12.19	11.24	11.30	0.69	NS	NS	NS	

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

Abbreviations: WA, weaning age; WW, weaning weight. Data are means.

Table 22. 이유일령과 이유체중이 도체 품질과의 상관관계 분석

	Weaning weight	Carcass weight	NPPC marbling score	Lightness at 24h	Redness at 24h	Yellowness at 24h	Drip loss
Weaning age	0.26*	0.09	-0.17*	0.02	-0.07	-0.05	-0.26**
Weaning weight		-0.20*	0.13	0.02	-0.04	0.15	-0.22*

Levels of significance: *P < 0.05; **P < 0.01. NPPC, National Pork Producers Council.

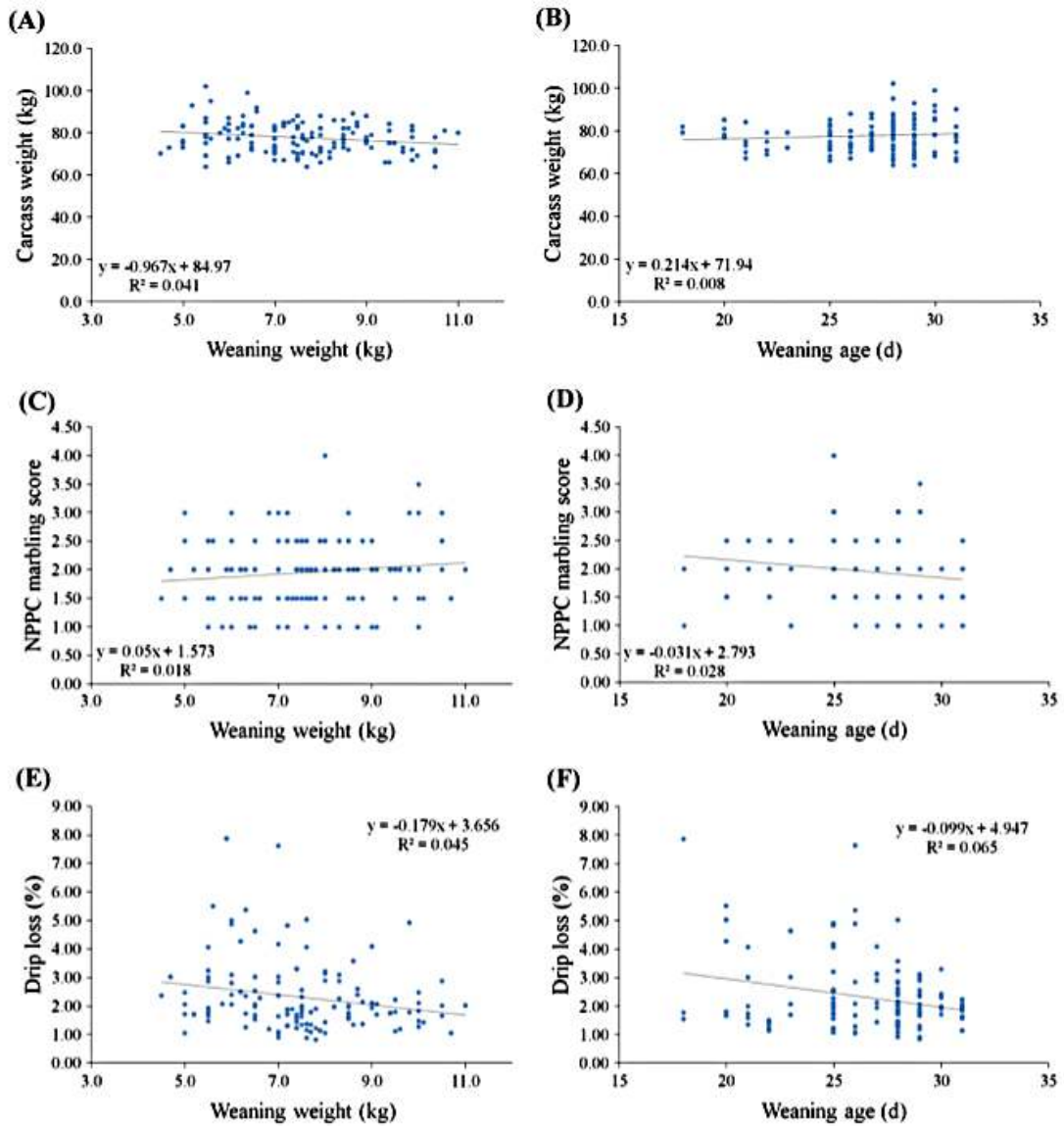


Figure 14. 이유일령 및 이유체중이 도체중, NPCC marbling score, drip loss와의 관계

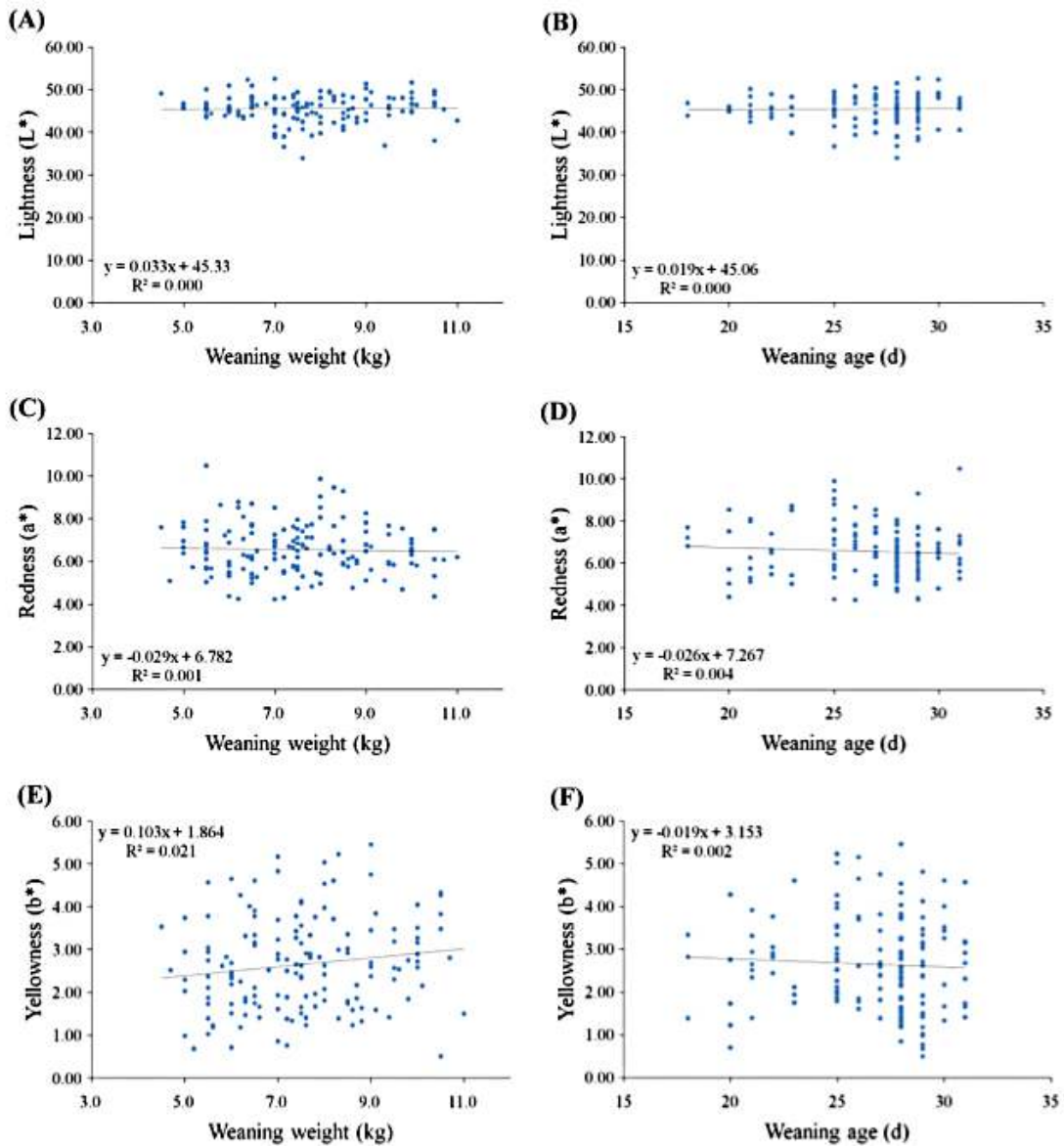


Figure 15. 이유일령 및 이유체중이 육색 측정 항목과의 관계

참고문헌

- Allen, J., Magowan, E., Beattie, V. E., McCann, M. E., and Thompson, A. (2010). The effect of birth weight on the variation in live weight of pigs at weaning. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. vol 1. PP176.
- Blanchard, P. J., Ellis, M., Warkup, C. C., Hardy, B., Chadwick, J. P., and Deans, G. A. (1999). The influence of rate of lean and fat tissue development on pork eating quality. *Animal Science*. vol 68. PP477-485.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology* 32, PP62 - 72.
- Correa, J. A., Faucitano, L., Laforest, J. P., Rivest, J., Marcoux, M, and Gariépy, C. (2006). Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science*. vol 72. PP91-99.
- Dantzer, R., and Mormede, P. (1981). Influence of weaning time on piglet behavior and pituitary-adrenal reactivity. *Reproduction Nutrition Development*. vol 21. PP661-670.
- ECCD. (2001). European Community Commission Directive 2001/93/EC of 9 November 2001 amending Directive 91/630/EEC laying down minimum standards for the protection of pigs. L316, P0036 -

