



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](#)



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

碩士學位論文

생체육질예측기법을 활용한 돼지
육량 및 육질 연관성 분석



濟州大學校 大學院

動物生命工學科

金 永 和

2014年 12月

**Study of swine muscle mass and meat
quality relativity using muscle fiber biopsy
technique**

Yeong-Hwa Kim

(Supervised by professor Youn-Chul Ryu)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF NATURAL SCIENCES

2014. 12

THIS THESIS HAS BEEN EXAMINED AND APPROVED

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOTECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

생체육질 예측기법을 활용한 돼지 육량 및 육질 연관성 분석

指導教授 柳 然 喆

金 永 和

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함



金永和의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長	장 동 기	
委 員	이 왕 식	
委 員	류 연 철	

濟州大學校 大學院

2014年 12月

목 차

	page
1. 서 론.....	1
2. 연구사.....	2
2.1. 종돈 선발과 검정.....	3
2.2. 근섬유 조직학적 특성.....	5
2.3. Myosin Heavy Chain.....	11
2.4. 생체조직검사(biopsy).....	13
3. 재료 및 방법.....	14
4. 결과 및 고찰.....	23
4.1. 1·2세대 종모돈 후대검정 결과.....	23
4.2. 1·2세대 종모돈에 따른 생산자돈의 육질분석.....	26
4.3. 생체조직검사(biopsy)를 이용한 근섬유 조직학적 특성과 MHC isoform 분석결과.....	32
4.4. MHC isoform 분석, 근섬유 조직학적 특성, 육질특성의 상관관계.....	36
4.5. 1·2세대간 근섬유 특성 비교.....	40
4.6. 생체조직검사(biopsy)를 통한 선발 방법.....	42
5. 요약.....	46
ABSTRACT.....	49
참고문헌.....	53

THE LIST OF TABLES

	page
Table 1. Comparison of biochemical and physical properties of red and white muscle fibers.....	6
Table 2. Classification of different muscle fiber types.....	8
Table 3. Parturition rate and weaning rate of Zeroth generation sire line....	24
Table 4. Parturition rate and weaning rate of First generation sire line.....	26
Table 5. Carcass traits of Zeroth generation sire line.....	27
Table 6. Meat color and pH value of Zeroth generation sire line.....	29
Table 7. Water-holding capacity of Zeroth generation sire line.....	30
Table 8. Meat color and pH value of First generation sire line.....	31
Table 9. Water-holding capacity of First generation sire line.....	32
Table 10. Muscle fiber composition of <i>longissimus</i> muscle using biopsy technique.....	33
Table 11. Statistics of muscle fiber composition and MHC isoform using biopsy technique in Second generation.....	36

Table 12. Correlation coefficients between MHC isoform and muscle fiber type characteristics of Second generation.....	37
Table 13. Correlation coefficients between meat quality traits and muscle fiber type characteristics of Second generation.....	39
Table 14. Muscle fiber type characteristics among generation.....	41
Table 15. Abnormal pork occurrence among generation.....	42



THE LIST OF FIGURES

	page
Figure 1. Schematic representation of changes in the total number of fiber (TNF) and their cross-sectional area (CSA) in white(W) and red (R) muscle fiber in the pig.....	9
Figure 2. Schematic representation of muscle myosin.....	12
Figure 3. <i>Longissium</i> muscle cross-sections from biopsy sample of pig. myosin ATPase staining after acid pre-incubation (pH 4.6).....	14
Figure 4. Schematic diagram of the experiment protocol.....	16
Figure 5. Biopsy protocol for swine <i>longissium</i> muscle.....	22
Figure 6. Muscle fiber composition and MHC isoform composition using biopsy technique.....	35
Figure 7. Schematic diagram of selection use of biopsy.....	44

1. 서론

국내 양돈 산업은 2013년 돼지 사육두수 996만두, 가구수 5,174호로 2010년 돼지 사육두수 980만두, 가구수 7,347호에 비해 사육두수는 지속적으로 증가하고 사육가구수는 줄어드는 추세이며, 국내 1인당 육류 소비량 2010년 40.6kg에서 2013년 42.7kg으로 1인당 육류 소비량이 2.1kg으로 증가하였다(농림축산식품부, 주요통계, 2014). 소비자들은 소득 증대로 인해 고품질, 안전한 축산물의 소비가 증가하고 있는 상황이다. 하지만 국내 양돈산업은 돼지고기의 품질향상이 아닌 돼지고기의 증체량과 정육량을 높이는 방향으로 종돈의 선발과 사양관리가 이루어졌다(Oh 등, 2008). 현재 국내 양돈 산업에서는 일반적으로 Landrace(L), Yorkshire(Y), Duroc(D), Hampshire(H), Berkshire(B) 품종을 이용하여 번식능력과 산육능력이 우수한 교잡 품종을 개량하여 사육을 하고 있으며, 1세대 종빈돈은 Landrace종과 Yorkshire종을 교잡하고 종료 종모돈으로 Duroc종을 이용해 (L×Y)×D(LYD), (Y×L)×D(YLD)를 생산하여 3원교잡종이 사육되고 있다. 이러한 3원교잡종이 국내 양돈 산업에서는 가장 많이 사용되고 있지만 번식능력과 산육능력 위주로 개량이 되어 육질에 대한 능력에서는 부족한 상태이다(Ha, 2014). 국외에서는 고품질의 돼지고기를 생산하는 종돈 선발을 위해 다국적 종돈회사에서 육질과 관련된 DNA marker의 정보를 이용하여 종돈을 개량하는 프로그램을 사용하고 있다(de Vries 등, 2000). 국내에서도 종돈 개량을 위한 유전자분석을 통해 DNA marker기술이 개발이 되었지만 아직까지는 이용이 되지 않고 있으며 국내 종돈장에서는 종돈 개량을 국외 종돈회사에 의존하고 있는 현실이다(Roh 등, 2009).

국내 양돈 산업은 산육능력에서는 양적으로 높은 발전을 해왔지만 양적으로 높아지면서 질적으로는 저하되는 경향이 나타나게 되었다. 산육능력은 근섬유의 수와 크기 증가로 인해 높아지지만 육질에 있어서는 근섬유의 수, 크기, 조성에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다(Klont 등, 1998).

현재까지 종돈 선발은 돈육의 질적인 부분이 아닌 양적인 부분으로 개량을 하고 있고 DNA marker를 이용하여 질적인 부분의 발전으로 이루어지고 있다. 하

지만 육질평가를 위해서는 도축이 된 개체에서만 분석이 가능하기 때문에 육질 평가에 있어서는 아직 미흡하다. 도체에서의 육질 분석은 많은 연구가 되어져 있지만 생체에서 근섬유조직학적 특성을 통하여 육질을 예측하는 연구는 아직 시도된 바가 없으며, 종돈선발을 위한 근섬유조직학적 특성과 육질 변이에 관한 연구는 미흡한 단계이다.

따라서 본 연구는 종돈의 효율적인 개량을 위해 제주도내에서 사육되고 있는 제주개량흑돼지를 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 근섬유조직학적 분석과 Myosin Heavy Chain isoform 조성, 육질분석과의 상관관계를 바탕으로 후대검정을 통한 선발이 아닌 생체에서 산육능력과 육질형질이 높은 종돈을 선발하기 위한 생체육질예측기법을 개발하기 위한 기초자료를 마련하고자 본 연구를 실시하였다.



2. 연구사

2.1. 종돈 선발과 검정

가축육종에서 후대에 자손을 생산하는데 사용될 종축을 고르는 것을 선발이라 하며, 선발의 목적은 집단에서 우수한 개체의 유전자를 후대 자손들에게 전할 수 있음에 있다. 선발 방법에는 개체선발(Individual selection), 혈통선발(Pedigree selection), 방계친척선발(Collateral relative selection), 가계선발(Family selection), 가계 내 선발(Within-family selection), 결합선발(Combined selection), 후대검정(Progeny test)이 있다. 현재 국내 양돈 산업에서의 검정 방법은 검정소검정과 농장검정으로 구분을 한다. 1984년 경기도 이천에 제1검정소를 설치해 운영을 하고 있으며, 경남 하동에 제2검정소를 1990년에 설치하여 운영이 되고 있다. 하지만 검정소검정은 한정된 두 수만 검정하기 때문에 1992년 한국종축개량협회에서는 검정소검정의 단점을 보완하기 위하여 농장을 직접 방문하여 현장에서 검정하는 농장검정체계를 구축하여 지금까지 이 검정체계로 운영하고 있다(Moon, 2014).

1) 개체선발

오직 개체의 능력만으로 선발을 하는 방법이며, 유전력이 높은 형질 선발에는 효과적이지만 한쪽 성에서만 나타나는 형질에는 적합하지 않은 선발방법이다. 또한 개체가 도축되어야만 평가가 가능한 도체형질을 개량할 때 개체선발을 할 수 없다.

2) 혈통선발

개체의 부모와 같은 선조의 능력을 평가하여 선발 하는 방법이며, 개체선발에서는 선발 할 수 없는 형질, 한쪽 성에만 나타나는 형질, 도체형질을 개량에 이용할 수 있는 선발이다. 단 개체의 선조들에 대한 능력 평가 자료가 기록이 되어

야 혈통선발을 이용해 선발할 수 있다.

3) 방계친척선발

방계친척은 생산된 자손 중에서 직계가 아닌 혈연관계의 개체를 말하는 것으로, 숙모, 숙부, 전형매, 반형매가 있다. 자매(형매)검정은 종축으로 선발 될 개체에 능력을 자매(형매)의 능력을 평가하여 판단하는 선발법이며, 한성형질, 도체형질에 대한 가축개량에 효과적으로 사용되는 선발 방법이다. 자매(형매)검정은 선발 개체의 부모에 대한 후대검정이라고 할 수 있다.

4) 가계선발

개체의 능력으로 평가되어 선발되는 방법이 아니라 가계의 평균적인 능력으로 가계 내의 개체들을 모두 선발하거나 도축하는 방법이다. 자매검정과 같이 개체 선발보다는 낮은 유전력을 갖은 형질을 개량할 때 효과가 높지만 시설비 등 자금이 많이 필요하고 가계 내 개체수가 많지 않을 경우 근친교배로 인한 역효과가 발생 할 수 있다.

5) 가계 내 선발

가계의 평균적인 능력과 개체의 능력의 차이를 비교하여 선발하는 방법으로 매세대 일정한 수의 종축을 선발하는 경우에 근교계수가 높아지는 속도를 감소시킬 수 있는 방법이다.

6) 결합선발

가계의 평균적인 능력과 개체의 능력을 고려하여 선발하는 방법으로 개체선발과 가계선발, 가계 내 선발 보다는 더 큰 유전적 효과를 확인 할 수 있다.

7) 후대검정

검정축이 생산한 자손의 능력을 이용하여 검정축의 선발 여부를 결정하는 선발 방법이며 유전력이 낮은 형질이나 도체형질 개량에 널리 이용된다. 하지만 검정 기간이 오래 걸리는 단점이 있다(한국동물유전육종연구회, 2005).

8) 검정사업

종돈 검정의 목적은 90kg도달일령, 일당증체량, 등지방두께, 등심근단면적, 정육율, 산자수에 대한 능력을 조사하여 능력이 우수한 후보돈을 이용해 돈군의 유전적 개량과 생산성을 높이는데 있다. 검정 조사사항은 검정돈 체중 70-110kg(재래돼지 50-80kg)에 도달하였을 때 일당증체량, 등지방두께, 등심단면적을 조사하며 측정된 모든 항목은 체중 90kg(재래돼지 70kg) 기준으로 보정하여 검정돈의 기초자료로 사용한다(농림수산식품부 고시 제2011-115호, 2011).



2.2. 근섬유 조직학적 특성

1) 근섬유의 구성과 특성

근섬유는 식육으로 이용되는 골격근의 기본단위로 근육의 약 75~92%를 이루고 있다(Klont 등, 1998). 근섬유는 크게 적색근섬유(red muscle fiber)와 백색근섬유(white muscle fiber)로 나누어지며 적색근섬유와 백색근섬유는 myoglobin의 함량 차이 등의 다양한 생리학적 차이로 구분이 된다. 우리가 흔히 보는 식육의 색은 대부분 적색으로 보이지만 근육내 근섬유 조성은 적색근섬유 보다 백색근섬유의 비율이 높으며 하나의 근육이 한가지의 근섬유로 이루어지지 않는다. 모든 근육은 적색근섬유와 백색근섬유로 이루어졌으며 적색근섬유와 백색근섬유는 구조적특성, 기능적특성, 대사적특성이 다르고 적색근섬유와 백색근섬유의 비율에 의해 근육의 특징이 달라진다(Table 1).

Table 1. Comparison of biochemical and physical properties of red and white muscle fibers

Property	Red	White
Myoglobin content	High	Low
Soluble protein, low ionic strength solution	Low	High
Connective tissue content	Low	High
Glycogen content	Low	High
Lipid content	High	Low
Creatine phosphate and ATP content	Low	High
Size of muscle fibers	Smaller	Larger
Blood supply	More	Less
RNA content	Higher	Lower
Sarcoplasmic reticulum	Less	More
Calcium content	Higher	Lower
Number of mitochondria	High	Low
Z-line width	wide	Narrow
Contraction time	Slow	Fast
Relaxation time	Slow	Fast
Rate of fatigue	Slow	Fast
Innervation, surface area	Shallow	Deep

Pearson 와 Young (1989)

Myoglobin 함량은 적색근섬유가 백색근섬유에 비해 높으며 myoglobin의 산소 운반 기능으로 인해 호기적 대사에 효율적이며 백색근섬유는 적색근섬유 보다 glycogen의 함량이 높아 주로 해당과정이 일어나며 낮은 호기적 대사 활동을 한다. 적색근섬유는 미토콘드리아 수가 백색근섬유보다 많이 포함되며 지질 함량도 백색근섬유보다 많이 포함되어 있다(John 등, 1976). 적색근섬유는 자극에 반응하는 속도가 느려 백색근섬유보다 수축 및 이완속도가 느리다. 적색근섬유는 느리고 반복적인 운동을 하기 때문에 에너지이용효율이 높아 경제적이며 피로에 강하다. 반면 백색근섬유는 자극에 반응하는 속도가 빠르고 수축과 이완속도도 빠르기 때문에 운동능력에 관여 하는 근육에 많이 분포되어 있으며 적색근섬유보다 피로에는 약한 특성을 가지고 있다(Buller 등, 1960).

근섬유는 구조적, 기능적, 대사적 특징에 따라 3가지 또는 4가지 형태로 세분화할 수 있으며 크게 Type I (Slow-twitch), Type II (Fast-twitch)로 구분한다 (Engel, 1962; Robbin, 1969). Brooke와 Kaiser(1970)은 느린 수축 속도와 호기적 대사를 하는 형태를 Type I, 빠른 수축 속도와 혐기적 대사를 하는 형태를 Type II로 구분하였고 Type II에서 호기적대사와 혐기적 대사 수준을 이용하여 Type IIa와 Type IIb로 구분하였다. Schiaffino 등(1989)은 Type IIa와 Type IIb의 중간 형질의 특징을 가진 Type IIc(IIx)까지 포함하여 근섬유를 4가지 형태로 구분하였다(Table 2).