P0038.

- English, P. R. (1980). Establishing the early weaned pig. Pig Veterinary Society. Copenhagen, Denmark. PP29-37.
- Fangman, T. J, Tubbs, R. C., and Henningsen-Dyer, K. (1996). Influence of weaning site, weaning age, and viral exposure on production performance in early-weaned nursery pigs. Swine Health Production 4, PP223-229.
- Galián, M., Poto, A., Peinado, B. (2009). Carcass and meat quality traits of the Chato Murciano pig slaughtered at different weights. Livestock Science. vol 124. PP314-320.
- Hay, M., Orgeur, P., Levy, F., Le., Dividich, J., Concordet, D., and Nowak R. (2001). Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine. Physiology and Behavior. vol 72. PP263-269.
- Honikel, K. O., and Fischer, C. (1977). A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscle. Journal of Food Science. vol 42, PP1633-1636.
- Honikel, K. O. (1987). How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs, Martinus Nijhoff, Dordecht, the Netherlands. PP129-142.
- Jarvis, S., Moinard, C., Robson, S. K., Sumner, E. H., Douglas, A. J., and Seckl, J. R., (2008). Effects of weaning age on the

behavioural and neuroendocrine development of piglets. *Applied Animal Behaviour Science*. vol 110. PP166-181.

Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., and Park, G. B. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water holding capacity in porcine *longissimus* muscle. *Meat Science*. vol 52. PP291-297.

Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., van der Waal, P. G., Merkus, G., and Zaar, M. (1986). The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*. vol 18. PP191-200.

Kim, G. D., Kim, B. W., Jeong, J. Y., Hur, S. J., Cho, I. C., Lim, H.T., and Joo, S. T. (2013). Relationship of carcass weight to muscle fiber characteristics and pork quality of crossbred (Korean native black pig x Landrace) F2 pigs. *Food and Bioprocess Technology*. vol 6. PP522-529.

Lawlor, P. G., Lynch, P. B., Caffrey, P. J., O'Doherty, J. V. (2002). Effect of pre- and post weaning management on subsequent pig performance to slaughter and carcass quality. *Animal Science*. vol 75. PP245-256.

Liu, L., Ngadi, M. O., Prasher, S. O., and Gariépy, C. (2012). Objective determination of pork marbling scores using the wide line detector. *Journal of food Engineering*. vol 110. PP497-504.

Magowan, E., Ball, M. E., McCracken, K. J., Beattie, V. E., Bradford, R., and Robinson, M. J. (2011). The performance response of pigs of

different wean weights to 'high' or 'low' input dietary regimes between weaning and 20 weeks of age. *Livestock Science*. vol 136. PP232-239.

Mahan, D.C., Cromwell, G. L., Ewan, R.C., Hamilton, C. R., and Yen, J. T., (1998). Evaluation of the feeding duration of a phase 1 nursery diet to three week-old pigs of two weaning weights. *Journal of Animal Science*. vol 76. PP578-583.

Main, R. G., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R. D, and Nelssen, J. L. (2004). Increasing weaning age improves performance in a multisite production system. *Journal of Animal Science*. vol 82. PP1499-1507.

Maxwell, C, V., Carter, S. D. (2000). Feeding the Weaned Pig. In: Lewis AJ, Southern LL (eds), *Swine Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL PP692.