Table 2. Classification of different muscle fiber types

Muscle fiber type	Speed of contraction	Metabolic characteristics
Type I	Slow	Oxidative
Type II a	Fast	Oxido-glycolytic
Type II c(II x)	Fast	Intermediate
Type II b	Fast	Glycolytic

Brooke 와 Kaiser (1970), Schiafino 등. (1989)

2) 근섬유특성과 도체형질

Sellier 등(1994)은 육질에 영향을 주는 요인으로는 환경적 요인, 유전적 요인, 근섬유 대사적 요인이 있다고 보고하였다. 근섬유 수와 크기는 육량과 육질에 영향을 주며 근섬유내 대사적 특징은 육질에 영향을 주는 것으로 보고되었다 (Rehfeldt 등, 2000). Wigmore와 Stickland(1983)는 근섬유의 수는 돼지에서 일반적으로 임신 90일령에서(임신 초기 2/3) 정해지며 근섬유의 크기는 임신 90일령(임신 후기 1/3)기간 동안 크기가 비대(Hypertrophy)하는 것으로 보고되었고 출생 후 급격하게 증가되며 적색근섬유 보다는 백색근섬유가 더 크게 증가하는 것으로 보고되었다(Figure 1).

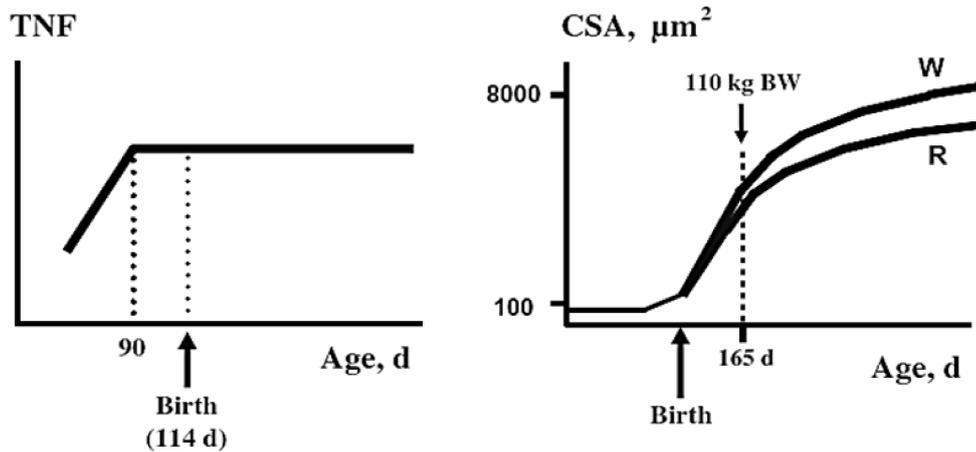


Figure 1. Schematic representation of changes in the total number of fiber (TNF) and their cross-sectional area (CSA) in white (W) and red (R) muscle fiber in the pig (From Lefaucheur, 2009).

근섬유의 수와 크기로 인해 육량과 육질이 달라지는데 동일한 면적에서 근섬유의 수가 많은 개체들은 육질이 우수하며 근섬유의 크기가 큰 개체들은 육질이 조금 떨어지지만 많은 정육량을 생산하고 증체량과 증체속도 측면에서는 뛰어나다고 보고되었다(Rehfeldt 등, 2000). 그리고 근섬유 수가 많고 적음에 따라 성장속도와 적육생산량이 차이가 나며 근섬유 수가 많은 개체가 육질이 우수한 것으로 보고되었다(Handel과 Stickland, 1988). Maltin 등(1997)은 이상육(Pale, Soft, Exudative; PSE)이 정상육(Reddish, Firm, Non-exudative; RFN)보다 근섬유의 수가 적고, 근섬유의 크기가 크다는 결과를 보고 한 바 있다. 근섬유 수와 크기는 사후 pH, 육색, 보수력, 근내지방에 영향을 주는 것으로 보고되었고 근육을 구성하는 근섬유의 조성이 사후 도체형질과 관련되어 있다(Lengerken 등, 1997). 근섬유 수는 사후 45분 pH와 정의 상관관계가 나타나지만 유리육즙(Drip loss)과는 부의 상관관계가 나타나며(Fiedler 등, 1994) 근섬유 크기는 근섬유의 크기가 증가할수록 유리육즙(Drip loss)과 연도(Tenderness)가 떨어진다(Rehfeldt 등, 2000; Seideman과 Crouse, 1986). Type IIb는 연도(Tenderness)와 부의 상관관계, Type I 과 정의 상관관계가 나타나며(Chang 등, 2003) 모세혈관의 밀도와 육량증가 간에 정의 상관관계가 존재하고 호기적 근섬유(Oxidative fiber)의 면적과 사

료효율 사이의 상관관계가 존재 하는 것으로 보고되었다(Klont 등, 1998). PSE육은 높은 TypeⅡb의 조성과 관련이 있으며(Ryu와 Kim, 2006) 근섬유에 TypeⅡb의 조성이 많은 개체는 사후 45분 pH의 감소 속도가 TypeⅡb의 조성이 적은 개체보다 빠르게 이루어진다(Bowker 등, 2004). 그리고 돼지의 등심근(*Longissimus dorsi*)에서 TypeⅡb는 육색의 명도(L*, Lightness), 보수력(Drip loss)과 정의 상관관계가 나타난다고 보고되었다(Ryu와 Kim, 2006).

이를 토대로 적육생산 육종의 결과 근섬유 조성에서 백색근섬유의 조성이 많고 근섬유의 크기가 증가하면 직간접적으로 육질에 영향을 미치고 있음을 알 수 있고 적색근섬유는 스트레스에 대한 저항성이 높으며, 사후 pH가 완만한게 감소되어 이상육 발생이 감소된다고 보고되었다(Ruusunen과 Puolanne, 1997). 근섬유의 수 증가만이 육질에 좋은 영향을 주는 것이 아니라 적당한 근섬유 크기가 좋은 육질과 높은 정육량이 나타나는 최고의 근섬유수의 범위가 있다고 보고되었으며(Rehfeldt 등, 2007) 낮은 비율의 TypeⅡb와 높은 근섬유 수는 육질과 정육율에 있어서 좋은 전략이라고 보고하였다(Kim 등, 2008; Ryu 등, 2006).

이 결과 좋은 육질의 식육을 만들기 위해서는 근섬유의 수, 근섬유의 크기, 근섬유의 조성이 중요하며 근육 성장과정에서의 이화학적 특성, 생화학적 특성의 변이가 최종적으로 육질에 영향을 미치게 된다(Karlsson 등, 1993).

2.3. Myosin Heavy Chain

Myosin은 골격근에 있어서 가장 풍부한 수축성 요소이며 근원섬유의 굵은 필라멘트(Thick filament)의 주요 구조적인 단백질이며 또한 얇은 필라멘트(Thin filament)와 함께 근육 수축에서 화학적 에너지를 기계적 에너지로 전환하는 주요 단백질이다(Schiaffino와 Reggiani, 1996). Myosin은 2개의 MHC(myosin heavy chain, approximately 200kDa)과 4개의 MLC(myosin light chain, approximately 20kDa)으로 구성되며 1개의 MHC에 2개의 MLC로 이루어졌다(Figure 2). 그리고 MLC는 essential LC과 regulatory LC가 존재하며 이들은 myosin 활성화와 움직임을 미세하게 조절한다(Reggiani 등, 2000). 이러한 MHC isoform을 관찰하기 위해 면역조직화학적 분석과 전기영동에 의한 검사가 있으며, 최근 중합효소 연쇄 반응법(Polymerase chain reaction, PCR)을 이용하여 RNA 단위에서 MHC isoform이 정량적으로 분석되고 있다(Tanabe 등, 1999; Chang 등, 2003). Lefaucheur 등(2002)은 MHC isoform은 MHC I, MHC II A, MHC II X, MHC II B로 4가지의 형태가 있다고 보고하였다. 이러한 MHC isoform은 ATPase 활성 특징과 수축 속도가 확실히 다르며 MHC I isoform은 근섬유에서 Slow type에 나타나고 Fast Type에는 MHC II A, II X, II B isoform이 나타났지만 이 구성은 작은 포유류에서 보고되었다(Bottinelli와 Reggiani, 2000).

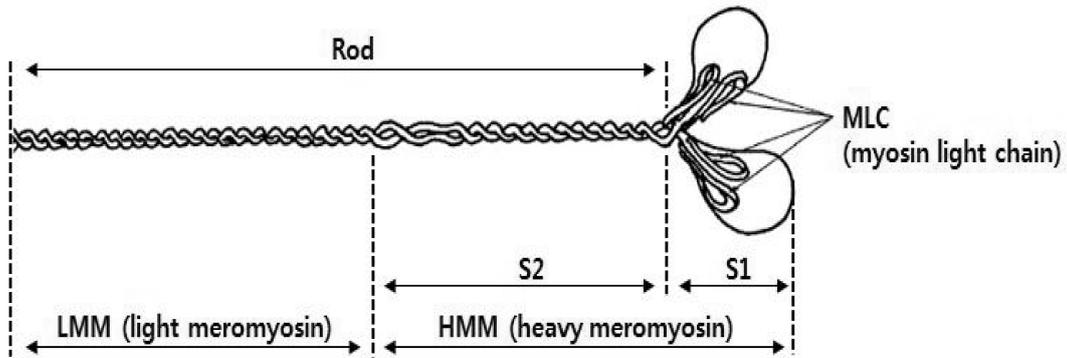


Figure 2. Schematic representation of muscle myosin
(From Poglazov 와 Levitsky, 1982).

Bottinelli와Reggiani(2000)은 MHC isoform을 이용하여 섬유행태를 구분하였으며, MHC isoform에 따라 근섬유 형태를 나누었다(Schiaffino와 Reggiani, 1996). 근섬유 형태에 있어서 MHC isoform의 함량이 Type I에는 MHC I/slow, Type IIa에는 MHC II A, Type II X에는 MHC II X, Type II b에는 MHC II B가 들어있는 것으로 보고되었고(Pette와 Staron, 2000), 이러한 MHC isoform의 함량은 근섬유 형태와 강한 상관관계가 있는 것으로 보고되었다(Fry 등, 1994; Talmadge 등, 1995; Choi 등, 2006). 하지만 Pette와 Staron(2000)은 MHC isoform의 형태 중 하나의 isoform이 근섬유에 포함되는 것이 아니라 여러 가지 isoform이 동시에 근섬유에 포함되기 때문에 MHC isoform과 근섬유 형태는 조금의 차이가 있다고 보고되었다.

이런 여러 종류의 MHC isoform에 의해 근섬유가 형성되며 이런 MHC isoform의 발현은 축종, 품종, 성별, 근육부위에 따라 다르게 발현된다(Essen, 1993; Tanabe 등, 1999). 이러한 이유로 근섬유 특성과 육질에 영향을 미칠 수 있으며 Type II b의 형태가 많을수록 연도가 낮다고 보고되었다(Maltin 등, 1997). 이러한 연구 결과로 Jankala 등(1997)은 MHC isoform의 구성, 기능을 분석하여 육질과의 상관관계를 밝혀내었으며, Chang 등(2003)은 돼지 품종에 따라 MHC isoform의 비율을 분석 하여 육질과의 상관관계를 보고하였다.

2.4. 생체조직검사(Biopsy)

생체조직검사(biopsy)는 생체로부터 장거나 조직의 일부를 채취하고 이를 병리 조직학적으로 검사하여 암, 피부병 진단, 바이러스 감염 여부를 확인 하는데 이용한다(농촌진흥청, 농업용어사전, 1997). 1850년대 중반에 Rudolph Verchow가 세포 검사를 통해 진단하는 방법을 개발한 후 1879년 Ernest Besnier에 의해 조직 샘플을 채취하는 biopsy를 용어와 함께 개발하였다(Race, 2004; Zerbino, 1994). 일반적으로 biopsy는 동물이 아닌 사람에게 많이 사용되며 의학적으로 많이 이용이 되고 있다. 동물에서는 말의 둔근에서 biopsy를 이용하여 샘플을 채취 한 후 근섬유조직학적 분석을 통해 Type I 과 Type IIa, Type IIb의 조성과 크기를 채취 깊이에 따른 차이를 확인하여 같은 근섬유에서도 위치에 따라 Type별 크기와 조성이 다를 수 있다고 보고하였다(Lopez-rivero 등, 1992).

돼지에서 biopsy를 이용한 연구로 Cheah와 Cheah 등(1993)은 살아있는 돼지의 *longissimus dorsi*에서 biopsy 샘플을 채취하여 pH와 보수력(water-holding capacity, WHC)의 상관관계를 확인하여 WHC가 높은 육질을 생산하는 돼지를 선발 할 수 있다고 보고하였다. Halothane genotype의 돼지(NN, Nn, nn)를 이용하여 체중이 60-65kg의 개체의 등심에서 biopsy를 이용하여 샘플을 채취한 후 pH와 보수력을 측정하고 도축이 된 개체의 등심을 채취 후 사후 pH, 보수력, 육색을 측정하고 biopsy로 측정된 값과 도체에서 분석된 값을 비교하여 PSE육을 생산하는 돼지와 RSE육을 생산하는 돼지를 예측 하였다(Cheah 등, 1994, 1997).

또한 Fernandez 등(2002)은 Halothane genotype에 따라 도축 4일전 돼지에서 biopsy를 이용하여 샘플을 채취 후 Glycogen과 Lactate를 분석하여 도축 바로 직전 샘플과 사후 40분 샘플을 비교 하여 Halothane genotype에 따라 Glycogen과 Lactate의 영향을 확인하였으며 Halothane genotype에 따라 육색, 최종 pH, 관능 특성을 비교 분석하였다. Maria Kocwin-Podsiadla 등(1995)는 biopsy로 채취된 시료의 Lactate 함량이 사후 30분 pH, 육색, 보수력과 연관성이 있다고 보고하였다. Schmidt 등(1972)은 도축 3일전 돼지에 정맥주사를 넣은 후 등심근(*longissimus muscle*)과 반막양근(*semimembranosus*)을 절개하여 샘플을 채취하였고, 도축 6일, 12일전 돼지에 부분마취를 통하여 등심근과 반막양근을 절개하

여 샘플을 채취하고 Lactate와 G-6-P(Glucose-6-phosphate)를 분석하여 도출된 돼지에서 사후 20분, 40분, 60분, 1일의 pH값과의 상관관계로 육질예측을 하였다.

현재까지 생체에서 Biopsy를 이용하여 채취된 샘플의 pH, glycogen 함량, lactate 함량과 사후 pH, 육색, WHC, 관능특성 등과 비교분석하여 육질을 예측하였다(Cheag 등, 1994; Fernandez 등, 2002; Schubert-Schoppmeyer 등, 2008). 체내에서 생산되는 대사물질을 이용한 육질예측은 연구가 되어 있지만 생체에서 biopsy를 이용하여 근섬유조직학적 분석을 통한 육질 예측 연구는 아직 부족한 상태이다. Biopsy를 이용한 근섬유조직학적 분석은 Brooke와 Kaiser(1970)의 방법을 통하여 근섬유 Type I, Type IIa, Type IIb를 구분하였으며 이러한 구분을 통해 근섬유 조성과 육질과의 관계를 확인할 수 있다(Figure 3).