McConnell, J. C, Eargle, J. C, and Woldorf, R. C. (1987). Effects of weaning weight, co-mingling, group size and room temperature on pig performance. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. vol 65. PP1201-1206.

McCracken, B. A., Gaskins, H. R., Ruwekaiser, P. J, Klasing, K. C., and Jewell, D. E. (1995). Diet-dependent and diet-independent metabolic responses underlie growth stasis of pigs at weaning. *Journal of Nutrition*. vol 125. PP2838 - 2845.

McGloughlin, P., Allen, P., Tarrant, P. V., Joseph, R. L., Lynch, P. B., and

- Hanrahan, T. J. (1988). Growth and carcass quality of crossbred pigs sired by Duroc, Landrace and Large White boars. *Livestock Production Science*. vol 18. PP275 - 288.
- NPPC. (2002). *Pork Quality Standards*. National Pork Board, Des Moines, IA.
- Patience, J. F., Gonyou, H. W., Whittington, D. L., Beltranena, E., Rhodes, C. S., and van Kessel, A. G. (2000). Evaluation of site and age of weaning on pig growth performance. *Journal of Animal Science*. vol 78. PP1726 - 1731.
- RDA. (2007). *Korean Feeding Standard for Swine*. National Institute of Animal Science, RDA, Pyeong-Chang, Korea.
- Ryu, Y. C., Choi, Y. M., and Kim, B. C., (2005). Variation in metabolite contents and protein denaturation of the *longissimus dorsi* muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. *Meat Science*. vol 71. PP522 - 529.
- SAS. (2002). *SAS/STAT Software for PC*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Van Beers-Schreurs, H. M., L. Vellenga, T. Wensing, and H. J. Breu-kink. (1992). The pathogenesis of the postweaning syndrome in weaned piglets: A review. *Veterinary quarterly*. vol 14. PP29 - 34.
- Van der Meulen, J., Koopmans, S. J., Dekker, R. A., and Hoogendoorn, A. (2010). Increasing weaning age of piglets from 4 to 7 weeks reduces stress, increases post-weaning feed intake but does not improve intestinal functionality. *Animal*. vol 4. PP1653 - 1661.

Warner, R. S., Kauffman, R. G, and Greaser, M. L,. (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. Meat Science. vol 45. PP339 - 352.

한국가축사양표준- 돼지:Korean feeding standard for Swine. (2007) 한국 가축 사양표준: 돼지, 농촌진흥청 국립축산과학원.

Food Network Solution(www.foodnetworksolution.com)

SUMMARY

돼지의 조기선발 및 품질예측을 위한 근조직 생검법 적용기술 개발

본 연구의 목적은 제주 흑돼지와 다양한 돼지 품종의 육질 특성과 조직학적 특성을 파악하고, 제주 흑돼지의 생검 조직학 결과와 도축 후 조직학 결과의 상관관계를 통하여 육질이 우수한 개량 흑돼지를 선발하고자 수행되었다.

제주 흑돼지(JBP), LYD, Berkshire (B), Yorkshire (Y), Duroc (D), Landrace (L), 및 Meishan (M) 품종의 육질 특성을 분석하였고, 근섬유 단면적, 근섬유 조성 등의 근섬유 특성에 대해서 분석하였다(Chapter 3). 살아있는 돼지의 근육 조직을 채취하여 근섬유 조성을 분석하였으며, 도축 후에도 같은 부위의 근육조직을 채취하여 근섬유 조성을 확인하였다(Chapter 4). 이를 통하여 살아있는 근섬유 조성과의 도축 후 근섬유 조성의 상관관계를 분석하여, 특정 근섬유 비율이 높은 개량 흑돼지를 선발하였다. 개량의 과정에서 선발에 이용하기 위하여 이유체중과 이유일령이 돼지육질에 미치는 영향에 대해서 분석하였다(Chapter 5).

Chapter 3, 4에서 육질 측정을 위하여 pH, Drip loss, cooking loss, shear force가 수행되었으며, Chapter 4는 NPPC marbling, color score를 추가하였다. 근섬유 염색은 생체 시료와 도축 후 시료 모두 myofibrillar adenosine triphosphatase staining methods를 이용하여 염색되었다. 이유자돈(piglets)은 이유일령에 따라 D21(18~24일령)과 D28(25~35일령) 두 그룹으로 분류하였다. 각각의 이유일령 그룹은 이유당 무게(L, M, H)에 따라 3개의 블록으로 분류하였다. D21의 경우에는 체중은 $5.9 \pm 0.1\text{kg}$ (L), $7.3 \pm 0.1\text{kg}$ (M) 및 $9.0 \pm 0.3\text{kg}$ (H), D28의 경우에는 $5.8 \pm 0.1\text{kg}$ (L), $7.4 \pm 0.1\text{kg}$ (M) 및 $9.2 \pm 0.1\text{kg}$ (H)로 분류하였다.

Chapter 3의 결과를 살펴보면, JBP가 가장 낮은 도체중을 보였다. Meishan(M)종 가장 높은 등지방두께를 보였으며, LYD가 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). NPPC marbling score조사 결과에서는 LYD, D, 및 L이 가장 높은 값을 보였으며, M이 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). JBP는 M보다 유의적으로 높은 값을 보였지만, 나머지 품종보다는 낮은 값을 나타냈다. 명도측정결과

에서는 M이 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 B가 가장 낮은 명도 값을 보였다 ($P < 0.05$). 적색도 측정 결과 D가 가장 높은 값을 보였으며, 황색도(b*)는 JBP가 가장 높은 값을 나타냈다($P < 0.05$). Drip loss결과는 M이 가장 높은 값(6.13%)를 보였으며, B, D종이 가장 낮은(2.29%) 값을 보였다($P < 0.05$). 가열감량(cooking loss) 측정결과에서는 LYD가 23.39%로 가장 낮은 값을 보여 다른 품종에 비해 가열감량이 우수한 것으로 확인되었고($P < 0.05$), 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 발생하지 않았다. 근섬유는 타입별 단면적(Cross-sectional area, CAS), 근섬유 개수비율(fiber number composition, FNC) 및 근섬유 면적 비율(fiber area composition, FAC)로 분석하여 나타냈다. CAS분석 결과 LYD가 근섬유 type I, IIa 및 IIb 모두 가장 높은 값을 보였으며, 반대로 M은 분석된 근섬유 모든 type이 가장 낮은 CAS값을 보였다($P < 0.05$). FNC의 분석 결과를 살펴보면, JBP와 D는 가장 높은 근섬유 type I 비율을 보였으며, JBP는 다른 품종보다 가장 낮은 근섬유 type IIa비율을 보였다($P < 0.05$). 근섬유 type IIb에서는 D가 가장 낮은 비율을 보였고, B가 가장 높은 비율을 보였지만, 나머지 품종들 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. FAC에서 JBP는 근섬유 type I은 다른 품종에 비해 높은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa, IIb는 다른 품종에 비해 낮은 비율을 보였다($P < 0.05$). Type IIa는 JBP를 제외하고 나머지 품종간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Type IIb는 D가 가장 낮은 값을 보였으며, 나머지 항목에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 제주 개량흑돼지는 다른 품종에 비해 도체중이 낮았지만, 근섬유 조성 분석 결과 type I의 비율이 다른 품종에 비해 높은 것으로 나타났다.

Chapter 4의 결과를 살펴보면, 생체근섬유조성과 육질과의 관계를 알아보기 위하여 개량 흑돼지 자돈 1122마리의 등심근(*longissimus thoracts*)을 채취하여 분석하였다. 생체근섬유 면적(Biopsy fiber area, BFA)항의 type I은 도축 후 근섬유 면적비율(Fiber Area Composition, FAC)과 정(positive)의 상관관계(relationship)를($r = 0.12, P < 0.05$) 보였으며, IIb와는 음의 상관관계($r = -0.15, P < 0.05$)를 보였다. 생체 근섬유 면적비율(Biopsy Fiber Area Composition, BFAC)의 type I과 도축 후 근섬유 type I의 면적 비율은 서로 정의 상관관계($r = 0.48 P < 0.05$)를 보였고, 반대로 IIb와는 부(negative)의 상관관계 ($r = -0.41,$

$P < 0.05$)를 보였다.

생검 분석 결과와 육질과의 상관관계를 분석한 결과, drip loss와 type의 I BFA는 정의 상관관계($r = 0.48$ $P < 0.05$)를 보였다. 최종pH, NPPC color와 BFAC type I은 정의 상관관계(각각 $r = 0.46$, $r = 0.10$, $P < 0.05$)를 보였으며, 보수력 측정항목인 drip loss24h, drip loss 48h, cooking loss항목과는 부의 상관관계(각각 $r = -0.08$, $r = -0.11$, $r = -0.08$, $P < 0.05$)를 보였다.