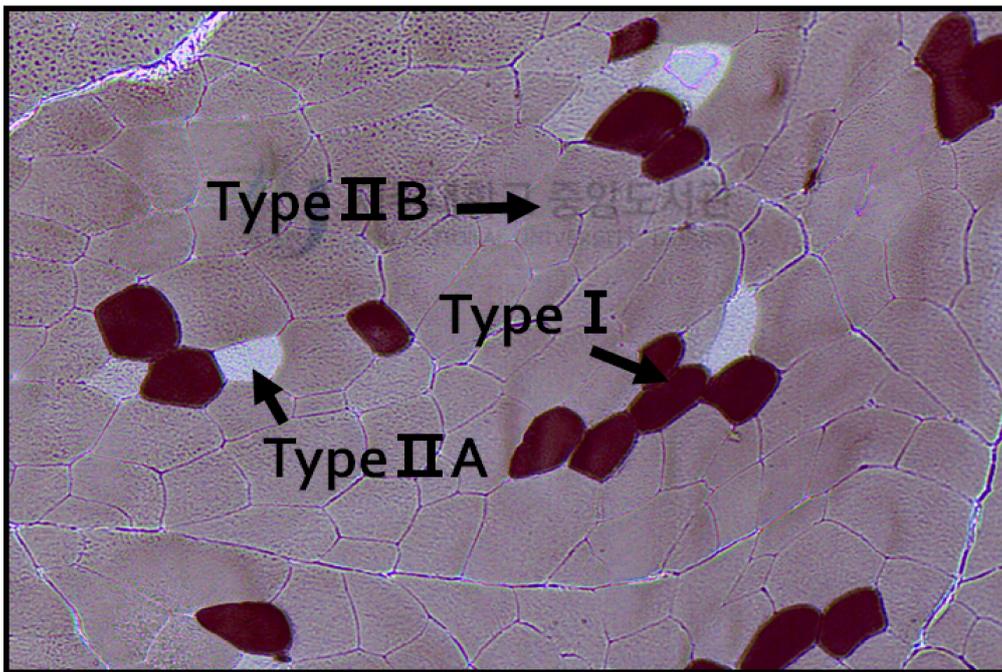


Figure 3. *Longissimus* muscle cross-sections from biopsy sample of pig. myosin ATPase staining after acid pre-incubation (pH 4.6). Type I, Red muscle fiber; Type IIa, Intermediate muscle fiber; Type IIb, White muscle fiber.

3. 재료 및 방법

3.1. 공시시료

본 연구에 이용된 공시돈은 제주도 내에 위치한 A농가에서 사육되는 종모돈과 종빈돈을 외모심사를 통하여 종모돈 14두, 종빈돈 95두를 0세대로 선발하였으며 0세대 종모돈과 종빈돈의 교배조합을 통하여 출생된 1,033두를 1세대로 설정하였다. 1세대 출생자돈 중 이유 전 폐사, 이유 후 폐사를 제외한 786두(수컷 265두, 암컷 477두)는 한국종축개량협회에 자돈등기를 하였으며 외모심사를 통해 1차 선발한 후 선발된 자돈 249두에서 생체조직검사(biopsy)를 통해 얻어진 근섬유조직학적특성 분석과 MHC isoform 조성 분석을 통하여 종모돈 19두, 종빈돈 96두를 선발하였다. 1세대의 선발 종모돈, 종빈돈의 교배조합을 통하여 출생된 905두를 2세대로 설정하였다. 2세대 출생자돈 중 이유 전 폐사, 이유 후 폐사를 제외한 751두(수컷 362두, 암컷 389두)를 1세대 자돈과 같이 한국종축개량협회에 자돈등기와 외모심사를 통해 1차 선발을 하여 선발된 자돈 228두에서 생체조직검사를 통해 근섬유 조직학적특성과 MHC isoform 조성을 분석하였다(Figure 4).

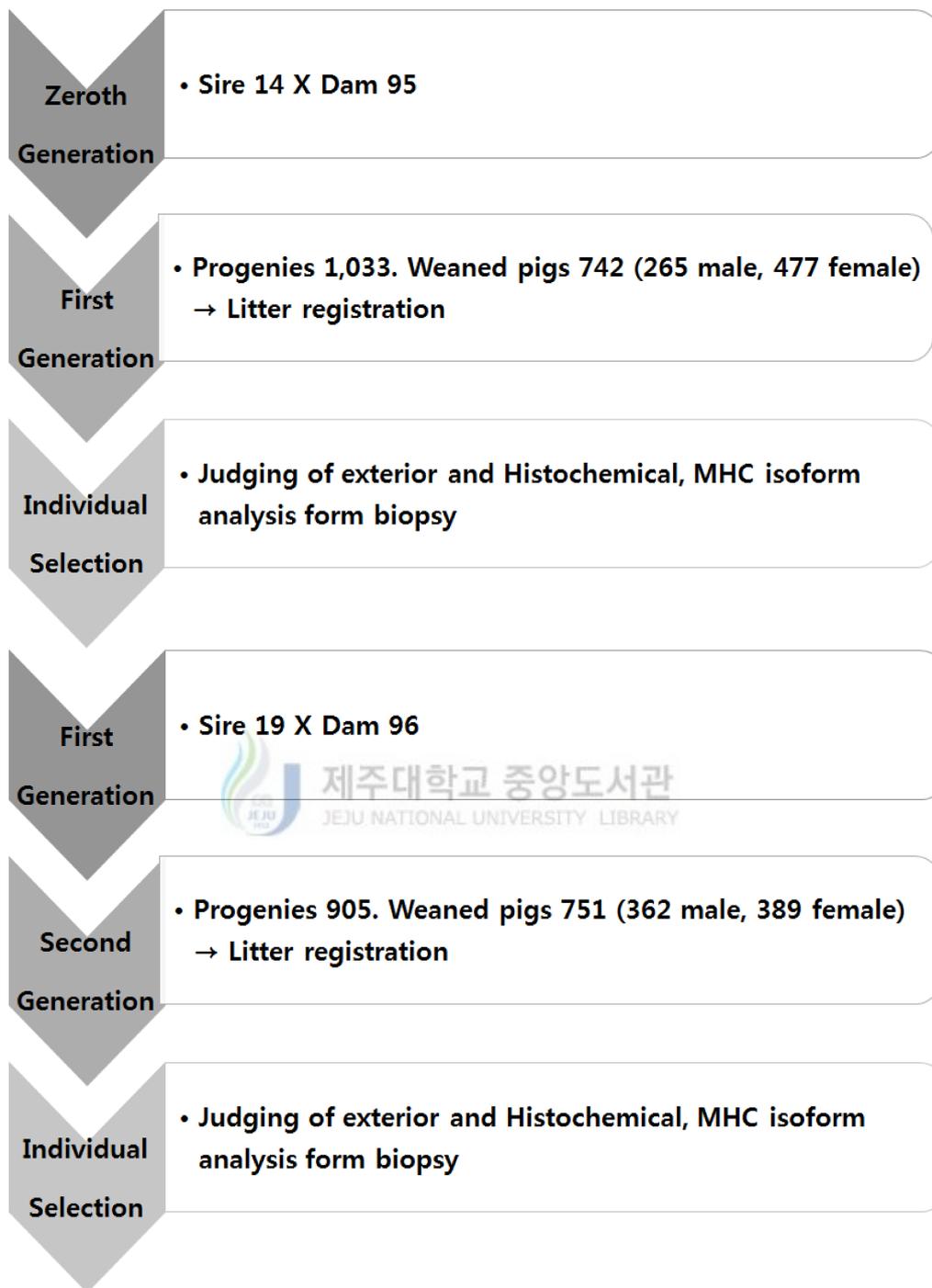


Figure 4. Schematic diagram of the experiment protocol.

3.2. 사양성적 및 도체특성 분석

실험농가에서 출생한 자돈에 개체표시(이각, 이표)를 실시하여 이유일령, 이유체중, 도축일령 등을 측정하였고 도축 된 후에도 개체표시를 확인하여 도체성적을 조사하였다. 검정실험은 농림부 고시 제 2011-115(11.6.23)의 돼지검정요령에 의거하여 실시하였으며 한국종축개량협회의 농장검정사업으로 실시하였다.

1) 일당증체량

일당증체량은 검정기간 중의 증체량을 검정일수로 나눈 것으로 다음과 같이 측정하였다.

$$\text{일당증체량}(g) = \frac{(\text{종료시 체중} - \text{개시체중})}{(\text{종료일} - \text{개시일})}$$

2) 90kg도달일령



90kg도달일령은 생년월일부터 90kg도달시 일령으로서 다음의 보정공식을 이용하여 측정하였다.

$$90kg \text{도달일령} = \frac{(90kg - \text{측정시 체중}) \times (\text{측정시 일령} - 38)}{\text{측정시 체중}} + \text{측정시 일령}$$

3) 등지방두께

인력등급판정방법에 따른 등지방두께 측정 방법으로 왼쪽 반도체의 마지막 등뼈와 제1허리뼈 사이의 등지방두께와 제11번 등뼈와 제12번 등뼈 사이의 등지방두께를 품질평가사가 측정자로 측정 후 평균치를 mm 단위로 적용하여 측정하였다(농림축산식품부고시 제2013-109호, 2013.7.1., 일부개정).

4) 등심근 단면적

도축 후 공시돈의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 Image-Pro[®]Plus(Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용해 등심근의 단면적을 측정하였다.

5) 육질 특성 항목

육질 항목 측정은 제주도 애월읍에 위치한 제주축협 축산물 공판장에서 도축된 공시돈을 사후 45분 pH, 온도, 육색을 측정하고 시료를 실험실로 운반하여 4℃에 24시간 보관 후 pH, 온도, 육색(Meat color), 보수력(Water Holding Capacity), 가열감량(Cooking loss), 근섬유 조직학적 특성을 분석하였다.

① pH와 온도 측정

도축 후 45분이 지난 공시돈의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 노출된 등심근에 pH meter(testo 206, TESTO, Germany)를 삽입하여 사후 45분 pH와 온도를 측정하였다. 사후 24시간의 pH와 온도측정은 사후 45분이 지난 공시돈의 흉추 5번과 6번 사이를 절개한 등심근 일부를 저온실(4℃±2)에 보관하였다가 동일한 방법으로 측정하였다.

② 육색

사후 45분이 지난 공시돈의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 blooming time을 30분으로 하여 등심근 표면에 Minolta Chromameter(CR400, Konica Minolta, Japan)을 이용하여 명도(Lightness, L*), 적색도(Redness, a*), 황색도(Yellowness, b*)를 3반복하여 측정하였다. 사후 24시간의 육색 측정은 채취한 등심근 일부를 저온실(4℃±2)에 보관하였다가 동일한 방법으로 측정하였다. 표준화 작업은 백색 평판을 이용하였다(Y=85.8, x=0.3157, y=0.3228).

③ 보수력 측정

보수력을 측정하기 위해 Kauffman 등(1986)의 여과지 흡수법(Filter-paper Fluid uptake)으로 등심근 표면을 20분간 냉장온도(4°C±2)에 노출시킨 후 지름 55mm 여과지(Advantec #1)를 이용하여 등심근 표면에 문지른 후 여과지에 흡수된 수분량을 저울(SI-403, Denver instrument, Germany)을 이용하여 측정하였다. 유리 육즙량은 Honikel(1986)의 방법을 이용하여 등심근을 Core를 이용하여 시료(4×7×2.5cm)를 채취한 후 무게를 측정 하고 냉장온도에서 48시간동안 걸어 48시간 후 유리 육즙량을 측정하여 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

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

④ 가열감량

조리 후 유리되는 수분의 양을 측정하기 위하여 등심근을 일정한 크기(2×4×6 cm)로 절단한 후 시료의 무게를 측정하고 polyethylene bag에 감싼 후, 80°C의 항온수조(KMC-1205SW1, vision CO., LTD, USA)에서 심부온도가 72°C까지 가열시킨 후 30분간 방냉하여 시료의 무게를 측정 하여 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

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

3.3. 근섬유 조직학적 특성

도체 냉각 실시 전인 사후 45분에 흉추 5번과 6번 사이를 절개한 후 등심근의 일부를 채취하고 채취된 등심근 근육의 단편을 제작하여 액체질소에 침지하여 조직학적 특성분석에 사용하였다. 근섬유 단편은 미세절편기(DM 1950, Leica co., Mannheim, Germany)를 사용하여 10µm의 두께로 절편 하였으며, 조직의 변성을 막기 위해 -25°C를 유지한 상태에서 절편을 채취하였다.

① 근섬유 형태

근섬유 형태 구분 방법은 myosin의 ATPase 활성을 이용한 염색방법으로 근섬유 형태를 구분하였고 근섬유 Type I 은 검정색, Type IIb는 갈색, Type IIa는 Type I 과 Type IIb의 중간색으로 염색이 되는 원리를 이용하여 근섬유를 구분하였으며 조직학적 특성 분석의 정확도를 위해 시료당 300개 이상의 근섬유를 현미경(DM2500, Leica, Germany)과 Image-Pro[®]Plus(Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용해 근섬유 형태를 분석하였다.

② 근섬유 밀도

채취한 절편은 현미경(DM2500, Leica, Germany)을 이용하여 관찰하였고, Image-Pro[®]Plus(Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용하여 단위면적당 근섬유수를 측정하였다.

③ 근섬유 크기

채취한 절편은 현미경(DM2500, Leica, Germany)을 이용하여 관찰하였고, Image-Pro[®]Plus(Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용하여 근섬유 단면적을 측정하였다.

④ 근섬유 수

근섬유 수 측정은 단위면적당 근섬유 수에 등심근 단면적을 곱하여 측정하였다.

3.4. Myosin heavy chain isoform 분석

액체 질소에 보관된 biopsy sample 10~30mg을 이용하여 Myosin Heavy Chain(MHC)조성을 분석하였다. 근원섬유 분리는 Talmadge과 Roy(1993)의 방법을 이용하였고, 단백질 농도는 Bradford(1976)의 방법으로 측정하였다. MHC분석은 Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)로 분석하였으며 Coomassie Brilliant Blue로 염색하였다. 분석된 밴드는 Quantity One[®](Quantity one, 1-D analysis software, BIO-RAD, USA)을 이용해 밴드색의 강도로 MHC의 Slow isoform과 Fast isoform 비율을 분석하였다.

3.5. 생체조직검사(Biopsy) 방법

생후 105일령의 공시돈의 등심근 샘플을 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 채취하였다. 일정한 부위를 채취하기 위하여 채취부위를 선정하였으며 채취부위는 척추를 따라 꼬리뼈까지 직선(①)과 앞다리 뒤쪽 부분과 뒷다리 앞쪽 부분의 가운데 직선(②)이 만나는 지점에서 바깥쪽으로 3cm 부위(흉추 11~12 마디)로 선정하였다. 이 부위를 Povidone을 이용하여 채취 부위를 소독하고 Coaxial needle(Max core C1210B, BARD, USA)를 삽입한다. 그리고 needle부분을 분리한 후 신속하게 Core needle(MAX core MC1410, BARD, USA)를 삽입하여 3~5회 샘플을 채취하여 약 30~60mg정도의 시료를 채취하였다(Figure 5). 채취된 샘플은 신속히 액체질소에 냉각시킨 후 티슈케이스에 샘플을 넣어 액체 질소에 침지하여 보관하였다. Coaxial needle이 삽입된 부분은 Povidone을 이용하여 소독을 실시하였으며 생체조직검사(biopsy)로 채취된 샘플의 근섬유 조직학적 특성 분석과 MHC 분석은 위 내용과 동일한 방법으로 분석을 하였다.



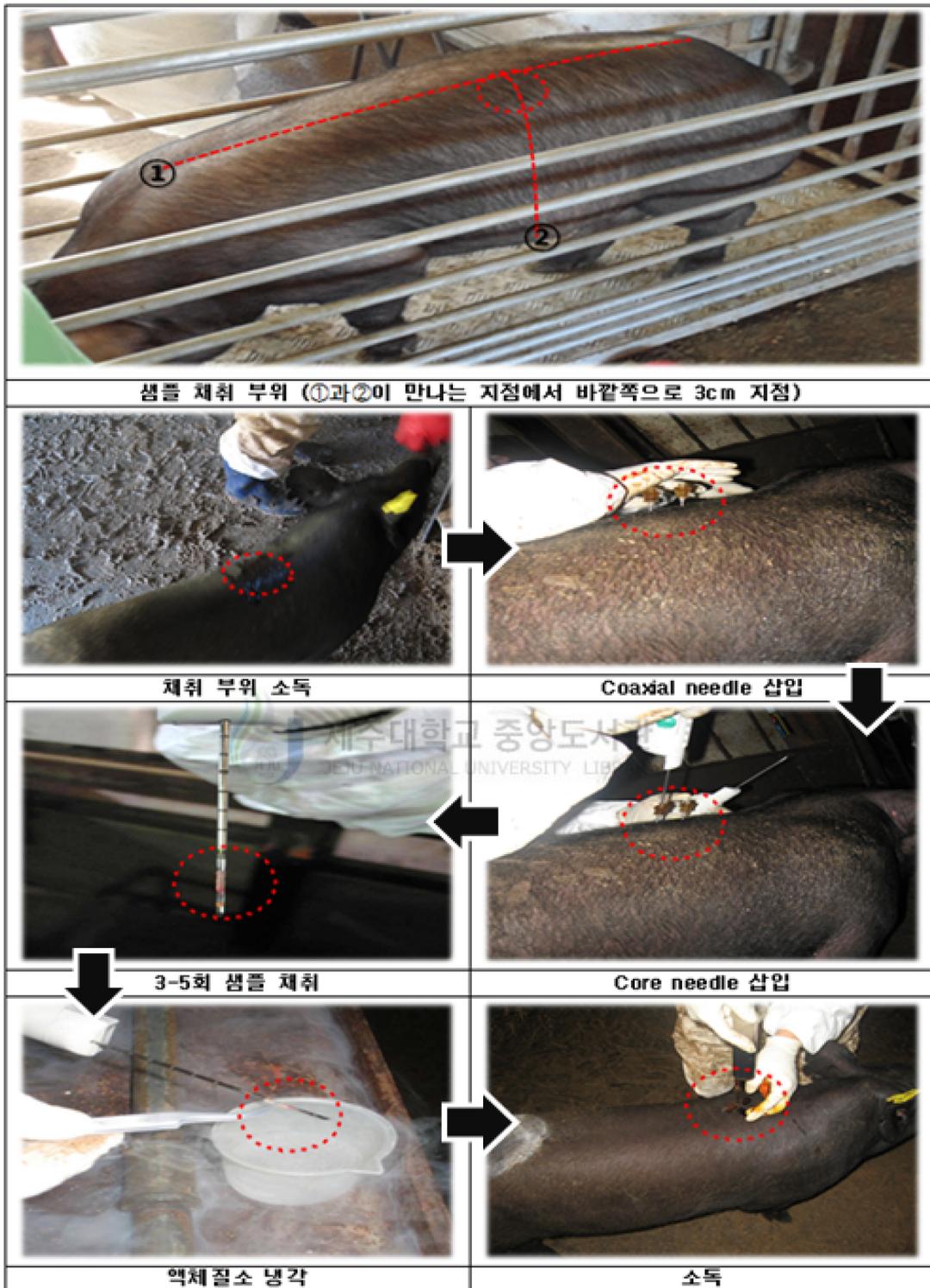


Figure 5. Biopsy protocol for swine *longissimus* muscle.

3.6. 통계분석

실험결과의 통계분석은 SAS(Statistics Analysis System, USA) program(2001)을 이용하여 분산분석을 하였으며, Duncan의 다중검정법(multiple range test)을 이용하여 유의성 5% 수준에서 검정하였다.



4. 결과 및 고찰

4.1. 0·1세대 종모돈 후대검정 결과

1) 0세대 종모돈의 후대검정 결과

Table 3. Parturition rate and weaning rate of Zeroth generation sire line

Sire	Dam	Experimental animal				Another color		Weaning weight(kg)
		Total sucking pig	Weaning pig	Female	Male	No	Percentage	
0-102	5	47	41	25	16	6	14.6	6.64±0.92
0-196	2	20	16	6	10	4	25.0	6.39±0.95
20-108	7	71	56	30	26	7	12.5	6.60±1.27
40-115	10	107	63	43	20	19	30.2	5.86±1.63
40-143	8	89	77	49	28	24	31.2	6.20±1.44
41-110	1	10	5	3	2	2	40.0	4.90±0.99
54-53	11	143	72	55	17	17	23.6	6.50±1.15
56-32	6	70	43	28	15	12	27.9	6.37±1.20
60-149	10	87	74	49	25	23	31.1	6.24±1.21
60-175	5	59	46	25	21	11	23.9	5.98±0.81
63-35	13	146	98	61	37	18	18.4	5.69±1.09
63-4	10	106	87	63	24	2	2.3	6.02±1.50
65-25	5	57	45	29	16	10	22.2	6.01±0.96
80-116	2	21	19	11	8	6	31.6	5.01±0.94
Total	95	1033	742	477	265	161	21.7	6.03±1.15

종모돈 14두와 종빈돈 95두를 교배하여 총 1,033두의 자돈을 생산하였으며 이 유자돈수는 742두로 측정되었다. 이유 자돈에서 암컷 477두, 수컷 265두가 생산되었으며 이모색은 161두로 종모돈별 평균 21.7%로 측정되었다. 종모돈별 교배 종빈돈수에 따른 총 생산자돈수 평균은 10.9두로 측정되었다. 이유 자돈수는 평균 7.8두로 측정되었다. 이모색 출현율은 종모돈 41-110이 가장 높은 40.0%로 측정되었고 종모돈 63-4는 2.3%로 가장 낮은 이모색 출현율을 나타내었다. 이유 체중은 $4.90 \pm 0.99 \sim 6.64 \pm 0.92$ (kg)으로 측정되었으며 종모돈 0-102가 가장 높게 측정되었고 종모돈 41-110이 가장 낮게 나타났다(Table 3).

2) 2세대 종모돈 결과

0세대 종모돈과 종빈돈에서 선발된 자돈들 중 종모돈 19두와 종빈돈 96두를 교배하여 총 905두의 자돈을 생산하였으며 이유자돈수는 암컷 389두, 수컷 362두, 총 751두로 측정되었다. 종모돈별 교배 종빈돈수에 따른 총 생산자돈수는 평균 9.4두이며 이유 자돈수는 평균 7.8두로 측정되었다. 이모색 출현율은 평균 40.1%이며 종모돈 중 이모색 출현이 가장 높은 종모돈은 92.9%를 나타낸 종모돈 45-152이며 가장 낮은 종모돈은 23.9%를 나타낸 03-118이 측정되었다. 이유 체중은 $6.03 \pm 1.25 \sim 8.00 \pm 1.74$ (kg)으로 측정이 되었으며, 종모돈 24-106가 가장 높고 종모돈 83-156이 가장 낮게 나타났다(Table 4).

Table 4. Parturition rate and weaning rate of First generation sire line

Sire	Dam	Experimental animal				Another color		Weaning weight(kg)
		Total sucking pig	Weaning pig	Female	Male	No	Percentage	
02-189	5	50	37	21	16	13	32.2	7.02±1.65
03-118	6	50	41	26	15	11	23.9	6.32±1.06
03-125	5	40	31	14	17	14	42.4	7.45±1.07
03-131	5	46	42	20	22	15	34.9	6.51±1.16
23-141	5	48	43	24	19	11	25.6	6.09±0.75
23-164	5	43	32	13	19	23	65.7	7.71±0.95
24-106	5	45	42	17	25	18	42.9	8.00±1.74
24-145	4	35	31	15	16	15	48.4	6.19±0.86
24-148	6	61	49	25	24	26	50.0	6.56±1.17
41-111	5	53	41	27	14	15	34.1	6.87±1.04
43-149	6	64	57	35	22	23	39.0	7.29±1.52
45-112	5	42	34	13	21	10	28.6	6.83±0.94
45-152	4	43	42	21	21	39	92.9	6.94±1.07
65-121	5	47	38	20	18	10	25.6	6.43±1.25
65-145	5	50	34	14	20	14	38.9	6.85±0.95
82-160	5	49	39	22	17	17	42.5	6.69±0.81
83-102	5	44	41	19	22	14	34.1	7.06±1.32
83-156	5	51	39	23	16	14	35.0	6.03±1.25
84-110	5	44	38	20	18	13	31.0	6.76±1.25
Total	96	905	751	389	362	315	40.1	6.82±1.28

4.2. 0·1세대 종모돈에 따른 생산자돈의 육질분석

1) 0세대 종모돈에 따른 생산자돈의 육질분석 결과

0세대 자돈 중 1차 선발 후 2차 선발에서 탈락된 자돈들을 도축하여 출하일령 및 체중결과를 Table 5에 나타내었다. 출하일령은 최소 180.2±32.7일~최대 197.2±16.8일 이며, 출하체중은 최소 90.0±13.4kg~최대 99.0±2.3kg이다.(Table 5).

Table 5. Carcass traits of Zeroth generation sire line

Sire	Slaughter Day	Slaughter Weight
40-115	180.2±32.7	98.5±4.8
40-143	180.7±12.9	94.5±5.6
54-53	193.8±13.4	97.6±6.1
56-21	189.7±21.7	97.1±4.5
60-149	184.5±27.8	96.2±4.7
63-35	189.3±10.1	90.0±13.4
63-4	197.2±16.8	97.2±5.0
80-116	195.8±3.7	99.0±2.3
Total	188.9±17.4	96.3±5.8

도축 후 종모돈에 따른 자돈의 사후 대사 속도를 확인할 수 있는 pH의 값을 Table 6에 나타내었다. 도축 후 45분 pH의 값은 6.2±0.4~6.6±0.4의 범위로 측정 이 되었고 도축 후 24시간 pH의 값은 5.7±0.2~5.9±0.2의 범위로 측정되었다. 도 축 후 24시간 후의 pH는 PSE육으로 판정 되는 pH값은 5.3이하 이며 DFD육으 로 판정되는 pH값은 6.0이상이다(Frisby 등, 2005; Lawrie 등, 1958; Wismer-Pedersen, 1959). 정상 pH범위인 5.3~6.0에 모든 종모돈 라인의 자돈들 이 포함되었지만 종모돈별 측정된 pH값에서는 유의차가 나타나지 않았다.

육색은 식육에 있어서 중요한 부분이며 신선도 및 품질과 연관되어 있고 육색을 통해 품질과 연관지어 분석할 수 있다. 도축 후 45분과 24시간 후 육색을 색도계를 이용하여 CIE, L*(Lightness, 명도), a*(Redness, 적색도), b*(Yellowness, 황색도)를 기계적으로 측정하였다. 도축 후 45분과 24시간 후의 모든 항목 값에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 종모돈 8두 모두 비슷한 범위의 값이 측정되었지만 24시간 후 종모돈별 L*(Lightness)값에는 유의적 차이가 나타났다($P < 0.05$). 종모돈 80-116은 48.9 ± 4.6 으로 가장 높았으며 Joo 등(1999)은 수분손실이 6%이상, L*값 50초과되면 PSE육으로, 수분손실 6%미만 L*값 43이하는 DFD육으로 분류하였는데 종모돈 라인 중 가장 높은 L*값이 50보다는 낮은 값이 나타났으며 종모돈 56-21은 44.1 ± 1.6 으로 가장 낮은 값이 측정되었다. 그리고 도축 후 45분, 24시간 육색 측정값은 정상 범위인 42~50안에 포함된 수치를 나타냈다(Table 6).

육질 측정 항목에서 보수력은 수분이 밖으로 유리되지 않고 보유 할 수 있는 능력으로 육질을 결정하는 특성 중 중요한 요인이다(Huff-Lonergan과 Lonergan, 2005). 도축 후 종모돈에 따른 자돈들의 보수력 측정은 Filter paper fluid uptake(FFU), 가열감량 항목을 측정하였다. 종모돈별 보수력 측정 결과는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 가열감량 항목에 있어서는 종모돈별 가열감량의 유의차가 나타났다($P < 0.05$). 종모돈 80-116은 가장 높은 27.1 ± 6.2 의 값이 측정되었으며 종모돈 40-115는 15.5 ± 2.3 , 56-21은 18.7 ± 5.2 로 낮은 가열감량 값이 측정되었다(Table 7). Oh (2009)는 가열감량과 a*값과의 부의 상관관계가 나타난다는 보고되었지만 본 연구에서는 이러한 경향이 나타나지 않았다. 이 결과로 인해 도축 후 24시간 L*값이 가장 높은 개체가 가열감량에서도 가장 높은 값을 나타내는 것과 낮은 L*값의 개체가 가열감량이 낮은 것을 확인 할 수 있다. 이는 Joo 등(1995)의 연구에서 육색 중 L*값이 육즙손실과 상관관계가 있다는 결과와 같은 경향인 것으로 분석되었다.

육질 항목에 대한 분석결과 종모돈에 따른 자돈들의 육질 분석은 큰 유의차가 나타나지는 않았지만 L*값이 높은 라인에서 높은 가열감량 값이 측정되는 것을 알 수 있다. 하지만 육색과 보수력 사이의 상관관계는 인정되지만 육색과 보수력에 영향을 주는 특성들의 변이가 크기 때문에 육색이 창백하여 보수력이 떨어진

다 할 수 없고 육색이 창백하지 않아서 보수력이 높다고 할 수 없다(Warris와 Brown, 1987; van Laack 등, 1994; Joo 등, 1999; Kauffman 등, 1992).

Table 6. Meat color and pH value of Zeroth generation sire line

Sire	pH45 min	pH24 hour	L*24 hour	a*24 hour	b*24 hour
40-115	6.5±0.5	5.9±0.1	44.5 ^{bc} ±2.8	5.9±0.8	2.0±0.9
40-143	6.5±0.4	5.8±0.2	45.3 ^{abc} ±2.5	5.9±1.3	1.9±0.9
54-53	6.3±0.3	5.8±0.2	47.1 ^{abc} ±2.6	5.8±1.7	2.3±1.4
56-21	6.2±0.5	5.8±0.1	44.1 ^c ±1.6	6.0±1.3	1.7±0.7
60-149	6.3±0.3	5.8±0.1	45.7 ^{abc} ±1.4	6.0±1.4	2.1±0.8
63-35	6.2±0.4	5.7±0.2	48.0 ^{ab} ±1.7	5.3±1.0	2.2±0.7
63-4	6.6±0.4	5.9±0.2	44.9 ^{bc} ±1.9	5.7±1.0	1.7±0.7
80-116	6.5±0.5	5.7±0.3	48.9 ^a ±4.6	5.8±1.4	2.8±0.8
significance	NS	NS	*	NS	NS

^{a, b, c} Means±SD with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

Levels of significance: NS, Not significant; * p<0.05

Table 7. Water-holding capacity of Zeroth generation sire line

Sire	FFU [*] (mg)	가열감량, %
40-115	20.5±5.2	15.5 ^d ±2.3
40-143	10.9±2.8	22.1 ^{abcd} ±5.8
54-53	11.2±2.9	22.0 ^{abcd} ±4.4
56-21	10.7±3.1	18.7 ^{bcd} ±5.2
60-149	23.1±6.5	24.6 ^{ab} ±4.8
63-35	10.8±2.4	23.2 ^{abc} ±1.3
63-4	11.1±2.8	16.6 ^{cd} ±4.5
80-116	10.7±3.3	27.1 ^a ±6.2
significance	NS	*

^{a, b, c, d} Means±SD with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Levels of significance: NS, Not significant; * $p < 0.05$.

^{*}FFU, Filter-paper fluid uptake.

2) 1세대 종모돈에 따른 생산자돈의 육질분석 결과

도축 후 45분과 24시간 pH값에서 1세대 종모돈별 자돈들도 0세대와 같이 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 종모돈별 자돈들의 pH값이 정상범위인 5.3~6.0에 나타난 것을 확인할 수 있다(Table 8).