총 근섬유 수(Total fiber Number), 근섬유 밀도(Fiber density)는 2세대가 1세대와 3세대 보다 높은 값을 보였으며, 1세대와 3세대는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 평균 크기(mean area)는 2세에서 가장 낮은 값($P < 0.001$)을 보였고, 1세대와 3세대 간에는 차이가 나타나지 않았다. 근섬유 type I 평균 면적 (type I area)은 3세대가 1세대와 2세대 보다 높은 값을 보였다($P < 0.001$). Type IIa 평균면적(type IIa area)과 type IIb 평균 면적(type IIb area)은 2세대가 가장 낮은 값을 보였고, 1세대와 3세대가 높은 값을 보였지만, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 근섬유 type I의 비율 조성을 살펴보면 1세대가 2세대 3세대 보다 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). type IIa는 2세대와 3세대가 낮은 값을 보였다($P < 0.001$). 근섬유 개수 조성을 살펴보면 type I의 비율은 1세대가 가장 낮은 값을 보였고, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$). Type IIb는 1세대가 가장 높은 값을 보였으며, 3세대, 2세대 순으로 나타났다($P < 0.001$). 근섬유 type I의 평균 크기가 세대가 지나면서 커졌으며, 조성 비율이나 개수 비율로 증가하였다.

보수력 측정항목에서는 FFU, Drip loss 24, 48시간측정 결과 및 cooking loss 1세대 보다 2세대와 3세대가 우수한 것으로 확인되었다. Type I의 조성이 높은 개체를 선발하여 개량을 한 결과, 육색의 경우 앞의 명도와 적색도 측정결과와 같은 경향을 보였다. 세대가 증가하면서 NPPC color값이 높게 측정되었다($P < 0.001$). 본 연구의 결과 생체에서 실시한 근섬유 조성 분석 결과와 도체에서 분석한 조직학적 특성은 같은 경향을 보였으며, 이를 활용하여 육질과 관련이 있는 근섬유 type I의 조성이 높은 개체를 선발하여 이용한 결과 세대별로 근섬유 type I의 조성이 높아졌다. 이러한 기술을 응용하여 돼지의 조기 선발 품질 예측의 자료로 활용가능할 것으로 판단된다.

Chapter 5의 결과를 살펴보면, 실험에 이용한 이유자돈은 총 468두(암컷

252두, 수컷216두)가 이용되었으며, 이유시기는 21일령(D21), 28일령(D28)으로 나뉘었으며, 이유체중은 낮은 그룹(L), 중간 그룹(M), 높은 그룹(H)으로 분류하였다 ($P < 0.05$). 돼지의 도체 무게는 이유일령과 이유시 체중에 영향을 받았다. 이유일령21일의 L그룹은 다른 그룹보다 높은 도체 무게를 보였다($P < 0.05$). 이유일령과 관계없이 이유체중이 가벼운 L그룹이 성장률이 가장 높았으며 28일에 이유를 한 L그룹이 가장 높은 도체중을 보였다. NPPC marbling score는 D21이 D28일령보다 높았으며($P < 0.05$), D21의 H 그룹이 가장 높은 값을 보였다. 명도(L*)는 이유시 체중에 영향을 받았으며, 적색도(a*)는 이유일령에 영향을 받았다($P < 0.05$). Drip loss는 이유일령에 영향을 받았으며, 다른 보수력 측정항목에서는 이유일령 및 이유시 체중에 영향을 받지 않았다. Drip loss 측정결과 28일령에 이유된 자돈이 21일령 이유자돈보다 높은 값을 보였으나, 1.76 ~ 2.92%로 모두 정상범위의 값을 보였다. 이유일령과 이유체중의 상관관계를 분석한 결과 이유체중은 이유일령에 따라 증가하였다($r = 0.26, P < 0.05$). 하지만 도체중과는 부의 상관관계를 보였다($r = -0.17, P < 0.05$). Drip loss는 이유일령 및 이유체중과 부의 상관관계를 보였다($r = -0.26, P < 0.01, r = -0.22, P < 0.05$). 이유일령이나 이유시 체중은 품질평가 항목 중 하나인 육색과는 유의적 상관관계가 나타나지 않았다. 본 연구의 결과는 돼지 조기 선발 및 고품질 돈육 생산을 위한 기초 자료로 유용하게 이용될 것이라 사료된다.