육색 항목인 L*값과 a*값 항목에서는 종모돈별 자돈들의 유의차가 나타났다 ($P < 0.001$). 종모돈 23-141이 49.02±1.36, 종모돈 03-131이 49.02±1.58순으로 L*값이 가장 높게 나타났으며 종모돈 65-121이 43.44±1.99로 가장 낮은 L*값이 측정되었으며 모든 종모돈 라인들의 L*값은 정상 범위인 42~50에 나타났다. 그리고 a*값에서는 종모돈 83-156이 7.27±0.92로 가장 높게 측정되었으며 종모돈 41-111, 03-131, 43-149, 82-160 순으로 a*값이 낮게 측정되었다(Table 8).

보수력 측정 항목인 FFU, Drip loss 24, Cooking loss는 종모돈에 따른 생산자돈에서 유의적 차이가 나타나지 않았다. 하지만 Drip loss 48에서 종모돈 65-121의 자돈들의 보수력이 0.76%로 가장 낮은 값을 보였고 종모돈 83-102, 41-111의 자돈들의 보수력이 3.34%, 3.07%로 수분 손실이 높게 나타났다(Table 9). 이러한 수분 손실은 높은 Drip loss를 가지는 돈육의 경우는 5% 이상, 정상 돈육에서의 수분 손실은 1~3%사이로 보고되며(Offer와 Knight, 1988; Stetzer와 Mckeith, 2003), 1세대 자돈들의 Drip loss는 정상 범위 안에 포함되는 것을 알 수 있다.

Table 8. Meat color and pH value of First generation sire line

Sire	pH45 min	pH24 hour	L*24 hour	a*24 hour	b*24 hour
02-189	6.28±0.22	5.54±0.06	46.73 ^{ab} ±1.46	6.39 ^{abc} ±1.06	1.80±0.62
03-131	6.21±0.32	5.60±0.26	49.02 ^a ±1.58	5.60 ^c ±0.52	2.25±0.55
23-141	6.15±0.15	5.47±0.04	49.25 ^a ±1.36	5.97 ^{bc} ±0.88	2.41±0.58
23-164	5.90±0.35	5.56±0.16	46.52 ^{ab} ±3.29	6.87 ^{ab} ±1.08	2.21±0.39
41-111	6.11±0.20	5.50±0.09	48.42 ^{ab} ±1.88	5.53 ^c ±0.28	1.70±0.28
43-149	6.24±0.20	5.55±0.07	48.51 ^{ab} ±1.04	5.75 ^c ±0.76	2.07±0.63
45-112	6.16±0.29	5.58±0.09	46.08 ^b ±1.18	6.78 ^{ab} ±0.67	2.14±0.37
65-121	6.07±0.34	5.69±0.21	43.44 ^c ±1.99	6.89 ^{ab} ±0.37	1.78±0.65
82-160	6.34±0.25	5.54±0.11	47.34 ^{ab} ±3.24	5.76 ^c ±0.66	2.07±0.91
83-102	6.06±0.28	5.48±0.07	47.80 ^{ab} ±1.25	6.54 ^{abc} ±0.40	2.60±0.78
83-156	6.26±0.21	5.51±0.08	46.64 ^{ab} ±2.37	7.27 ^a ±0.92	6.16±12.08
significance	NS	NS	*	*	NS

^{a, b, c} Means±SD with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

Levels of significance: NS, Not significant; * p<0.05

Table 9. Water-holding capacity of First generation sire line

Sire	FFU*(mg)	Drip loss 24(%)	Drip loss 48(%)	Cooking loss(%)
02-189	28.86±11.02	0.89±0.60	2.06 ^{abc} ±1.28	21.97±1.59
03-131	34.86±14.96	1.14±0.87	2.21 ^{abc} ±1.70	18.73±3.25
23-141	25.75±9.27	1.31±0.56	2.12 ^{abc} ±0.60	20.79±4.33
23-164	34.00±1.73	1.29±0.66	2.17 ^{abc} ±0.45	21.65±1.30
41-111	27.60±10.81	1.01±0.38	3.07 ^{ab} ±0.88	18.76±1.66
43-149	28.60±9.58	0.84±0.19	1.69 ^{abc} ±0.33	20.55±1.41
45-112	28.86±13.26	0.96±0.83	1.52 ^{bc} ±1.67	20.99±3.34
65-121	18.50±10.82	0.56±0.55	0.76 ^c ±0.60	16.95±4.77
82-160	28.00±4.38	0.84±0.37	2.28 ^{abc} ±1.03	20.57±1.40
83-102	46.50±31.30	1.64±1.19	3.34 ^a ±2.19	22.74±2.50
83-156	25.92±9.62	1.23±0.91	2.39 ^{abc} ±1.19	21.03±2.88
significance	NS	NS		NS

* FFU, Filter paper fluid uptake

^{a, b, c} Means±SD with different superscript in the same column are significantly different ($P < 0.1$).

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

4.3. 생체조직검사(Biopsy)를 이용한 근섬유 조직학적 특성과 MHC isoform 분석 결과

1) 0세대 종모돈별 자돈들의 biopsy 근섬유 조성비교

Table 10. Muscle fiber composition of *longissimus* muscle using biopsy technique

Sire	Experimental animal			Fiber area composition	
	Total sucking pig	Female	Male	Type I	Type II
0-102	10	9	1	13.14±13.52	86.86 ±13.52
0-196	4	1	3	6.30±1.21	93.70±13.52
20-108	12	8	4	12.17±9.66	87.83±9.66
40-115	18	15	3	18.61±17.05	81.39±17.05
40-143	24	21	3	16.84±13.80	83.17±13.80
41-110	1	1	0	15.77±0.0	84.23±0.0
54-53	39	32	7	17.59±14.82	82.41±14.82
56-32	20	15	5	15.17±14.99	84.83±14.99
60-149	29	24	5	12.63±9.54	87.37±9.54
60-175	15	13	2	7.55±2.63	92.45±2.63
63-35	38	32	6	17.90±15.71	82.10±15.71
63-4	16	14	2	18.02±13.20	81.98±13.20
65-25	19	14	5	10.04±9.59	89.96±9.59
80-116	4	2	2	28.54±14.49	71.46±14.49
Total	249	201	48	15.02±10.73	84.98±10.73

근섬유 수와 크기는 사후 pH, 육색, 보수력 등에 영향을 주는 것으로 보고되며 근육을 구성하는 근섬유의 조성이 사후 도체형질과 관련되어 있음을 알 수 있다 (Lengerken, 1997). 종모돈 14두를 교배하여 생산된 자돈 249두(암컷 201두, 수컷 48두)를 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 근섬유 조성을 분석하였다.

종모돈별 근섬유 조성은 Type I 에서는 $6.30 \pm 1.21 \sim 28.54 \pm 14.49(\%)$ 로 측정되었고 Type II는 $71.46 \pm 14.49 \sim 93.70 \pm 13.52(\%)$ 로 측정이 되었다. 종모돈 0-196은 Type I에서 6.30 ± 1.21 으로 가장 낮은 수치를 나타냈으며 종모돈 80-116은 28.54 ± 14.49 으로 가장 높은 수치가 나타났다. 상대적으로 Type II에서는 종모돈 0-196이 93.70 ± 13.52 로 가장 높게 나타나고 종모돈 80-116이 71.46 ± 14.49 로 가장 낮게 나타났다(Table 10).

2) 0세대 종모돈별 자돈들의 biopsy Myosin Heavy Chain(MHC) isoform 분석결과

생체조직검사(biopsy)를 통한 MHC isoform 분석 결과는 14두의 종모돈 중 자돈의 생체 근섬유 조성에서 Type I의 비율이 가장 높은 그룹(80-116), 가장 낮은 그룹(0-196), 중간값을 나타낸 그룹(63-35)를 이용하여 총 3개의 그룹으로 분류하여 MHC isoform 분석을 하였다.

Biopsy를 통한 MHC isoform 분석 결과는 근섬유 조성 결과와 비슷한 경향을 나타내었는데 종모돈별 biopsy 근섬유 조성에서 Type I의 비율이 가장 높았던 종모돈 80-116 라인의 자돈들이 MHC isoform 분석에서도 MHC I (Slow type, Type I)의 비율이 34.8%로 가장 높은 값이 나타났으며 종모돈 0-196 라인의 자돈들은 가장 낮은 MHC I 비율 24.2%로 나타났고 근섬유 조성에서 17.9%로 중간값으로 나타났던 종모돈 63-35 라인의 자돈들은 MHC I의 비율이 세 그룹중 중간 수준인 30.4%의 비율로 측정되었다. MHC II (Fast type, Type II)의 측정 값은 MHC I 측정값과는 반대의 결과가 나타났으며 가장 높은 값은 75.7%로 종모돈 0-196이며 가장 낮은 값은 종모돈 80-116(65.2%), 중간 그룹인 종모돈 63-36는 69.6%로 측정되었다(Figure 6). 이 결과, Pette와 Staron, 2000; Bottinelli 등 (2000)의 연구 MHC I isoform은 근섬유에서 Slow type(Type I)에 나타나고 Fast type(Type II)에는 MHC II A,X,B isoform 나타나는 연구와 일치하였다.

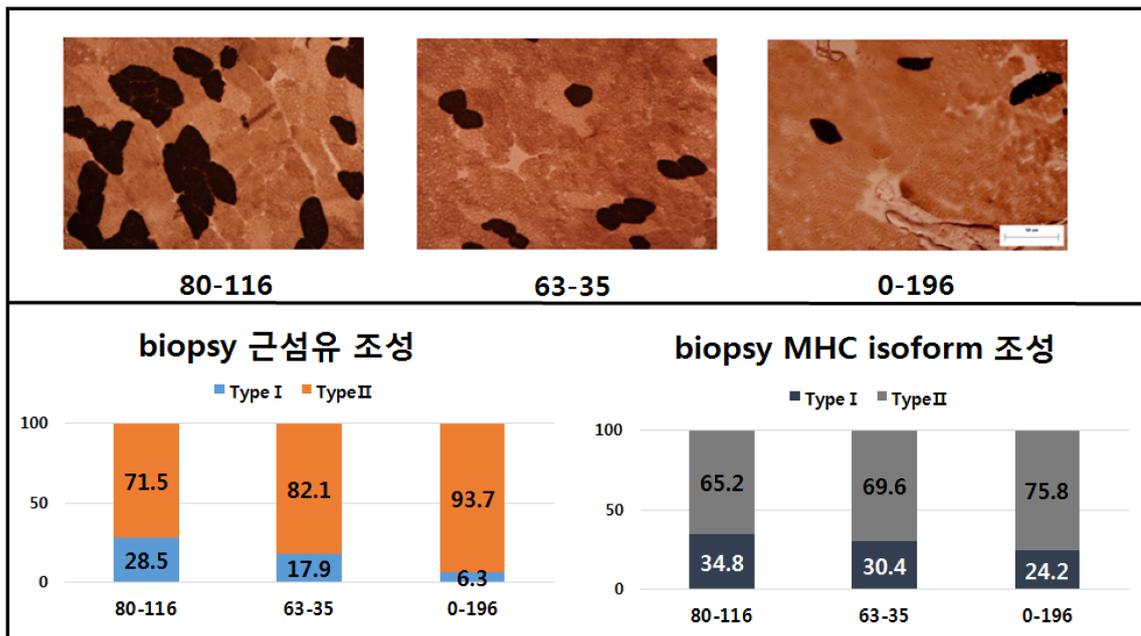


Figure 6. Muscle fiber composition and MHC isoform composition using biopsy technique.

3) 1세대 종모돈 자돈들의 biopsy 근섬유 조성

생체조직검사(biopsy)를 이용한 개체는 105일령(15주)의 자돈들이며 총 228두 (암컷 118두, 수컷 40두)로 분석을 하였다. Type mean area 측정항목의 평균크기는 Type I $2910.74\mu\text{m}^2$, Type IIa $2251.48\mu\text{m}^2$, Type IIb $3898.18\mu\text{m}^2$ 로 분석되었다. Type area Percentage 측정항목에서 Type I 은 11.28%, Type IIa는 4.87%, Type IIb는 83.85%로 분석되었으며 Type area Percentage 측정항목에서 Type I 은 14.10%, Type IIa는 7.77%, Type IIb는 78.13%로 분석되었다. 근섬유 평균크기를 나타내는 mean area(fiber number/area) 측정항목은 $3614.20\mu\text{m}^2$ 으로 분석되었다. MHC 아형 분석결과 평균 Slow isoform은 0.26%, Fast isoform은 0.74%로 분석되었으며 Fast/Slow ratio는 3.84로 분석되었다(Table 11).

Table 11. Statistics of muscle fiber composition and MHC isoform using biopsy technique in Second generation

	Mean	SD	Min	Max
Type area(μm^2)				
I	2910.74	635.91	1580.89	5333.38
II a	2251.48	581.71	566.57	4738.10
II b	3898.18	837.46	1945.73	8034.37
Type area percentage(%)				
I	11.28	3.00	3.60	21.88
II a	4.87	2.10	0.26	14.73
II b	83.85	3.51	63.39	93.17
Type number percentage(%)				
I	14.10	3.82	6.14	26.24
II a	7.77	2.96	1.67	17.05
II b	78.13	4.47	63.86	88.78
Mean area(μm^2)	3614.20	695.17	1919.16	6760.78
Slow isoform(%)	0.26	0.11	0.04	0.50
Fast isoform(%)	0.74	0.11	0.50	0.96
F/S ratio*	3.84	3.18	1.01	26.11

* F/S ratio, Fast isoform/Slow isoform ratio

4.4. MHC isoform 분석, 근섬유 조직학적 특성, 육질특성의 상관관계

Table 12. Correlation coefficients between MHC isoform and muscle fiber type characteristics of Second generation

	MHC slow isoform	MHC fast isoform	Fast/Slow ratio
Type area(μm^2)			
I	0.2242***	-0.2242***	-0.0647
II a	0.2733***	-0.2733***	-0.1280
II b	0.1618*	-0.1618*	-0.0474
Type area percentage(%)			
I	0.5574***	-0.5574***	-0.5088***
II a	0.2879***	-0.2879***	-0.2235***
II b	-0.6507***	0.6507***	0.5702***
Type number percentage(%)			
I	0.4661***	-0.4661***	-0.4469***
II a	0.2275***	-0.2275***	-0.1943**
II b	-0.5488***	0.5488***	0.5104***
mean area(μm^2) (fiber number/fiber area)			
	0.1510*	-0.1510*	-0.0207

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

MHC isoform에는 크게 Slow isoform과 Fast isoform으로 구분이 된다. 구분 조건은 통상적으로 근섬유를 자극 했을 때 근섬유가 자극을 받아 수축하는 속도의 차이를 이용한 방법이다. 이러한 MHC isoform과 근섬유 조직학적 특성의 상관관계를 Table 12에 나타내었다. MHC Slow isoform은 근섬유 타입별 평균적인 면적을 나타낸 Type I area와 Type IIa area에 높은 정의상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났으며($r=0.2242, 0.2733, P<0.001$), Type IIb area와도 상관관계가 있는 것으로 나타났다($r=0.1618, P<0.05$). 근섬유 타입별 면적 비율을 나타낸 Type I areaP와 Type IIa areaP에 높은 정의상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났으며($r=0.5574, 0.2879, P<0.001$), type IIb areaP에는 높은 부의상관관계로 나타났다($r=-0.6507, P<0.001$). 근섬유 타입별 개수 비율과 상관분석은 Type I noP와 Type IIa noP는 높은 정의상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났으며($r=0.4661, 0.2275, P<0.001$), Type IIb noP와는 높은 부의상관관계로 나타났다($r=-0.5488, P<0.001$).

근섬유 평균 면적을 나타내는 mean area 항목에서도 상관관계가 나타났다($r=0.1510, P<0.05$). 반면 MHC Fast isoform의 경우에는 모든 측정 항목에 대해 MHC Slow isoform 반대의 상관관계로 나타났다. Fast/Slow ratio 항목은 근섬유 타입별 평균 면적과 근섬유 평균 면적과는 상관관계가 나타나지 않았지만 근섬유 타입별 면적 비율에서는 Type I 과 Type IIa와는 부의상관관계($r=-0.5088, -0.2235, P<0.001$), Type IIb와는 정의상관관계($r=0.5702, P<0.001$), 근섬유 타입별 개수 비율($r=-0.4661, -0.2275, P<0.05$)에서 Type I 과 Type IIa와는 높은 부의상관관계가 나타났지만 Type IIb에서는 높은 정의상관관계가 나타났다($r=0.6507, P<0.001$).

Table 13. Correlation coefficients between meat quality traits and muscle fiber type characteristics of Second generation

	Type I area	Type II a area	Type II b area	Type I area(%)	Type II a area(%)	Type II b area(%)	Mean area	Loin area	Number/mm ²
pH _{45min}	-0.2115	-0.1127	0.1084	-0.0782	-0.0323	0.0936	0.0869	-0.0785	-0.0738
pH _{24hour}	0.0835	-0.0330	-0.1734	0.0794	0.1640	-0.1826	-0.1755	-0.1093	0.1701
L* _{45min}	-0.2160	-0.0309	-0.2000	-0.0601	-0.0136	0.0646	-0.2103	0.0022	0.2153
a* _{45min}	0.2992 *	0.2060	-0.0292	0.4119 ***	0.1237	-0.4631 ***	-0.0295	-0.3355 **	0.0242
b* _{45min}	-0.1365	-0.0224	-0.2761 *	-0.0691	0.2155	-0.0787	-0.3557 **	-0.2615 *	0.3511 **
L* _{24hour}	-0.3366 **	-0.2410 *	0.1801	-0.1700	-0.1885	0.2829*	0.1798	0.3840 ***	-0.1788
a* _{24hour}	0.3281 **	0.1848	-0.2296	0.1908	0.1865	-0.3002 **	-0.2572 *	-0.3828 ***	0.2559 *
b* _{24hour}	0.0212	-0.0126	-0.0173	-0.0787	0.1376	-0.0181	-0.0224	-0.1197	0.0077
FFU(mg)	-0.1897	0.0302	0.0096	-0.0872	0.0847	0.0250	0.0075	0.1119	0.0080
Drip loss	0.0495	0.0679	0.1790	0.2708 *	-0.1868	-0.1264	0.2143	0.1529	-0.2147

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

근섬유 타입과 육질 분석항목에 대한 상관관계를 알아보기 위하여 근섬유 조직학적 특성 항목으로 타입별 면적조성을 알 수 있는 Type I, IIa, IIb area, Type I, IIa, IIb areaP, mean area와 loin area, number/mm²를 측정하였다. 육질 특성 항목으로는 사후대사 속도를 확인 할 수 있는 pH45min, pH24h과 등심근 단면 육색 측정항목 L*45min, a*45min, b*min, L*24, a*24, b*24h와 보수력 측정항목 FFU, Drip loss의 결과로 근섬유 조직학적 특성과 육질 특성에 대한 상관분석 하였다(Table 13).

근섬유 조직학적 특성의 모든 항목에서 pH45min, pH24h, L*45min, b*24h, FFU와는 상관관계가 나타나지 않았다. 반면에 육질 특성 중 육색 항목인 a*45분은 Type I area와 0.2992($P<0.05$), Type I areaP, Type IIb areaP와 각각 0.4119($P<0.001$), -0.4631($P<0.001$), Loin area - 0.3355($P<0.01$)의 상관관계를 나타냈다. 같은 Redness항목 중 사후 24시간 후의 측정값 a*24h 항목에서는 Type I area와 0.3281($P<0.01$), Type IIb areaP와 - 0.3002($P<0.01$), mean area, loin area, number/mm²와 각각 - 0.2572($P<0.05$), -0.3828($P<0.001$), 0.2559($P<0.2559$)의 상관관계가 나타났다. 육색 항목 중 Yellowness, b*45min는 Type3area와 - 0.2761($P<0.05$), mean area, loin area, number/mm²와 각각 - 0.3557($P<0.01$), -0.2615($P<0.05$), 0.3511($P<0.01$)의 상관관계가 나타났다. 육색 항목 중 Lightness, L*24h는 type1area와 - 0.3366($P<0.01$), Type IIa area, Type IIb areaP, loin area와 각각 - 0.2410($P<0.05$), 0.2829($P<0.05$), 0.3840($P<0.001$)로 상관관계가 나타났다. 보수력 항목인 Drip loss에는 Type I areaP와 0.2708의 상관관계가 나타났다($P<0.05$). 이는 Type I의 비율 증가는 L*(Lightness)가 감소하고 보수력이 향상된다는 연구와 일치하는 것으로 나타난다(Choi 등, 2006; Gilet 등, 2003; Larzul 등, 1997; Ryu & Kim, 2005).

전체적으로 육질 특성 항목 중 육색관련 항목과 근섬유별 면적과의 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 이는 근섬유 Type I에는 마이오글로빈 함량이 Type IIb에 비해 많기 때문에 a*(Redness)의 값과 정의 상관관계를 보이며 Type IIb와는 부의상관관계가 나타난 것으로 판단되며 상대적으로 마이오글로빈의 함량이 낮은 Type IIb는 L*(Lightness)와 정의상관관계, a* (Redness)와는 부의상관관계가 나타나는 것으로 알 수 있다.

4.5. 1·2세대 생산자돈간의 근섬유 특성 비교

Table 14. Muscle fiber type characteristics among generation

	Total		significance
	First generation	Second generation	
Type area(μm^2)			
I	3436.19 ^a ±743.03	3002.84 ^b ±674.77	***
II a	2791.40 ^a ±764.01	2282.45 ^b ±558.29	***
II b	4545.14 ^a ±854.85	3970.03 ^b ±810.00	***
Type area percentage(%)			
I	8.64 ^a ±3.10	10.30 ^b ±3.32	***
II a	4.47±1.80	4.74±1.93	NS
II b	86.89 ^a ±3.95	84.95 ^b ±3.74	***
Type number percentage(%)			
I	10.71 ^a ±3.32	12.84 ^b ±4.24	***
II a	6.96 ^a ±2.55	7.67 ^b ±2.85	*
II b	82.33 ^a ±4.11	79.49 ^b ±4.83	***
Mean area(μm^2)	4285.38 ^a ±749.32	3705.58 ^b ±677.85	***

^{a, b} Means±SD with different superscript in the same row are significantly different ($P < 0.05$)

Levels of significance: NS, Not significant; * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$.

도축 후 세대별 근섬유 조직학 분석은 Type II a areaP을 제외하고 나머지 항목에서 유의적인 차이가 분석되었다(Table 14). 근섬유 평균 크기가 1세대보다 2세대에서 작은 것으로 나타났으며 근섬유별 크기도 2세대가 1세대 보다 작은 것으로 분석되었다($P < 0.001$). 근섬유 Type I의 면적 비율이 증가하였으며($P < 0.001$), Type II b의 면적 비율은 상대적으로 감소하였다($P < 0.001$). 근섬유 개수도 Type I은 세대가 넘어가면서 증가하였고 상대적으로 Type II b는 감소하는 것으로 분석되었다($P < 0.001$).

Table 15. Abnormal pork occurrence among generation

	RFN ^a	PSE ^b	PFN ^c	RSE ^d
First generation(%)	66.1	7.7	12.4	13.8
Second generation(%)	94.1	0	5.9	0

^a Reddish-Pink, Firm, Non-exudative.

^b Pale, Soft, Exudative.

^c Pale, Soft, Non-exudative.

^d Reddish-Pink, Soft, Exudative.

세대별 이상육 발생 빈도를 Table 15에 나타내었다. 도축 된 1세대 자돈들은 정상육(RFN) 66.1%, 물땀지육(PSE) 7.7%, 육색불량(PFN) 12.4%, 보수력불량(RSE) 13.8%로 분석되었다. 2세대 자돈들은 정상육(RFN) 94.1%, 물땀지육(PSE) 0%, 육색불량(PFN) 5.9%, 보수력불량(RSE) 0%으로 분석되었으며 1세대 자돈들에 비해 2세대 자돈들이 이상육 발생 빈도가 감소되는 것으로 분석되었다. Ryu 등(2005)은 근섬유의 면적 및 면적비율, 근섬유 크기, 근섬유 수에 따라 육질 특성이 다르다고 보고하였다. 근섬유 크기가 증가 할수록 유리육즙(Drip loss)과 연도(Tenderness)가 떨어지며(Rehfeldt 등, 2000; Seideman과 Crouse, 1986), 물땀지육 발생은 높은 Type IIb 조성과 관련이 있다고 보고하였다(Ryu와 Kim, 2006). 이 분석 결과를 통해 Table 14에 나타난 세대간 근섬유 조성의 차이는 이상육 발생 빈도가 1세대 보다 2세대가 낮은 것과 연관이 있는 것으로 평가된다.

4.6. 생체조직검사(Biopsy)를 통한 선발 방법

생체조직검사(biopsy)를 통해 조기에 육질이 좋은 자돈을 선발 할 수 있을 것으로 판단된다. 육질 특성과 근섬유 조직학적 특성 상관관계 중 a*45min, a*24h, Drip loss 항목은 Type I 과 정의 상관관계가 나타나며 L*24h 항목에서는 부의 상관관계가 나타났다(Table 13).

Type I area가 높을수록 a*값도 높아지고 L*값은 낮아지는데 Type I에는 myoglobin 함량이 다른 타입의 근섬유보다 많이 있기 때문이다. Myoglobin은 식육의 붉은색을 결정하는 일반적인 육색소이며 Type I은 myoglobin 함량과 모세혈관 밀도도 높기 때문에 호기적 대사에 관여를 많이 하며 혐기적대사의 관여도가 낮은 편이다. 혐기적대사가 높아지게 되면 사후 pH가 낮아지게 되며 식육에서의 보수성이 낮아지게 된다. Briskey (1964)는 육색과 보수력은 밀접한 상관관계가 나타난다고 보고하였고, Borggaard 등(1989)은 육색을 통해 보수력을 예측할 수 있다고 보고하였다. 보수력은 식육 생산 수출에서 중요한 요인으로 육색과 보수력은 육질 특성에서 중요한 항목이라고 할 수 있다. Type IIb에서 L*, a*와 상관관계는 Type I 과 반대의 결과가 나타났으며 Type IIb는 myoglobin의 함량이 Type I 보다 낮기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 상관관계를 통한 조기선발기준을 Figure 7에 나타내었다.

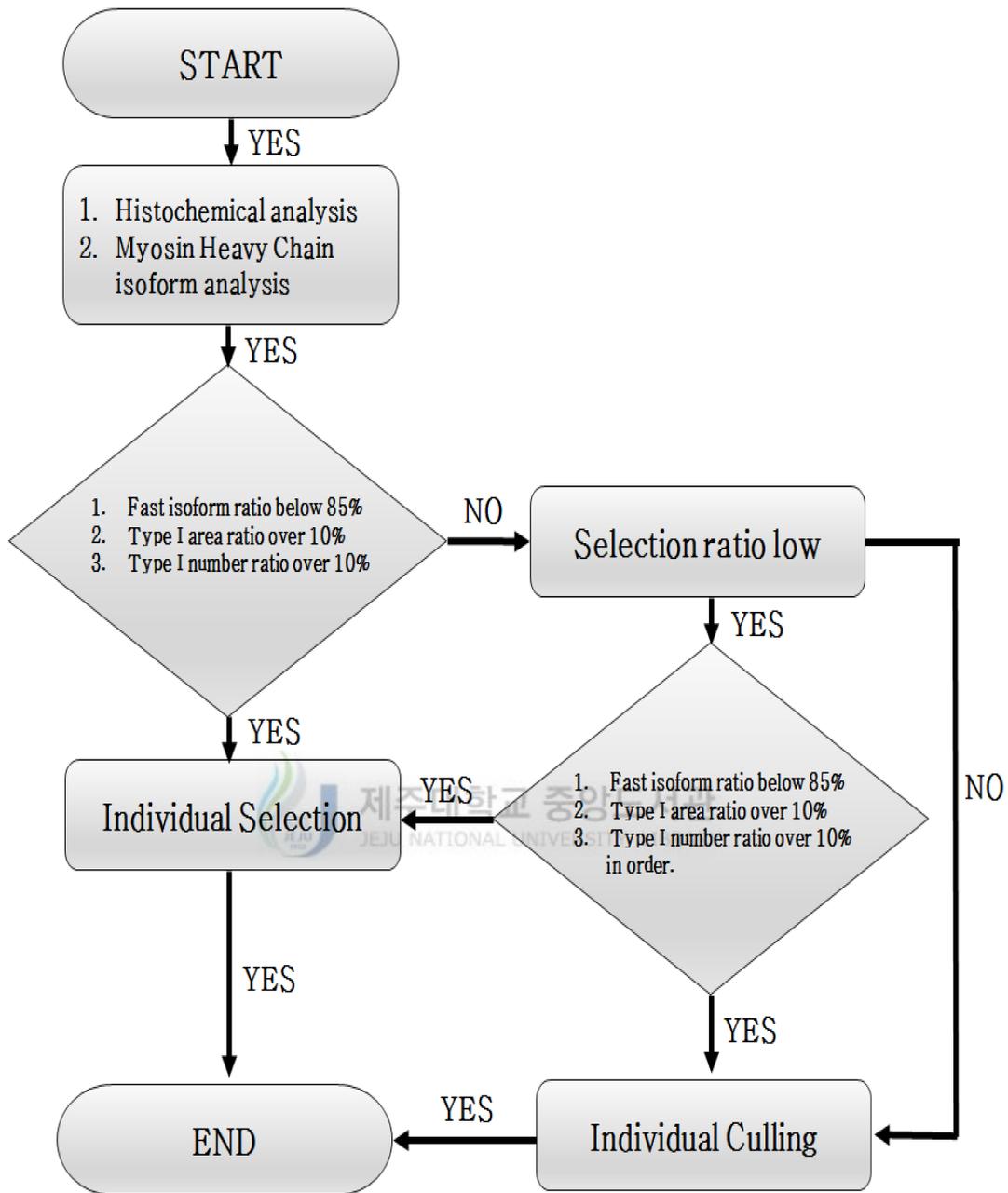


Figure 7. Schematic diagram of strategy using biopsy technique.

105일령(15주)의 자돈에서 생체조직검사(biopsy) 실험방법을 통하여 생체조직 시료를 채취한 후 근섬유 조직학적 분석과 MHC isoform 분석을 하였다. 분석 결과에서 Type I 면적 비율, Type I 개수 비율, MHC Fast isoform 항목은 선발 기준으로 설정하였다. 근섬유 조직학적 특성과 MHC isoform 조성 분석을 통한 조기선발기준은 type I 면적 비율 10%이상, Type I 개수 비율 10%이상, MHC

Fast isoform 비율 85%이하로 설정하여 개체를 선발한다. 다만 선발 조건에 해당하는 개체수가 적어 선발이 더 필요한 상황에서는 Fast isoform 비율 85%이하, Type I 면적 비율 10%이상, Type I 개수 비율 10%이상 순으로 순차적으로 적용하여 개체선발을 한다.

지금까지 1·2세대 공시돈들은 선발 개요도를 통해 선발된 종모돈과 종빈돈이며 다음 세대의 종모돈을 한국종축개량협회의 번식용 씨돼지로 등록하여 종모돈으로 활용할 예정이다.



5. 요약

국내 양돈 산업에 있어서 종돈개량은 돈육의 양적인 향상을 위주로 진행되어져 왔으며, 그 결과 돈육의 양적인 향상을 개선되었으나 이상육(PSE육)의 발생 및 돼지의 폐사율이 증가하는 문제가 발생하였다. 따라서 향후 종돈개량산업은 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 종돈을 개량해야한다. 하지만 육질관련형질은 도축이 된 개체에서만 측정이 가능하기 때문에 효율적인 개량을 위해서 생체에서 평가할 수 있는 기술을 개발해야하는 시점이다.

본 연구는 제주도내에서 사육되고 있는 제주개량흑돼지를 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 근섬유의 조직학적 분석과 Myosin Heavy Chain(MHC) isoform 조성, 육질분석결과를 통해 산육능력과 육질능력이 높은 종돈을 효율적으로 선발하기 위한 생체육질예측기법을 개발하기 위한 목적으로 연구를 실시하였다.

연구에 이용된 공시돈은 외모심사를 통하여 종모돈 14두, 종빈돈 95두를 0세대로 선발하였으며 0세대의 교배조합으로 출생된 자돈 중 786두를 1세대로 설정하였고 한국종축개량협회에 자돈등기를 하였다. 또한 외모심사를 통해 1차 선발 한 후 선발된 자돈 249두를 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 근섬유조직학 분석과 MHC isoform 조성 분석을 통해 종모돈 19두, 종빈돈 96두를 선발하였다. 1세대에서 선발된 종모돈과 종빈돈의 교배조합으로 출생된 자돈 중 751두를 2세대로 설정하였고 1세대 선발과 동일한 방법으로 1·2차 선발을 하였다.

0·1세대 종모돈의 후대검정 결과로는 0세대 종모돈에서는 총 이유 자돈수 742두 중 161두의 이모색이 출현하였으며 이모색 출현율은 2.3~40.0% 나타났고 이 유체중은 $4.90 \pm 0.99 \sim 6.64 \pm 0.92$ (kg)으로 측정되었다. 1세대 종모돈에서는 총 이유 자돈수 751두 중 315두의 이모색이 출현하였으며 이모색 출현율은 23.9~92.9%로 0세대보다 높게 측정되었고 이유 체중은 $6.03 \pm 1.25 \sim 8.00 \pm 1.74$ (kg)으로 측정되었다. 0·1세대 종모돈에 따른 생산자돈의 육질분석결과는 0세대 종모돈별 생산자돈의 사후 pH와 육색에서 pH_{45min}, pH_{24hour}, a*_{24hour}, b*_{24hour}에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 L*_{24hour}에서는 종모돈 80-116이 48.9로 가장 높고 종모돈 56-21이 44.1로 가장 낮게 측정되었다($P < 0.05$). 보수력 측정 항목 중 가열감량에서 종모돈 40-115가 15.5(%)로 가장 낮게 측정되었고, 종모돈 80-116이 27.1(%)

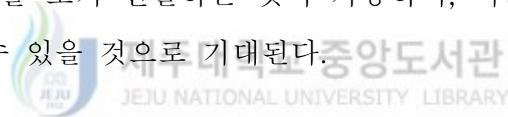
로 가장 높게 측정되었다($P < 0.05$). 1세대 종모돈별 생산자돈에서는 pH_{45min} , pH_{24hour} , b^*_{24hour} 항목에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 L^*_{24hour} , a^*_{24hour} 항목에서 종모돈별 생산자돈들의 유의적인 차이가 측정되었다($P < 0.05$). 보수력 항목에서는 Drip loss 48에서만 유의적인 차이가 측정되었다($P < 0.05$).

0·1세대 종모돈별 자돈들에 대해 생체조직검사(biopsy)를 이용하여 근섬유 조직학적 특성과 MHC isoform 분석을 하였다. 0세대 종모돈별 근섬유 조성은 Type I에서는 $6.30 \pm 1.21 \sim 28.54 \pm 14.49(\%)$ 로 측정되었고 Type II는 $71.46 \pm 14.49 \sim 93.70 \pm 13.52(\%)$ 로 측정이 되었다. 이 값을 통해 Type I의 비율이 가장 높은 그룹과 가장 낮은 그룹, 중간 그룹으로 나누어 MHC isoform 조성을 분석하였다. 분석 결과 Type I의 비율이 높은 그룹이 MHC I도 비율이 가장 높았으며 다른 그룹도 중간 그룹과 가장 낮은 그룹 순으로 분석되었다. 1세대 종모돈별 근섬유 조성에서 평균 크기는 Type I은 $2910.74 \mu m^2$, Type IIa는 $2251.48 \mu m^2$, Type IIb는 $3898.18 \mu m^2$ 로 분석 되었으며 면적 비율의 평균은 Type I은 11.28%, Type IIa는 4.87%, Type IIb는 83.85%로 분석 되었고 근섬유 수에 대한 비율의 평균은 Type I은 14.10%, Type IIa는 7.77%, Type IIb는 78.13%로 분석되었다. MHC isoform 조성은 Slow isoform(MHC I)은 0.26%, Fast isoform(MHC II)는 0.74로 분석되었다. 이결과를 통해 근섬유 조직학적 특성과 MHC isoform 분석의 상관관계를 분석하였다. Fast/Slow ratio 항목과 Type area, mean area와 상관관계가 나타나지 않았고 근섬유별 면적비율과 근섬유 수에 대한 비율은 Slow isoform, Fast isoform과 높은 상관관계가 나타났으며($P < 0.001$), 근섬유 크기 항목에서도 MHC isoform과의 상관관계가 나타났다($P < 0.001$, $P < 0.05$). 근섬유 조직학적 특성과 육질 특성 상관관계를 분석하였다. 육질 특성 항목에서 pH_{45min} , pH_{24hour} , L^*_{45min} , b^*_{24hour} , Fiter paper fluid uptake(FFU)에서는 근섬유 조직학적 특성과 상관관계가 나타나지 않았다. a^*_{45min} 은 Type I area, Type I area(%)와 정의 상관관계가 나타났으며 Type IIb와는 부의 상관관계가 나타났다($P < 0.001$). L^*_{24hour} 는 Type I area, Type IIa area와 부의 상관관계가 나타났고 a^*_{24hour} 는 Type I area와 정의 상관관계, Type IIb area(%)와 부의 상관관계가 나타났다($P < 0.01$).

1·2세대 자돈간의 근섬유 조직학 분석을 통해 1세대보다 2세대가 Type area가 작고 Type I의 면적 비율이 증가하였으며 Type IIb의 면적 비율은 상대적으로

감소하였다($P<0.001$). 근섬유 개수도 Type I 은 세대가 넘어가면서 증가하였고 상대적으로 Type IIb는 감소하는 것으로 분석되었다($P<0.001$). 세대별 이상육 발생 빈도가 1세대에서 정상육(RFN)이 66.1%가 발생했지만 2세대에서는 육색불량(PFN) 5.9%를 제외한 모든 자돈들이 정상육(RFN)으로 분석되었다. 이는 세대가 넘어가면서 근섬유 조성이 Type I 의 비율이 증가하고 Type IIb의 비율이 감소함에 따라 육질이 개선되는 것으로 판단된다.

본 연구의 분석결과 육색관련 항목과 근섬유별 면적과의 상관관계가 높은 것으로 나타났으며 도축이 된 도체에서의 육질 평가가 아닌 생체에서 생체조직검사(biopsy)를 통해 육질을 예측할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 본 연구에서는 분석 결과를 통해 우수한 종돈을 조기선발 할 수 있는 선발 기준을 MHC isoform 조성 분석을 통해 Fast isoform 비율이 85%이상, 근섬유 조직학적 특성에서 Type I 면적 비율이 10%이상, Type I 개수 비율이 10%이상인 개체를 선발하는 기준을 제시하였다. 본 연구에서 설정한 조기선발기준을 활용하여 육량 및 육질이 우수한 종돈을 조기 선발하는 것이 가능하며, 이를 통해 종돈의 활용 및 선발 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.



ABSTRACT

Study of swine muscle mass and meat quality relativity using muscle fiber biopsy technique

Yeong-Hwa Kim

Department of Animal Biotechnology, Graduate school
Jeju National University, Jeju, Korea

In pig industry of Korea, improvement of breeding pigs has been focused on quantitative improvement of pork. However PSE porks and mortality rate was also increased. Therefore, breeding pigs having both of excellent lean-meat production ability and meat quality should be improved in the future industry for improvement of breeding pigs. However, meat quality related characters can be measured after slaughtering pigs. So it's time to develop evaluating technologies before slaughter for efficient improvement.

The purpose of this study is to develop muscle fiber biopsy technique for histochemical analysis of improved black pig in Je-ju island using biopsy, making Myosin Heavy Chain(MHC) isoform, and selecting breeding pigs with good meat productivity and meat quality effectively.

14 pigs of sire and 95 pigs of dam were selected from zeroth generation for samples used in the study through judging of exterior and 786 pigs were set to be first generation among piglets born by cross combination of zeroth generation and made litter registration at Korea Animal Improvement Association. After selecting 249 piglets primarily through judging of exterior, 19 sires and 96 dams were selected through histochemical analysis and MHC

isoform composition analysis using biopsy. 751 piglets born through cross combination between sires and dams selected among the first generation were set as the second generation and selected to be primarily and secondarily as the same method with selection of the first generation.

The result of progeny testing among sires of first and second generation told that another colors were appeared at 161 weaning pigs from total 742 weaning pigs and the appearance ratio was 2.3~40.0% and weaning weight was measured to be $4.90 \pm 0.99 \sim 6.64 \pm 0.92$ (kg). From sires of first generation, another colors were appeared at 315 weaning pigs from total 751 weaning pigs while the appearance ratio of another color was measured to be 23.9~92.9% which were higher than zeroth generation and weaning weight was measured to be $6.03 \pm 1.25 \sim 8.00 \pm 1.74$ (kg).

Meat quality analysis result of sucking pig following to sires of zeroth and first generation told that there was no meaningful difference at $\text{pH}_{45\text{min}}$, $\text{pH}_{24\text{hour}}$, $a^*_{24\text{hour}}$, $b^*_{24\text{hour}}$ from pH after death and meat color of sucking pig for each sire of zeroth generation, while 80-116 of sires were the highest as 48.9 and 56-21 of sires were the lowest as 44.1 under $L^*_{24\text{hour}}$. Among measuring lists of water holding capacity, 40-115 of sires were the lowest as 15.5(%) while 80-116 of sires were the highest as 27.1(%) at cooking loss($P < 0.05$). In sucking pig for each sire of first generation, there was no meaningful difference at items of $\text{pH}_{45\text{min}}$, $\text{pH}_{24\text{hour}}$, $b^*_{24\text{hour}}$, while there was meaningful difference of sucking pigs for each sire at $L^*_{24\text{hour}}$, $a^*_{24\text{hour}}$ ($P < 0.05$). At the item of water holding capacity, there was only meaningful difference in Drip loss 48($P < 0.05$).

Histochemical characters and MHC isoform were analyzed using biopsy for piglets of each sire from zeroth and first generation. Muscular fiber composition for each sire of zeroth generation was measured to be $6.30 \pm 1.21 \sim 28.54 \pm 14.49$ (%) at Type I while $71.46 \pm 14.49 \sim 93.70 \pm 13.52$ (%) at Type II. Through the values, MHC isoform composition was analysed by dividing

highest, medium, and the lowest groups with ratio of Type I. The analysis result told that groups with high ratio of Type I were the highest ratio at MCH I while the other groups were analysed following to the medium and the lowest group respectively. In muscle fiber composition for each sire of first generation, average sizes were analysed to be $2910.74\mu\text{m}^2$, $2251.48\mu\text{m}^2$, and $3898.18\mu\text{m}^2$ at Type I, Type IIa, and Type IIb respectively while the average area ratios were analyzed as 11.28%, 4.87%, and 83.85% for Type I, Type IIa, and Type IIb respectively. For average ratio of muscle fiber number, Type I, Type IIa, and Type IIb were analysed to be 14.10%, 7.77%, and 78.13% respectively.

For MHC isoform composition, slow isoform(MCH I) and fast isoform(MHCII) were analyzed to be 0.26% and 0.74% respectively. Correlation of histochemical characters and MHC isoform was analysed through the result. There was no correlation appeared at fast/slow ratio items, type area and mean area while there was high correlation at the area ratio for each muscle fiber and the ratio of the number with slow isoform and fast isoform($P<0.0001$). There was correlation with MHC isoform at size of muscle fiber item($P<0.001$, $P<0.05$).

The correlation between histochemical characters and meat quality character was analysed. At items of meat quality characters, there was no correlation appeared at $\text{pH}_{45\text{min}}$, $\text{pH}_{24\text{hour}}$, $L^*_{45\text{min}}$, $b^*_{24\text{hour}}$, Fiter paper fluid uptake(FFU) with histochemical characters. There was positive correlation between $a^*_{45\text{min}}$ and Type I area, Type I area(%) while negative correlation was appeared with TypeIIb($P<0.001$). There was negative correlation between $L^*_{24\text{hour}}$ and Type I area, TypeIIa area while $a^*_{24\text{hour}}$ showed positive correlation with Type I area and negative correlation with Type IIb area(%)($P<0.01$).

Through histochemical analysis among piglets of first and second generation, it was found that second generation had smaller Type area with increased area ratio of Type I and decreased area ratio of TypeIIb comparing to first generation. It was analyzed that Type I increased the number of

muscle fiber while Type IIb decreased the number when passing the generation.($P < 0.001$). For occurring frequency of abnormal meat for each generation, it was analysed that RFN was 66.1% at first generation while all piglets were RFN except for 5.9% of PFN at second generation. This is considered by improved meat quality following to increased ratio of muscle fiber composition of Type I while decreased ratio of Type IIb when passing generation. The analytic result of this study told that there was high correlation between meat color related items and area of each muscle fiber. And it was confirmed that meat quality can be predicted through biopsy in living bodies rather than assessment of meat quality through dressed carcass slaughtered.

In this study, earlier selecting standard of good breeding pigs was suggested from more than 85%, 10%, and 10% of fast isoform ratio through MHC isoform composition analysis, Type I area ratio and ratio of number of Type I at histochemical characters respectively through the analytic result. It's expected that breeding pigs with enough amount of meat and good meat quality can be selected earlier using early selecting standard set by this study and efficiency of using and selecting breeding pigs will be increased through this.

참고 문헌

- Borggaard, C., Andersen, J. R. & Barton-Gade, P. A. (1989)
Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. Proc. 35th International Congress of Meat Science and Technology, Copenhagen, Denmark, pp.212-219.
- Bottinelli, R., Reggiani, C. (2000) Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. Progress in Biophysics & Molecular Biology, 73:195-262.
- Bowker, B. C., Botrel, C., Swartz, D. R., Grant, A. L. & Gerrard, D. E. (2004)
Influence of myosin heavy chain isoform expression and postmortem metabolism on the ATPase activity of muscle fibers. Meat Science, 68:587-594.
- Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72:248-254.
- Briskey, E. J. (1964) Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. Adv. Food Res, 13:89-178.
- Brooke, M. H. & Kaiser, K. K. (1970) Muscle fiber types: How many and what kind. Arch. Neurol, 23:369-379.
- Brooke, M, H. & Kaiser, K. K. (1970) Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. Journal of Histochemistry Cytochemistry, 18:670-672.

- Buller, A. J., Eccles, J. C. & Eccles, R. M. (1960) Differentiation of fast and slow muscles in the cat hindlimb. *J. Physiol. (London)* 150:399-416.
- Chang, K. C., da Costa, N., Blackley, R., Southwood, O., Evans, G., Plastow, G., Wood, J. D. & Richardson, R. I. (2003) Relationships of myosin heavy chain fiber types to meat quality traits in traditional and modern pigs. *Meat Science*, 64:93-103.
- Cheah, K. S., Cheah, A. M. & Just, A. (1997) Identification and Characterization of Pigs Prone to Producing 'RSE' (Reddish-Pink, Soft and Exudative) Meat in Normal Pigs. *Meat Science*, 48:249-255.
- Cheah, K. S., Cheah, A. M. & Krausgrill, D. I. (1994) Variations in Meat Quality in Live Halothane Heterozygotes Identified by Biopsy Samples of *M. longissimus dorsi*. *Meat Science*, 39:293-300.
- Cheah, K. S. & Cheah, A. M. (1993) Prediction of meat quality in live pigs using stress-susceptible and stress-resistant animals. *Meat Science*, 34:179-189.
- Choi, Y. M., Ryu, Y. C., & 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*, 17:413-427.
- De Vries, A. G., Faucitano, L., Sosnicki, A. & Plastow, G. S. (2000) The use of gene technology for optimal development of pork meat quality. *Food Chemistry*. 69:397-405.

Essen-Gustavsson, B. (1993) Muscle fiber characteristics in pigs and relationships to meat quality parameters review. Ch. 8 in *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. Puolanne, E., and D. I. Demeyer(Ed.), p.140-159. CAB International, Oxon, U. K.

Fernandez, X., E. Neyraud, T. Astruc & V. Sante. (2002)

Effects of halothane genotype and pre-slaughter treatment on pig meat quality. Part 1. Post mortem metabolism, meat quality indicators and sensory traits of m. Longissimus lumborum. *Meat Science*, 62:429-437.

Fiedler, I., Kuchenmeister, U., Ender, K., Wicke, M. & LengerKen, G. (1994) Fiber-type characteristics and meat quality in longissimus muscle of normal and halothane sensitive pigs. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 15:187-188.



Frisby, J., Raftery, D., Kerry, J. P. & Diamond, D. (2005) Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science*, 70:329-336.

Fry, A. C., Allemeier, C. A. & Staron, R. S. (1994) Correlation between percentage fiber type area and myosin heavy chain content in human skeletal muscle. *European Journal of applied Physiology and Occupational Physiology*, 68:246-251.

Gil, M., Oliver, M. A., Gispert, M., Diestre, A., Sosnicki, A. A., Lacoste, A. & Carrion, D. (2003) The relationship between pig genetics, myosin heavy chain I, biochemical traits and quality of M. longissimus tyracis. *Meat Science*, 65:1063-1070.

- Ha, Y. J. (2014) A Study on Quality of Three-way Crossbreed(Yorkshire × Berkshire) × Duroc - Focused on Comparison with (Yorkshire × Landrace) × Duroc -. Gyeongsang national university, The degree of Doctor of Philosophy, p.1-13.
- Handel, S. E. & Stickland, N. C. (1988) Catch-up growth in pigs: Relationship with muscle cellularity. *Anim. Prod.* 47:291-299.
- Honikel, K. O. Tarrant, P. V. Eikelenboom, G. & Monin. (1987) How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. Dordrecht. PP.129-142.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M., (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71:194-204.
- Jankala, H., Harjola, V. P., Petersen, N. E. & Harkonen, M. (1997)
Myosin heavy chain mRNA transform to faster isoforms in immobilized skeletal muscle: a quantitative PCR study. *J. Appl. Physiol.* 82:977-982.
- John, O., Hloolszy. & Frank, W. B. (1976) Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual Review of Physiology*, 38:273-291.
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. & Kim, C. J. (1995)
The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Foods*, 6:211-226.
- Joo. S. T., kauffman, R. G., Kim, B. C. & Park, G. B. (1999)
The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle.

Meat Science, 52:291-297.

Karlsson, A., Enfaelt, A. C., Essen-Gustsvsson, B., Lundstroem, K., Rydhmer, L. & Strem, 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*, 71:930-939.

Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., Van der, P. G., Merkus B. G. & Zaar, M. (1986) The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*, 18:191-200.

Kauffman, R. G., Gassens, R. G., Scherer, A. & Meeker, D. L. (1992) Variations in Pork Quality. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Kim, J. M., Lee, Y. J., Choi, Y. M., Kim, B. C., Yoo, B. H. & Hong, K. C. (2008) Possible muscle fiber characteristics in the selection for improvement in porcine lean meat production and quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21:1529-1534.

Klont R. E., Brocks, L. & Eikelenboom, G. (1998) Muscle fibre type and meat quality. *Journal of Meat Science*, 49(1):219-229.

Larzul, C., Lefaucheur, L., Ecolan, P., Gogue, J., Talmant, A., Sellier, P., Le Roy, P. & 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*, 75:3126-3137.

Lawrie, R. A., Gatherum, D. P. & Hale, H. P. (1958) Abnormally low ultimate pH in pig muscle. *Nature*, 182:807-808.

- Lefaucheur, L. (2009) A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science* 84:257-270.
- Lefaucheur, L., Ecolan, P., Plantard, N. & Gueguen, N. (2002) New insights into muscle fiber types in the pig. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 50:719-730.
- Lengerken, G., Wicke, M. & Maak, S. (1997) Stress susceptibility and meat quality-situation and prospects in animal breeding and research. *Arch, Tierzucht*, 40:163-171.
- Lopez-rivero, J. L., Serrano, A. L., Diz, A. M. & Galisteo, A. M. (1992) Variability of muscle fibre composition and fibre size in the horse gulteus medius: an enzyme-histochemical and morphometric study. *Journal of Anatomy* 181(Pt1):1-10. 제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
- Maltin, C. A., Warkup, C. C., Matthews, K. R., Grnat, C. M., Poter, A. D. & Delday, M. I. (1997) Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Science*, 47:237-248.
- Maria Kocwin-Podsiadla, W. Przybylski, Jolanta Kuryl, A. Talmant & G. Monin. (1995) Muscle glycogen level and meat quality in pig of defferent halothane genotypes. *Meat Science*, 40:121-125.
- Moon, K. D. (2014) A Study on the Comparison of Test Performance by Test Classification On-farm Test Records. Gyeongsang national university, The degree of Master of Science, p.1-3.

- Offer, G. & Knight, P., (1988) The structural basis of water holding in meat. In *Developments in Meat Science*, ed. R. A. Lawrie. Elsevier Science Publishers, London, p.63-243.
- Oh, H. S., Kim, H. Y., Yang, H. S., Lee, J. I., Joo, Y. K. & Kim, C. U. (2008) Comparison of Meat Quality Characteristics between Crossbreeds. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 28(2):171-180.
- Oh, S. H. (2009) Study on Meat Color and Water-Holding Capacity of Pork. Gyeongsang national university, The degree of Doctor of Philosophy, p.29-44.
- Pearson, A. M. & Young, R. B. (1989) Skeletal muscle fiber types. In *"Muscle and meat biochemistry"* pp.235-265. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Pette, D. & Staron, R. S. (2000) Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique*, 50:500-509.
- Poglazov, B. F. & Levitsky, D. I. (1982) *Myosin and Biological Motility*. Nauka, Moscow.
- Race, G. J., Tillery, G. W. & Dysert, P. A., 2nd. (2004) A history of pathology and laboratory medicine at Baylor University Medical Center. *Proc(Bayl univ med Cent)*, 17(1):42-55.
- Reggiani, C., Bottinelli, R. & Stienen, G. J. (2000) Sarcomeric myosin isoform: fine tuning of a molecular motor. *News in Physiological Sciences*, 15:26-33.

- Rehfeldt, C., Fiedler, I., Dietl, G. & Ender, K. (2000) Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *L. Pro. Sci* 66:177.
- Rehfeldt, C., Tuchscherer, A., Hartung, M. & Kuhn, G. (2007) A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Science*, 78:170–175.
- Robbins, N., Karpati, G. & Engel, W. K. (1969) Histochemical and contractile properties in the cross-innervated guinea pig soleus muscle. *Arch. Neurol*, 20:318.
- Roh, J. G., Choi, B. H., Choi, J. S., Choi, Y. I., Kim, J. J., Kim, K. S., Kim, S. W. & Kim, T. H. (2009) Characterization and Evaluation of Melanocortin 4 Receptor(MC4R) Gene Effect on Pork Quality Traits in Pigs. *Journal of Animal Science and Technology*. 54(1):1–8.
- Rudolph Verchow. (1856) *Phlogose und Thrombose im Gefässsystem*.
In: *Gesammelte Abhandlungen zur Wissenschaftlichen Medizin* Staatsdruckerei, Frankfurt
- Ruusunen, M. & Puolanne, E. (1997) Comparison of Histochemical Properties of Different Pig breeds. *Meat Science*, 45:119–125.
- Ryu, Y. C. & Kim, B. C. (2005) The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 71:351–357.
- Ryu, Y. C. & Kim, B. C. (2006) Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*, 84:894–901.

- Ryu, Y. C., Lee, M. H., Lee, S. K. & Kim, B. C. (2006) Effects of muscle mass and fiber type composition of longissimus dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs. *Journal of Muscle Foods*, 17:343-353.
- SAS Institute. (2001) SAS user's guide, version 8.2. Cary, NC: SAS Institute.
- Schiaffino, S. & Reggiani, C. (1996) Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*, 76:371-423.
- Schiaffino, S., L. Gorza, S. Sartore, L. Saggin, S. Ausoni, M. Vianello, K. Gundersen & T. Lomo. (1989) Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibers. *J. Muscle. Res. Cell. Motil.* 10:197-205.
- Schmidt, G. R., Zuidam, L. & Sybesma, W. (1972) Biopsy Technique and Analyses for Predicting Pork Quality. *Journal of Animal Science*, 34:25-29.
- Schubert-Schoppmeyer, A., Fiedler, I., Nurnberg, G., Jonas, L., Ender, K., Maak, S. & Rehfeldt, C. (2008) Simulation of giant fibre development in biopsy samples from pig. *Meat Science*, 80:1297-1303.
- Seideman, S. C. & Crouse, J. D. (1986) The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 17:55-72.
- Sellier, P. & Monin, G. (1994) Genetics of pig meat quality, a review. *J. Muscle Foods* 5:187-219.
- Stetzer, A. J. & McKeith, F. K. (2003) Benchmarking value tin the pork supply chain: Quantitative strategies and opportunities to improve quality. Final Report-phase I. Final Report to the American Meat Science Association.

Talmadge, R. J. & Roy, R. R. (1993) Electrophoretic separation of rat skeletal muscle myosin heavy-chain isoforms. *J. Appl. Physiol*, 75:2337-2340.

Talmadge, R. J., Roy, R. R. & Edgerton, V. R. (1995) Prominence of myosin heavy chain hybrid fibers in soleus muscle of spinal cord transected rat. *Journal of applied Physiology*, 78:1256-1265.

Tanabe, R., Muroya, S. & Chikuni, K. (1999) Expression of Myosin Heavy Chain Isoforms in Porcine Muscles Determined by Multiplex PCR. *J. Food. Science*, 64:222-225.

Van Laack, R. L. J. M., Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulders, F. J. M., Eikelenboom, G. & Pingeiro, J. C. (1994) Is color brightness(L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle. *Meat Science*, 38:193-201.



Warriss P. D. & Brown, S. N. (1987) The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Science*, 20:65-74.

Wigmore, P. M. C. & Stickland, N. C. (1983) Muscle development in large and small pig fetuses. *J. Anat.* 137:235-243.

Wismer-Pedersen, J. (1959) Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. *Food Research*. 24:711-727

Zerbino, D. D. (1994) Biopsy: its history, current and future outlook. *Lik Sprava*, 3-4:1-9.

농림수산식품부 고시 제2011-115호. (2011)

농림수산식품부. (2014) 농림축산식품 주요통계, p.326-345.

농촌진흥청. (1997) 농업용어사전, p.808

한국동물육종유전연구회. (2005) 동물육종학. 선진문화사, p.186-199.



감사의 글

2년이란 시간이 지나 어느덧 졸업을 앞둔 지금 부족함이 많은 저를 위해 물심양면으로 도와주신 분들을 위해 감사의 글을 올립니다.

모든 일에 있어 항상 저를 위해 따뜻한 말씀으로 격려해주시고 학문적으로 부족한 부분을 채워 지금까지 성장할 수 있게 도움을 주신 류연철 지도교수님께 진심으로 감사한 마음과 존경의 마음을 올립니다. 바쁜 일정 속에서 이 논문이 나오기 까지 논문심사와 논문의 부족한 부분을 지도 해주신 정동기 교수님과 이왕식 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 학교생활에 있어서 많은 가르침과 도움을 주신 강민수 교수님, 양영훈 교수님, 오성종 교수님께도 진심으로 감사드리며 학교생활에 도움을 준 황순희 조교선생님, 고명신 조교선생님께도 감사드립니다. 논문이 나오기 위해 현장에서 힘 써주신 오영익 사장님, 강태문 농장장님과 농장식구들께도 진심으로 감사드립니다.

2년이라는 대학원 생활동안 부족한 부분을 채워준 경보형, 그리고 경보형과 같이 저를 위해 격려와 충고를 해준 동근이형에게 감사드립니다. 그리고 농장에서 우리를 위해 대신 수고해준 도훈이형, 2년동안 나와 같이 고민을 나누던 익동이, 이제는 실험실에서 없어서는 안 될 존재 행철이에게 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 실험실 밖으로 저를 많이 도와주셨던 태준이형, 재호형, 준형이형, 정현이형에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

내가 힘들고 지칠 때 항상 옆에서 지켜주고 나를 위해 모든 일을 해준 친구, 서로 슬플 때나 기쁠 때 같이 해준 친구들 건이, 경섭, 동혁, 상윤, 승민, 용호, 재상, 중립, 진권, 진훈, 태엽, 현석, 현수, 희성, 나림, 민정, 우림, 지윤, 청하야 정말로 고맙고, 우리 친구들이 있어서 내가 지금까지 올 수 있었다는 생각이 든다. 그리고 우리 형·누나 병호형, 병주형, 동윤이형, 지석이형, 지은이누나, 요한이에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

항상 옆에서 저를 지켜봐 주시고 도움을 주신 작은아버지, 항상 우리 큰손자를 챙겨주시는 할머니께 진심으로 감사드립니다. 큰오빠를 무서워하는 우리 조카 예진, 혜진이, 나 때문에 항상 얻은 것을 포기해야하고 나를 위해 많은걸 희생한 내동생 영탁이에게 미안하고 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

그리고 제가 지금 까지 올 수 있고 이 논문을 쓸 수 있게 해주신 부모님께 진심으로 감사드립니다. 두 분의 노력과 사랑이 있었기에 이 모든 것이 가능할 수 있었고 지금까지 해주신 모든 것을 기억하고 간직하며 살아가겠습니다. 어머니, 아버지 사랑합니다. 앞으로도 두 분께 실망 시키지 않는 큰아들이 되겠습니다.

그리고 이 감사의 글을 통해 감사함을 전하지 못한 분들께 죄송하며 저를 위해 힘써주시고 챙겨주신 그 노력을 기억하며 노력하겠습니다. 앞으로 더 힘든 나날이 있겠지만 여러분의 관심과 마음을 통해 더욱더 성실한 사람이 되겠습니다. 그리고 저도 다른 이를 위해 베풀 수 있는 큰 사람이 되겠습니다.

마지막으로 모든 분들께 진심으로 감사드립니다.

2014년 12월

김영화



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY