

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000655-01

삼겹살 개량을 위한 품질평가 및 선발 체계 개발

(Development of evaluation system for pork belly quality
related with Korean specific breeding pig)

고 려 대 학 교

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “삼겹살 개량을 위한 품질평가 및 선발 체계 개발 과제”의 보고서로 제출합니다.

2014 년 11 월 27 일

주관연구기관명 : 고려대학교

주관연구책임자 : 홍 기 창

연 구 원 : 임 규 상

연 구 원 : 이 은 아

연 구 원 : 강 지 훈

연 구 원 : 허 민 회

연 구 원 : 이 승 훈

연 구 원 : 주 동 현

협동연구기관명 : 축산물품질평가원

협동연구책임자 : 백 장 수

협동연구기관명 : 피그진코리아

협동연구책임자 : 김 성 훈

요 약 문

I. 제 목

삼겹살 개량을 위한 품질평가 및 선발 체계 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

양돈산업은 국내 농·축수산업 중에서 가장 규모가 큰 산업 중 하나로서, 돼지고기는 우리 국민들의 가장 주요한 단백질공급원이다. 그 중에서도 삼겹살은 우리나라 소비자들이 가장 선호하는 부위로서, 구이문화를 바탕으로 한 삼겹살 위주의 소비패턴은 다른 나라에서 볼 수 없는 우리나라만의 가장 큰 특징이다. 그에 비해 외국은 등심이나 햄 위주의 소비패턴을 보이므로, 우리나라의 돈육 소비구조와는 현저한 차이가 있다. 따라서, 한국형 종돈이란 삼겹살이 특화된 종돈이어야 하며, 웰빙을 선호하는 소비자의 기호에 부합하기 위해서는 삼겹살의 단순한 양적증대뿐 아니라 질적향상까지 가져다 줄 수 있는 종돈이어야 한다.

그럼에도 불구하고 그동안 우리나라의 종돈개량은 외국의 평가잣대를 그대로 준용하여 등심위주로 이루어져 왔고, 아직까지도 삼겹살 품질에 대한 객관적이고 합리적인 품질평가 및 선발 체계가 부재한 실정이다. 그 결과 국내실정에 맞는 합리적인 종돈개량이 이루어지지 못하게 되어, 결국 한국형 종돈이 부재한 상황에 처하게 되었다. 이와 같은 상황에서 양돈농가는 개인적 선호도에 의지하여 종돈을 무분별하게 수입할 수밖에 없었고, 우수한 유전자원 확보를 기대하기는 커녕 구제역, 만성소모성질환 등 각종 전염성질병이 만연하게 되었다. 이로 인해 가축위생 및 방역 등에 따른 생산비 상승과 더불어, 종돈수입에 따른 비싼 로열티 지불로 말미암아 국가적 손실이 지속적으로 커져가고 있다.

따라서, 국내 소비자 기호에 적합한 고품질 삼겹살을 생산할 수 있는 한국형 종돈의 개발은 국가적 차원에서 반드시 이루어져야 할 과제이다. 이에 본 연구진은 삼겹살의 한국형 표준을 설정하고 삼겹살의 객관적이고 합리적인 품질평가체계를 개발하고자 하며, 삼겹살 개량대상형질 선정 및 선발지수를 개발하고 돼지 유전체정보를 활용한 삼겹살관련 DNA마커 개발을 개발함으로써 생체단계에서의 삼겹살 품질진단 및 예측기법을 개발하여 고품질 삼겹살을 가진 한국형 종돈 개량기반을 마련하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

가. 소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정

- (1) 도체외관 평가 및 등심, 삼겹살 생산량 평가
- (2) 삼겹살 세부근육의 분포 조사
- (3) 삼겹살과 등심의 근육별 이화학적 및 조직학적 특성 분석
- (4) 삼겹살 관능평가를 통한 삼겹살 형태에 대한 소비자선호도 조사

나. 객관적이고 정확한 삼겹살 품질평가 방법 개발

- (1) 기준안에 의한 도체 평가 및 검증
- (2) 삼겹살의 대표 평가부위 설정
- (3) 품질평가방법의 객관화 방안 마련

다. 삼겹살의 근육 특성에 의한 소매단계 ‘소분할 부위’ 구분 연구

- (1) 소분할 부위 생산량에 따른 경제성 분석
- (2) 소분할 부위에 대한 소비자 만족도 조사
- (3) 소매단계 소분할 부위 구분 타당성 검증

2. 삼겹살관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정

가. 시험축 설정 및 삼겹살 관련형질과 검정성적 간의 연관관계 구명

- (1) 시험축선정 및 교배계획 수립
- (2) 삼겹살 세부근육과 도체외관평가 형질의 상관관계분석
- (3) 세부근육과 관능평가 결과의 상관관계 분석

나. 삼겹살 관련 형질의 유전특성 구명

- (1) DF_REML방법을 이용한 삼겹살관련 형질의 유전모수 추정
- (2) 삼겹살관련 형질과 검정형질간의 유전 상관 추정
- (3) BLUP Animal Model을 이용한 삼겹살관련 형질의 육종가 추정

다. 삼겹살 품질개량 및 증대를 위한 육종모형 개발

- (1) 삼겹살 관련 형질의 경제가치 추정
- (2) 다수 형질의 동시 선발을 위한 선발지수 개발
- (3) 삼겹살 개량을 위한 종돈 개량 모형 개발
- (4) 기존 BLUP 모형에 유전정보를 포함한 MAS 모형 제시

3. 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발

가. 삼겹살 관련 후보유전자 탐색 및 다형성 발굴

- (1) 지방 및 근육형성관련 QTL내 후보유전자 탐색
- (2) 후보유전자의 발현영역 및 발현조절영역 염기서열구조 분석 및 품종간, 품종내 다형성 발굴
- (3) 유전자형 진단기법 개발

나. 삼겹살 관련 DNA마커 개발

- (1) 유전자 다형성 분포 조사
- (2) 유전자형과 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석
- (3) 최적유전자형 선정에 따른 DNA마커 개발

다. DNA분석을 통한 생체단계에서의 삼겹살 품질예측 및 평가기반 마련

- (1) 유전자형에 따른 mRNA 및 단백질발현양상 분석
- (2) 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질과의 상호연관성 분석
- (3) 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 빈도조사

IV. 연구개발결과

1. 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

제 1협동과제 “삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발”의 연구결과를 요약하면, 본 연구에서는 한국형 표준형 삼겹살 설정을 위하여 소비자 선호도 조사를 실시하였고, 그에 따른 표준형 삼겹살 기준을 설정하였다. 이를 객관적으로 평가하는 방안을 마련하기 위해 삼겹살 세부근육에 대하여 조사하였다. 각 세부근육은 척추위치에 따라 달리 분포하고 있으며 근육의 분포에 따라 삼겹살에 대한 소비자 선호도가 차이가 나 척추위치별 삼겹살 근육에 대한 조사를 진행하였다. 소비자들이 가장 싫어하여 소위 떡지방이 발생하는 흉추12번 위치와 흉추5번에서 유의적 상관관계가 있는 근육은 몸통피부근(Cutaneous trunci muscle)으로, 이는 몸통피부근이 발달되어있으면 삼겹살에 대한 시각적 관능검사에 정(+)의 상관관계가 있는 것을 의미한다. 이러한 결과는 몸통피부근은 삼겹살의 지방 분포에 대한 시각적 긍정적 요인으로 중요한 대표근육으로 향후 종돈개량에 필요한 대표근육이라고 추정할 수 있겠다.

돼지 좌도체에서 생산되는 삼겹살 한판을 척추 위치에 따라 구분하여 소비자 선호도가 높은 위치의 삼겹살 조각과 선호도가 낮은 삼겹살을 구분하고, 현행 분할·정형 방법에서 소비자 선호도가 낮은 미추리쪽의 삼겹살을 별도로 오려냄으로써 선호도가 높은 흉추 부위쪽 삼겹살의 상품가치를 높이는 동시에 적정 거래가격 등을 조사하였다. 조사결과 요추5번이하 삼겹살은 다른 부위와 유의적으로 차이가 있어 삼겹살과 별도로 소분할하여 부위별 용도를 찾아 거래하게 하는 것이 국내산 돼지고기의 선호도를 높일 수 있는 한 방법이라 하겠다.

2. 삼겹살관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정

제 2협동과제의 연구결과를 요약하면, 삼겹살관련 형질개량을 위한 종돈선발모형을 설정하는 것을 목표로 하여 시험축의 교배계획을 진행하였고, 총 712두의 시험축군을 조성하였다. 조성된 시험축군에 대하여 혈연계수행렬을 만들어 분석에 사용하였다. 제 1 협동과제와의 연계를 통해 삼겹살 관련 형질과 도체형질의 상관관계를 분석한 결과, 도체중은 삼겹살의 근육비중과는 부의 상관관계를, 삼겹살을 구성하는 주요근육들의 양과는 정의 상관관계를 나타냈다. 이는 도체중의 증가에 따라서 각각의 근육량은 증가하지만 지방대비 근육의 비율이 낮아짐을 의미한다. 또한 등지방층두께와 삼겹살근육비중과의 관계도 강한 부의 상관을 나타내고 있으므로, 등지방두께를 통해 간접적으로 삼겹살지방함량 수준을 유추할 수 있을 것으로 판단된다. 삼겹살을 구성하고 있는 세부근육들의 상관관계를 분석한 결과 세부근육들이 모두 양의 상관관계

가 있어, 한 두 개의 세부근육을 이용하여 다른 형질을 같이 개량할 수 있을 것으로 판단된다. 대부분 세부근육 간 유전상관도 높은 결과 값을 나타내었고, 이들 삼겹살 세부근육 간에는 높은 표현형상관 뿐 아니라 높은 유전상관이 있으므로 삼겹살의 세부근육 개량에 몇 개의 대표근육을 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 삼겹살 관련 형질의 경제가치를 추정하기 위하여 연간 유전적 개량량을 추정한 결과, 세부근육 중 몸통피부근이 첫 번째로 높은 값을, 배바깥경사근이 0.188로 두 번째로 높은 값을 나타냈다. 두 형질은 제 1협동과제의 결과에서 떡지방의 생성을 방지할 수 있는 세부근육으로 판단되기 때문에 연간 유전적 개량량이 크다는 점을 보았을 때 개량 시 유용한 형질이 될 것으로 판단된다.

3. 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발

제 1 세부과제에서는 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발을 목표로 하여 Candidate gene approach 방식으로 몸통하축근 발달관련후보유전자 1개와, 지방 및 근육형성관련 GO term, QTL 정보, pathway 등의 정보를 통해 주요 후보유전자 4개를 최종 선정하였다. 선정된 5개의 후보유전자에 대해 문헌조사 및 염기서열 비교를 통해 29개의 SNP 및 1개의 Indel을 탐색·발굴하였으며, 현장에서의 신속·정확한 유전자형 판별을 위해 PCR-RFLP (polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism)기법을 이용하여 9개의 좌위에 대한 유전자형분석기법을 성공적으로 개발하였다.

조성된 시험축에 대하여 유전자형을 분석하여 타 협동과제와의 연계를 통해 유전자형과 삼겹살 관련 형질들과의 연관성을 구명하였고, 각 마커의 mRNA 발현량을 조사하여 실질적으로 유전자의 기능에 따른 효과임을 검증하였다. 또한, 적육생산형질 및 육질형질, 면역관련형질에 대한 연관성 분석 및 제 1협동과제에서 제시한 표준형 삼겹살 군집에 따른 DNA마커 빈도를 분석하였다. 따라서, 본 연구를 통해 개발한 DNA마커는 생체수준에서 삼겹살 세부근육의 특성을 예측하고 삼겹살 품질을 평가할 수 있는 지표로서 효용성이 있다고 판단된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

가. 기술적 연구성과

- 삼겹살의 한국형 표준 확립
- 삼겹살의 객관적이고 합리적인 품질평가체제 개발
- 생체 삼겹살 특성의 분석기법 기반 확립
- 삼겹살 개량대상형질 선정 및 선발지수 개발
- 생체단계에서의 삼겹살 품질진단 및 예측기법 개발
- 고품질 삼겹살을 가진 한국형 종돈 개량기반 마련

나. 산업·지식재산권 및 유전자원등록

- 국내특허등록

돼지 *MYF5* 유전자의 SNP를 이용한 육질향상 확인용 DNA 표지인자 (등록번호 : 10-1438524)

- 유전자원등록 25건 (NCBI)

다. 학술적 성과

- 국제학술대회 1편 발표

Lee *et al.*, New SNPs in porcine *MYF5* gene and associations with the muscle fiber characteristics and economic traits, International Society for Animal Genetics, 33rd Conference, Proceedings of the 33rd International Conference on Animal Genetics, Cairns 2012/ 104p.

- 국내학술대회 2편 발표

강현성 외, 국내 소비자 기호에 적합한 삼겹살 표준설정 및 세부근육별 유전적 특성 구명, Proceedings of 2013 Annual Congress of KSAST, 2013/proceeding vol.2/ 31p., Jeju, Korea

Hur *et al.*, Prediction of belly traits in live pig using computed tomography.

Proceedings of 2014 Annual congress of KSAST, 2014/proceeding vol.2/ 135p., Hongcheon, Korea

라. 우수 인력의 양성

- 석사 1명, 학사 1명

마. 홍보

- 소비자 선호 최고의 삼겹살 규격 (축산신문, 2012.11.28.)
- 농장의 생산성 향상은 종돈개량을 통한 우수 유전자 확보가 선행되어야 한다 (피그엔포크, 2013.04.23.)
- 삼겹살이라고 다 같은 삼겹살 아니다 (축산신문, 2014.07.04.)

2. 성과 활용계획

가. SCI 국외학술지에 4편의 논문 투고

- Consumers' preference for different appearance of sliced pork bellies in South Korea
- Analysis of Pork belly composed muscle characteristics and their phenotypic and Genetic relationships
- Effect of intermuscular-fat thickness measurement in pig carcass on Pork Carcass traits, Belly Composition Characteristics
- Effects of SNPs in the porcine *TGFBI*, *TNF*, *WNT10B*, *PPARGC1A*, and *MYOD1* genes on pork belly traits

나. 국내 특허 출원 3건 준비

- 돼지 *TNF* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 중량증가 및 깊은홍근 증대용 DNA표지인자
- 돼지 *WNT10B* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 몸통피부근 증대용 DNA 표지인자
- 돼지 *PPARGC1A* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 떡지방 감소 및 근육비율증대용 DNA 표지인자

다. 교육자료제작

- 삼겹살 화보집 제작 배부

라. 정책자료

- 삼겹살 품질등급을 반영한 돼지등급제도 개선방안 마련

마. 후속연구진행

- 한국형 산식 개발(AutoFom)에 삼겹살 측정 기준 설정
- 삼겹살 세부근육 후보유전자 대량발굴을 위한 SNP chip 분석 및 상용 chip 제작

SUMMARY

Section 1. Development of objective indicator for belly quality evaluation

Consumers in Korea have strong preference for pork belly, but excessive fatty pork belly is problematic in South Korean meat industry, and there is not many documents of information available to determine the quality of pork belly. Therefore, we quantified the standard type of pork belly by consumer preference research. Furthermore, to development of belly quality evaluation method, the characteristics of the preferred pork belly slice were evaluated through the measurement of specific muscle composition in pork belly. In the results, the area of Cutaneous trunci muscle has the positive effect to visual sensory evaluation at thoracic vertebrae of the 12th that is excessive fat problem part. Therefore, the area of Cutaneous trunci muscle could be used as a major trait to develop the belly specific Korean breed. Third, to investigate the economic efficiency of two method primal cut of pork belly by removal of unfavoured part, consumer preference research was conducted. In the results, latter part after lumbar vertebrae of the 5th is refusal with consumer, therefore it would be needed that the latter part after lumbar vertebrae of the 5th would be secondary cut segregation in retail market to develop consumer' s preference of domestic pork.

Section 2. Breeding pig selection model setting for belly relative traits improvement

To develop the breeding pig selection model, Test herd setting were conducted and total 712 experimental pig was build. Association study between belly relative traits and test performance was conducted. Carcass weight has negative correlation with muscle percentage of belly, but has positive correlation with muscle area of belly. When carcass weight was increased, it might that each muscle composed pork belly was increased with more increased fat, therefore muscle to fat ratio would be decreased. In addition, backfat thickness has strong negative correlation with muscle percentage of belly, so backfat thickness would be used to evaluate the muscle percentage of belly. As a results that analysis of correlation among muscles that composed belly, they have positive correlation with themselves. Therefore, one or two muscles would be used to replace the other muscle for improvement

of pork belly quality. To estimate the economic value of belly composed muscles, genetic improvement value was estimated. The Cutaneous trunci muscle that the most important muscle in belly has highest values, therefore the muscle could be useful trait for pig breeding needed improvement of pork belly quality.

Section 3. Development of DNA marker for pork quality evaluation and prediction

First detail project is goal for DNA marker using belly quality evaluation and prediction. therefore we finally decide four major candidate genes through information about a hypaxial muscle growth related candidate gene, fat and muscle formation relative GO term, QTL, pathway. Find 29 SNPs and 1 InDel by literature investigation and nucleotide sequence comparison about five decided candidate genes. Genotype analysis method in nine locus was developed using PCR-RFLP (polymerase chain reaction–restriction fragment length polymorphism) method for fast and precise genotype distinction in field.

Association study between genotype and belly related traits was connected with other cooperation project through genotype analysis in constructed test herd, proved the effect from the gene function by investigate mRNA expression amount of each marker. Also, we analyzed association about lean meat production traits and meat quality traits, immune traits and DNA marker frequency according to standard belly group presented by the first cooperation project. Therefore, the DNA marker developed by this study, had utility for predict belly detail muscle characteristics and evaluate belly quality in live pigs.

CONTENTS

Chapter 1. Overview of the project	16
Section 1. Necessity of the research and development	17
1. Industrial aspect	17
2. Social and economic aspect	19
3. Technical aspect	20
Section 2. Goal of the project	21
1. Final goal of the project	21
2. Contents of the project	22
3. Scope of the project	25
Chapter 2. Status of research and development	28
Section 1. Current status of research and development	29
1. Status of research and development of foreign countries	29
2. Status of research and development of Korea	29
3. Research level of the project team and results of previous studies	30
Section 2. Future prospect of research and development	34
1. Future prospect through patents, papers, and products	34
2. Expectation level of the research and development	35
Chapter 3. Contents and results of research and development	36
Section 1. Development of objective indicator for belly quality evaluation	37

1. Korean belly standard setting for customer	37
2. development of belly quality evaluation method	69
3. study of secondary cutts segregation in retail market by belly muscle characteristics	119
Section 2. Breeding pig selection model setting for belly relative traits improvement ...	176
1. Test herd setting and study association between belly relative traits and test performance	176
2. Genetic characteristics study of belly relative traits	186
3. Development of breeding model for belly quality improvement and increase	194
Section 3. Development of DNA marker for pork quality evaluation and prediction	205
1. Belly relative candidate gene investigation and find polymorphisms	205
2. Development of belly relative DNA marker	226
3. Provide belly Quality prediction and evaluation method in live pig through DNA analysis	256
Chapter 4. Achievement and contribution to related fields	280
Section 1. Goal achievement	281
Section 2. Contribution to related fields	284
Chapter 5. Application of the results	285
Chapter 6. Overseas technology collected during the research	288
Chapter 7. References	290

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	16
제 1 절	연구개발의 필요성	17
1.	산업적 필요성	17
2.	사회·경제적 필요성	19
3.	기술적 필요성	20
제 2 절	연구개발의 목표와 내용	21
1.	연구개발의 최종목표	21
2.	연구개발의 내용	22
3.	연구개발의 범위	25
제 2 장	국내외 기술개발 현황	28
제 1 절	국내외 기술현황	29
1.	국외수준 기술현황	29
2.	국내수준 기술현황	29
3.	신청연구팀의 연구수준 및 선행연구결과	30
제 2 절	연구개발의 전망 및 수준	34
1.	특허, 논문, 제품(시장) 분석을 통한 연구개발의 전망	34
2.	연구개발의 목표수준	35
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	36
제 1 절	삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발	37
1.	소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정	37
가.	도체외관 평가 및 삼겹살, 등심 생산량 평가	37
나.	삼겹살 세부근육의 분포 조사	47
다.	삼겹살과 등심의 근육별 이화학적 및 조직학적 특성 분석	55
라.	삼겹살 관능평가를 통한 삼겹살 형태에 대한 소비자선호도 조사	59

2. 객관적이고 정확한 삼겹살 품질평가 방법 개발	69
가. 기준안에 의한 도체 평가 및 검증	69
나. 삼겹살의 대표 평가부위 설정	83
다. 품질평가방법의 객관화 방안 마련	95
3. 삼겹살의 근육 특성에 의한 소매단계 ‘소분할 부위’ 구분 연구	119
가. 소분할 부위 생산량에 따른 경제성 분석	119
나. 소분할 부위에 대한 소비자 만족도 조사	139
다. 소매단계 소분할 부위 구분 타당성 검증	160
제 2 절 삼겹살관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정	176
1. 시험축 설정 및 삼겹살 관련형질과 검정성적 간의 연관관계 구명	176
가. 시험축설정 및 교배계획 수립	176
나. 삼겹살 세부근육과 도체외관평가 형질의 상관관계분석	179
다. 세부근육과 관능평가 결과의 상관관계 분석	183
2. 삼겹살 관련 형질의 유전특성 구명	186
가. DF_REML방법을 이용한 삼겹살관련 형질의 유전모수 추정	186
나. 삼겹살관련 형질과 검정형질간의 유전 상관 추정	189
다. BLUP Animal Model을 이용한 삼겹살관련 형질의 육종가 추정	191
3. 삼겹살 품질개량 및 증대를 위한 육종모형 개발	194
가. 삼겹살 관련 형질의 경제가치 추정	194
나. 다수 형질의 동시 선발을 위한 선발지수 개발	195
다. 삼겹살 개량을 위한 종돈 개량 모형 개발	196
라. 기존 BLUP 모형에 유전정보를 포함한 MAS 모형 제시	199
제 3 절 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발	205
1. 삼겹살 관련 후보유전자 탐색 및 다형성 발굴	205
가. 삼겹살 관련 후보유전자 탐색	205
나. 후보유전자의 발현영역 및 발현조절영역 염기서열구조 분석 및 품종간, 품종내 다형성 발굴	213
다. 유전자형 진단기법 개발	221
2. 삼겹살 관련 DNA마커 개발	226
가. 유전자 다형성 분포 조사	226
나. 유전자형과 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석	232
다. 유전자형에 따른 mRNA와 단백질발현양상 분석 및	

유전자발현패턴과 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석	251
3. DNA분석을 통한 생체단계에서의 삼겹살 품질예측 및 평가기반 마련	256
가. 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질과의 상호연관성 분석	256
나. 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 빈도조사	277
다. 최적유전자형 선정에 따른 DNA마커 개발	279
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	280
제 1 절 연구개발목표의 달성도	281
제 2 절 관련분야 기술발전의 기여도	284
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	285
제 1 절 연구개발 성과	286
제 2 절 성과 활용계획	287
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	288
제 7 장 참고문헌	290

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 산업적 필요성 <한국형 종돈의 부재>

2009년 농림업생산액은 42조 9,951억원이며 농림업에서 축산의 비중은 지속적으로 증가하고 있고(약 38%), 축산중에서도 양돈은 약 5조 4,734억원으로 큰 비중을 차지하고 있다. 국내 양돈 산업은 2003년까지 지속적으로 성장하여 사육두수가 1990년 이후 2배이상 증가했으며 급증추세가 멈춘 2004년이후에도 꾸준히 유지하여 2009년 현재 약 960만두가 사육되고 있다. 또한 1인당 돈육소비량 또한 꾸준히 늘어(19.1kg, 2009년) 국내육류소비시장에서 가장 큰 부분(55%, 농림수산식품부, 2009 농림업 주요통계자료)을 차지하고 있다. 이와 같이 양돈산업은 우리 국민들의 주요한 단백질공급의 원천으로서 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

국내 양돈산업은 축산물에 대한 해외시장 개방과 함께 국제경쟁력 확보라는 과제에 직면해 있다. 국내 돼지고기 소비량은 꾸준히 증가하고 있지만, 돈육수입량은 2003년 이후 연간 37%씩 급증하는 추세에 있는 가운데 국내산공급량은 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히 국내의 부위별 불균형적인 돈육소비구조는 수입삼겹살의 급격한 증가를 가져오고 있다(표 1). 2000년에서 2008년 사이에 수입된 돼지고기는 냉동육비율이 95.6%로 대부분을 차지하며, 냉동 수입량의 51.8%를 삼겹살이 차지하고 있는 실정이다. 이러한 가운데 칠레 및 미국과의 연이은 FTA협정으로 인해 각각 2013년과 2014년부터 칠레, 미국산 냉동돈육이 무관세로 수입될 예정으로 양돈산업에 위기감이 고조되고 있다. 설상가상으로 돼지고기 시장개방이 최대 쟁점 중 하나였던 한-EU FTA도 타결됨(2010년)에 따라 양돈분야의 피해가 가장 클 것으로 우려되고 있다(그림 1).

표 1. 연도별 삼겹살수입량

(한국육류유통수출입협회)

년도	삼겹살	총수입량	주요수입국(관세 폐지)
2000	50,196 톤	95,892 톤	EU (2020년)
2004	64,484 톤	108,832 톤	미국 (2014년)
2008	113,154 톤	214,290 톤	칠레 (2013년)

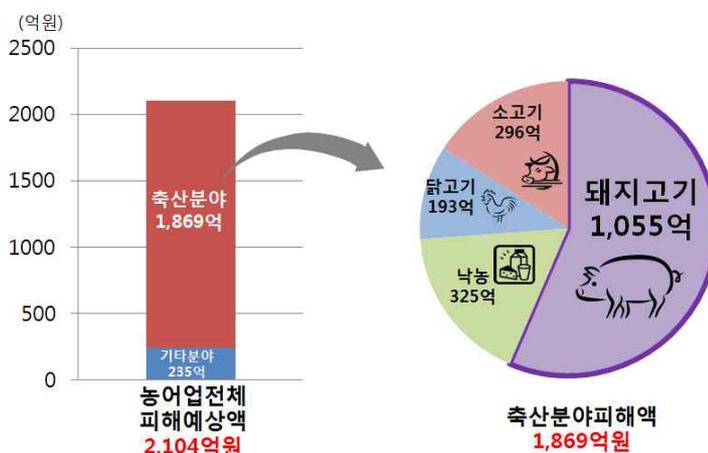


그림 1. 한-미 & EU FTA발효 10년후 농림업 피해 예상액 (농림수산식품부, 2010)

위에 언급한 바와 같이 급증하고 있는 수입 돈육에 대응하여 국내 양돈산업을 지켜내기 위해서는 국내 소비자를 만족시킬 수 있는 차별화된 돈육을 생산할 수 있는 기반기술이 필요하다. 이는 유전적인 측면에서 충분히 접근이 가능하며, 최근에 이를 충족할 수 있는 ‘한국형 종돈개발’이란 명제가 대두되고 있다. 우리나라 종돈업계는 현재 GGP 20개소, GP 42개소, 일반종돈장(GGP+GP) 39개소를 포함하여 122개의 종돈업 등록업체가 있다(종돈개발, 2010년 8월호 기준). 그러나 우리나라 종돈업계의 가장 큰 문제점은 수입종돈에 의존하여 종돈을 생산하고 있어 국내시장이 세계종돈의 전시장으로 전락하고 있다는 점이다(표 2). 이는 한국형 종돈의 부재가 가장 큰 원인이며, 국가단위 방역의 한계와 맞물려 구제역, 만성소모성질환과 같은 각종 전염성질병이 만연(그림 2)하게 되어, 생산성이 감소(그림 3)되는 악순환을 만들어내고 있다.

표 2. 연도별 종돈수입두수

(한국종축개발협회, 2010)

구분	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
암	1557	1106	996	785	373	769	1321	1119	1196
수	310	493	418	489	387	592	515	731	636
계	1867	1599	1414	1274	760	1361	1836	1850	1832



그림 2. 국내 양돈농가의 상재성 질병피해

(대한양돈협회, 2010)

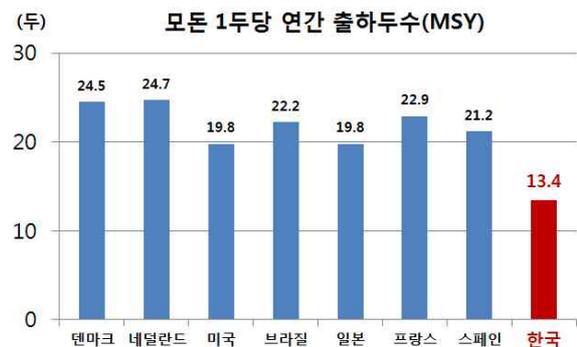


그림 3. 주요국과의 양돈생산성 비교

(대한양돈협회, 2009)

FTA에 따른 수입개방화에 대비하여 우리나라의 양돈산업의 경쟁력을 키우기 위한 방편으로는 생산성을 높이기보다는 수입 돼지고기가 취약한 부분을 집중공략할 필요가 있다. 가까운 예를 한우에서 찾을 수 있다. 한우개량초기(70~80년대)에는 개량이나 교잡을 통해 양적인 면을 개선하여 수입쇠고기와 경쟁하려했으나, 90년도 이후부터는 한우의 장점인 질적 측면을 함께 개선해 옴으로써 한우의 국제경쟁력을 높여서 쇠고기 시장에서의 자급율을 40%대에서 유지하고 있다. 결론적으로 한우의 성공전략에서 보듯이, 우리 양돈산업에 한국형 종돈계통을 정립하고 보급할 수 있다면 수입돼지고기와 차별화를 통해 국내산 돼지고기의 국제경쟁력을 확보할 수 있을 것이다. 이와 같은 ‘한국형 종돈’의 개념정립 및 방향설정은 외국과 차별되는 국내 소비자의 돈육소비경향에서 그 실마리 찾을 수 있다.

2. 사회·경제적 필요성 <한국형 종돈의 개념 - 삼겹살 특화>

미국과 유럽의 소비자들은 일반적으로 지방이 적은 살코기를 선호해 주로 등심, 안심, 후지 부위를 애용한다. 미국은 1987년 양돈자조금제도 시행 이후 돈육소비촉진캠페인을 벌였는데, 돼지고기가 닭고기처럼 저지방이면서 저칼로리인 점을 강조하는 “또 다른 백색고기(Pork, the Other White Meat)”라는 슬로건 내걸고 적극적인 홍보를 해왔다. 또한 유럽에서는 살코기형 돼지품종이 많이 육성보급되어 지난 30년간 체지방이 약 30% 감소되고 살코기의 함량이 약 30%증가됐다. 반면 일본은 등심의 마블링을 중요 요소로 설정하고 지난 십 여 년 간 하이마블링 중심의 품종개량을 해왔다. 그러나 일본 역시 주요 관심부위는 등심이라고 할 수 있다. 그 결과, 유럽형 종돈에는 등심 또는 햄 부위가 특화된 종돈개량이 이루어졌으며, 일본형 종돈에는 등심 마블링이 특화된 종돈개량이 이루어져 왔다 (그림 4).



그림 4. 유럽형 및 일본형의 종돈

삼겹살은 우리나라 소비자들이 가장 선호하는 돼지고기 부위(그림 5)로서, 살코기위주의 등심 및 햄 부위를 선호하는 유럽, 미국 등 다른 나라에서 볼 수 없는 우리나라만의 독특한 소비 트렌드라고 하겠다. 이는 구이문화에서 기인하며 이러한 삼겹살에 대한 높은 선호도는 곧 높은 삼겹살 가격으로 이어진다. 2009년 삼겹살 1kg당 도매가는 12,580원으로 뒷다리살(6,051원)이나 등심(4,868원) 등 다른 부위의 돈육보다 비싸고, 다른 나라들(일본10,002원, 미국 2,029원)의 삼겹살과 비교하여도 높은 가격대를 형성하며, 국내에서 생산되는 삼겹살의 생산액은 1조 8천억 원으로 전체 돼지고기 생산액의 약 39%를 차지하여 우리나라 돼지고기 유통에 중요한 부분을 차지하고 있다(그림 6). 앞으로도 이러한 삼겹살 위주의 소비패턴은 지속될 것으로 전망되며, 웰빙을 선호하는 소비자 기호에 부응하기 위해서는 고품질의 삼겹살 공급이 요구된다. 따라서 ‘한국형 종돈’은 ‘고품질 삼겹살이 특화된 종돈’이라고 할 수 있으며, 이를 위한 종돈개량 기반확립이 절실한 시점이다.

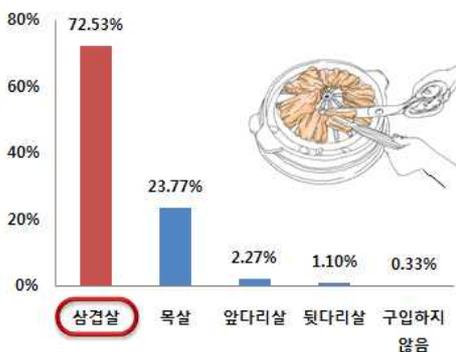


그림 5. 돈육선호부위 설문조사
(농림수산식품부, 2010)

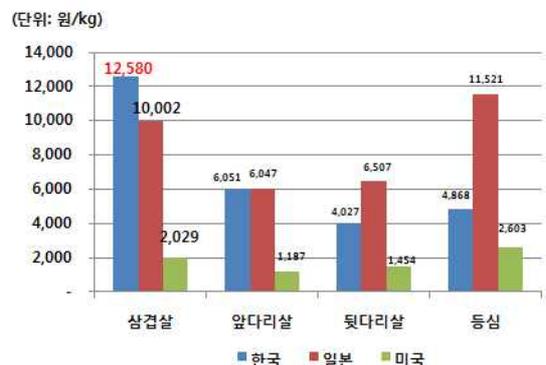


그림 6. 주요국의 돈육 부위별 도매가
(식육편람, 2010)

현재 국내 종돈개량목표는 일당증체량, 등지방두께, 사료효율 등으로 설정되어 있다. 그러나 국민이 선호하는 삼겹살 생산량 및 품질개선을 개량목표로 설정했을 때 큰 경제적 효과를 기대할 수 있다. 먼저 삼겹살생산량을 두당 1kg 개량했을 때 연간 13,500톤의 추가생산으로 삼겹살수입대체효과(삼겹살 수입량의 12%, 식육편람 2010)와 함께 약1,620억원(13,500천두 × 삼겹살추가생산1kg × 12,000원)의 직접개량효과가 나타날 것으로 전망된다. 또한 삼겹살 품질개선으로 kg당 지육단가가 약 10%증가(약 1,000원) 될 경우, 1두당 약 1만원(1두당 평균삼겹살생산량 10kg)의 부가가치를 창출할 수 있으며 국가적으로 약 13,500천만두 출하시 연간 1천억원이상의 매출액 증가가 기대된다. 이와 같이 삼겹살의 양적, 질적 개량은 가격보다 품질을 중시하는 최근 국내 소비자들의 돈육소비경향(육류유통실태보고서, 2010)과 맞물려 양돈산업의 경쟁력을 극대화시켜줄 수 있을 것으로 판단된다.

표 2. 삼겹살 생산량 및 품질개량에 따른 경제적 기대효과

항목	계산근거	항목	계산근거
연간도축두수	13,500천두	삼겹살 품질개선효과	1,000원/kg (삼겹살가격 약10%향상)
삼겹살1kg 추가생산	13,500톤 (수입삼겹살의 12%)	1두당 삼겹살생산량	10kg
삼겹살 도매가	12,000원/kg	1두당 부가가치창출	10,000원
생산량개량효과	1,620억원	품질개량효과	1,350억원

3. 기술적 필요성 <한국형 종돈개발을 위한 해결과제>

앞서 언급한 바와 같이 한국형 종돈의 개념에서 ‘삼겹살’이 매우 중요하게 다루어짐에도 불구하고 현재까지 삼겹살을 대상으로한 직접적인 개량은 이루어지지 못하고 외국기준의 등심 위주로 이루어지고 있어서, 우리나라 소비자만의 독특한 돈육소비 기호성을 반영하지 못하고 있다. 이는 국내소비자가 선호하는 ‘삼겹살 한국형 표준’에 대한 객관적이고 뚜렷한 기준이 미흡하기 때문이다. 그러므로 한국형 종돈 계통조성을 위해 무엇보다 시급한 것은 삼겹살의 한국형 표준 설정이다. 그림 7에서 나타나는 것과 같이 소매단계의 삼겹살은 다양한 형태로 나타나고 있으며, 삼겹살내 세부요인별 선호도에 대한 조사결과에 따르면 지방부착정도, 육색, 삼겹살의 폭, 지방색 순으로 다양한 요인들이 삼겹살의 선호도를 결정하고 있다(그림 8). 이를 반영하듯 최근에 육류에도 불기 시작한 웰빙 바람의 영향으로, 지금까지와 같이 지방이 많은 삼겹살의 선호는 다소 줄어들 것으로 예상된다. 그러므로 국내 소비자의 연령대별 및 성별에 따른 삼겹살의 품질상태에 대한 선호도를 상세히 조사하여, 국내 소비자가 원하는 대표 삼겹살의 품질에 대한 정의를 내리고, 이를 기반으로 삼겹살의 한국형 표준을 설정하는 것이 시급하다.

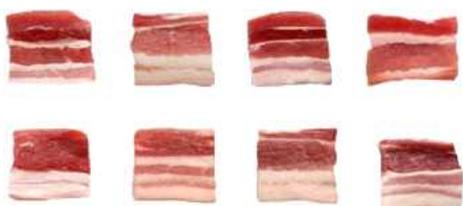


그림 7. 삼겹살형태의 다양성

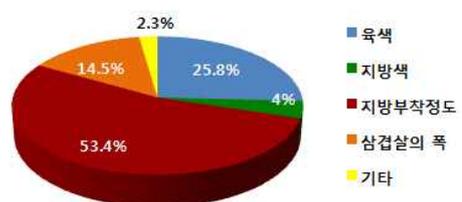


그림 8. 삼겹살내 세부요인별 선호도

(축산물품질평가원, 2006)

삼겹살의 한국표준형 부재와 함께 가장 큰 문제점은 삼겹살에 대한 평가방법의 부재와 이로 인한 개량체계의 부재이다. 도체전체의 육질등급을 평가할 때, 단순히 하나의 항목으로서 삼겹살특성이 평가되어지는 구조를 가진 현행 돈육질등급판정시스템으로는 객관적으로 삼겹살의 품질과 수율을 평가하기 어렵다. 현재 ‘삼겹살상태’는 축산물품질평가원의 돼지도체 육질등급 2차판정항목에 포함되어 판정항목별 등급 중 가장 마지막 단계에서 결정될 뿐만 아니라 평가기준 역시 단순히 삼겹살내 근간지방두께 및 외관으로 등급을 나누기 때문이다. 이는 각 육질등급별(1+, 1, 2등급) 삼겹살 맛 관련 패널테스트 결과에서도 잘 나타난다(육류유통수출입협회, 2010). 육안평가 및 맛평가로 이루어진 이 실험에서 1+등급보다 오히려 1등급의 삼겹살들이 더 좋은 평가를 받았다는 점에서 소비자의 기호를 반영할 수 있는 평가기준 마련이 필요하다는 것을 알 수 있다.

제 2 절 연구개발의 목표와 내용

1. 연구개발의 최종목표

- ① 삼겹살의 한국형 표준 설정
- ② 삼겹살의 객관적이고 합리적인 품질평가체제 개발
- ③ 삼겹살 개량대상형질 선정 및 선발지수 개발
- ④ 돼지 유전체정보를 활용한 삼겹살관련 DNA마커 개발
- ⑤ 생체단계에서의 삼겹살 품질진단 및 예측기법 개발
- ⑥ 삼겹살 능력검정 및 현장적용방안 마련
- ⑦ 고품질 삼겹살을 가진 한국형 종돈 개량기반 마련



2. 연구개발의 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2011	<p>〈제1협동과제〉 소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 도체의관 평가 및 삼겹살, 등심 생산량 평가 - 삼겹살, 등심부위의 근육 조성 비율 조사 - 삼겹살에 대한 관능 검사 - 삼겹살과 등심의 근육별 이화학적 및 조직학적 특성 분석 - 근육조성비율과 관능평가 결과의 상관관계 분석
		<p>〈제2협동과제〉 삼겹살관련 형질과 능력검정성적과의 연관성 규명</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 시험축 선정 및 교배계획 수립 - 삼겹살 관련 형질과 체장, 체고, 등지방두께 및 일당증체량과의 연관 관계 구명
		<p>〈제1세부과제〉 삼겹살 관련 후보유전자 탐색 및 다형성 발굴</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 지방 및 근육형성 관련 QTL 내 후보유전자 탐색 - 후보유전자 발현영역 및 발현조절영역 염기서열구조 분석 - 품종간, 품종내 유전자 다형성 발굴 - 유전자 다형성에 따른 유전자형 분석기법 마련

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차년도	2012	<p align="center"><제1협동과제> 객관적이고 정확한 삼겹살 품질평가방법 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기준안에 의한 도체 평가 및 검증 - 삼겹살의 대표 평가부위 설정 - 품질평가방법의 객관화 방안 마련
		<p align="center"><제2협동과제> 삼겹살 관련 형질의 유전모수 추정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - DF_REML방법을 이용한 삼겹살관련 형질의 유전모수 추정 - 삼겹살관련 형질과 검정형질간의 유전 상관 추정 - BLUP Animal Model을 이용한 삼겹살관련 형질의 육종가 추정
		<p align="center"><제1세부과제> 삼겹살 관련 DNA마커 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 유전자형에 따른 mRNA 및 단백질발현양상 분석 - 유전자형과 유전자발현패턴 및 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석 - 최적후보유전자 및 유전자형 선정에 따른 DNA마커 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	2013	<p align="center"> <제1협동과제> 삼겹살의 근육 특성에 의한 소매단계 ‘소분할 부위’ 구분 연구 </p>	<ul style="list-style-type: none"> - 소분할 부위 생산량에 따른 경제성 분석 - 소분할 부위에 대한 소비자 만족도 조사 - 소매단계 소분할 부위 구분 타당성 검증
		<p align="center"> <제2협동과제> 삼겹살 품질개량 및 증대를 위한 육종모형 개발 </p>	<ul style="list-style-type: none"> - 삼겹살 관련 형질의 경제가치 추정 - 다수 형질의 동시 선발을 위한 선발지수 개발 - 삼겹살 개량을 위한 중돈 개량 모형 개발 - 기존 BLUP 모형에 유전정보를 포함한 MAS 모형 제시
		<p align="center"> <제1세부과제> DNA마커 효용성 검증과 현장적용기반 마련 </p>	<ul style="list-style-type: none"> - 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질과의 상호연관성 분석 - 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 빈도조사 - DNA분석을 통한 생체단계에서의 삼겹살 품질예측 및 평가기반 마련

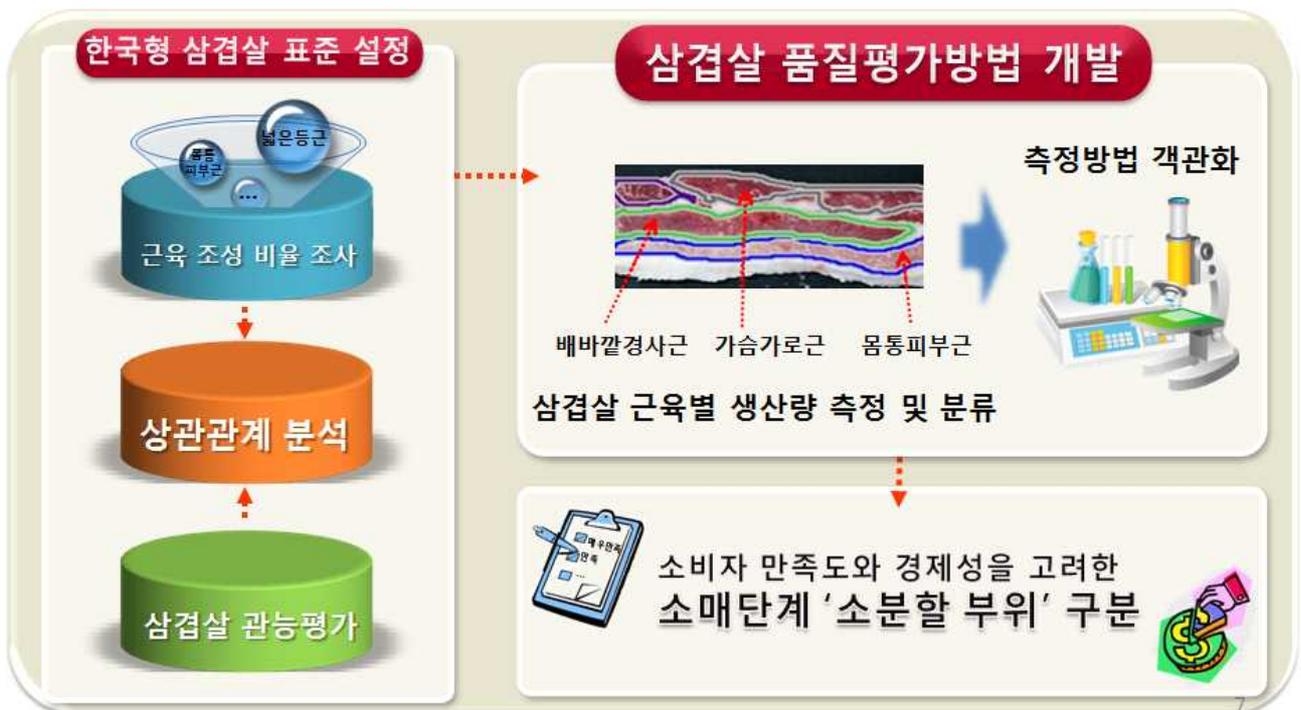
3. 연구개발의 범위

가. 제 1협동과제 : 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

삼겹살은 절단부위에 따라 구성하고 있는 근육도 다르고 삼겹살의 형태도 다르다. 다양한 형태의 삼겹살에서 소비자가 원하는 이상적인 삼겹살에 대한 정의를 설정한다. 이를 위해 도체외관 평가를 기준으로 삼겹살 및 등심 생산량을 측정하여 상관관계를 분석하고 삼겹살, 등심부위의 근육 조성비율을 조사한다. 삼겹살에 대한 시각적·미각적 관능검사와 근육별 이화학적·조직학적 특성을 분석하고 근육조성비율과 관능평가 결과의 상관관계를 분석하여 이상적인 삼겹살을 정의한다.

삼겹살에서 중요한 부위를 차지하는 몸통피부근, 넓은등근, 깊은흉근에 대한 생산량을 측정하고 분류한다. 소비자가 원하는 이상적인 삼겹살의 기준에 의한 도체를 평가하고 검증한다. 이를 바탕으로 삼겹살의 대표 평가부위를 설정하고 측정방법의 객관화 방안을 마련한다.

삼겹살내 근육의 종류가 흉추에서 요추방향으로 이행함에 따라 사라지는 근육(넓은등근, 깊은흉근 등)과 점차 커지는 근육(배바깥경사근, 배곧은근)이 교차하고 있으며 끝부분(미추리 부분)은 근육이 점차 줄어들면서 삼겹살의 형태가 분명하지 않으므로 삼겹살을 세분화하고 소분할 부위 생산량에 따른 경제성을 분석하고 소분할 부위에 대한 소비자의 만족도를 설문조사한다. 소비자의 만족도를 바탕으로 삼겹살 부위를 세분하여 구분하는 타당성을 검증하여 소매단계 판매와 연계시킨다.



나. 제 2협동과제 : 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

시험축 구성을 위하여 기초축군에 대하여 검정 성적을 분석하고 시험축을 선정한다. 선정된 시험축에 대하여 혈연 정보를 탐색하고 근교 계수를 추정한다. 구성된 시험축으로부터 제 1세 부과제에서 얻어진 삼겹살 관련 형질과 검정 성적간의 상관 분석을 통한 형질간의 표현형적 연관성 추정하고, 도축하지 않고 삼겹살의 양과 품질을 간접 측정할 수 있는 방법을 검토한다.

체장, 갈비의 수, 삼겹살의 무게, 몸통 피부근 등 삼겹살의 구성 요소 등에 대한 유전력 및 유전 모수 추정을 통하여 유전특성 구명하고, 고려된 형질들간의 유전적 연관관계 추정을 통하여 간접 형질 선발의 가능성을 탐색한다. 유전모수의 추정은 미분을 하지 않고 여러 형질을 동시에 추정할 수 있는 다형질 DF-REML 방법을 통하여 추정한다. BLUP Animal model 방법을 이용하여 각 개체의 유전능력(Breeding Value)을 평가한다.

삼겹살 형질 개량을 위한 선발지수 추정을 위하여 기존의 Hazel이 제안한 일반 선발지수의 추정방법을 사용한다. 삼겹살 형질에 대한 상대적 경제가치를 추정하고 이를 유전모수와 결합하여 선발 지수를 추정한다. 또한, 최근 문제가 되고 있는 등지방 두께의 유전적 개량량을 일정하게 유지할 수 있는 제한 선발지수 개발한다. 표현형 성적 대신 추정한 육종가를 활용할 수 있는 육종가 선발지수를 추정하며, 기대 유전적 개량량(expected genetic response)을 추정하여 각 선발지수식의 상대적 효용성을 분석한다.

기존의 중돈 선발 체계를 분석하고 삼겹살 정보를 수집하고 분석하여 활용할 수 있는 새로운 중돈 개량 모형의 제시하며, 제시된 중돈 개량 모형의 SWOT 분석을 통한 최적 개량 모형을 설정한다. 제 1세부과제에서 개발된 유전적 표지인자(genetic marker) 정보를 활용할 수 있는 유전평가모형을 개발하고, Genomic BLUP 및 REML 프로그램 적용 및 개체의 genomic breeding value 및 genetic parameter 추정한다.

삼겹살형질 - 능력검정성적간의 연관관계 구명

구분	1+등급	1등급	2등급
도계 중량 (kg)	89	82	76
등지방두께 (mm)	22	22	13
근내지방도 (No.)	4	2	1
육 적 (No.)	4	3	4

삼겹살 형질개량을 위한 중돈선발모형 설정

Selection Index=
 $b +$
 $(a_1 \times \text{근간지방(mm)}) -$
 $(a_2 \times \text{삼겹살두께(mm)}) -$
 $(a_3 \times \text{지방피복점수}) \dots$

삼겹살 관련 형질의 유전특성 구명

다. 제 1세부과제 : 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발

삼겹살은 15개의 근육과 근간지방 등으로 구성되므로 근육 및 지방형성 관련 유전자들이 중요하게 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 Candidate gene approach를 위하여 NCBI, EMBL 등의 데이터베이스에서 지방 및 근육형성 관련 QTL을 탐색하고, QTL영역내의 주요 후보유전자들을 list up한다.

선정한 최적 후보유전자의 발현영역 및 발현조절영역에 대하여 염기서열 분석을 실시한다. 본 연구진이 보유한 다양한 품종(4개 품종)의 DNA에 대한 염기서열 분석을 통하여 단일염기서열에 따른 차이(single nucleotide polymorphism; SNP) 등 유전자 내 염기다형성을 발굴한다.

발견된 염기변이를 통해서 유전자형을 결정하고 이들 유전자형을 손쉽게 탐색할 수 있는 진단기법을 개발한다. 전 개체군에 대한 유전자형분석을 실시하고, 제1세부과제와의 연계를 통하여 삼겹살관련 형질들과의 연관성분석을 실시하여 유전자형간의 통계적으로 유의한 차이의 유무를 구분하여, 각 염기다형성의 삼겹살에 대한 기능을 확인한다.

Real-time PCR등을 통한 유전자형에 따른 mRNA차등발현패턴 분석 및 western blot 등의 방법을 이용한 실험돈군 내에서 후보유전자들이 코딩하고 있는 단백질발현량 측정을 통해, 삼겹살관련형질에 영향을 미치는 주요 요인 중의 하나가 DNA마커 유전자형의 차이에 따른 유전자차등발현에 따른 것임을 구명한다. 최종적으로 최적 유전자형 조합을 선정하고, DNA 마커를 개발한다.

선발한 DNA마커가 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질에 negative한 영향을 끼치지 않아야 함으로 연관성분석을 통해 최종적으로 선발한 DNA마커의 효용성을 검증한다. 또한, DNA마커의 효과를 검증하고 실효성을 제고시키기 위해서 제1세부과제와 연계하여 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 유전자형 빈도를 조사한다.



제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 기술현황

1. 국외수준 기술현황

미국과 유럽의 소비자들은 일반적으로 지방이 적은 살코기를 선호해 주로 등심, 안심, 후지 부위를 애용하기 때문에 종돈개량연구에서는 살코기형 돼지관련 연구가 대다수인 실정이다. 삼겹살은 하나의 근육으로 구성되어 있는 등심과는 다르게 15개의 근육으로 구성되어 삼겹살의 특성을 판단하는 데에는 세부근육이 중요한 형질로 판단된다. 그러나 대부분의 삼겹살 관련 연구는 삼겹살의 지방함량에 초점을 맞추고 있으며(R.C. person *et al.* 2005, S.Hermesch *et al.*, 2008), 삼겹살을 구성하고 있는 세부근육에 대한 연구는 찾아보기 힘들 정도로 미미하다.

2. 국내수준 기술현황

특허청에 따르면 ‘우수한 종돈을 선별하기 위해 유전자 마커를 이용하는 발명’은 2002년에 처음 출원되기 시작하여 2013년 10월 총 63건이 출원되었고, 이 중 31건이 특허 등록(전체 비중, 49.2%)된 것으로 파악되었다. 이러한 특허 출원의 내용을 살펴보면, 삼겹살 함량이 높은 돼지의 선별에 관한 출원이 28건(44.4%)으로 가장 많을 정도로 삼겹살에 대한 관심은 높은 실정이다. 하지만 삼겹살과 관련하여 출원된 특허의 내용을 살펴보면, 대부분이 삼겹살 함량에만 중점을 두고 있어 삼겹살의 품질에 대한 연구는 전무한 상황이며, 보다 집중적으로 삼겹살 개량을 위해서는 삼겹살의 품질 관련한 DNA 표지인자의 개발이 필요하며, 이를 위해서는 삼겹살 품질 평가 방안의 개발 및 삼겹살 개량대상형질의 유전력 추정이 선행되어야 한다.

국내 관련 연구 및 연구성과 활용현황은 다음과 같다

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
농촌진흥청	바이오마커를 이용한 돼지 삼겹살 함량 판정방법 및 키트	특허등록 (10-1224007-0000)
경남과학기술대학교	돼지의 조기선발을 위한 신규한 마커와 이를 이용한 평가방법	특허등록 (10-1359566-0000)
농촌진흥청	돼지 근내지방 함량을 판정하는 단일염기 다형성 바이오마커를 이용한 종돈선발 방법	특허등록 (10-1248068-0000)
경상대학교	돼지의 갈비뼈 수 판단용 SNP 마커 및 이의 용도	특허등록 (10-1312480-0000)

3. 신청연구팀의 연구수준 및 선행연구결과

가. 삼겹살관련 형질개발을 통한 유전적 개량 가능성

한국형삼겹살평가기준을 마련하는 구체적인 방법은 ‘삼겹살관련 형질발굴’이다. 삼겹살관련 구체적인 형질발굴은 삼겹살에 대한 객관적인 평가를 가능케하고, 이를 통해 종돈개량목표를 수립할 수 있게 하며 최종적으로 한국형종돈이 외국종돈과 구별되는 차별성을 갖게 할 수 있다.

삼겹살 형질화와 관련하여 축산물품질평가원에서 삼겹살 품질구분을 시도한 바가 있다(그림 9). 비록 객관적측정이 어렵고 기존형질과의 관계가 모호하다는 문제점이 있음에도 불구하고, 생산자와 소비자의 기호를 반영할 수 있는 삼겹살을 충분히 수치화할 수 있는 가능성을 보여 주었다고 판단된다.

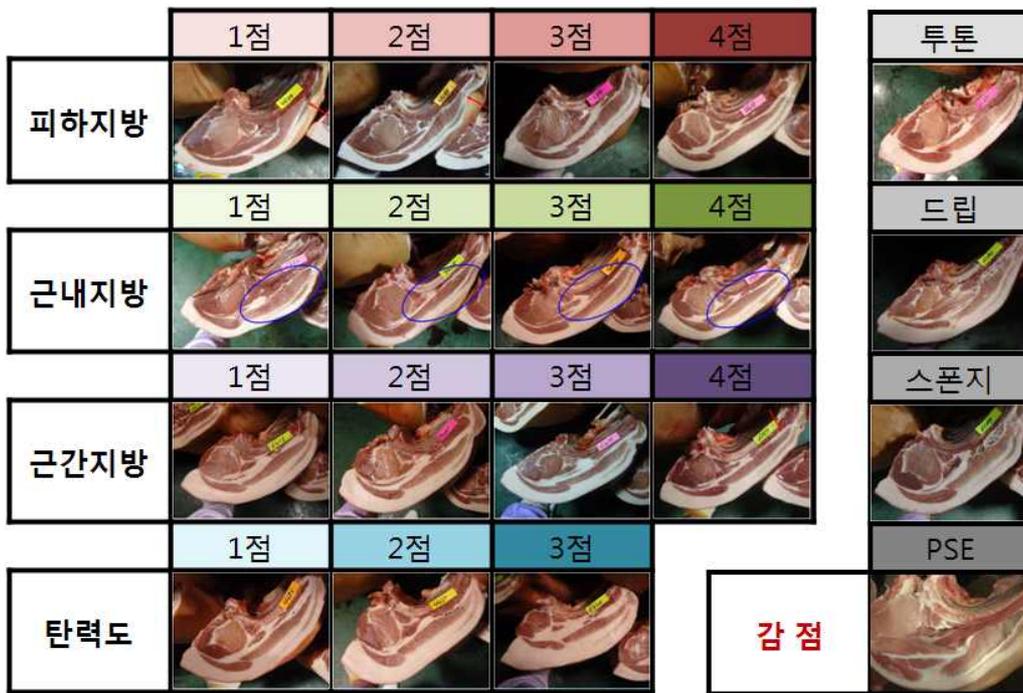


그림 9. 삼겹살품질 구분사례

대부분의 기존 삼겹살관련 학술연구는 단순히 ‘근육-지방’ 비율 및 수율에 치우쳐져 있었다. 그러나 본 연구진은 삼겹살의 구조 및 근육특성에 대한 선행연구를 통해 다양한 선발형질을 발굴할 수 있음을 확인하였다. 그림 10에서 보는 바와 같이 삼겹살은 15종 내외의 근육과 근간지방으로 이루어져 있으며, 이러한 구조적 특성에서 삼겹살의 변이에 따른 품질구분과 개량의 실마리를 찾을 수 있었다. 기존 육질평가항목인 근내지방도 및 육색을 삼겹살을 구성하는

각 근육에서 측정된 결과, 각 근육에 따라 다양한 변이를 나타내고 있는 것을 확인하였다(표 3). 또한, 삼겹살의 대표적인 근육으로서 몸통피부근은 흥추 및 요추에 따른 절개면에서 모두 나타나며 그림 11과 같이 다양한 변이를 보이고 있어 삼겹살개량 관련 주요한 선발형질로서의 가능성이 충분히 있다고 판단된다. 삼겹살의 품질을 대변할 수 있는 또 하나의 근육중 하나로, 넓은등근은 흥추6/7에서는 크게 발달하고 있지만, 흥추11/12에서는 소멸되어 요추에서는 더 이상 볼 수가 없게 된다. 흥추11/12에서 넓은등근이 이미 보이지 않는 경우, 이 위치에 지방덩어리가 있는 것 처럼 보이는데 이를 ‘떡지방’ 이라고 칭한다. 따라서, 흥추11/12에 넓은등근의 존재 여부가 삼겹살품질의 좋고 나쁨을 결정한다고 볼 수 있다. 이와 같이 다양한 삼겹살관련 선발대상형질들을 발굴하는 것은 선행연구결과 가능성이 충분하고, 이에 대한 유전력 및 유전모수 추정을 통해 삼겹살의 양과 품질을 개량할 수 있는 중돈개량모형을 설정할 수 있을 것으로 판단된다.

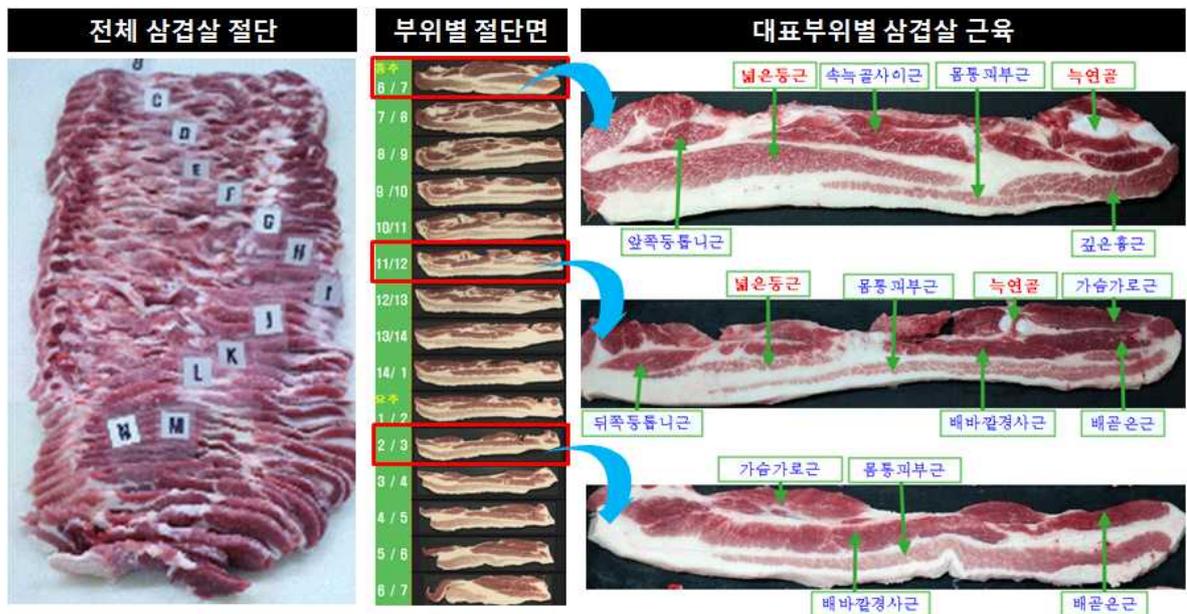


그림 10. 삼겹살 구조분석 및 근육구분 (축산물품질평가원)

표 3. 삼겹살 근육별 특성

(축산물품질평가원)

항 목	구분	해당 근육	주요특징
근내 지방도	많음 ~	넓은등근, 몸통피부근, 깊은흉근 앞쪽등툽니근, 뒤쪽등툽니근	근육내, 근육간 차이가 크다
	적음	배바깥경사근, 배곧은근, 가슴가로근	
육 색	밝음 ~	넓은등근, 몸통피부근, 깊은흉근 앞쪽등툽니근, 뒤쪽등툽니근	갈비쪽 짙고, 등쪽 옅다
	~ 질음	배바깥경사근, 배곧은근, 가슴가로근	

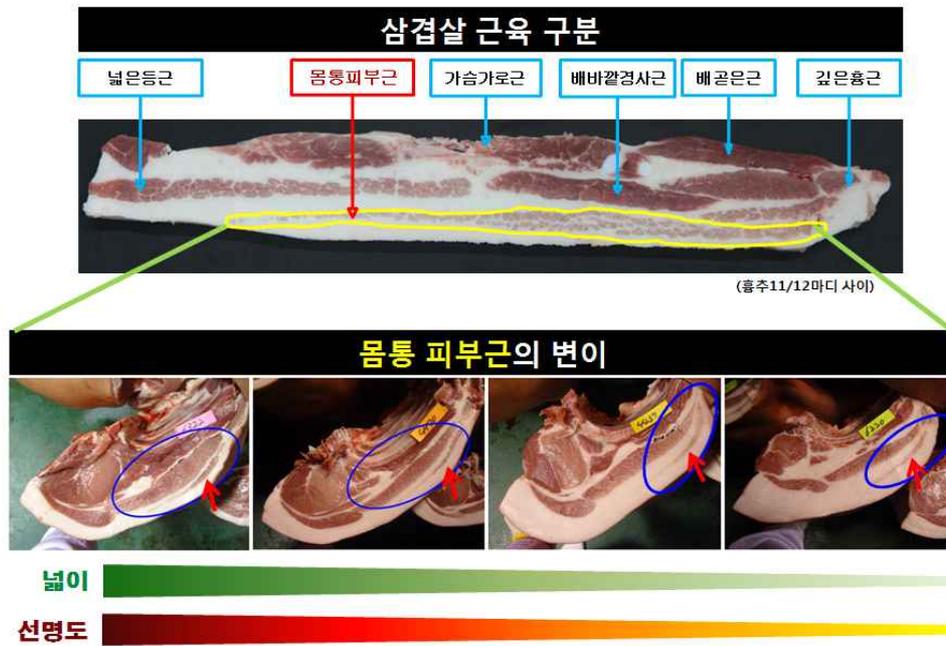


그림 11. 삼겹살 내 몸통피부근의 변이 (축산물품질평가원)

나. 유전체정보를 이용한 생체단계 삼겹살 품질예측 및 평가 가능성

삼겹살의 발달정도는 도축하여 해체발골한 다음에야 측정이 가능한 도체형질이기 때문에, 종돈의 보다 효율적인 개량을 위해서는 생체상태에서 삼겹살을 평가할 수 있는 기반기술의 개발이 요구된다. 최근 종돈개량분야에서는 기존의 통계유전학적 방법과 분자유전학적 기법을 결합함으로써 전반적인 선발 효과를 높이는 한편 유전자형을 이용한 개체선발을 통해 과거에는 개량이 어렵거나 불가능했던 도체형질의 개량도 실현할 수 있게 되었다. 특히, DNA마커를 이용한 선발(MAS, marker assisted selection)은 선발의 정확도를 높여 선발의 효과를 높일 뿐만 아니라, 개량기간을 단축시킬 수 있어 종돈개량의 획기적인 기술로 부각되고 있다. 따라서 삼겹살관련 DNA마커의 개발을 통한 삼겹살 품질예측 및 평가방법 마련이 반드시 필요하다. 이와 함께 종돈개발 측면에서 볼 때, 삼겹살관련 DNA마커가 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질에 미치는 영향을 확인하는 것도 병행되어야 한다. 최종적으로 DNA마커와 한국형 삼겹살 표준등급과의 비교분석을 통해 효용성 검증 및 현장적용기반을 마련하는 것이 요구된다.

본 연구팀의 제 1세부과제 팀은 육질 및 육량 증가에 대한 등록특허 5개를 보유하고 있어, 삼겹살 관련 DNA마커를 개발할 수 있는 역량이 충분하다고 판단된다. DNA마커 개발에 대한 예를 하나 들면, 근세포분화에 주요하게 작용하는 것으로 알려진 *MYOG(Myogenin)* 유전자의 5' promotor region에서 새로운 단염기다형성(SNP)를 발견하였으며(그림12), 이의 유전자형 분석을 실시하여(그림13), 성장형질 및 육질관련 형질과의 연관성 분석(표4)을 통해서 새로운

DNA 표지유전자를 개발 및 진단기법에 관한 기술을 보유하고 있다(특허등록: 10-0784166-0000).

```

Y-1 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-2 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-3 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-4 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-5 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-6 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT
Y-7 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT

L-1 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
L-2 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
L-3 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT
L-4 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
L-5 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTCAGCACAATATATATAAACTAAT
L-6 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT
L-7 : AAGTAGTCCTCCTCCACCTGACATTTGAACTTAGCACAATATATATAAACTAAT
  
```

그림 12. SNPs of the *myogenin* 5'promoter region in Yorkshire (Y) and Landrace (L) individuals.

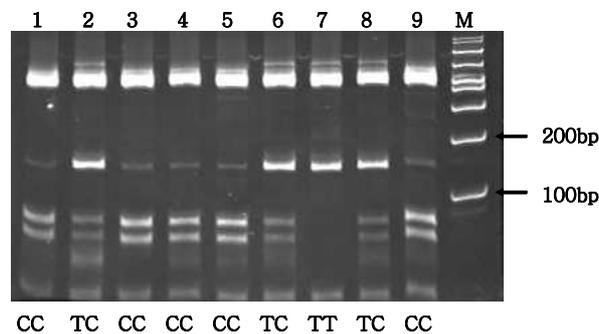


그림 13. Results from the *myogenin* 5' promotor - *Bsp*CNI PCR-RFLP analysis.

T allele : 463bp + 158bp + 43bp

C allele : 463bp + 82bp + 76bp + 43bp

표 4. Effects of *MG5* genotypes on growth, carcass and meat quality measurements

Trait	<i>MG5</i>	
	CC (n = 179)	TC (n = 70)
Total fiber number ($\times 10^3$)	1,356 ^B (26.8)	1,441 ^A (36.8)
Lean meat production ability		
Backfat thickness (mm)	19.60 ^b (0.60)	18.10 ^a (0.82)
Loin eye area (cm ²)	53.19 ^b (0.80)	55.02 ^a (1.10)
Meat quality		
pH _{45min}	5.84 (0.03)	5.91 (0.05)
Drip loss (%)	4.95 (0.27)	5.37 (0.38)
Lightness (L*)	47.62 (0.27)	47.84 (0.37)

Significant level: ^{A,B} $P < 0.001$, ^{a,b} $P < 0.05$

제 2 절 연구개발의 전망 및 수준

1. 특허, 논문, 제품(시장) 분석을 통한 연구개발의 전망

가. 특허분석 측면

축산 분야에서의 기존의 특허들은 특정 형질에 제한된 표지인자를 이용하여 육질을 예측, 평가하는 방법이거나, 삼겹살 량이 향상된 축종을 육종하기 위해 이용하는 것이었다. 그러나 본 연구과제에서는 광범위하고 복잡한 삼겹살 품질에 영향을 주는 주요 요인인 삼겹살 세부근육의 특성을 분석하고, 삼겹살 품질평가방안을 마련함으로써 세부근육에 따른 삼겹살 품질의 변이를 설명하고, 삼겹살 품질 예측을 가능하게 될 것으로 전망된다.

국내특허는 DNA 표지인자와 관련하여 특허 자체가 국외와 비교하여 미비한 상태이다. 또한 특허 대부분은 소 연구 분야에 치중되어 있으며, 삼겹살 특성 분석을 통한 품질관련 특허보다는 삼겹살 중량 증대와 관련되어 있는 것이 많다. 본 연구팀은 기존 연구를 통해 DNA 표지인자를 개발한 성과를 바탕으로 본 연구과제에서 삼겹살 품질에 영향을 주는 DNA 표지인자를 개발하는 방향으로 연구를 추진할 계획이다. 따라서, 개발될 DNA 표지인자에 대해서는 특허를 출원할 계획이며, 육종현장에 적극 활용할 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 전망된다.

나. 논문분석 측면

기존의 논문에서는 대부분 삼겹살의 양을 예측할 수 있는 방법을 마련하거나, 삼겹살의 지방량을 예측할 수 있는 방법에 대해 연구하는데 치중되어 있다. 따라서 본 연구를 통하여 현재 정확하게 조사되지 않은 소비자들이 선호하는 삼겹살의 특성과 삼겹살을 구성하고 있는 세부근육과의 연관성 연구와 더불어 실제 삼겹살 품질에 줄 수 있는 영향을 밝히려고 한다. 기존의 지방에만 초점을 맞춘 국부적인 연구에서 벗어나 삼겹살 품질과 관련된 전체적인 연구를 수행하는 방향으로 추진할 것이며, 이와 관련된 논문을 게재할 계획이다.

또한, 삼겹살의 형질과 관련한 상관분석은 대부분 표현형질의 상관분석에 치우쳐 유전적 상관분석을 한 연구는 거의 없으며, 삼겹살 형질에 대한 유전학적 접근을 시도한 연구도 총삼겹살 대비 지방함량에만 초점을 두고 있어, 삼겹살을 구성하고 있는 여러 세부근육에 대한 유전적인 접근은 전무하다. 따라서, 삼겹살 형질을 구체화 하고 그에 대한 유전학적인 접근을 통해 논문으로 발표할 계획이다.

삼겹살에 영향을 주는 유전자에 대한 기존 논문은 주로 유전자의 변이 분석 및 다형성이 실제 삼겹살의 양 또는 삼겹살의 살코기 함량과 어떠한 연관성이 있는지 확인하는 것에 국한되

어 있다. 따라서 본 연구과제에서는 DNA 표지인자와의 연계를 통해 유전자에서 mRNA 및 단백질 발현, 최종 삼겹살 형질까지의 연관성을 탐색하여, 그 결과를 국외학술지 등에 등재할 계획이다.

다. 제품 및 시장분석 측면

국내 및 국외시장 분석결과 각국의 소비구조에 적합한 종돈에 대한 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 현재까지 국내 소비자의 기호성을 반영한 ‘한국형 종돈’은 개념정립조차 이루어지지 않았다. 본 연구과제에서는 삼겹살 세부근육 분석을 통해 정확하고 객관적인 삼겹살 평가와 예측을 가능케함으로써 소비자의 신뢰도를 증진시킬 수 있으며, 축산농가의 경제 활성화에 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한 소비자의 신뢰도 증진은 돈육제품에 대한 소비자의 만족감을 높이고, 제품의 투명한 공급을 원활하게 할 수 있을 것이다.

국내 및 국외시장 분석결과 특정 유전자를 보유한 돼지의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 여러 유전자의 영향을 받는 경제 형질의 특성상 보다 더 주요하고 다양한 유전자와의 연구가 필요하다. 따라서 본 연구과제에서는 기존에 국내에서 행하지 않았던 삼겹살 구성 근육의 특성을 이용한 DNA 표지인자 개발을 바탕으로, 삼겹살 품질 개량을 목표로 연구를 추진할 것이다. 따라서 기존 특정 유전자 보유 돼지의 부족한 점을 보완하고, 삼겹살 품질을 향상시켜서 ‘한국형’이라고 칭할 수 있는 종돈을 개발할 수 있는 기반을 마련할 것이다.

2. 연구개발의 목표수준

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
삼겹살 한국표준형	미국	50%	50%	150%	한국소비자만의 기호성을 반영한 객관적 지표제시로 기존 연구이상의 목표를 설정함
삼겹살형질화	미국	60%	60%	100%	-
삼겹살 품질 생체예측 DNA마커	미국	60%	60%	100%	-

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

1. 소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정

가. 도체외관 평가 및 삼겹살, 등심 생산량 평가

(1) 재료 및 방법

제2협동과제에서 선정된 Yorkshire 순종(1차년도와 2차년도)과 Landrace 순종(3차년도)을 (주)선진종돈에서 관리하고 있는 위탁농가에서 시험축을 사육하였으며, 경기도 안성시 소재 도드람 LPC에서 도축하였다. 1차년도 387두, 2차년도 191두, 3차년도 134두에 대해 시료 확보 및 형질 분석을 하였다. 축산물위생관리법에 따라 도축 해체된 돼지도체의 좌반도체 절단면(온도체 등급판정부위 Figure 1-1)을 보고 온도체 등급판정 방법에 따라 당박 도축 후 30분에 축산물품질 평가사가 실시하였으며, 온도체 측정항목은 축산물등급판정 요령에 따라 성별, 도체중량, 등지방두께를 측정하였다(Table 1-1). 추가적으로 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께를 캘리퍼스를 이용해 측정하였다.

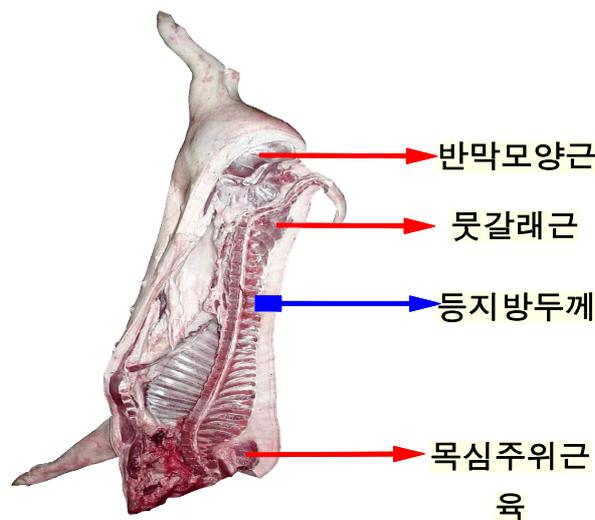


Figure 1-1. Hot carcass grading areas

온도체 평가가 끝난 돼지도체는 냉장고에 입고되어 하룻밤동안 예냉되었다. 도축 다음날, 예냉이 완료된 냉도체 우반도체의 도체장, 도체폭, 척추 수를 측정하였다. 줄자를 이용하여 Aitch bone의 하단에서 제1흉추의 하단까지의 길이인 도체장과 흉추14번 위치에서 도체폭을 측정하였으며, 척추 수는 경추, 흉추, 요추 전체를 보고 경추부터 흉추, 요추 순으로 헤아려서 측정하였다. 등지방두께 측정자를 이용하여 냉도체 좌반도체의 등지방두께 4곳(흉추11번과 흉추14번의 평균, 흉추1번, 흉추14번, 요추7번)를 측정하였다(Table 1-2).

Table 1-1. Hot carcass measure items and methods

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
등지방두께(mm)		<p>등지방측정자 흉추11번, 흉추14번 평균</p>
삼겹살두께(mm)		<p>캘리퍼스를 이용하여 배쪽(흉추13~14번) 삼겹살 두께 측정</p>

Table 1-2. Cool carcass measure items and methods

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
도체장(mm)		<p>줄자</p>
도체폭(mm)		<p>줄자</p>

Table 1-2. Continued

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
<p>척추숫자 (경추, 흉추, 요추)</p>		<p>육안 ※ 척추숫자는 21~22개 (흉추 14~15, 요추 7)로 상이함</p>
<p>등지방두께(mm) (11번, 14번 흉추 평균)</p>		<p>등지방측정자</p>
<p>등지방두께(mm) (1번 흉추)</p>		<p>등지방측정자</p>
<p>등지방두께(mm) (14번 흉추)</p>		<p>등지방측정자</p>
<p>등지방두께(mm) (7번 요추)</p>		<p>등지방측정자</p>

삼겹살 평가를 위하여 냉도체 좌반도체의 4번과 5번 갈비 사이를 절개하여 18개 형질을 측정하였다. 삼겹살과 관련하여 배최장근 면적 및 직경, 넓은등근 폭 및 길이, 근간지방두께를 측정하였고, 측정부위의 사진은 Figure 1-2와 같다. 흉추 4번쪽의 배최장근 등심단면의 직경, 넓은등근과 몸통피부근 사이의 근간지방두께를 등지방측정자를 이용하여 측정하였고, 넓은등근의 길이는 줄자를 이용하여 측정하였다. 또한 눈금자(1x1cm, 격자눈금)를 이용하여 배최장근의 단면적을 측정하였다(Table 1-3).

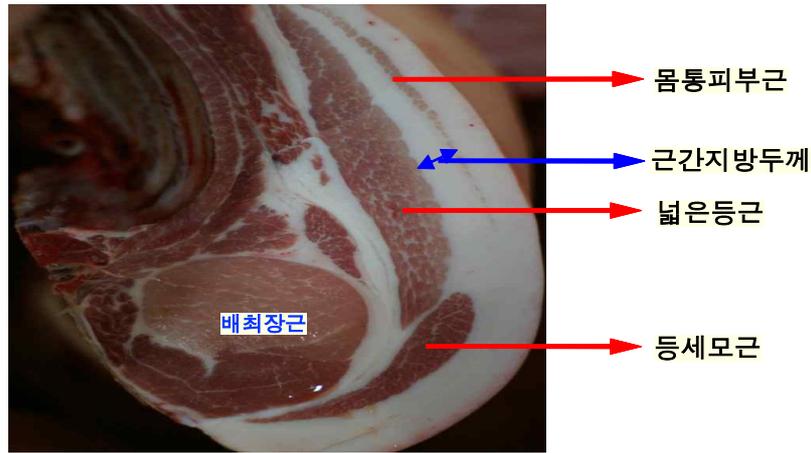


Figure 1-2. Cool carcass pork belly traits grading areas(thoracic vertebra 4th and 5th)

Table 1-3. Cool carcass pork belly measure items and methods

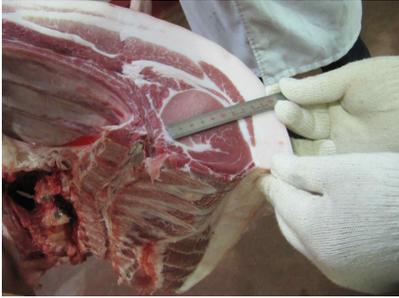
Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
배최장근 면적(cm ²)		면적자
등심직경 (장축, 7cm 안쪽)		등지방측정자

Table 1-3. Continued

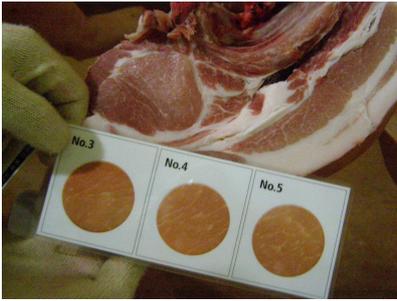
Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
넓은등근 폭(mm)		등지방측정자
넓은 등근 길이(mm)		줄자
근간지방두께(mm)		등지방측정자

냉도체 육질측정을 위해서는 흉추 4번쪽의 배최장근과 넓은등근에 대해 조건표를 이용하여 근내지방도(No. 1~5)와 육색(No. 1~7)을 평가하고 Color-meter (CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 명도를 측정했다(Table 1-4).

Table 1-4. Cool carcass meat quality measure items and methods

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
육색(No.) (배최장근, 넓은등근)		조건표 육안판정

Table 1-4. Continued

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
<p>근내지방도(No.) (배최장근, 넓은등근)</p>		<p>조건표 육안판정</p>
<p>육색(No.) (배최장근, 넓은등근)</p>		<p>색차계(Color meter, CR-400, MINOLTA, Japan)</p>
<p>수분삼출도(%)</p>		<p>filter paper</p>

냉도체형질 측정 후 (주)선진의 식육포장처리공장에서 대분할정형기준(농림부고시)에 의거 탕박도체로부터 대분할 삼겹살부위를 미박(탕박, 오겹)상태로 분할·정형하여 삼겹살 중량을 측정하였다. 생산된 삼겹살은 포장하여 냉장탑차를 이용하여 축산물품질평가원 본원 실험실로 이송하였다. 이송한 삼겹살은 냉장상태로 보관한 후 삼겹살의 길이(mm), 너비(mm), 두께(mm)를 큰지방측정자를 이용하여 측정하였다(Table 1-5). 삼겹살의 길이는 삼겹살 폭의 정중앙 길이를 측정하였으며, 너비는 삼겹살 길이의 정중앙에서 측정하였으며, 두께는 흉추4/5, 요추쪽, 배쪽, 등심쪽 총 4곳에서 측정하였다.

Table 1-5. Pork belly measure items and methods

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
삼겹살 중량(kg)		(주) 선진에서 측정하여 제공
길이(mm)		큰 지방측정자
너비(mm)		큰 지방측정자
두께(mm) 4곳 4/5번 흉추 요추 쪽 두께 배쪽 두께 등심쪽 두께		지방측정자

(2) 품종별 도체 및 삼겹살 항목 측정결과

현행 돼지도체 등급판정기준에 의해 평가하는 항목 외에 냉도체 등지방두께(1번흉추, 14번흉추, 7번요추), 넓은등근(Latissimus muscle)의 길이, 넓이, 배최장근(Longissimus dorsi muscle)과 넓은등근의 근내지방도, 육색, 명도값을 추가로 측정하였다. 또한 연구과제 내용에 부합하는 삼겹살 항목인 삼겹살 무게, 길이, 넓이, 두께(4곳), 6개 근육 조성, 근육과 지방비율을 측정하였다. 측정항목에 대한 요약은 Table 1-6과 같다.

Table 1-6. Existing items and newly measured items for evaluating pork grade

Classification	Existing items	Newly measured items
Hot carcass	Carcass weight	
	Backfat thickness (thoracic vertebra 11th, 14th average)	-
	Abdomen Belly thickness (thoracic vertebra between 13th and 14th)	
Cold carcass	Backfat thickness (thoracic vertebra 11th, 14th average)	Backfat thickness (1th thoracic vertebra, 14th thoracic vertebra, 7th lumbar vertebra)
	Marbling (overall)	Latissimus dorsi muscle (length, width)
	Meat color (overall)	Marbling, Meat color, Lightness (Longissimus dorsi muscle) (Latissimus dorsi muscle)
		Belly traits (weight, length, width, thickness) (muscle composition) (muscle/fat percentage)

Yorkshire 도체 및 삼겹살 형질 측정결과는 Table 1-7와 같다. 1, 2차년도 도축한 Yorkshire 도체 516두의 평균 도체중량은 87.11kg, 등지방두께는 21.97mm로 나타났다. 등지방두께를 추가적으로 측정한 흉추1번은 39.07mm, 흉추14번 22.52mm, 요추7번 22.55mm로 조사되었다. 육량항목인 배최장근 단면적은 38.03cm², 도체장 834.75mm, 도체폭 297.41mm으로 나타났으며 육질항목인 배최장근 근내지방도는 2.43, 근간지방두께는 11.18mm, 육색은 3.81, 명도는 46.10으로 조사되었다. 삼겹살 항목인 중량은 6.98kg, 너비 535.35mm, 폭 286.20mm, 4/5번 위치의 두께 59.13mm, 요추 위치의 두께 47.76, 근육비율 48.16%로 나타났다.

Table 1-7. Carcass and pork belly traits of Yorkshire

Traits	N ¹	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Hot carcass					
Carcass weight (kg)	516	87.11	9.37	64.0	116.0
Backfat thickness (mm)	516	21.97	5.25	6.0	35.0
Abdomen belly thickness (mm) (thoracic vertebra between 13th and 14th)	516	47.70	6.53	29.0	69.0
Cool carcass					
Backfat thickness (mm) (1th thoracic vertebra)	516	39.07	5.92	22.0	62.0
Backfat thickness (mm) (14th thoracic vertebra)	516	22.52	5.07	6.0	38.0
Backfat thickness (mm) (7th lumbar vertebra)	516	22.55	5.07	5.0	41.0
Loin eye area (cm ²)	516	38.03	5.85	21.0	95.0
Carcass Length (mm)	516	834.75	27.99	730.0	910.0
Carcass width (mm)	516	297.41	20.16	250.0	395.0
Marbling score	516	2.43	0.90	1.0	5.0
Intramuscular fat thickness (mm)	516	11.18	3.42	4.0	25.0
Meat color	516	3.81	0.63	2.0	5.0
Lightness (<i>L</i> [*])	414	46.10	8.22	30.70	66.50
Belly traits					
Belly weight (kg)	516	6.98	0.98	4.50	10.0
Belly length (mm)	516	535.35	28.70	440.0	800.0
Belly width (mm)	516	286.20	17.26	235.0	375.0
Belly thickness(4/5) (mm)	516	59.13	6.39	41.0	85.0
Belly thickness(lumbar vertebra) (mm)	516	47.76	6.73	32.0	68.0
Muscle percentage (%)	516	48.16	5.90	30.95	64.69

¹ Number of pigs

Landrace 도체 및 삼겹살 항목 측정결과는 Table 1-8과 같다. 3차년도 도축한 Landrace 도체 133두의 평균 도체중량은 85.42kg, 등지방두께는 18.43mm로 나타났다. 등지방두께를 추가적으로 측정한 흉추1번은 35.12mm, 흉추14번 18.75mm, 요추7번 16.32mm로 조사되었다. 육량항목인 배최장근 단면적은 35.93cm², 도체장 840.38mm, 도체폭 297.56mm으로 나타났으며 육질항목인 배최장근 근내지방도는 2.15, 근간지방두께는 8.05mm, 육색은 3.68, 명도는 50.36으로 조사되었다. 삼겹살 항목인 중량은 7.17kg, 너비 555.32mm, 폭 273.92mm, 4/5번 위치의 두께 59.84mm, 요추 위치의 두께 51.44, 근육비율 54.17%로 나타났다.

Table 1-8. Carcass and pork belly traits of Landrace

Traits	N ¹	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Hot carcass					
Carcass weight (kg)	133	85.42	7.52	71.0	106.0
Backfat thickness (mm)	133	18.43	3.87	10.0	31.0
Abdomen belly thickness (mm) (thoracic vertebra between 13th and 14th)	133	44.98	5.56	34.0	64.0
Cool carcass					
Backfat thickness (mm) (1th thoracic vertebra)	133	35.12	5.31	22.0	50.0
Backfat thickness (mm) (14th thoracic vertebra)	133	18.75	4.46	8.0	32.0
Backfat thickness (mm) (7th lumbar vertebra)	133	16.32	5.37	6.0	34.0
Loin eye area (cm ²)	133	35.93	4.58	24.0	54.0
Carcass Length (mm)	133	840.38	24.85	790.0	900.0
Carcass width (mm)	133	297.56	16.08	260.0	340.0
Marbling score	133	2.15	0.88	1.0	4.0
Intramuscular fat thickness (mm)	133	8.05	2.99	2.0	17.0
Meat color	133	3.68	0.70	2.0	5.0
Lightness (L [*])	133	50.36	4.92	36.77	62.57

¹ Number of pigs

Table 1-8. Continued

Traits	N ¹	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Belly traits					
Belly weight (kg)	131	7.17	0.85	5.65	10.30
Belly length (mm)	131	555.32	23.09	490.0	610.0
Belly width (mm)	131	273.92	8.94	255.0	300.0
Belly thickness(4/5) (mm)	131	59.84	8.51	41.0	85.0
Belly thickness(lumbar vertebra) (mm)	131	51.44	6.12	38.0	65.0
Muscle percentage (%)	131	54.17	5.82	39.76	69.27

¹ Number of pigs

나. 삼겹살 세부근육의 분포 조사

(1) 재료 및 방법

대분할삼겹살은 육절기(KSC-330Q, Fujee, Korea)를 이용하여 15mm 두께의 슬라이스로 절단하였고, 등지방측정자를 이용하여 슬라이스의 두께를 재확인하였다. 대분할삼겹살의 길이 차이로 인하여 슬라이스 수는 개체별로 다르며, 26~35개의 범위에 있었다. 대분할삼겹살 세절 후 척추별로 구분하였으며, 구분한 소분할 부위의 중량을 측정하였다. 정형 시 오차가 발생할 수 있으므로 척추 위치별로 삼겹살 슬라이스 번호를 부여하였다. 전단력, 관능평가, 성분분석을 위하여 척추 위치별 시료를 채취하여 진공포장 후 냉장보관을 하였다(Table 1-9).

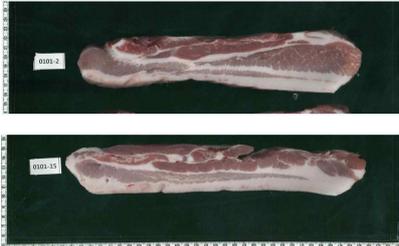
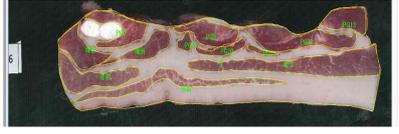
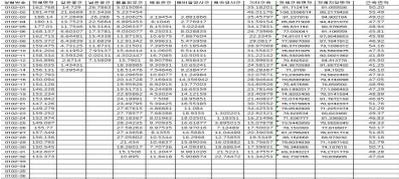
절단된 삼겹살 슬라이스를 세 개의 슬라이스씩 컬러복사기(C3360, Canon, Japan)를 이용하여 실제 삼겹살 길이와 같이 복사하여 컴퓨터로 이미지 파일을 전송하였고, 세 개의 슬라이스 이미지를 각각 한 장씩으로 분할하여 대분할삼겹살 1판의 모든 슬라이스를 한 장씩 이미지화하였다. 이미지화된 각 슬라이스단면에 대해 이미지 분석프로그램(Image Pro Plus ver.7.0, Mediacybernetics, USA)을 활용하여 삼겹살을 구성하고 있는 근육들의 면적을 측정했다. 삼겹살의 품질을 평가하는데 주요하게 이용될 수 있는 대표근육 6개인 깊은흉근, 넓은등근, 몸통피부근, 배곧은근, 배바깥경사근, 배속경사근에 대해 면적을 측정하였고 나머지 근육은 기타근육으로 하여 면적을 측정하였다. 삼겹살 슬라이스의 전체 면적을 측정하여, 근육전체(대표근육 6개

+ 기타)의 면적을 빼 나머지를 지방면적으로 계산하였다. 각 슬라이스별 면적을 구하여 척추위 치별 배열한 삼겹살 슬라이스로 척추위치의 삼겹살 면적, 근육비율, 지방비율을 구하였다(Table 1-10).

Table 1-9. Pork belly separation and arrangement of spine position

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method																																												
15mm로 육절기에서 세절		육절기(KSC-330Q, Fujee, Korea)																																												
두께 확인		등지방측정자																																												
세절 후 척추위치별 분류		척추별 구분																																												
척추위치별 슬라이스번호 부여	<table border="1" data-bbox="523 1662 922 1912"> <thead> <tr> <th>슬라이스 번호</th> <th>흉추 위치</th> <th>슬라이스 번호</th> <th>요추 위치</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1~2</td><td>5번</td><td>21~22</td><td>1</td></tr> <tr><td>3~4</td><td>6번</td><td>23~24</td><td>2</td></tr> <tr><td>5~6</td><td>7번</td><td>25~26</td><td>3</td></tr> <tr><td>7~8</td><td>8번</td><td>27~28</td><td>4</td></tr> <tr><td>9~10</td><td>9번</td><td>29~30</td><td>5</td></tr> <tr><td>11~12</td><td>10번</td><td>31~32</td><td>6</td></tr> <tr><td>13~14</td><td>11번</td><td>33~34</td><td>7</td></tr> <tr><td>15~16</td><td>12번</td><td>35~36</td><td>-</td></tr> <tr><td>17~18</td><td>13번</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19~20</td><td>14번</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	슬라이스 번호	흉추 위치	슬라이스 번호	요추 위치	1~2	5번	21~22	1	3~4	6번	23~24	2	5~6	7번	25~26	3	7~8	8번	27~28	4	9~10	9번	29~30	5	11~12	10번	31~32	6	13~14	11번	33~34	7	15~16	12번	35~36	-	17~18	13번			19~20	14번			<p>○ 척추(흉추, 요추) 위치별 삼겹살 슬라이스 번호 부여</p> <p>※ 삼겹살 슬라이스 26~35개분포</p>
슬라이스 번호	흉추 위치	슬라이스 번호	요추 위치																																											
1~2	5번	21~22	1																																											
3~4	6번	23~24	2																																											
5~6	7번	25~26	3																																											
7~8	8번	27~28	4																																											
9~10	9번	29~30	5																																											
11~12	10번	31~32	6																																											
13~14	11번	33~34	7																																											
15~16	12번	35~36	-																																											
17~18	13번																																													
19~20	14번																																													

Table 1-10. Pork belly image and muscle areas measurement

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method																																																																																				
삼겹살 실제 크기로 복합기로 스캔		복합기 (C3360, Canon, Japan)																																																																																				
컴퓨터로 이미지 파일 전송		노트북 컴퓨터																																																																																				
슬라이스별 이미지 분할		삼겹살 1판 슬라이스별 분할																																																																																				
슬라이스별 근육면적, 6개 대표근육 이미지 측정		Image Pro (Image Pro Plus ver.7.0)																																																																																				
이미지 측정 결과	<table border="1" data-bbox="517 1397 916 1590"> <thead> <tr> <th></th> <th>Features</th> <th>Center X</th> <th>Center Y</th> <th>Area</th> <th>Length</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td>25.66667</td><td>5.730769</td><td>125.2222</td><td>63.58995</td></tr> <tr><td>2</td><td>깊홍(깊은홍근)</td><td>15.69231</td><td>6.512821</td><td>6.942143</td><td>16.85311</td></tr> <tr><td>3</td><td>넓홍(넓은홍근)</td><td>30.97456</td><td>5.833333</td><td>14.88856</td><td>33.98026</td></tr> <tr><td>4</td><td>볼피(볼피외부근)</td><td>22.46154</td><td>7.230769</td><td>7.791591</td><td>37.127</td></tr> <tr><td>5</td><td>백근(백근근)</td><td>14.51282</td><td>4.974359</td><td>4.979619</td><td>11.77207</td></tr> <tr><td>6</td><td>백근(백근근)</td><td>18.62821</td><td>5.089744</td><td>3.993425</td><td>13.59671</td></tr> <tr><td>7</td><td>FG7</td><td>17.08974</td><td>4.012821</td><td>5.228961</td><td>17.93797</td></tr> <tr><td>8</td><td>FG8</td><td>24.53846</td><td>4.230769</td><td>5.214004</td><td>13.52978</td></tr> <tr><td>9</td><td>FG9</td><td>22.78205</td><td>4.717949</td><td>0.926364</td><td>4.300481</td></tr> <tr><td>10</td><td>FG10</td><td>25.75641</td><td>5.051282</td><td>1.879356</td><td>10.01759</td></tr> <tr><td>11</td><td>FG11</td><td>29.28205</td><td>5.192308</td><td>0.665681</td><td>5.751459</td></tr> <tr><td>12</td><td>FG12</td><td>32.37179</td><td>4.525641</td><td>8.856016</td><td>21.11188</td></tr> <tr><td>13</td><td>FG13</td><td>35.91026</td><td>3.538462</td><td>4.309336</td><td>10.30988</td></tr> </tbody> </table>		Features	Center X	Center Y	Area	Length	1	6	25.66667	5.730769	125.2222	63.58995	2	깊홍(깊은홍근)	15.69231	6.512821	6.942143	16.85311	3	넓홍(넓은홍근)	30.97456	5.833333	14.88856	33.98026	4	볼피(볼피외부근)	22.46154	7.230769	7.791591	37.127	5	백근(백근근)	14.51282	4.974359	4.979619	11.77207	6	백근(백근근)	18.62821	5.089744	3.993425	13.59671	7	FG7	17.08974	4.012821	5.228961	17.93797	8	FG8	24.53846	4.230769	5.214004	13.52978	9	FG9	22.78205	4.717949	0.926364	4.300481	10	FG10	25.75641	5.051282	1.879356	10.01759	11	FG11	29.28205	5.192308	0.665681	5.751459	12	FG12	32.37179	4.525641	8.856016	21.11188	13	FG13	35.91026	3.538462	4.309336	10.30988	이미지 측정 자료 data 화
	Features	Center X	Center Y	Area	Length																																																																																	
1	6	25.66667	5.730769	125.2222	63.58995																																																																																	
2	깊홍(깊은홍근)	15.69231	6.512821	6.942143	16.85311																																																																																	
3	넓홍(넓은홍근)	30.97456	5.833333	14.88856	33.98026																																																																																	
4	볼피(볼피외부근)	22.46154	7.230769	7.791591	37.127																																																																																	
5	백근(백근근)	14.51282	4.974359	4.979619	11.77207																																																																																	
6	백근(백근근)	18.62821	5.089744	3.993425	13.59671																																																																																	
7	FG7	17.08974	4.012821	5.228961	17.93797																																																																																	
8	FG8	24.53846	4.230769	5.214004	13.52978																																																																																	
9	FG9	22.78205	4.717949	0.926364	4.300481																																																																																	
10	FG10	25.75641	5.051282	1.879356	10.01759																																																																																	
11	FG11	29.28205	5.192308	0.665681	5.751459																																																																																	
12	FG12	32.37179	4.525641	8.856016	21.11188																																																																																	
13	FG13	35.91026	3.538462	4.309336	10.30988																																																																																	
이미지 측정 결과 취합		6개 대표근육 및 전체면적 슬라이스 위치별 측정결과 취합																																																																																				

(2) 삼겹살 세부근육 특성 분석 결과

삼겹살은 전체 16개 근육과 지방으로 구성되어 있다. 각 근육은 척추위치에 따라 달리 분포하고 있으며 근육의 분포에 따라 삼겹살에 대한 소비자 선호도가 차이가 나 척추위치별 삼겹살 근육에 대한 조사를 진행하였다. 삼겹살의 6개 대표근육은 깊은흉근(Pectorales profundi muscle), 넓은등근(Latissimus dorsi muscle), 몸통피부근(Cutaneous trunci muscle), 배곧은근(Rectus abdominis muscle), 배바깥경사근(External abdominal oblique muscle), 배속경사근(Internal abdominal oblique muscle)이다. Figure 1-3는 한 개체를 대상으로 각 근육의 슬라이스에 따른 분포형태를 나타낸 것이다.

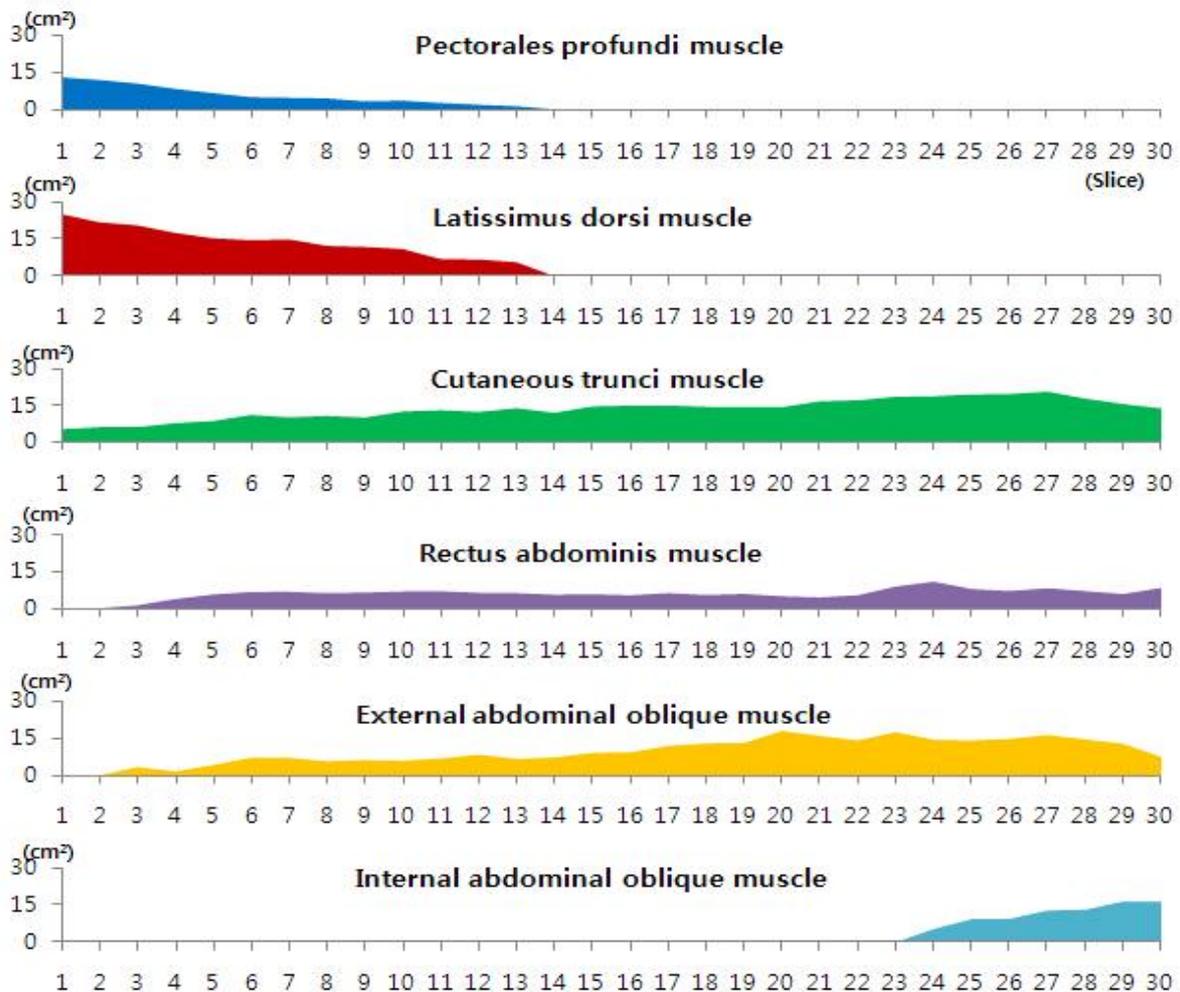


Figure 1-3. Schematic diagram for major muscles in pork belly

삼겹살을 구성하고 있는 대표근육은 Figure 1-4에 나타나 있다. 먼저, 깊은흉근(Figure 1-4,a)은 흉추내에서 일정하게 감소하다 이내 소멸하는 특징을 나타냈다. 넓은등근(Figure 1-4,b)은 몸통피부근 윗부분으로 발생하는 근육으로 흉추 초기에 대부분을 차지하며, 11마디 정도에 소멸하는 특징이 있다. 몸통피부근(Figure 1-4,c)은 흉추에서 꾸준히 증가하는 특징이 있으며 요추에서도 큰 비중을 차지하고 있다. 배곧은근(Figure 1-4,d)의 경우 흉추5번 ~ 6번 마디에 발생하여 불규칙하게 성장하다가, 요추에서 대부분을 차지한다. 배바깥경사근(Figure 1-4,e)은 흉추5번 ~ 6번마디에서 발생하여 꾸준히 성장하다가, 흉추 말기에는 대부분을 차지하며, 요추에 진입하며 큰 폭으로 감소하다가 이내 소멸하는 특징이 있다. 배속경사근(Figure 1-4,f)은 요추 첫마디에서 발생하며, 큰 폭으로 성장하다가 요추말기에 감소한다.

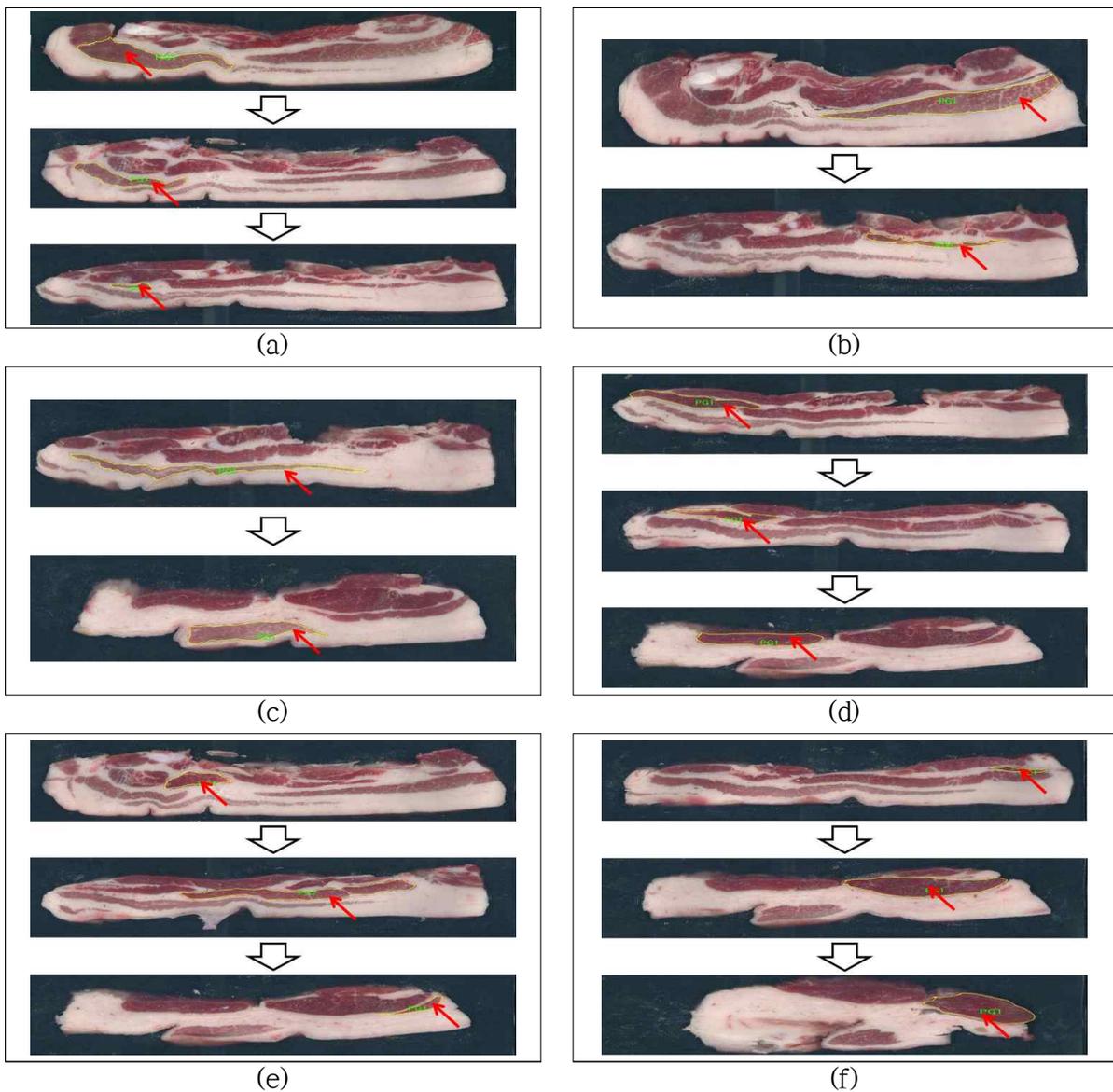


Figure 1-4. Characteristics of the major muscles in pork belly. (a) Pectorales profundi m. (b) Latissimus dorsi m. (c) Cutaneous trunci m. (d) Rectus abdominis m. (e) External abdominal oblique m. (f) Internal abdominal oblique m.

삼겹살형질은 크게 삼겹살생산형질(Belly production traits)과 삼겹살근육조성형질(Belly composition traits)로 구분할 수 있으며, Yorkshire (n=516)와 Landrace (n=133)의 각 형질에 대한 기초통계량은 Table 1-11에 나타나 있다. 삼겹살 생산형질인 삼겹살무게(Belly weight)는 Landrace 7.17kg, Yorkshire 6.97kg, 삼겹살 길이(length)는 Landrace 555.32mm, Yorkshire 535.35 mm로 삼겹살 무게, 삼겹살 길이는 Landrace가 유의적으로 높게 조사되었다. 삼겹살 너비(width)는 Landrace 273.92mm, Yorkshire 286.20mm로 Yorkshire가 유의적으로 넓게 조사되었다. 삼겹살근육조성형질은 각 근육의 면적과 전체근육비율(muscle percentage)로 구성되어 있다. 전체근육비율은 평균 49.38%으로 나타났으며, 품종별로는 Landrace 54.17%, Yorkshire 48.16%로 Landrace가 유의적으로 높게 나타났다. 근육비율 조사결과로 보면 삼겹살을 구성하고 있는 근육과 지방의 비율은 비슷하게 나타남을 알 수 있다. 삼겹살을 구성하고 있는 주요근육 중에서 몸통피부근(Cutaneous trunci m.)이 가장 크게 나타났으며(448.00cm²) 배속경사근(Internal abdominal oblique m.)이 가장 작게 나타났다(91.88cm²). 6개의 모든 근육에서 큰 폭의 변이를 나타내고 있었다. 따라서, 향후 본 과제를 통해 삼겹살관련 유전적 개량이 이루어 질 경우, 개량 효과가 크게 나타날 것으로 기대된다.

Table 1-11. Means and standard deviation for pork belly production and composition traits

Traits	Yorkshire (n=516)	Landrace (n=133)	Total (n=649)
Belly production traits			
Belly weight (kg)	6.97±0.98 ^b	7.17±0.85 ^a	7.02±0.95
Belly length (mm)	535.35±28.70 ^b	555.32±23.09 ^a	539.39±28.78
Belly width (mm)	286.20±17.26 ^a	273.92±8.94 ^b	283.72±16.67
Belly composition traits			
Muscle percentage (%)	48.16±5.90 ^b	54.17±5.82 ^a	49.38±6.36
Pectorales profundi m. (cm ²)	93.39±22.96 ^b	111.60±20.13 ^a	97.08±23.57
Latissimus dorsi m. (cm ²)	203.57±36.76 ^b	217.06±31.09 ^a	206.30±36.07
Cutaneous trunci m. (cm ²)	433.35±75.86 ^b	507.53±61.77 ^a	448.37±79.03
Rectus abdominis m. (cm ²)	199.12±35.01 ^b	238.10±32.84 ^a	207.02±37.95
External abdominal oblique m. (cm ²)	338.22±54.16 ^b	362.78±48.95 ^a	343.19±54.02
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	90.83±23.66 ^b	96.03±21.40 ^a	91.88±23.30
Etcetera area. (cm ²)	718.75±111.08 ^b	851.59±92.12 ^a	745.64±119.99

삼겹살을 이루고 있는 6개의 근육별 비율 및 전체 근육, 지방 비율은 Figure 1-5에 나타나 있다. 삼겹살의 형태와 관련하여 가장 주요한 역할을 하는 것으로 판단되는 넓은등근과 몸통피부근은 각각 10%, 21%를 차지하고 있다. 넓은등근의 경우, 근육면적도 중요하지만 넓은등근이 사라지는 위치와 떡지방이 발생하는 부위가 일치하기 때문에 향후 넓은등근은 삼겹살품질평가에 중요한 항목이 되어야할 것으로 판단된다.

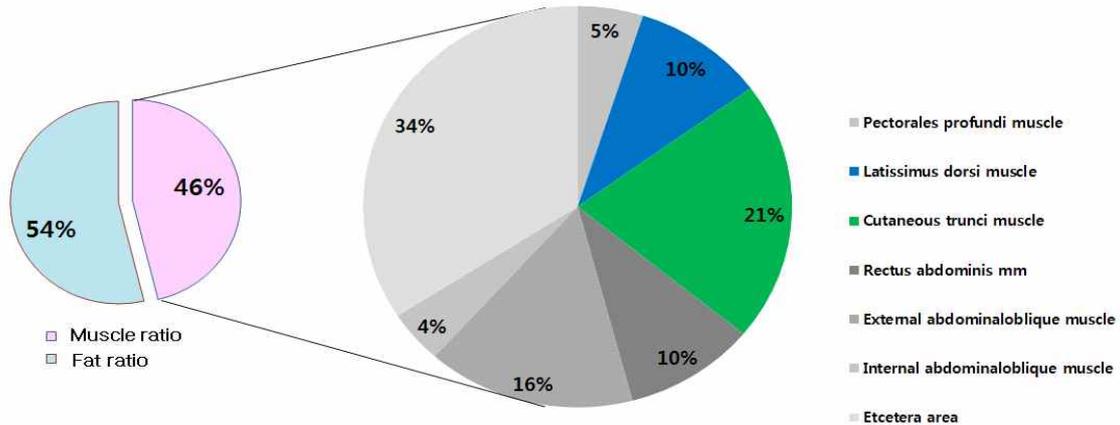


Figure 1-5. Schematic diagram for Belly composition traits

기존의 육질분석은 등심(배최장근, Longissimus dorsi m.)을 대상으로 하고 있다. 따라서 본 과제에서는 냉도체 판정과정에서 등심근과 삼겹살의 넓은등근(Latissimus dorsi m.)에 대해 근내 지방도(Marbling score)와 육색(Meat color) 그리고 명도(Lightness, L^*)를 측정하였다(Table 1-12).

Table 1-12. Means and standard deviation for measured traits of Longissimus dorsi muscle and Latissimus dorsi muscle.

Traits	Yorkshire (n=516)	Landrace (n=133)	Total (n=649)
Marbling score			
Longissimus dorsi m.	2.43 ± 0.90 ^a	2.15 ± 0.88 ^b	2.37 ± 0.90
Latissimus dorsi m.	3.27 ± 1.17 ^a	2.71 ± 0.94 ^b	3.16 ± 1.15
Meat color			
Longissimus dorsi m.	3.81 ± 0.63 ^a	3.68 ± 0.70 ^b	3.79 ± 0.64
Latissimus dorsi m.	3.92 ± 0.42 ^a	4.0 ± 0.33 ^b	3.97 ± 0.40
Lightness (L^*)			
Longissimus dorsi m.	46.10 ± 8.22 ^b	50.36 ± 4.92 ^a	47.13 ± 7.76
Latissimus dorsi m.	42.33 ± 5.82 ^b	44.55 ± 4.36 ^a	42.87 ± 5.58

근내지방도는 배최장근과 넓은등근이 각각 평균 2.37, 3.16으로 나타났다. 근내지방도 측정은 조건표를 이용하며 숫자가 클수록 근내지방량이 많음을 의미한다. 따라서, 배최장근보다는 넓은등근에서 근내지방량이 더 많이 나타남을 알 수 있다. 품종별로 보면 Yorkshire가 Landrace 보다 배최장근, 넓은등근 모두에서 유의적으로 높게 조사되었다. 육색은 배최장근 3.79, 넓은등근 3.97로 나타났으며 품종간에는 Yorkshire가 Landrace 보다 유의적으로 진하게 나타났다. 명도는 배최장근 47.13, 넓은등근 42.87로 조사되었으며 품종간에는 Yorkshire가 Landrace보다 유의적으로 진하게 나타났다.

본 연구진은 삼겹살의 형질분석을 위해 대표근육으로서 넓은등근을 설정하였다. 기존 돈육의 육질검사 대표부위로 설정되어있는 배최장근의 육질특성이 삼겹살의 육질을 어느정도 설명할 수 있는지 확인해볼 필요성이 있다고 판단하여, 등심과 삼겹살의 육질항목간의 상관분석을 실시하였다(Table 1-13).

상관분석결과, 등심근과 삼겹살의 근내지방도($r = 0.64, P < 0.001$), 육색($r = 0.49, P < 0.001$), 명도($r = 0.78, P < 0.001$) 모두 강한 정의 상관관계를 보이고 있었다. 이는 삼겹살의 육질특성은 등심근의 육질과도 강하게 연관이 되어있으며, 삼겹살의 품질을 등심근의 육질평가로 예측이 가능할 것이라는 판단을 할 수 있다. 또한 삼겹살의 육질을 등심근의 육질항목을 통해 설명할 수 있으므로, 등급판정을 위해 불가결하게 생기게 될 삼겹살부위의 손상 없이 간접적인 판정의 가능성을 엿볼 수 있다. 추후 보정계수 등의 방법을 이용해 등심근부위의 판정으로 삼겹살의 판정을 대신할 수 있다고 판단된다.

Table 1-13. Correlation coefficients (r) among meat quality of Longissimus dorsi muscle and Latissimus dorsi muscle.

Traits	r	P -value
Marbling score	0.64	<.0001
Meat color	0.49	<.0001
Lightness (L^*)	0.78	<.0001

다. 삼겹살과 등심의 근육별 이화학적 및 조직학적 특성 분석

(1) 이화학적 특성과 일반성분 분석

기존 육질평가지 등심근에서 이루어졌던 이화학적 특성분석(physiochemical property)과 일반성분분석(proximate analysis)을 삼겹살을 대상으로 실시했다.

가열감량(cooking loss) 및 전단력 측정(shear force)을 위해, 넓은등근이 없어지고 딱지방이 발생하는 흉추12번 1조각의 삼겹살 중 근육과 지방층 형성이 잘 되어있는 부위를 10cm로 절단, 전자저울 (PAG, 213C)로 무게를 칭량한 다음, Convection oven에서 230℃에서 20분간 조리한 다음, 실온에서 30분간 방냉시킨 후 중량을 칭량하였다. 가열 전후의 중량 차이를 가열전의 중량으로 나눈 값을 백분율로 환산하여 가열감량이라 하였다. 또한, 가열된 삼겹살을 폭 3cm 간격으로 절단(오돌뼈가 있는 부분은 제외)하여 Texture Analyser (TA-XT2i, Stable Micro System, England)를 이용하여 전단력을 측정하였다.(Table 1-14).

Table 1-14. Cooking loss and shear force measurement

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
시료 부위 분할		등지방측정자
무게측정		전자저울 PAG 213C
가열		Convection oven (Samsung, HQ-Z365BF, Korea)

Table 1-14. Continued

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
가열 후 무게 측정		전자저울 PAG 213C
전단력 측정		Texture Analyser (TA-XT2i, Stable micro system, England) and TA-43 knife blade(with flat 3mm end, bell lock)

축산물 분석 공인기관인 농업기술실용화재단에 삼겹살 시료에 대한 수분(water), 조지방(fat), 조단백질(protein), 조회분(ash) 분석을 의뢰하였다. 떡지방이 발생하는 흉추10~11번에 위치하는 삼겹살 슬라이스 1조각의 전체를 분쇄기로 갈아 균질화시킨 다음, 분석에 이용될 시료를 채취하였다.

삼겹살에 대한 이화학적 특성 분석 및 일반성분분석 결과는 Table 1-15, Table 1-16와 같다. 전단력은 평균 26.95 ± 4.29 kg force로 변이폭이 매우 크게 나타났다. 가열감량은 평균 28.42 ± 4.19 %으로 등심에서 분석한 결과(29.25 ± 3.71 %, data not shown)와 유사하게 나타났다. 일반성분 분석에서 삼겹살은 수분함량이 47.41 ± 5.38 %로 가장 많았고, 지방(37.27 ± 19.2 %)이 단백질(13.26 ± 1.55 %)보다 많은 비율을 차지하고 있었다.

Shear force는 흉추12번 삼겹살의 근육비율이 40% 미만인 Group A가 가장 낮았는데, 그룹간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P < 0.05$). Cooking loss도 Group A ~ D 간에 유의적인 차이가 보이지 않았다.

일반성분 분석결과, Group D는 Group A, B, C보다 수분함량이 많고, 지방함량이 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). Group C는 중간에 위치하였다. 근육비율이 높고 지방의 함량이 낮으면 수분함량이 높아지게 되는 것은 예상된 현상이었다. 단백질함량은 근육비율이 높은 Group D가 14.24%로 가장 높았으며, Group C 13.02%, Group B 13.12%, Group A 12.46%로 나타났으며 Group D, Group B, C, Group A가 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 지방함량이 높아지면 단백질함량이 낮아지는 것은 당연한 귀결이었다. 조회분함량은 Group A ~ D 간에 차이가 보이지 않았는데, 이것도 예상된 현상이었다.

Table 1-15. Physiochemical property and proximate analysis for pork belly

Trait	N ¹	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Physiochemical property					
Shear force (kg force)	142	26.95	4.29	15.69	38.84
Cooking Loss (%)	276	28.42	4.19	14.30	45.81
Proximate analysis					
Water (%)	309	47.41	5.38	33.95	62.00
Fat (%)	309	37.27	6.75	19.2	54.94
Protein (%)	309	13.26	1.55	8.7	17.31
Ash (%)	309	0.54	0.1	0.22	0.78

¹ Number of pigs

Table 1-16. The effects of muscle percentage on physiochemical property and proximate analysis for pork belly

Traits	Group ¹			
	A	B	C	D
Physiochemical property				
Shear force(kg force)	24.82 ± 3.41 (n=8)	25.87 ± 3.47 (n=24)	27.22 ± 4.76 (n=51)	27.45 ± 4.20 (n=59)
Cooking loss(%)	27.40 ± 4.31 (n=44)	28.73 ± 3.82 (n=62)	28.80 ± 4.55 (n=91)	28.33 ± 3.93 (n=79)
Proximate analysis				
Water (%)	45.27 ± 5.52 ^b (n=57)	46.79 ± 5.15 ^b (n=74)	46.46 ± 4.97 ^b (n=97)	50.63 ± 4.57 ^a (n=81)
Fat (%)	40.25 ± 6.97 ^a (n=57)	38.16 ± 6.41 ^a (n=74)	38.42 ± 6.13 ^a (n=97)	33.00 ± 5.63 ^b (n=81)
Protein (%)	12.46 ± 1.76 ^c (n=57)	13.12 ± 1.38 ^b (n=74)	13.02 ± 1.34 ^b (n=97)	14.24 ± 1.28 ^a (n=81)
Ash (%)	0.55 ± 0.11 (n=57)	0.54 ± 0.10 (n=74)	0.52 ± 0.1 (n=97)	0.55 ± 0.09 (n=81)

¹Group A: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage <40%

Group B: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage 40%-45%

Group C: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage 45%-50%

Group D: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage >50%

^{a,b,c} LS means with different superscripts differ significantly at the level of 0.05

(2) 조직학적 특성 분석

근섬유특성(muscle fiber characteristics)은 적육생산능력 및 육질관련 형질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 근육은 근섬유로 이루어져 있으며, 근육생산량은 근섬유의 수와 크기에 의해 결정되지만, 육질은 근섬유 수와 크기보다는 근섬유조성에 의해 크게 영향을 받는다. 돼지근육 내 근섬유는 3가지 형태로 구분이 되며(Type I, Type IIa, Type IIb), 이들 근섬유 유형에 따라서 근섬유조성이 결정된다(Larzul, Lefaucheur *et al.* 1997, Ryu and Kim 2005). 따라서, 본 연구에서도 등심근의 조직학적 특성과 삼겹살형질과의 관계를 분석했다. 근섬유특성분석을 위해 사후 45분에 흉추 8번 위치의 등심근 일부를 적출하여 -196℃의 액체질소에 급속냉각하여 보관하였다. 근섬유의 단편은 미세절편기(CM 1850, Leica Co., Germany)를 이용하여 두께 10 μm의 연속적인 절편을 얻었으며, 조직의 변성을 막기위해 -20℃를 유지한 상태에서 채취하였다. 이를 myosin ATPase activity를 이용한 근섬유 조성분석법(Brooke and Kaiser 1970)을 실시하고 현미경 관찰(IK-642K; Toshiba)을 통해 근섬유유형 I, IIa, IIb를 확인했다.

근섬유의 조직학적 특성은 Table 1-17에 나타나 있다. 총 31두를 대상으로 총근섬유수(Total fiber number), 근섬유단면적크기(Mean Cross-sectional area of fibers), 근섬유밀도(Muscle fiber density) 그리고 근섬유 면적/수 조성(Fiber area/number composition)을 분석했다. 일반적으로 돼지는 근섬유조성에 있어 Type IIb가 가장 높게 나타나며, 본 연구에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

Table 1-17. Means and standard deviation for muscle fiber characteristics

Traits	N ¹	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Total fiber number (×10 ³)	31	1,454	273	961	2,034
Mean CSA ² of fibers (μm ²)	31	3,774	474.1	2,959	4,742
Muscle fiber density (/mm ²)	31	268.9	32.7	211	338
Fiber area composition (%)					
Type I	31	6.7	3.2	0.7	14.39
Type IIa	31	8.2	2.6	2.29	16.05
Type IIb	31	85.1	4.3	72.64	92.43
Fiber number composition (%)					
Type I	31	8.7	4.4	0.96	20.51
Type IIa	31	14.0	4.2	3.94	26.61
Type IIb	31	77.3	5.9	62.1	87.9

¹ Number of pigs

²Cross-sectional area.

분석된 등심의 근섬유특성이 삼겹살의 생산능력에 영향을 미치는지 상관분석을 실시하였다 (Table 1-18). 적육생산능력과 밀접한 연관이 있는 근섬유단면적크기가 삼겹살의 폭과 유의적으로 정의 상관관계($r = 0.42, P < 0.05$)를 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한, 근섬유단면적크기는 유의적이지는 않지만 삼겹살중량과 정의 상관관계를 나타냈다. 근섬유밀도 역시 유의수준에 미치지 못하지만 삼겹살의 중량, 길이, 폭 모두와 부의 상관관계를 보이고 있었다. 이는 분석두수가 작기 때문인 것으로 보여지며, 향후 추가 분석이 이루어져야할 것으로 판단된다.

Table 1-18. Correlation coefficients (r) between muscle fiber characteristics and belly production traits

Traits	Belly Weight	Belly Length	Belly Width
Total fiber number ($\times 10^3$)	-0.21	-0.03	-0.21
Mean CSA ¹ of fibers (μm^2)	0.32	0.14	0.42*
Muscle fiber density (/mm ²)	-0.27	-0.12	-0.43
Fiber area composition (%)			
Type I	-0.20	-0.17	-0.22
Type IIa	-0.05	-0.04	0.12
Type IIb	0.18	0.15	0.09
Fiber number composition (%)			
Type I	-0.16	-0.13	-0.24
Type IIa	0.00	-0.08	0.10
Type IIb	0.11	0.15	0.10

¹ Cross-sectional area.

Levels of significance: * $P < 0.05$

라. 삼겹살 관능평가를 통한 삼겹살 형태에 대한 소비자선호도 조사

(1) 미각적 관능검사

관능검사를 위하여 축산물품질평가원의 직원 중 자원자 44명에 대하여 순위법(Ranking test)과 삼점법(Triangle test)을 실시하여 그 중에서 상위성적의 18명을 선발하였다.

관능검사를 위한 시료는 Convection oven(Samsung, HQ-Z365BF, Korea)을 이용하여 230℃에서 20분간 가열하였다. 이 때 삼겹살 근육의 심부온도는 75~78℃, 근간지방의 심부온도 85~88℃이었다. 가열후 삼겹살 조각에서 돈피를 칼로 썰어 제거한 다음 근육의 퍼진 방향에 직각되게 7mm간격으로 잘라 검사요원에게 제공하였다(Table 1-19).

Table 1-19. Sensory evaluation

Measuring items	Measuring photo	Measuring apparatus and method
측정부위 10cm로 절개		과지방발생 부위 삼겹살 1조각의 일부분
조리		Convection oven (Samsung, HQ-Z365BF, Korea)
온도측정		심부 온도 측정
관능평가		관능평가 선발 요원

검사요원에게 시료는 정해진 실험날짜와 조건에 맞는 개체를 그룹화하여 모든 시료에 무작위 순서를 적용하여 제공되었다. 각 검사요원은 주어진 시료에 대하여 5-hedonic scale에 따라 다즙성(Juiciness), 연도(Tenderness), 풍미(Flavor), 기름기(Fattiness), 종합기호도(Overall Palatability)에 대하여 평가하였다.

<ul style="list-style-type: none"> ① 다즙성 (1=매우 건조함; 3=적정; 5=매우 다즙함) ② 연도 (1=매우 질김; 3=적정; 5=매우 연함) ③ 풍미 (1=매우 싱거움; 3=적정; 5=매우 고소함) ④ 기름기 (1=매우 적음; 3=적정; 5=매우 많음) ⑤ 종합 기호도(1=매우 불만족; 3=보통; 5=매우 만족) 	
---	---

삼겹살에 대한 관능검사 결과를 흉추12번 위치의 삼겹살 근육비율에 따라 구분하여 비교하였다(Table 1-20). Group A는 흉추 12번 근육비율이 40%미만인 삼겹살, B는 40~45%미만, C는 45~50%미만, D는 50%이상인 삼겹살로 구분하여 관능검사를 실시하였다. 흉추12번 위치의 삼겹살로 구분한 이유는 흉추11번부터 13번까지 9cm정도의 삼겹살이 넓은등근과 깊은흉근이 없어지고 배바깥경사근이 확장되지 않은 과지방 부위로 조사되어 개량이 필요한 삼겹살로 파악되어 선정하였다. 또한 근육비율을 구분한 것은 지방이 많고 적음에 따라 소비자 선호도 차이가 제일 높을 것으로 판단되었기 때문이다. 특히 Group A는 근육비율 40%미만, 즉 지방비율이 55%이상을 과지방인 삼겹살로 간주한다면 관능평가 결과가 어떤지에 대한 조사가 필요하였다.

Table 1-20. The effects of muscle percentage on sensory traits

Traits	Fatness Group ¹			
	A (n=45)	B (n=62)	C (n=91)	D (n=79)
Juiciness	2.99±0.40 ^a	2.73±0.35 ^b	2.65±0.34 ^b	2.40±0.35 ^c
Tenderness	2.83±0.36 ^a	2.73±0.35 ^a	2.60±0.34 ^b	2.48±0.37 ^b
Flavor	2.87±0.25 ^a	2.83±0.27 ^{ab}	2.79±0.23 ^{ab}	2.76±0.27 ^b
Fattiness	3.24±3.50 ^a	3.04±0.33 ^b	2.90±0.36 ^c	2.65±0.39 ^d
Overall Palatability	2.92±0.38 ^a	2.89±0.37 ^a	2.86±0.33 ^a	2.73±0.34 ^b

¹Group A: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage <40%

Group B: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage 40%-45%

Group C: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage 45%-50%

Group D: thoracic vertebra 12th Muscle Percentage >50%

^{a,b,c} LS means with different superscripts differ significantly at the level of 0.05

다즙성(Juiciness)은 근육비율이 40% 미만인 Group A가 2.99점으로 제일 높고 근육비율이 높아질수록 점수가 낮아지는 것으로 조사되었다. Group B와 C는 A와 D의 중간에 위치하였다. 즉 근육비율이 낮은 Group A는 Group B, C, Group D와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 연도(Tenderness)는 Group A가 2.83점으로 제일 연하고 Group B 2.73점, Group C 2.60점, Group D 2.48점으로 낮아졌다. 풍미(Flavor)는 Group A가 2.87점으로 Group D보다 유의적으로 높게 나타났으며 B, C는 중간에 위치하였다. 기름기(Fattiness)는 그룹별로 유의적인 차이가 나타났으며 근육면적이 적을수록 높은 점수를 나타냈다. 종합기호도(Overall Palatability)는 Group A, B, C가 Group D보다 유의적으로 높게 나타났다. 삼겹살은 근육비율이 낮고 지방 비율이 높으면 다즙성, 연도, 풍미, 종합기호도의 모든 관능항목에서 점수가 높게 나타나는 것으로 조사되었다. 하지만 기름기에서는 느끼한 정도가 높아 개선이 필요하다 하겠다.

(2) 시각적 관능검사 및 소비자 선호도 조사

소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정을 위해 근육비율별 삼겹살을 분류할 필요가 있다고 판단하였다. 근육비율이 낮고 지방비율이 높으면 다즙성, 연도, 풍미, 느끼함, 종합기호도 등 모든 관능 항목에서 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 삼겹살의 척추위치별 근육비율이 다를 것으로 가정하여 척추 위치별 삼겹살을 선정하고, 선정된 척추 위치에서 지방이 많고 적음에 따라 분류, 소비자 만족도조사를 진행하여 한국형 삼겹살 표준을 설정하고자 계획을 수립하였다. 대부분할로 정형한 삼겹살을 슬라이스한 다음, 그 중에서 대부분할 부위 전체(공시축 한 마리)를 대부분할 수 있을 대표적 5위치(Location A~E)를 선정했다. Location A는 흉추5번, Location B는 흉추9번, Location C는 흉추12번, Location D는 요추1번, 그리고 Location E는 요추5번으로 하였다. 1차년도 387두의 삼겹살 전체 슬라이스를 척추위치별로 배열 하였다. 그렇게 선정된 척추위치별 슬라이스 사진을 보고 평소 삼겹살을 가공, 소매, 등급판정 등을 다년 간 수행 해 온 전문가 86명을 대상으로 ‘12년 7월27일부터 8월10일까지 시각적 관능검사를 실시하였다. 삼겹살 품질기준은 소비자의 입장에서 가장 구매하고 싶은 규격의 제품이어야 한다는 원칙에서 각 Location의 삼겹살 단면 사진을 보면서 시각적으로 가장 Leanest한 것은 1, 가장 fattest한 것은 5 그리고 그 중간을 2, 3, 4로 세분하는 전체 5개 그룹을 공시축으로 분류하였다. 시각적 관능평가 결과에 따라 선정된 사진 슬라이스번호는 Table 1-21과 같다.

Table 1-21. Representative pork belly by visual sensory evaluation

Fatness		Group A (5th thoracic vertebrae)	Group B (9th thoracic vertebrae)	Group C (12nd thoracic vertebrae)	Group D (1st lumbar vertebrae)	Group E (5th lumbar vertebrae)
Most Leanest	1	0703-3	0806-09	1109-16	0305-20	1403-23
Leanest	2	0501-3	0105-09	1311-15	0501-21	0408-26
Moderate	3	1328-03	0311-09	1220-15	0330-21	0904-27
Fattest	4	0303-03	1415-09	0805-17	0207-22	0327-25
Most Fattest	5	1032-03	0106-09	0934-18	1019-20	0934-30

선정된 척추위치별 삼겹살 사진을 Group별, Table 1-21와 같이 배열하여 삼겹살 실제 크기와 같은 사이즈인 8절지 크기로 인화하였다. 인화한 각 그룹별 사진을 가지고 제주도를 포함하여 전국의 소비자를 대상으로 만족도 조사를 진행하였다. Group별로 분류하여 조사에 활용한 삼겹살 사진은 Figure 1-6과 같다. 조사인원은 1,000명 이었으며 삼겹살 사진을 직접보고 설문을 진행한 대면조사로 실시하였다.

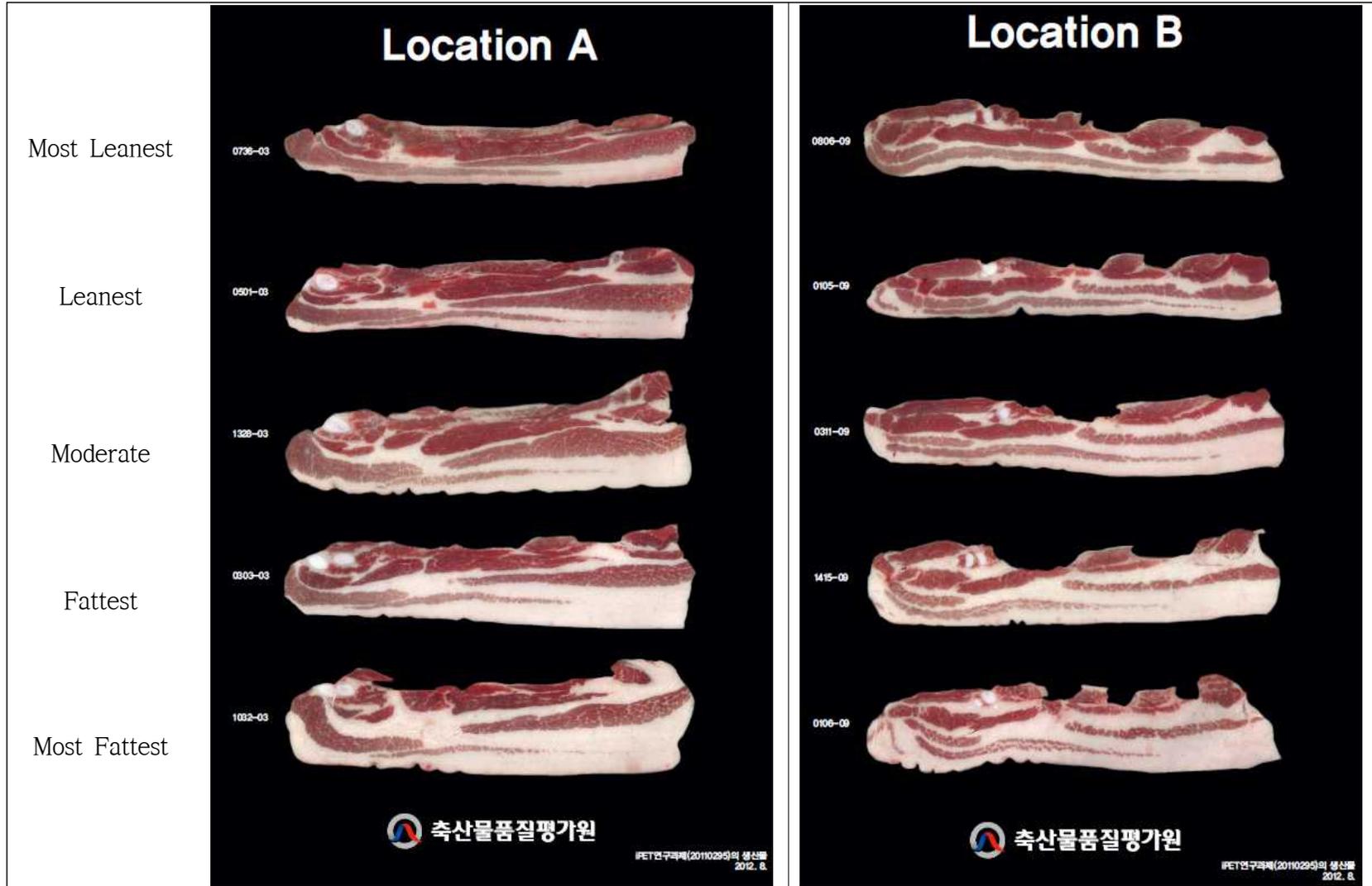


Figure 1-6. Belly shape according to the thoracic vertebra location



Figure 1-6. Belly shape according to the thoracic vertebra location (Continued)

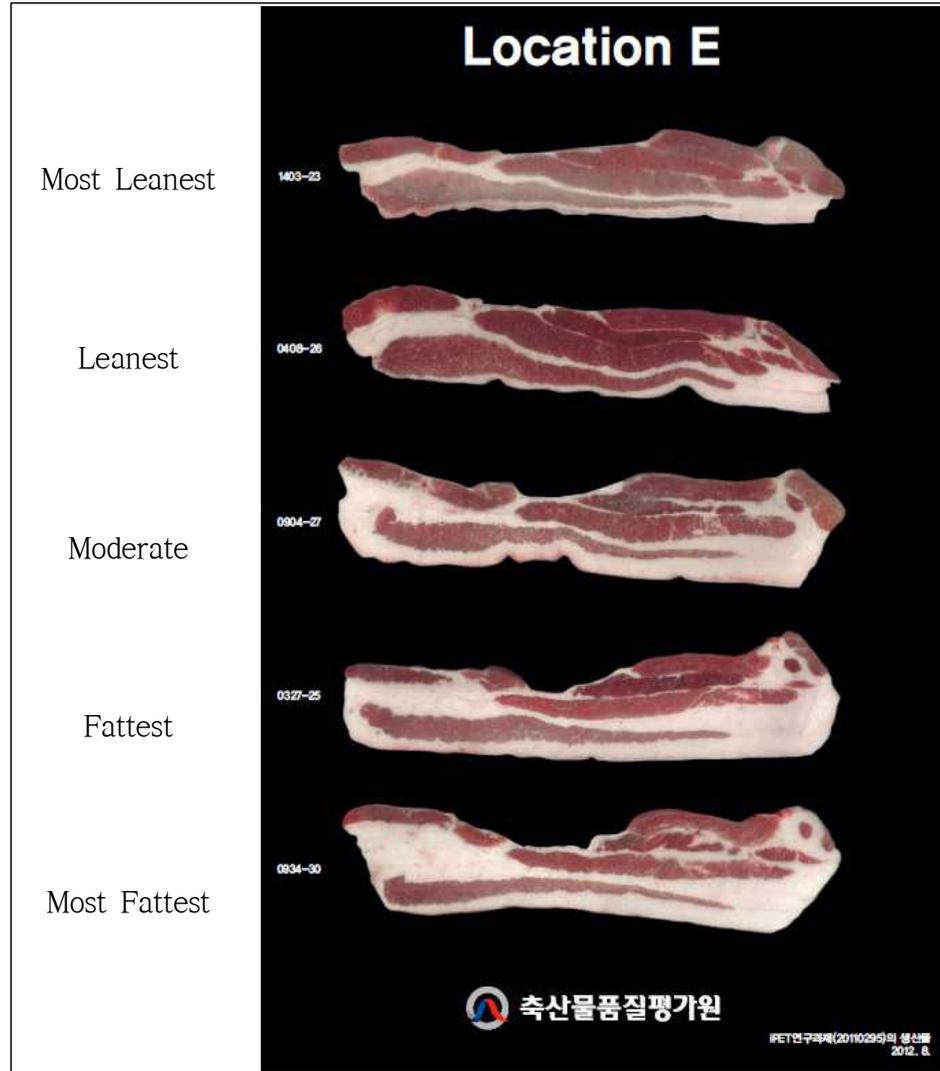


Figure 1-6. Belly shape according to the thoracic vertebra location (Continued)

소비자 1,000명에게 Figure 1-6의 척추위치별 삼겹살 사진 총 25장 중 제일 선호하는 순서대로 5개를 선택하게 하였다. 조사결과 빈도수는 Table 1-22과 같다.

Table 1-22. Belly consumer preference of vertebra location and fatness

Fatness	Consumer preference rank	Group A (5th thoracic vertebrae)			Group B (9th thoracic vertebrae)			Group C (12nd thoracic vertebrae)			Group D (1st lumbar vertebrae)			Group E (5th lumbar vertebrae)		
		1st	2nd	Sum	1st	2nd	Sum	1st	2nd	Sum	1st	2nd	Sum	1st	2nd	Sum
Most Leanest	1	46 ¹	27	73	34	49	83	6	12	18	11	12	23	7	9	16
Leanest	2	131	115	246	81	121	202	2	20	22	43	57	100	10	10	20
Moderate	3	252	129	381	222	189	411	40	72	112	70	73	143	4	2	6
Fattest	4	11	30	41	17	44	61	5	9	14	6	9	15	1	4	5
Most Fattest	5	6	1	7	3	9	12	1	2	3	1	4	5	0	0	0
Total		446	302	748	357	412	769	54	115	169	131	155	286	22	25	47

¹ Number of respondents

조사결과 1순위와 2순위, 1순위와 2순위 합에 대해서만 분석하였다. 그룹별 선호도는 1순위와 2순위, 1순위와 2순위 합한 순위에서 차이가 있다. 1순위로 좋아하는 삼겹살은 446명으로 흉추5번이 제일 빈도가 높고, 흉추9번, 요추1번, 흉추12번, 요추5번순으로 나타났다. 2순위는 흉추9번이 412명으로 제일 빈도가 높고 흉추5번, 요추1번, 요추5번순으로 나타났다. 1순위와 2순위를 합한 빈도를 보면 흉추9번, 흉추5번, 요추1번, 흉추12번, 요추5번순으로 나타났다.

지방정도에 따른 선호도 조사결과 흉추9번, 흉추5번, 요추1번, 흉추12번은 지방이 적정한 3번이 선호도가 제일 높았으나 요추5번은 보통 leanest한 2번 선호도가 높았다. 슬라이스 한 조각을 보고 1순위로 좋아한 삼겹살은 흉추5번의 지방이 적정한 3번이 252명, 흉추9번의 지방이 적정한 3번이 222명, 흉추5번 보통 leanest한 2번이 131명으로 나타났다. 1순위와 2순위를 합한 순위는 흉추9의 3번이 411명으로 선호도가 제일 높았으며, 흉추5의 3번, 흉추5의 2번, 흉추9의 2번순으로 높았다.

척추위치별 삼겹살은 흉추5번, 9번을 선호하고 흉추12번과 요추5번은 선호도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 흉추12번은 넓은등근이 없어지고 배바깥경사근이 확대되지 않아 떡지방이 많이 발생하는 부위로 소비자 선호도가 낮을 것으로 예측한 것과 같은 결론으로 조사되었다. 또한 요추5번은 삼겹살 형태가 근육과 지방층이 고르지 않아 선호도가 낮은 것으로 판단된다. 요추5번에 대한 선호도 조사결과는 앞으로 진행할 소분할부위 설정의 근거자료로 활용할 예정이다. 또한 흉추5번과 흉추9번은 선호도가 높아 소분할 부위 설문에서는 흉추11번부터 요추6번까지

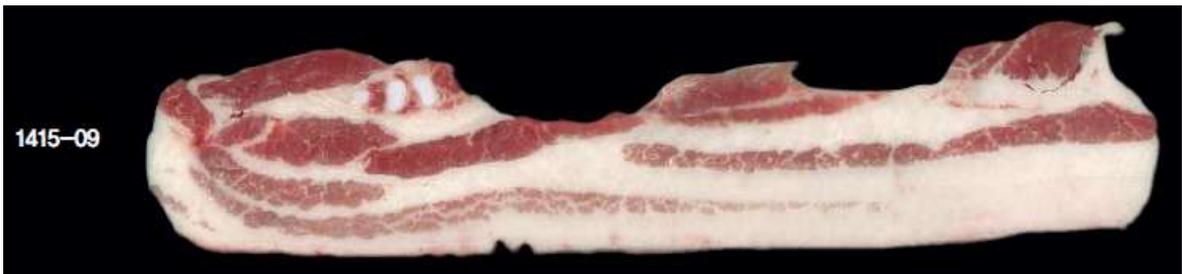
진행할 예정이다.

삼겹살은 척추위치에 따라 근육분포가 달라 1판의 삼겹살 내에서도 다양한 선호도를 보인다. 전국 소비자 선호도 조사결과 척추위치가 5번인 삼겹살을 제일 선호하고, 흉추9번, 요추1번순으로 좋아한다. 또한 같은 척추 위치에 지방정도에 따라 삼겹살 선호도를 조사한 결과 지방이 적정한 3번을 제일 좋아하고 보통 leanest한 2번을 그 다음으로 좋아하는 것으로 나타났다. 1차년도 387두에 대한 삼겹살 선호도 조사결과 우리 국민이 제일 선호하는 삼겹살 사진은 흉추 5번의 지방이 적정한 3번 삼겹살로 조사되었다. 2위가 흉추9번, 지방이 적정한 3번 삼겹살, 3위가 흉추5번, 지방이 보통 leanest한 2번 삼겹살로 나타났다. 소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준은 5번 흉추, 지방이 적정한 3번 삼겹살로 판단해도 되겠다.

소비자 선호도 조사결과 1위에서 3위까지 삼겹살 사진은 Figure 1-7에 나타냈다.



흉추5번, 지방 적정 삼겹살, 소비자 선호도조사결과 1위(n=252명)



흉추9번, 지방 적정 삼겹살, 소비자 선호도조사결과 2위(n=222명)



흉추5번, 보통 Leanest 삼겹살, 소비자 선호도조사결과 3위(n=131명)

Figure 1-7. Good result shape(1~3 above) of belly consumer preference

우리 국민이 좋아하는 표준형 삼겹살의 세부근육특성을 살펴보기 위하여 해당 삼겹살 슬라이스의 세부근육면적을 측정하였다(Table 1-23). 표준형 삼겹살과 조성된 집단 평균을 살펴본 것을 확인할 수 있었다. 또한, 세부근육에서는 깊은흉근과 넓은등근이 집단평균보다 더 큰 값을 가졌고, 떡지방이 발생하는 부위인 몸통피부근 오른쪽에 위치하는 지방단면길이가 표준형 삼겹살에서 더 짧게 나타났다.

Table 1-23. Muscle composition of standard belly slice

Traits	Standard	Group mean	Group standard	Range	Number of pigs in range
Total belly area(cm ²)	182.73	169.91	18.40	164~202	369
Total muscle area(cm ²)	90.14	84.93	10.96	77~103	436
Total fat area(cm ²)	92.59	85.79	16.23	76~109	378
Muscle percentage(%)	49.33	50.17	5.55	43~56	458
Pectorales profundi m. (cm ²)	15.50	13.15	3.24	11~19	383
Latissimus dorsi m. (cm ²)	24.82	23.62	3.90	21~29	422
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.42	5.97	1.37	4~7	423
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.18	2.52	2.88	-	-
External abdominal oblique m.(cm ²)	2.70	2.89	2.39	-	-
Length of Belly (cm)	30.32	31.10	2.24	28~33	459
Length of Cutaneous trunci m. (cm)	18.08	18.04	3.11	15~21	448
Length of Fat (cm)	5.59	6.15	2.20	4~8	374

평가를 위한 표준형 군집범위를 설정방안으로 표준형 개체 값에서 ±집단표준편차를 한 값을 군집범위로 설정하였다. 평균 ± 1 standard deviation 구간에는 651두의 68%인 약 443두가 포함된다. 이에 따라 표준형 개체 값이 평균에 가까울수록 443두와 근접한 수의 개체가 해당 형질의 군집범위에 속할 것이며, 집단평균과 표준형 개체값의 차이가 많이 날수록 표준형군집 내 개체수가 줄어들 것으로 예상된다. 표준형 군집내 개체수가 적은 형질은 삼겹살단면적, 지방단면적, 깊은흉근단면적, 지방단면길이가 있었으며, 이 형질들이 중요형질로 판단될 수 있다. 하지만 평가를 위해서는 측정이 용이해야 하는데 근육단면적, 지방단면적 및 근육비율은 모든 세부근육을 측정해야하는 번거로움이 있으므로, 평가형질로는 부적합하다고 판단된다. 따라서 중요형질로 판단되는 지방단면적을 대신할 수 있는 형질을 발굴할 필요가 있는데, 넓은등근을

사용할 수 있을 것으로 판단된다. 넓은등근과 근육비율의 상관계수는 0.367 ($P < 0.0001$)이며, 넓은등근의 비율과 근육비율의 상관계수는 0.609 ($P < 0.0001$)로 나타나 근육비율을 대신할 수 있는 형질로 판단되며, 넓은등근과 근육단면적의 상관계수는 0.646 ($P < 0.0001$), 넓은등근비율과 지방단면적의 상관계수는 -0.547 ($P < 0.0001$)로 나타나 다른 두 형질을 대체할 수 있는 형질로 판단된다.

삼겹살 단면적과 세부근육, 단면길이에 대한 군집범위를 모두 만족하는 개체는 651두 중 44두로 6.76%정도의 빈도로 나타났다. 세부근육을 기반으로 한 한국형 표준형삼겹살의 범위는 삼겹살단면적 $164\text{cm}^2 \sim 202\text{cm}^2$, 깊은흉근단면적 $11\text{cm}^2 \sim 19\text{cm}^2$, 넓은등근단면적 $21\text{cm}^2 \sim 29\text{cm}^2$, 몸통피부근단면적 $4\text{cm}^2 \sim 7\text{cm}^2$, 삼겹살단면길이 $28\text{cm} \sim 33\text{cm}$, 몸통피부근단면길이 $15\text{cm} \sim 21\text{cm}$, 지방단면길이 $4\text{cm} \sim 8\text{cm}$ 로 설정할 수 있다.

2. 객관적이고 정확한 삼겹살 품질평가 방법 개발

가. 기준안에 의한 도체 평가 및 검증

현재(14.7.1.이후) 돼지도체 등급판정은 온도체 등급판정 방법으로 한다. 다만, 종돈개량, 학술연구 등의 목적으로 냉도체 육질측정방법을 희망할 경우 측정결과를 제공할 수 있다. 또한 돼지도체 등급판정은 인력등급판정과 기계등급판정 중 한가지를 선택하여 적용할 수 있다. 도체 중량과 등지방두께에 따라 1차등급판정을 하고 외관(비육상태, 삼겹살상태, 지방부착상태)과 육질(지방침착도, 육색, 육조직감, 지방색, 지방질)을 종합하여 1+, 1, 2, 등의등급으로 판정한다. 결합 판정은 방혈불량, 이분할불량, 골절, 척추이상, 농양, 근출혈, 호흡기불량, 피부불량, 근육제거, 외상 등으로 판정하고 결합이 판정되는 경우 등급을 하향(최대 2등급까지)하거나 등의등급으로 2차 판정한다.

온도체에서 삼겹살 평가는 생산량과 근육과 지방의 적정성을 평가한다. 생산량은 허리 부위의 굴곡 및 주름정도와 복부의 삼겹살 두께로 가늠하고 근육과 지방의 적정성은 지방이 많은 과지방 평가와 적은 얇은 지방 평가로 구분한다. 과지방 평가는 등지방두께보다 뒷갈래근(흉추 7번) 부위의 지방두께가 등지방두께(23mm이상) 측정치 보다 일정부분 이상 두꺼우면 1차등급에 따라 하향조정 한다. 얇은 지방 삼겹살은 뒷갈래근(흉추7번) 부위의 지방두께가 15mm미만은 체크, 10mm미만은 하향조정하고 있다. 냉도체 육질측정의 삼겹살 평가 항목인 근간지방두께는 흉추4~5번 절개부위(냉도체 육질측정 부위)의 넓은등근과 몸통피부근 사이의 근간지방을 넓은등근 1/2지점을 측정자를 이용하여 mm단위로 측정한다. 측정결과 13mm이상을 과지방 발생두께로

판단하고 있다. 또한 5mm이하의 얇은 지방으로 판단하고 있다.

이렇게 설정된 도체의 삼겹살 평가방법에 대해 검증해 보고자한다. 돼지도체는 1차적으로 도체중량과 등지방두께에 따라 등급구간을 설정하여 삼겹살 생산량과 지방이 많아 문제가 되는 과지방 삼겹살과 지방이 너무 얇아 삼겹살로 가치가 떨어지는 것을 구분한다.

삼겹살 생산량과 도체중량, 등지방두께, 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께의 상관도를 보면 Table 1-24과 같다. 삼겹살 생산량은 도체중량과 0.88, 등지방두께와 0.57, 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께와 0.36의 상관도를 가진다. 등지방두께, 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께 보다 도체중량이 삼겹살 생산량에 영향을 많이 미치는 것으로 파악되었다.

Table 1-24. Correlation coefficients (*r*) between belly weight and carcass traits

Traits	Carcass weight	Backfat thickness	Abdomen belly thickness (thoracic vertebra 13th~14th)
Belly weight	0.88***	0.57***	0.36***

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

삼겹살 생산량에 상관도가 제일 높은 도체중량을 도수분포에 따라 분류하여 얻은 삼겹살 생산량 결과 값은 Table 1-25와 같다. 도체중량이 증가하면 삼겹살 생산량은 점진적으로 증가하는 것으로 나타났다. 도체중량 114~116kg에서 삼겹살 생산량은 9.95kg로 제일 높게 나타났고 64~68kg에서 4.93kg로 제일 낮게 나타났다. 빈도수로 보면 79~83kg 구간이 145두로 제일 많고, 84~88kg 구간이 131두, 89~93kg 구간이 123두로 많았다. 반면 64~68kg 구간은 3두, 114~116kg 구간은 2두로 매우 낮았다.

84~88kg 구간은 삼겹살 생산량 6.97kg, 89~93kg 구간은 7.34kg로 유의적인 차이가 없고 빈도수도 높은 구간으로 파악되었다. 빈도수가 제일 높은 79~83kg 구간은 83~88kg 구간과 삼겹살 생산량에서 각각 6.47kg, 6.97kg로 나타나 유의적인 차이가 있는 것으로 조사되었다. 94~98kg 구간은 7.9kg로 89~93kg구간의 7.34kg보다 유의적으로 높게 나타났다. 94~98kg 구간과 99~103kg구간은 삼겹살 생산량에서 유의적인 차이가 없었다.

현행 돼지도체 1차 등급판정기준 도체중량은 1+구간이 83~92kg, 1등급이 80~82kg, 93~97kg이다. 1+구간은 83~92kg로 설정되어, 연구조사 결과에서 삼겹살 생산량이 구분되는 84~93kg 구간과는 하한체중과 상한체중 각 1kg씩 밖에 차이가 나지 않게 설정되어 있다. 또한 1등급 구간도 80~82kg, 93~97kg로 설정되어 삼겹살 생산량이 구분되는 79~83kg, 94~98kg 구간과 하한체중, 상한체중 각 1kg 씩 밖에 차이가 나지 않게 설정되어 있다. 이렇게 돼지도체 1차 등급판정 기준에서 삼겹살 생산량에 따른 도체중량 구간은 적절하게 설정되어 있다고 판단된다.

Table 1-25. Belly weight by carcass weight

Carcass weight (kg)	N ¹	Mean (kg)	Standard deviation	Minimum	Maximum	<i>r</i>
64~68	3	4.93 ^h	0.10	4.85	5.05	
69~73	37	5.62 ^g	0.33	5.0	6.20	
74~78	72	6.11 ^f	0.43	4.50	7.10	
79~83	145	6.47 ^f	0.41	5.40	7.70	
84~88	131	6.97^e	0.49	5.80	9.10	
89~93	123	7.34^e	0.45	5.70	8.30	0.88 ^{***}
94~98	63	7.90 ^d	0.57	6.20	9.40	
99~103	42	8.29 ^d	0.65	5.70	9.70	
104~108	19	8.75 ^c	0.69	6.80	10.30	
109~113	10	9.26 ^b	0.45	8.60	9.80	
114~116	2	9.95 ^a	0.07	9.90	10.00	

¹ Number of pigs

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

등지방두께를 도수분포에 따라 분류하여 얻은 삼겹살 생산량 결과(Table 1-26)를 보면 등지방두께가 두꺼워 짐에 따라 삼겹살 생산량은 증가하는 것으로 나타났다. 등지방두께 6~8mm 구간이 4.85kg로 제일 낮고 33~35mm 구간이 8.29kg로 제일 높게 나타났다. 등지방두께 구간별 빈도수를 보면 18~20mm가 143두, 21~23mm가 129두, 15~17mm가 125두, 24~26mm가 96두로 높게 파악되었다. 반면 6~8mm 구간은 1두, 9~11mm구간은 7두로 매우 낮았으며 33~35mm 구간도 17두로 낮게 파악되었다.

18~20mm 구간은 삼겹살 생산량 6.80kg, 21~23mm 구간은 7.0kg로 유의적인 차이가 없고 빈도수도 높은 구간으로 파악되었다. 다음으로 빈도수가 높은 15~17mm 구간은 18~20mm 구간과 삼겹살 생산량에서 각각 6.55kg, 6.80kg로 나타나 유의적인 차이는 없으나 경계 선상에 있는 것으로 조사되었다. 24~26mm 구간은 7.36kg로 21~23mm구간의 7.0kg보다 유의적으로 높게 나타났다. 24~26mm 구간과 27~29mm구간은 삼겹살 생산량에서 각각 7.36kg와 7.85kg로 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

현행 돼지도체 1차 등급판정기준 등지방두께는 1+구간이 17~24mm, 1등급이 15~16mm, 25~27mm

이다. 1+구간은 17~24mm로 설정되어, 연구조사 결과에서 삼겹살 생산량이 구분되는 18~23mm 구간과는 하한 등지방두께와 상한 등지방두께 각 1mm씩 밖에 차이가 나지 않게 설정되어 있다. 또한 1등급 구간도 15~16mm, 25~28mm로 설정되어 삼겹살 생산량이 구분되는 15~17mm, 24~26mm 구간과 하한, 상한등지방두께 각 1mm 씩 밖에 차이가 나지 않게 설정되어 있다. 이렇게 돼지도 체 1차 등급판정기준에서 삼겹살 생산량에 따른 등지방두께 구간은 적절하게 설정되어 있다고 판단된다. 향후 1차 등급판정기준의 등지방두께를 조정한다면 삼겹살 생산량에 따른 등급 구간은 1+등급 18~23mm, 1등급 15~17mm, 24~26mm 구간을 검토해 보는 것도 좋을 것으로 사료 된다.

Table 1-26. Belly weight by backfat thickness

Backfat thickness (mm)	N ¹	Mean (kg)	Standard deviation	Minimum	Maximum	<i>r</i>
6~8	1	4.85 ^f	-	4.85	4.85	
9~11	7	5.71 ^e	0.7	4.50	6.50	
12~14	36	6.15 ^e	0.54	5.20	8.10	
15~17	125	6.55 ^{cde}	0.67	4.90	7.95	
18~20	143	6.80 ^{cd}	0.82	5.00	9.05	
21~23	129	7.00 ^{cd}	0.72	5.70	8.90	0.57 ^{***}
24~26	96	7.36 ^{bc}	0.85	5.40	9.80	
27~29	61	7.85 ^{ab}	0.97	6.20	9.90	
30~32	32	7.93 ^{ab}	1.10	5.70	10.30	
33~35	17	8.29 ^a	0.80	7.20	10.00	

¹ Number of pigs

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

복부(흉추13~14번) 삼겹살두께에 따른 삼겹살 생산량 상관도는 도체중량($r=0.88$)과 등지방두께($r=0.57$)보다 낮은 $r = 0.35(P < 0.001)$ 로 나타났다. 따라서 도수분포에 따라 분류된 결과(Table 1-27)에서 보듯이 구간별 유의적인 차이가 명확히 나지 않는 것으로 나타났다. 그렇더라도 복부(흉추13~14번) 삼겹살이 두꺼우면 삼겹살 생산량은 점진적으로 증가한다.

복부(흉추13~14번) 삼겹살두께 33~36mm 구간이 6.36kg로 제일 낮고 61~64mm 구간이 7.92kg로 제일 높게 나타났다. 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께 구간별 빈도수는 45~48mm가 153두, 41~44mm가 140두, 49~52mm가 118두, 53~56mm가 82두로 높게 파악된 반면, 29~32mm 구간은 5두, 65~69mm 구간은 4두로 매우 낮았으며 61~64mm 구간은 10두, 33~36mm 구간은 17두로 낮게 파악되었다.

45~48mm 구간은 삼겹살 생산량 7.09kg, 49~52mm 구간은 7.16kg로 유의적인 차이가 없고 빈도수도 높은 구간으로 파악되었다. 빈도수가 높은 41~44mm 구간은 45~48mm 구간과 삼겹살 생산량에서 각각 6.76kg, 7.09kg로 나타나 유의적인 차이는 없으나 경계선상에 있는 것으로 조사되었다. 53~56mm 구간은 7.43kg로 49~52mm구간의 7.16kg보다 유의적으로 높게 나타났다. 53~56mm 구간과 57~60mm구간은 삼겹살 생산량에서 각각 7.43kg와 7.48kg로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

현행 돼지도체 2차 등급판정기준에서 삼겹살 생산량은 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께가 30mm 이하면 1개 등급 하향조정 하도록 설정되어 있다. 29~32mm 구간과 33~36mm 구간은 삼겹살 생산량에서 각각 6.38kg, 6.36kg로 유의적인 차이를 보이지 않는다. 현행 기준 설정이 크게 문제가 되지는 않지만 29~32mm 구간과 33~36mm 구간은 37~40mm구간의 6.47kg와는 유의적인 차이가 있어 복부(흉추13~14번) 삼겹살두께가 36mm이하를 1개 등급 하향조정 하도록 기준을 재설정하는 것을 검토해 보는 것도 좋을 것으로 사료 된다.

Table 1-27. Belly weight by abdomen belly thickness(thoracic vertebra 13th~14th)

Abdomen belly thickness (mm)	N ¹	Mean (kg)	Standard deviation	Minimum	Maximum	<i>r</i>
29~32	5	6.38 ^d	0.77	5.40	7.20	0.36 ^{***}
33~36	17	6.36 ^d	0.66	5.30	7.25	
37~40	78	6.47 ^{cd}	0.68	4.90	8.20	
41~44	140	6.76 ^{bcd}	0.76	4.85	8.85	
45~48	153	7.09 ^{bc}	0.94	5.05	9.70	
49~52	118	7.16 ^{bc}	0.95	4.50	10.00	
53~56	82	7.43 ^{ab}	1.11	5.30	10.30	
57~60	40	7.48 ^{ab}	0.92	6.00	9.80	
61~64	10	7.92 ^a	0.74	6.80	9.05	
65~69	4	7.89 ^a	1.33	6.75	9.40	

¹ Number of pigs

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

돼지도체 1차 등급판정기준은 도체중량과 등지방두께에 따라 1+, 1, 2등급으로 구분한다. 1+ 등급 구간은 도체중량 83~92kg, 등지방두께 17~24mm이다. 1등급 구간은 낮은 체중대인 80~82kg, 15~27mm구간과 83~92kg, 15~16mm 구간이 있고, 높은 체중대인 93~97kg, 15~27mm 구간과

83~92kg, 25~27mm 구간이 있다.

1차 등급판정기준에 따른 도체중량, 등지방두께, 삼겹살 생산량은 Table 1-28과 같다. 1+등급 구간이 빈도수가 160두로 제일 높고, 79kg 이하가 142두, 98kg 이상이 85두, 88~82kg 1등급 구간이 81두로 높게 출현되었다.

1+등급구간은 도체중량 87.35 ± 2.75 kg, 등지방두께 20.48 ± 2.22 mm, 삼겹살 중량 7.08 ± 0.49 kg로 나타났으며 낮은 1등급 구간(80~82kg, 15~27mm)은 도체중량 81.10 ± 0.82 kg, 등지방두께 19.59 ± 3.30 mm, 삼겹살 중량 6.49 ± 0.41 kg, 높은 1등급 구간(93~97kg, 15~27mm)은 도체중량 94.40 ± 1.30 kg, 등지방두께 21.89 ± 3.10 mm, 삼겹살 중량 7.63 ± 0.47 kg로 나타났다.

1차 등급판정기준과 삼겹살 생산량과 상관도는 도체중량이 제일 높아 도체중량에 따라 삼겹살 생산량도 유의적인 차이를 보이고 있다. 98kg 이상 2등급 구간의 삼겹살 생산량은 8.51 ± 0.73 kg로 제일 높고, 높은 1등급 구간(93~97kg, 15~27mm) 7.63 ± 0.47 kg, 1+등급구간 7.08 ± 0.49 kg, 낮은 1등급 구간(80~82kg, 15~27mm) 6.49 ± 0.41 kg, 79kg 이하 2등급 구간 6.00 ± 0.48 kg로 등급구간별 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 현행 돼지도체 등급판정 1차 기준에 따른 등급구간은 삼겹살 생산량으로 검증하면 구간별 변별력을 가지고 설정되어 있다고 판단할 수 있겠다.

삼겹살에 대한 소비자 만족도 조사 결과(축산물품질평가원, 2013.10.) 삼겹살 구입 시 가장 고려하는 요인은 무엇입니까? 라는 질문에 1,020명 중 649명, 63.6%가 적정 지방정도라고 응답하였다. 육색이 136명, 13.3%, 마블링이 119명, 11.7%, 삼겹살 폭이 109명, 10.7% 순으로 응답하였다. 삼겹살 구입 또는 섭취 시 가장 큰 불만은? 이라는 질문에 지방이 너무 많아 느끼함이 493명, 48.3%로 제일 높고, 지방과 근육이 조화를 이루지 못함이 310명, 30.4%로 높게 나타났다. 지방이 적어 딱딱함은 115명, 11.3%, 연하여 물컹함은 68명, 6.7%로 나타났다. 설문조사결과에서 보듯이 삼겹살은 지방이 너무 많아 느끼함과 지방과 근육이 조화를 이루지 못한 것이 제일 큰 문제로 대두되고 있다. 과지방(떡지방)은 정확한 정의가 없다. 소비자에 따라 삼겹살 지방량이 많고 적음을 느끼는 정도가 달라 그렇다.

삼겹살 과지방을 측정하는 방법은 삼겹살 슬라이스에서 측정된 근육비율을 보고 삼겹살 1판을 판단하는 방법과 과지방 발생부위로 설정된 흉추11번~흉추13번(약 9cm) 각 각의 근육비율과 3곳을 합한 평균 근육비율을 보고 판단하는 방법이 있겠다. 과지방 발생 부위인 흉추11~13번, 3곳을 합한 평균 근육비율과 등급판정 항목에서 측정가능한 척추위치별 등지방두께와 근간지방두께, 도체중량에 대한 상관도를 살펴보면 Table 1-29와 같다.

Table 1-28. Belly weight and carcass traits of 1st grade by carcass weight and backfat thickness

Grade	Carcass weight	Backfat thickness	N ¹	Carcass weight	Backfat thickness	Belly weight
2	~79	0~	142	75.50±3.10	17.75±4.14	6.00±0.48 ^f
	80~97	~14	18	84.78±4.62	12.94±1.06	6.46±0.55 ^e
1	80~82	15~27	81	81.10±0.82	19.59±3.30	6.49±0.41 ^e
	83~92	15~16	29	87.14±2.81	15.52±0.51	6.92±0.47 ^d
1 ⁺	83~92	17~24	160	87.37±2.75	20.48±2.22	7.08±0.49 ^{cd}
1	83~92	25~27	37	87.62±2.90	25.97±0.87	7.18±0.55 ^c
	93~97	15~27	55	94.40±1.30	21.89±3.10	7.63±0.47 ^b
2	80~97	28~	40	90.80±4.60	30.85±2.05	7.61±0.75 ^b
	98~	~100	85	102.95±4.37	26.73±3.95	8.51±0.73 ^a

¹ Number of pigs

과지방 발생 부위의 근육비율과 근간지방두께 상관은 $r=-0.73$, 흉추7번 등지방두께 $r=-0.69$, 요추14번 등지방두께 $r=-0.65$, 흉추4번, 흉추11번과 14번의 평균 등지방두께 $r=-0.59$ 로 부의 상관을 나타냈다. 도체중량은 과지방 발생율과 상관도가 제일 낮은 $r=-0.3$ 으로 나타났다.

현재 돼지도체 등급판정기준으로 등지방두께를 측정하는 부위인 흉추11번, 14번의 평균은 $r=-0.59$ 로 나타나 요추7번($r=-0.69$)과 흉추14번($r=-0.65$) 보다 낮은 것으로 조사되었다. 냉도체 삼겹살 과지방 측정 항목인 근간지방두께($r=-0.73$)가 제일 높은 연관성을 보였다. 결론적으로 온도체 등급판정시 연관성이 제일 높은 요추7번 등지방두께를 감안하여 삼겹살 과지방 판정을 활용하면 더 정확한 삼겹살 측정이 이루어질 것으로 판단된다.

Table 1-29. Correlation coefficients (r) between muscle percentage and backfat thickness

Traits	Backfat thickness				Inter muscular fat thickness	Carcass weight
	11th rib, 14th rib average	1th rib	14th rib	7th lumbar		
Muscle percentage (11th rib~13th rib)	-0.59 ^{***}	-0.59 ^{***}	-0.65 ^{***}	-0.69 ^{***}	-0.73 ^{***}	-0.30 ^{***}

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

상관도가 제일 높은 근간지방두께와 과지방 발생부위인 흉추11번, 흉추12번, 흉추13번, 흉추 11~13번 평균, 전체 삼겹살 근육비율을 조사한 결과는 Table 1-30과 같다. 지방조직 중량비율이 55%이상을 딱지방 삼겹살로 정의한(박만중, 박병철 *et al.* 2013) 부분을 참고하여 척추 위치별 삼겹살 근육비율이 45%이하, 지방비율이 55%이상을 과지방으로 판정한다면 흉추11번, 12번 삼겹살은 근간지방두께 10mm이상, 흉추13번 삼겹살은 13mm이상이 되면 과지방이 되는 것으로 나타났다. 과지방 발생부위인 척추 3곳의 삼겹살은 11mm이상에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다. 삼겹살 1판으로 과지방여부를 판정하면 근간지방두께 15mm이상에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다.

Table 1-30. Muscle percentage of thoracic vertebra 11th~13th by inter muscular fat thickness

Inter muscular fat thickness	N ¹	Muscle percentage(%)				
		Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 12th	Thoracic vertebra 13th	Thoracic vertebra 11th~13th	Total belly
2	1	64.23±0.0	63.96±0.0	64.12±0.0	64.10±0.0	65.73±0.0
3	4	61.51±4.57	63.20±5.89	64.31±6.75	63.01±5.72	64.48±4.51
4	13	58.87±4.74	59.15±5.57	61.88±4.47	59.97±4.40	60.48±4.00
5	27	55.78±5.64	57.12±5.63	58.32±5.14	57.07±5.11	58.65±3.95
6	29	51.66±5.36	52.29±5.56	53.85±6.47	52.60±5.53	55.13±4.49
7	62	50.58±5.59	51.07±5.22	52.83±5.27	51.49±5.09	53.82±4.33
8	53	48.85±5.35	50.04±5.72	51.66±5.29	50.18±5.14	52.97±4.41
9	75	47.15±5.29	47.21±4.85	49.20±4.74	47.85±4.71	50.98±4.09
10	73	44.89±4.41	44.93±4.74	46.80±5.72	45.54±4.64	48.94±3.94
11	65	43.45±5.52	44.35±5.60	45.26±5.59	44.35±5.27	48.10±4.54
12	75	42.99±5.02	43.21±4.93	45.20±5.08	43.79±4.70	46.95±3.81
13	53	41.23±4.53	41.61±5.17	43.34±5.69	42.06±4.88	46.03±4.40
14	45	40.42±4.54	40.60±4.52	42.85±5.52	41.26±4.56	45.36±3.96
15	21	39.94±4.57	40.27±4.89	41.40±5.84	40.54±4.87	44.40±4.48
16	14	35.70±4.84	36.90±5.00	38.40±5.60	37.00±4.78	40.87±3.79
17	15	38.52±5.20	37.67±5.51	40.39±5.58	38.86±5.29	42.50±5.20
18	5	37.64±4.16	39.50±3.03	38.91±6.70	38.06±5.03	42.53±4.69
19	10	35.66±3.72	35.28±4.69	36.96±6.84	35.96±4.90	40.07±4.84
20	3	31.75±2.78	31.81±4.06	31.57±3.21	31.71±3.09	35.96±3.55
21	1	33.07±0.0	32.58±0.0	33.48±0.0	33.04±0.0	37.91±0.0
22	2	31.25±2.53	31.45±2.22	28.36±3.67	30.35±2.81	34.33±3.41
23	2	32.42±2.77	30.08±1.90	33.57±0.71	32.02±1.79	36.09±1.84
24	0					
25	1	33.97±0.0	30.16±0.0	31.68±0.0	31.94±0.0	36.95±0.0
Total	647					

¹ Number of pigs

냉도체 육질측정 시 삼겹살 과지방 여부를 판단하는 기준으로 활용하는 근간지방두께는 과지방 발생부위의 근육비율과 상관도는 0.73으로 도체 판정항목에서 제일 높다. 근육비율 45%이하를 과지방으로 분류한다면 삼겹살 전체 1판은 근간지방두께 15mm이상에서 과지방일 발생하고, 흥추11~13번 삼겹살은 근간지방두께 11mm에서, 흥추13번은 13mm, 흥추11번, 12번은 10mm에서 과지방이 발생하는 것으로 조사되었다.

근간지방두께 13mm 이상을 과지방으로 구분하는 현행 냉도체 육질측정 기준으로 근간지방두께별 출현두수와 과지방 두수, 과지방 발생율을 보면 Figure 1-8과 1-9와 같다. 출현두수는 평균 등지방두께 21.2mm를 기준으로 20mm가 57두로 제일 많고, 18mm, 22mm에서 53두로 다음으로 많았다. 과지방 출현두수는 22mm가 16두로 제일 많고, 25mm, 27mm, 28mm 순으로 많았다.

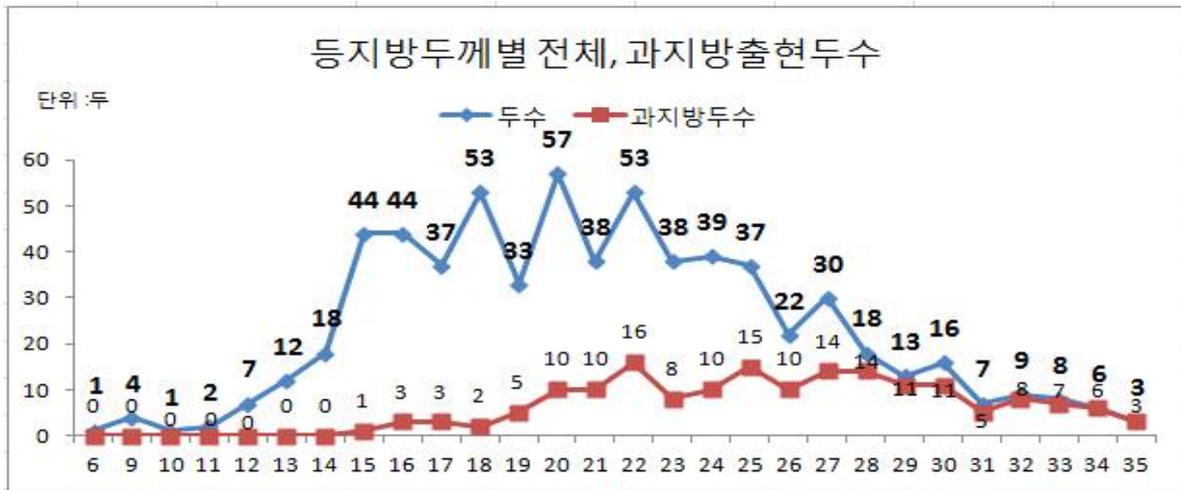


Figure 1-8. Number of pigs by Backfat thickness and excessive fat



Figure 1-9. Excessive fat frequency by Backfat thickness

전체 과지방 출현율은 26.5%(172두/650두)로 파악되었다. 1+등급구간(17~24mm)에서 과지방은 15.5%(54두/348두)로 파악되었고, 22mm에서 30.2%로 제일 높고, 21mm, 24mm 순으로 높았다. 1등급의 높은 등지방두께(25~27mm) 구간에서 과지방은 43.8%(39두/89두)로 파악되었으며, 등지방두께 28mm이상에서 과지방 출현율은 81.3%(65두/80두)로 급격하게 증가하였다.

근간지방두께 13mm이상을 과지방으로 정의한 냉도체 육질측정 기준으로 보면 현행 1차등급 판정기준의 등지방두께별 등급구간 설정은 변별력이 매우 높다고 판단된다.

온도체에서 측정하는 등지방두께와 과지방 발생부위인 흉추11번, 흉추12번, 흉추13번, 흉추 11~13번 평균, 전체 삼겹살의 근육비율을 조사한 결과는 Table 1-30과 같다.

Table 1-31. Muscle percentage of thoracic vertebra 11th~13th by backfat thickness

Back fat thickness	N ¹	Muscle percentage(%)				
		Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 12th	Thoracic vertebra 13th	Thoracic vertebra 11th~13th	Total belly
6	1	56.16±0.0	61.55±0.0	65.46±0.0	61.06±0.0	62.00±0.0
9	4	53.72±8.64	53.96±9.13	57.32±8.61	55.00±8.75	56.86±8.71
10	1	59.12±0.0	60.23±0.0	61.46±0.0	60.27±0.0	61.96±4.25
11	2	49.88±1.69	48.45±3.76	52.86±3.72	50.40±3.05	52.66±5.85
12	6	50.65±6.19	51.84±5.74	52.95±5.84	51.81±5.90	53.37±5.07
13	12	54.58±6.52	56.20±6.54	56.23±5.81	55.67±5.70	57.39±5.07
14	18	52.70±7.19	54.44±6.73	57.06±6.34	54.74±6.55	56.91±5.61
15	44	50.40±7.13	51.41±7.02	52.84±6.49	51.55±6.63	54.06±5.21
16	44	49.55±7.88	50.17±8.66	51.99±9.19	50.57±8.44	52.62±6.61
17	37	49.53±5.96	49.38±5.84	51.03±6.19	49.98±5.87	52.81±5.19
18	53	47.94±5.60	48.60±5.47	49.59±6.18	48.71±5.54	51.82±4.89
19	33	46.13±7.60	46.58±6.91	48.32±6.96	47.01±6.93	50.23±5.98
20	57	46.20±5.73	46.32±5.73	48.24±6.22	46.92±5.64	50.09±5.07
21	38	45.02±6.16	45.86±5.71	47.48±5.75	46.12±5.75	49.17±5.20
22	53	43.69±4.86	43.86±5.13	45.39±5.64	44.31±4.98	47.71±4.19
23	38	42.69±5.00	43.35±6.11	45.23±5.69	43.76±5.32	47.10±4.50
24	39	43.61±15.97	44.26±6.18	45.53±6.25	44.47±5.93	48.25±5.38
25	37	41.15±6.29	41.30±6.07	43.58±6.03	42.01±5.84	45.89±5.04
26	22	42.18±4.94	41.61±3.86	44.05±5.07	42.61±4.29	46.37±3.80
27	30	42.07±3.70	42.05±3.78	44.95±5.54	43.02±3.98	46.83±3.40
28	18	40.09±6.13	40.96±7.10	42.43±7.84	41.16±6.86	45.36±5.77
29	13	40.67±4.49	40.57±4.12	42.16±4.64	41.13±4.02	45.03±4.36
30	16	39.98±7.50	40.15±6.58	42.29±7.26	40.72±6.81	44.70±6.02
31	7	40.14±6.80	39.78±7.33	39.23±6.64	39.72±6.62	43.15±6.67
32	9	37.18±6.41	36.15±6.16	37.77±8.18	37.03±6.73	41.45±6.33
33	8	33.63±3.93	34.42±3.98	35.89±6.78	34.47±4.73	38.17±4.47
34	6	35.24±3.18	33.53±3.41	34.45±3.91	34.40±3.30	38.49±3.58
35	3	35.02±2.62	34.87±4.31	36.65±6.43	35.51±4.15	39.74±3.00
Total	647					

¹ Number of pigs

척추 위치별 삼겹살 근육비율이 45%이하, 지방비율이 55%이상을 과지방으로 정의한다면 흉추11번, 12번 삼겹살은 등지방두께 22mm이상, 흉추 13번 삼겹살은 25mm 이상이 되면 과지방이 되는 것으로 나타났다. 과지방 발생부위인 척추 3곳은 22mm이상에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다. 삼겹살 1판 전체를 보고 과지방여부를 판단해 보면 등지방두께 30mm이상에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다.

현재 1+등급의 등지방두께 구간은 17~24mm, 1등급은 15~27mm이다. 과지방 발생 부위인 흉추 11~13번(9cm)의 근육비율과 연계하여 삼겹살 품질을 평가하려면 최대한 등지방두께 범위를 축소하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 하지만 과지방 발생 부위는 정상적인 삼겹살에서도 지방비율이 높기 때문에 때로는 이 부위의 지방함량이 정상이다라도 삼겹살의 앞부분(갈비 부위쪽)의 근간 지방층이 너무 얇아 소비자의 기호성이 낮아질 수 있어 신중한 접근이 필요하다.

온도체에서 측정하는 도체중량과 과지방 발생부위인 흉추11번, 흉추12번, 흉추13번, 흉추 11~13번 평균, 전체 삼겹살의 근육비율을 조사한 결과는 Table 1-32와 같다.

Table 1-32. Muscle percentage of thoracic vertebra 11th~13th by carcass weight

Carcass Weight (kg)	N ¹	Muscle Percentage(%)				
		Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 12th	Thoracic vertebra 13th	Thoracic vertebra 11th~13th	Total belly
64	1	56.16±0.0	61.55±0.0	65.46±0.0	61.06±0.0	62.00±0.0
66	1	61.61±0.0	61.57±0.0	58.96±0.0	60.71±0.0	61.15±0.0
67	1	48.85±0.0	52.49±0.0	51.87±0.0	51.07±0.0	52.17±0.0
69	2	55.45±9.36	53.82±11.98	57.57±12.10	55.61±11.15	58.58±8.64
70	2	45.68±4.09	47.66±7.98	50.08±6.35	47.81±6.14	49.78±5.65
71	9	48.67±9.20	50.07±8.18	51.54±7.27	50.09±8.15	52.95±7.29
72	6	47.57±4.54	47.61±3.78	48.94±5.29	48.04±4.24	51.09±3.56
73	18	46.92±6.68	47.52±7.25	49.59±8.11	48.01±7.22	51.16±6.29
74	10	49.33±6.98	52.31±5.11	53.33±6.60	51.66±5.83	54.28±5.28
75	13	44.78±8.96	46.53±11.12	47.83±9.74	46.38±9.65	49.18±7.82
76	15	46.38±9.16	46.62±8.29	48.69±8.82	47.23±8.62	50.13±8.03
77	16	47.87±8.21	48.03±8.93	50.44±8.95	48.78±8.57	51.27±7.22
78	18	48.16±7.80	48.49±9.26	49.85±9.41	48.83±8.73	51.80±7.18
79	30	48.05±8.46	48.94±8.29	50.50±8.41	49.16±8.23	51.67±7.12
80	28	47.60±6.04	48.47±6.52	49.72±6.74	48.60±6.17	51.39±5.53
81	28	44.67 ±6.90	44.80 ±6.81	46.67±6.91	45.38±6.61	48.87±5.90
82	35	46.85±6.63	46.78±7.15	49.13±7.80	47.59±7.01	50.45±6.04
83	25	47.79±7.12	48.62±6.48	50.00±8.08	48.80±6.97	51.61±6.00
84	28	44.70 ±6.98	45.40±6.98	46.03±6.91	45.33±6.73	48.97±5.59
85	26	45.16±6.05	45.90±6.55	48.30±5.98	46.45±6.00	50.08±5.11
86	23	44.40 ±6.62	44.95 ±6.21	46.83±7.15	45.39±6.46	48.74±5.96
87	27	45.28±7.03	45.57±7.41	48.08±7.31	46.31±7.13	49.18±6.27
88	27	44.90 ±6.70	45.65±6.43	47.24±6.30	45.93±6.28	49.32±5.43
89	30	44.95 ±7.20	45.24±7.51	47.01±7.81	45.74±7.33	48.94±6.38
90	23	42.76 ±6.23	43.66 ±5.97	44.73 ±6.93	43.72 ±6.21	47.40±5.65
91	28	44.95 ±7.69	45.44±7.45	46.88±7.87	45.76±7.56	49.04±6.94
92	21	45.93±6.18	46.07±6.60	48.76±6.53	46.92±6.28	49.74±5.75
93	22	45.29±8.28	45.97±8.86	46.89±7.90	45.81±8.18	48.76±6.68
94	19	46.30±7.90	45.81±7.31	47.83±8.66	46.65±7.73	49.43±5.43

¹ Number of pigs

Table 1-32. Continued

Carcass Weight (kg)	N ¹	Muscle Percentage(%)				
		Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 12th	Thoracic vertebra 13th	Thoracic vertebra 11th~13th	Total belly
95	14	43.42±5.23	43.56±6.19	45.26±5.59	44.08±5.35	47.51±4.85
96	8	43.15±6.80	42.84±6.85	46.50±6.43	43.82±6.61	47.39±5.80
97	10	42.11±5.19	43.06±5.08	45.04±4.80	43.40±4.72	47.14±5.15
98	12	44.24±6.80	44.73±6.73	46.03±7.45	45.00±6.77	48.89±5.66
99	7	43.67±6.99	43.51±6.97	42.84±7.27	43.34±6.91	48.38±6.26
100	12	42.35±6.04	42.25±6.58	43.30±7.02	42.63±6.36	46.63±5.76
101	10	41.40±5.26	41.38±6.75	42.12±6.16	41.63±5.81	45.87±5.08
102	10	43.40±8.49	41.96±8.20	44.21±9.13	43.19±8.47	46.71±7.04
103	3	46.57±15.19	41.79±10.22	44.25±10.01	44.20±11.73	46.41±7.29
104	4	37.03±6.43	37.54±5.65	41.84±8.38	38.80±6.59	42.48±6.37
105	4	37.69±8.20	37.44±8.14	38.88±8.71	38.00±8.17	39.77±6.20
106	7	39.06±8.37	36.92±8.18	38.43±8.19	38.14±8.09	41.84±7.60
107	1	39.91±0.0	39.09±0.0	37.27±0.0	38.76±0.0	47.11±0.0
108	3	39.77±4.30	42.75±3.12	46.42±1.89	42.98±2.31	46.14±1.67
109	2	40.80±2.49	41.16±5.65	41.52±5.66	41.16±4.60	44.65±4.26
110	4	38.47±5.37	39.74±5.77	39.38±4.95	39.20±5.12	44.10±4.64
111	4	39.70±2.71	39.69±1.55	40.98±5.57	40.12±2.97	44.80±2.61
116	2	40.44±1.76	39.77±7.26	43.03±5.05	41.08±4.69	44.27±6.39
Total	647					

¹ Number of pigs

흉추11번, 12번 삼겹살은 도체중량 81kg, 86kg, 90kg 95kg 등에서 나타났고, 흉추13번 삼겹살은 90kg, 98kg 등에서 과지방이 되는 것으로 나타났다. 과지방 발생부위인 척추 3곳은 90kg, 95kg 에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다. 삼겹살 1판 전체를 보고 과지방여부를 판단해 보면 도체중량 104kg이상에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다. 도체중량은 과지방 발생과 상관도($r = -0.30$)가 낮아 여러 체중대에서 과지방이 발생하는 것으로 나타났다.

얇은 삼겹살을 판단하는 기준인 흉추7번의 등지방두께를 도수분포에 따라 분류하여 얻은 삼겹살 1판의 근육비율 조사결과(Table 1-33)를 보면 흉추7번의 등지방두께가 두꺼워 짐에 따라 삼겹살 근육비율은 줄어드는 것으로 나타났다. 흉추7번 등지방두께 5~8mm구간이 61.98%로 제일 높고 37~41mm구간이 39.16%로 제일 낮게 나타났다. 흉추7번 등지방두께 구간별 빈도수를 보면 21~24mm가 180두, 17~20mm가 175두, 25~28mm가 119두로 높게 파악되었다. 반면 37~41mm구간 4두, 5~8mm구간 13두, 33~36mm구간은 17두로 낮게 파악되었다. 21~24mm구간은 삼겹살 1판 근육비율 47.81%, 17~20mm구간은 51.35%로 유의적인 차이가 있고 빈도수도 높은 구간으로 파악되었다. 삼겹살은 29~32mm 이상 구간에서 근육비율이 42.83%로 나타나 지방이 55%이상 되어 과지방이 발생하는 것으로 조사되었다.

얇은 지방은 상대적으로 근육비율이 높아 쫄쫄한 느낌으로 소비자 선호도를 떨어뜨리는 것으로 판단된다. 과지방과 같이 얇은 지방에 대한 정확한 기준은 설정되어 있지 않다. 또한 연

구논문에서도 정의를 하고 있지 않아 본 연구에서 수행하여 얻은 삼겹살 도수분포에 따른 분류로 설명하고자 한다.

현행 돼지도체 등급판정 요령에서 흉추7번 등지방두께가 15mm이하이면 삼겹살 상태에서 체크를 하고 10mm이하면 1개 등급을 하향하도록 정의하고 있다. 5~8mm 구간은 근육비율이 $61.98 \pm 4.36\%$, 9~12mm 구간은 $57.59 \pm 5.43\%$, 13~16mm 구간은 $54.71 \pm 4.78\%$ 로 나타났다. 5~8mm구간과 9~12mm, 13~16mm은 근육비율이 유의적으로 낮게 나타났고, 13~16mm구간과 17~20mm구간도 각각 54.71%, 51.35%로 유의적으로 낮게 조사되었다. 이런 결과를 바탕으로 얇은 지방은 8mm 이하를 하향조정하고 16mm이하를 체크 또는 하향 조정할 필요가 있겠다. 향후 흉추7번 등지방 두께 구간별 삼겹살 형태 조사와 근육비율간 상관 등을 통해 얇은 지방에 대한 정확한 판정 기준 설정이 필요하겠다.

Table 1-33. Muscle percentage of lumbar vertebra 7th backfat thickness

lumbar vertebra 7th backfat thickness(mm)	N ¹	Mean (%)	Standard deviation	Minimum	Maximum	<i>r</i>
5~8	13	61.98 ^a	4.36	55.23	69.27	
9~12	31	57.59 ^b	5.43	39.76	67.18	
13~16	72	54.71 ^b	4.78	40.17	64.51	
17~20	175	51.35 ^c	4.40	38.76	6.20	
21~24	180	47.81 ^d	4.71	31.40	61.78	-0.69 ^{***}
25~28	119	45.80 ^{de}	4.23	33.06	60.57	
29~32	42	42.83 ^e	5.02	30.95	52.36	
33~36	13	39.09 ^f	6.57	31.92	54.45	
37~41	4	39.16 ^f	2.71	36.60	42.57	

¹ Number of pigs

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

돼지도체 1차 등급판정기준은 도체중량과 등지방두께에 따라 1+, 1, 2등급으로 구분한다. 1+ 등급 구간은 도체중량 83~92kg, 등지방두께 17~24mm이다. 1등급 구간은 낮은 체중대인 80~82 kg, 15~27mm구간과 83~92kg, 15~16mm구간이 있고, 높은 체중대인 93~97kg, 15~27mm구간과 83~92 kg, 25~27mm 구간이 있다.

1차 등급판정기준에 따른 흉추11번, 흉추12번, 흉추13번, 흉추11~13번, 전체 삼겹살의 근육

비율은 은 Table 1-34와 같다. 1+등급 구간이 빈도수가 160두로 제일 높고, 79kg 이하가 142두, 98kg 이상이 85두, 88~82kg 1등급 구간이 81두로 높게 출현되었다.

1+등급구간(83~92kg, 17~24mm)은 흉추11번 45.67±6.14%, 흉추12번 46.23±5.93%, 흉추13번 47.91±6.14%, 흉추11~13번 46.60±5.89%, 전체 삼겹살 49.86±5.19%로 나타났으며, 낮은 1등급 구간(80~82kg, 15~27mm)은 흉추11번 46.22±6.02%, 흉추12번 46.60±6.34%, 흉추13번 48.40±6.81%, 흉추11~13번 47.07±6.13%, 전체 삼겹살 50.09±5.26%, 높은 1등급 구간(93~97kg, 15~27mm)은 흉추11번 45.69±6.89%, 흉추12번 45.73±7.38%, 흉추13번 47.61±6.91%, 흉추11~13번 46.34±6.75%, 전체 삼겹살 49.35±5.10%로 나타났다.

1차 등급판정기준과 과지방 발생부위 근육비율과 상관도는 등지방두께가 제일 높아 등지방 두께에 따라 삼겹살 과지방 위치별 유의적인 차이를 보이고 있다. 14mm 이하 2등급 구간의 삼겹살 근육비율은 57.01±4.69%로 제일 높고, 등지방두께가 높은 1등급 구간(83~92kg, 25~27mm) 46.44±3.14%, 등지방두께가 높은 2등급 구간(80~97kg, 28~mm)은 42.57±5.49%로 등급구간별 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 현행 돼지도체 등급판정 1차 기준에 따른 등급구간은 삼겹살 생산량으로 검증하면 구간별 변별력을 가지고 설정되어 있다라고 판단할 수 있겠다.

Table 1-34. Muscle percentage of thoracic vertebra 11th~13th of 1st grade by carcass weight and backfat thickness

Grade	Carcass weight	Backfat thickness	N ¹	Muscle percentage(%)				
				Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 12th	Thoracic vertebra 13th	Thoracic vertebra 11th~13th	Total belly
2	~79	0~	142	47.76±7.96 ^b	48.64±8.31 ^{bc}	50.33±8.38 ^b	48.91±8.04 ^{bc}	51.64±6.94 ^{bc}
	80~97	~14	18	53.93±5.87 ^a	54.23±5.87 ^a	56.32±5.26 ^a	54.83±5.51 ^a	57.01±4.69 ^a
1	80~82	15~27	81	46.22±6.02 ^b	46.60±6.34 ^{bc}	48.40±6.81 ^b	47.07±6.13 ^c	50.09±5.26 ^c
	83~92	15~16	29	48.45±7.13 ^b	49.49±7.67 ^b	50.70±7.98 ^b	49.55±7.42 ^b	52.59±6.26 ^b
1 ⁺	83~92	17~24	160	45.67±6.14 ^b	46.23±5.93 ^c	47.91±6.14 ^b	46.60±5.89 ^c	49.86±5.19 ^c
1	83~92	25~27	37	42.07±4.06 ^c	42.21±3.59 ^d	44.79±4.98 ^{cd}	43.02±3.85 ^d	46.44±3.14 ^d
	93~97	15~27	55	45.69±6.89 ^b	45.73±7.38 ^c	47.61±6.91 ^{bc}	46.34±6.75 ^c	49.35±5.10 ^c
2	80~97	28~	40	37.94±5.54 ^d	38.26±5.26 ^e	39.65±6.51 ^e	38.54±5.51 ^e	42.57±5.49 ^e
	98~	~100	85	41.64±6.86 ^c	41.32±6.79 ^d	42.67±7.17 ^d	41.88±6.70 ^d	45.77±5.95 ^d

¹ Number of pigs

나. 삼겹살의 대표 평가부위 설정

삼겹살은 삼겹살 생산량이 적당하고 과지방과 얇은 지방이 없이 근육과 지방이 적당한 것이어야 한다. 삼겹살은 제5갈비뼈(늑골) 또는 제6갈비뼈에서 뒷다리까지의 등심아래 복부부위로서 복부 지방과 갈매기살, 오돌삼겹을 제거하고 지방두께를 7mm이하로 정형한다. 정형한 1판에서 소비자가 싫어하는, 문제가 되는 부위를 정확히 평가하여 개선하는 것이 평가부위 설정의 근본 목적이다. 대표 평가부위는 소비자 만족도 조사결과에 따른 설정과 삼겹살에서 제일 문제가 되는 과지방 발생 부위인 흉추11번~13번, 약 9cm의 흉추12번에서 근육비율조사결과로 설정하고자 한다.

(1) 소비자 만족도에 의한 평가부위 설정

삼겹살 품질기준은 소비자의 입장에서 가장 구매하고 싶은 규격의 제품이어서 한다는 원칙에서 육가공업체 전문가들의 의견을 반영하여 삼겹살 품질기준(안)을 설정하였다. 대부분으로 정형한 삼겹살을 슬라이스한 다음, 그 중에서 대부분할 부위 전체(공시축 한 마리)를 대변할 수 있을 대표적 5위치(Location A~E)를 선정했다. 삼겹살이 분포하고 있는 척추의 위치에 따라 Location A, Location B, Location C, Location D, Location E로 구분하였다. Location A는 흉추5번, Location B는 흉추9번, Location C는 흉추12번, Location D는 요추1번, 그리고 Location E는 요추5번으로 하였다. 그렇게 선정된 척추위치별 슬라이스 사진을 보고 평소 삼겹살을 가공, 소매, 등급판정 등을 다년 간 수행해온 전문가 86명을 대상으로 시각적 관능검사를 실시하였다. 각 Location에서 삼겹살 단면 사진을 보면서, 시각적으로 가장 Leanest한 것은 Group 1, 가장 fattest한 것은 Group 5 그리고 그 중간을 Group 2, Group 3, Group 4로 세분하는 전체 5개 그룹으로 분류하였다(Figure 1-10).

삼겹살단면의 분포위치(Location)에 따른 전문가의 시각적 관능검사 결과 삼겹살 단면의 분포위치에 따라 소비자가 생각하는 지방 분포에 대한 조사결과는 Table 1-35와 같다.

그룹별로 소비자 선호도 조사결과를 살펴보면 Location A, Location B, Location C, Location D, Location E에서 각각 3.22, 3.33, 3.56, 3.04, 2.95로 나타났다. 박만중, 박병철 *et al.*(2013)에 의하면 떡지방 삼겹살은 떡지방이 잘 발생하는 제 10~13늑골 부위 중 보통 제11늑골과 12늑골 사이 절단면의 근육면적 대비 지방 면적 비율로 판정하며, 떡지방 발생 부위는 정상적인 삼겹살에서도 지방 비율이 높기 때문에 때로는 이 부위의 지방함량이 정상이더라도 삼겹살의 앞부분(갈비 부위쪽)의 근간 지방층이 너무 얇아 소비자의 기호성이 낮아질 수 있고, 역으로 떡지방 부위의 지방 비율이 높더라도 삼겹살 앞부분의 근간지방두께가 적절한 경우는 떡지방 부위의 지방만 제거하면 소비자의 기호성이 높을 수도 있다고 했다.

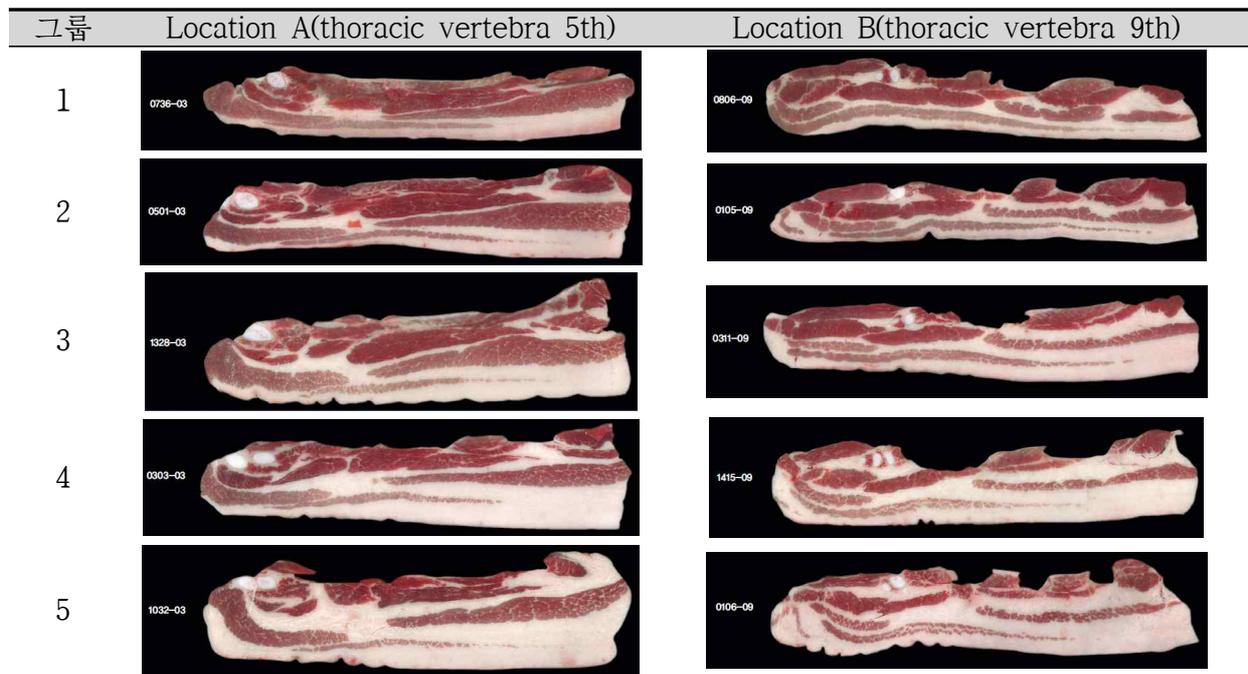


Figure 1-10. Belly shape according to the thoracic vertebra location

Table 1-35. Expert visual sensory evaluation by belly fatness of vertebra

Group	Mean ± sd	Visual sensory evaluation	etc.
Location A	3.22 ± 0.53	3	
Location B	3.33 ± 0.53	4	
Location C	3.56 ± 0.58	5	representative part
Location D	3.04 ± 0.51	2	
Location E	2.95 ± 0.47	1	

* 1. Most Leanest, 2. Leanest, 3. Moderate, 4. Fattest, 5. Most Fattest

본 연구조사결과에서도 Location C(흉추12번째)가 소비자의 기호성이 가장 좋지 않은 것으로 조사되어 대표부위로 선정하여 개량 하는것이 필요하다고 하겠다. Location C를 대표부위로 선정하여 소비자가 가장 선호하는 유형을 선별하기 위해 Table 1-36와 같이 5가지 유형으로 구분하여 소비자 선호도 조사 결과를 분석 하였다.

수도권(강원포함), 충청권, 호남권, 영남권, 제주권에서 생활하는 돼지고기 소비자를 대상으로 2012년 10월부터 11월까지 설문지를 배부하여 충실하게 작성된 1,000부를 조사 자료로 이용하였다. 조사대상의 사회경제적 분류에 따른 분포는 성별, 학력별, 그리고 거주 지역별로 구분하였으며, 그 분포는 Table 1-37과 같다.

Table 1-36. Photograph of pork belly images for survey

Type	Photograph of pork belly images for survey	Feature of pork belly
T1		Most thinnest belly thickness and most leannest (belly muscle percentage 48%)
T2		Thinnest belly thickness and leannest (belly muscle percentage 48%)
T3		Moderate (belly muscle percentage 46%)
T4		Moderate belly thickness and fattest (belly muscle percentage 45%)
T5		Moderate belly thickness and most fattest (belly muscle percentage 33%)

소비자 설문조사를 통한 시각적 관능검사는 삼겹살 선호 형태를 파악하기 위해 Yorkshire 종돈에서 생산된 삼겹살중 흉추12번에서 생산될 수 있는 5가지 유형을 선별하기 위해 필요한 많은 수의 돼지고기 삼겹살의 이미지는 디지털로 촬영한 사진을 이용하였다. 기본 이미지로 5개 유형의 삼겹살 이미지를 촬영한 후, 돼지고기 소비자를 대상으로 설문지를 이용하여 돼지고기를 소비하는 장소, 소비하는 횟수에 대한 일반적인 소비패턴을 조사하였으며, 그와 병행하여 삼겹살 중 흉추12번 위치에서 생산할 수 있는 5개의 삼겹살 유형을 Table 1-36와 같이 5개 처리구로 나누어 소비자가 느끼는 지방의 분포에 대한 평가(1. 너무 많음, 2. 약간 많음, 3.적당, 4. 약간부족, 5. 너무 부족), 구매여부에 대한 평가(1.반드시 구매, 2. 아마구매, 3. 잘모르겠음, 4. 아마구매하지 않음, 5. 단연코 구매하지 않음), 선호도에 대한 평가는 5점 척도법을 사용하였다. 가장 선호하는 것 1점에서 가장 선호하지 않은 것(불량한 것)은 5점으로 평가하여 산술적으로 평균과 표준편차를 계산하였다.

Table 1-37. Compositional characteristics and distribution of consumers participated in the survey (n=1,000)

Item	Classification	Consumer		Item	Classification	Consumer		
		N ¹	%			N	%	
Gender	male	489	48.9	Region	Capital region (content of Gangwon-do)	386	38.6	
	female	511	51.1		chungchong-do region	168	16.8	
Age	age of 20-29	126	12.6	Jeolla-do region	200	20.0		
	31-39	277	27.7		Gyongsang-do region	196	19.6	
	40-49	311	31.1	Jeju-do region	50	5.0		
	50-59	191	19.1		Marital status	Married	743	74.3
	60+	95	9.5			single	257	25.7
Education level	Middle School	47	4.7	Family member	1	42	4.2	
	High School	344	34.4		2	94	9.4	
	College	184	18.4		3	213	21.3	
	University	387	38.7		4	467	46.7	
	Graduate School	37	3.7		5	145	14.5	
Occupation	Full-time homemaker	126	12.6	over 8	6	26	2.6	
	Part-time homemaker	89	8.9		7	4	.4	
	Professional	257	25.7		over 8	4	.4	
	Officer	295	29.5	Month Salary (10,000Won)	>=200	113	11.4	
	Technician	85	8.5		200-300	241	24.3	
	Service	20	2.0		300-400	253	25.6	
	Student	19	1.9		400-500	181	18.3	
	Etc.	108	10.8		<=500	201	20.3	

¹ Number of respondents

설문결과는 성별, 학력별 그리고 거주지별로 구분하여 SPSS 통계패키지(Ver.12.0)를 이용하여 문항별 빈도 및 백분율을 구하였으며, 그에 따른 집단간의 차이를 알아보기 위하여 χ^2 -test를 통하여 검정하였다. 돼지고기 삼겹살에 대한 지방분포에 대한 의견, 선호도, 구매여부에 대한 만족도 평가는 5점 척도법을 이용하여 집단의 평균치를 계산한 후 t-test 및 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 이용하여 5% 수준에서 통계적 검정을 실시하였다.

삼겹살의 대표부위 중 한국형 삼겹살을 개량하기 위해 소비자가 가장 선호하는 삼겹살을 선발하기 위해 촬영된 이미지에 대한 소비자의 시각 평가결과(지방분포에 대한 의견, 선호여부, 구매여부)결과는 Table 1-38과 1-39에 나타난 바와 같다.

Table 1-38. Purchasing frequency of pork belly image group

Type	Preference test		Fatness				
	mean±sd	too much	much	moderate	less	too less	total
T1	3.33±1.26	19 (1.9)	65 (6.5)	195 (19.5)	216 (21.6)	505 (50.5)	1000 (100.0)
T2	2.39±0.91	23 (2.3)	173 (17.3)	348 (34.8)	369 (36.9)	87 (8.7)	1000 (100.0)
T3	1.74±0.97	69 (6.9)	203 (20.3)	640 (64.0)	74 (7.4)	14 (1.4)	1000 (100.0)
T4	2.97±1.12	307 (30.7)	502 (50.2)	142 (14.2)	39 (3.9)	10 (1.0)	1000 (100.0)
T5	4.54±0.94	856 (85.6)	102 (10.2)	12 (1.2)	7 (.7)	23 (2.3)	1000 (100.0)

Table 1-39. Purchasing frequency of belly image group

Type	definitely purchase	probably purchase	maybe purchase	maybe not purchase	probably not purchase	never purchase	total
T1	82 (8.2)	153 (15.3)	235 (23.5)	142 (14.2)	253 (25.3)	370 (37.0)	1000 (100.0)
T2	129 (12.9)	283 (28.3)	412 (41.2)	175 (17.5)	274 (27.4)	139 (13.9)	1000 (100.0)
T3	259 (25.9)	367 (36.7)	626 (62.6)	156 (15.6)	140 (14.0)	78 (7.8)	1000 (100.0)
T4	83 (8.3)	205 (20.5)	288 (28.8)	140 (14.0)	362 (36.2)	210 (21.0)	1000 (100.0)
T5	26 (2.6)	46 (4.6)	72 (7.2)	50 (5.0)	260 (26.0)	618 (61.8)	1000 (100.0)

5개 처리구에 대한 삼겹살의 지방분포에 대한 시각적 관능검사 결과 해당 처리구에서 가장 높은 응답 빈도를 보면, T1은 ‘지방이 너무 부족하다’가 50.5%, T2는 ‘지방이 약간 부족하다’ 36.9%, T3은 ‘지방이 적당하다’가 64%, T4는 ‘지방이 약간 많다’ 50.2%, T5는 ‘지방이 너무 많다’가 85.6%로 나타나, T3가 지방분포가 가장 적당하다고 느끼는 것으로 조사되었다. 5개 처리구에 대한 삼겹살의 선호도 조사결과 1점이 가장 높고, 5점이 가장 선호하지 않음을 의미하는데, T1은 3.32 ± 0.91 , T2는 2.39 ± 0.91 , T3은 1.74 ± 0.97 , T4는 2.97 ± 1.12 , T5는 4.54 ± 0.97 로 나타났으며, T3의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났다.

삼겹살 단면의 이미지 사진을 통한 구매의사 조사결과, ‘아마 구매하지 않을 것이다’와 ‘단연코 구매하지 않을 것이다’의 합한 결과로 T1은 62.3%, T2는 41.3%, T3은 21.8%, T4는 57.2%, T5는 87.8%가 나타났으며, T3에 대한 부정적인 시각이 가장 적고 구매로 이루어 질 수 있음을 알 수 있다. 이는 소비자들이 삼겹살 구매시 지방이 너무 적거나 너무 많아도 구매를 하지 않으며, 적당한 지방이 분포되어야 구매로 연결된다는 것을 알 수 있다.

삼겹살 처리구별(T1~T5)로 지방 분포평가, 선호도평가, 구매여부 평가에 대한 소비자의 속성을 파악하기 위해 분석을 실시하였다. 월소득 수입에 따른 삼겹살 단면별 이미지 사진에 대한 지방의 적정성여부, 선호도, 구매여부에 대한 소비자 성향을 분석한 결과 지방분포에 대한 평가와 구매여부에 대한 평가결과에서는 소득 구간별로 유의적인 차이가 없었으나, 선호도평가에서 T5에서 유의적인($P < 0.05$)차이가 있었다. 연령에 따른 삼겹살 처리구별(T1~T5)로 이미지 사진에 대한 지방분포에 대한 평가, 선호도 평가, 구매여부에 대한 평가결과 지방분포에 대한 평가에서는 처리구별 유의적인 차이가 없었다. 그러나 선호도평가결과에서는 T1과 T3에서 유의적인 차이가 있었고, 구매여부에서는 T1, T2, T3에서 유의적인 차이가 있는 것으로 조사되었다. 지역에 대한 소비자 성향을 분석한 결과 지방분포에 대한 평가에서는 T1, 선호도 조사에서는 T1, T4, 구매여부 평가에서는 T1, T2, T3, T4에서 유의적인 차이가 있었다. 이러한 결과는 소비자의 속성별로 월소득수준별, 연령별, 거주지별로 삼겹살 처리구별 단면사진에 대해 주관적 시각으로 다양하게 평가하고 있다는 것을 의미한다고 하겠다.

본 연구는 한국형 종돈을 개량하기 위해 소비자가 가장 선호하는 삼겹살에 대한 기준을 설정하기 위해 우선, 설문조사를 통하여 시각적 관능검사를 실시하여 소비자의 속성(성별, 교육 및 소득수준 등)별로 첫째, 돼지고기 소비실태에 관한 분석을 수행하였고, 둘째, 육가공업체에서 가장 문제를 많이 제기하여 개량이 필요한 부위를 선정하기 위해 5가지 그룹을 나누어 삼겹살 중 대표부위 1곳을 선정 하는 평가를 실시하였고, 한국형 삼겹살을 생산하는 종돈 생산을 위해 5가지 유형으로 분류된 삼겹살 이미지 사진을 보여주고, 해당 삼겹살 도면 유형별로 지방 분포에 대한 평가, 구매여부에 대한 평가, 선호도에 대한 평가를 실시하였으며, 네째, 삼겹살 대표 부위로 선정한 1곳을 5가지 유형으로 구분하여 삼겹살 사진에 대한 처리구별로 소비자의

속성에 따른 평가결과를 조사하였다.

소비자가 가장 기피하여 개량이 필요하다고 생각하는 부위를 삼겹살 평가 전문가를 대상으로 시각적 관능검사를 실시하여 척추 위치에 따라서 선정한 결과, Location A, Location B, Location C, Location D, Location E에서 각각 3.22, 3.33, 3.56, 3.04, 2.95로 나타나, Location C (홍추12번위치)를 대표 부위로 선정하였다. 삼겹살 단면에 대한 소비자 시각평가 결과, 5개 그룹으로 나누어 해당 그룹에 대한 지방분포정도에 대한 시각평가결과 가장 높게 응답한 그룹의 특성을 보면 T1은 ‘지방이 너무 부족하다’가 50.5%, T2는 ‘약간 부족하다’ 36.9%, T3은 ‘적당하다’가 64%, T4는 ‘약간 많다’가 50.2%, T5는 ‘너무 많다’가 85.6%로 나타났다. 5개 그룹으로 나누어 해당그룹에 대한 시각적 관능검사 결과 T1은 3.32 ± 0.91 , T2는 2.39 ± 0.91 , T3은 1.74 ± 0.97 , T4는 2.97 ± 1.12 , T5는 4.54 ± 0.97 로 나타났으며, T3의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 구매의사와 관련하여 삼겹살 단면에 대한 부정적인 의견은 T1은 62.3%, T2는 41.3%, T3은 21.8%, T4는 57.2%, T5는 87.8%가 나타났으며, T3에 대한 부정적인 시각이 가장 적고 구매로 이루어 질 수 있음을 알 수 있다. 소비자가 가장 선호하며, 구매의사를 표현한 T3에 대한 성별, 지역별, 가구당 수입별로 차이가 존재하는 지 여부를 조사한 바, 소비자가 돼지고기 삼겹살 품질을 1점에서 5점까지 주관적으로 평가한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 위에서 5가지 그룹으로 제시한 T3 수준의 삼겹살은 국내산 소비자가 가장 선호하는 삼겹살이라고 할 수 있으며, T3수준을 벗어나면 소비자들이 싫어하는 소위 떡지방 수준이 됨을 알 수 있다.

삼겹살 단면별 이미지 사진에 대한 그룹별 소비자의 구매여부에 대한 분석결과 구매이상으로 응답한 비율을 보면, T1, T2, T3, T4, T5에서 각각 23.5%, 41.2%, 62.6%, 28.8%, 7.2%로 T3가 다른 그룹에 비해 가장 구매력이 높은 것으로 나타났다. 삼겹살 단면별 이미지 사진에 대한 그룹별 소비자의 지방분포의 적성여부에 대한 시각적 관능검사결과, 해당 단면에 대해 적당하다고 응답한 비율을 보면, T1, T2, T3, T4, T5에서 각각 19.5%, 34.8%, 64%, 14.2%, 1.2%로 T3가 다른 그룹에 비해 삼겹살의 지방이 적합하다고 나타났다. 삼겹살 단면별 이미지 사진에 대한 선호도가 가장 높은 T3에 대한 성별, 지역별, 학력별 선호도 조사결과 성별, 지역에서는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 학력에 있어서는 중졸, 고졸, 전문대졸, 대졸, 대학원졸에서 각각 1.87 ± 1.05 , 1.85 ± 1.00 , 1.80 ± 1.07 , $1.61 \pm .87$, $1.54 \pm .86$ 으로 대학원졸의 선호도가 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 소비자 속성별(연령, 월소득, 지역)로 삼겹살 처리구별(T1~T5) 지방 분포 평가, 선호도평가, 구매여부 평가에 결과 일부 처리구에서는 월소득수준별, 연령별, 거주지별로 삼겹살 처리구의 평가가 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이는 시각관능검사에서 사진으로 제시한 삼겹살 이미지에 대해 소비자는 다양하게 평가하고 있다는 것을 의미한다고 할 수 있겠다.

그럼에도 불구하고 관능검사결과 가장 소비자가 기피하는 척추 위치는 Location C(흉추12번 위치)로 평가하고 있으며, 이는 개량을 통해 개선해야하는 것으로 조사되었고, 개선을 위해 가장 바람직한 형태는 T3그룹과 같은 삼겹살로 나타났다.

(2) 과지방 발생부위 조사에 의한 평가부위 설정

소비자가 삼겹살을 구입할 때 가장 고려하는 요인은 적정 지방정도로 조사되었으며 삼겹살 구입 또는 섭취 시 가장 큰 불만은 지방이 너무 많아 느끼함을 느끼는 것과 근육과 지방이 조화를 이루지 못한 것으로 파악되었다. 이에 따라 삼겹살 1판에서 지방이 많이 발생하는 위치를 정확히 파악, 평가부위로 설정하여 생체상태, 도체상태, 부분육 상태에서 측정을 해야 할 것이다.

척추위치별 삼겹살 모양과 근육비율을 조사하여 과지방이 발생하는 정확한 위치를 파악하고자 분할 정형된 삼겹살 1판을 슬라이스하여 척추위치별로 배열하였다. 각 슬라이스의 근육면적을 측정하고 척추 수와 삼겹살의 길이에 따라 비율적으로 척추위치에 배분하여 삼겹살 전체면적, 근육면적, 지방면적, 전체면적에서 근육이 차지하는 근육비율을 조사한 결과는 Table 1-40과 같다.

또한 척추위치에 따른 삼겹살 형질과 근육비율의 분포도를 Figure 1-11에 나타냈다. Table 1-40과 Figure 1-11를 보면 삼겹살 전체 면적(total belly area)은 흉추6번에서 $170.16 \pm 19.28 \text{cm}^2$ 으로 제일 넓고 요추방향으로 갈수록 유의적으로 좁아진다. 흉추5번은 삼겹살 분할정형시 불완전한 형태와 손실된 면적이 많아 좁게 측정되었다고 판단된다.

근육면적(muscle area)은 흉추6번 삼겹살이 $87.87 \pm 13.14 \text{cm}^2$ 로 제일 넓고 흉추10번까지는 유의적으로 작아진다. 요추1번~5번의 삼겹살 근육면적이 흉추11번~13번의 삼겹살 근육면적보다 넓게 나타났다.

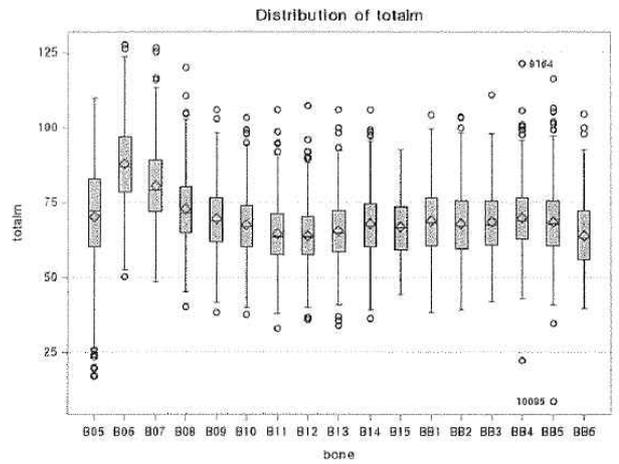
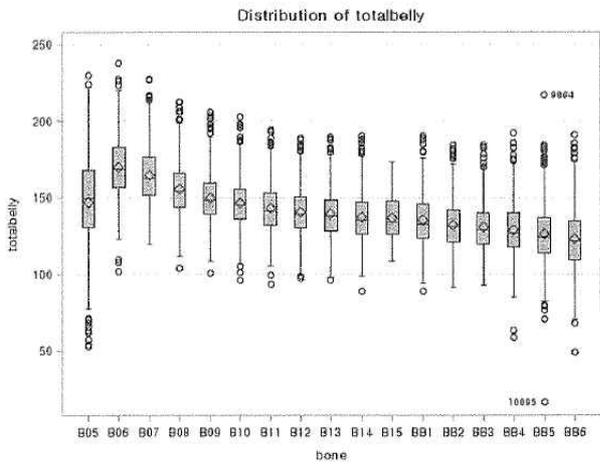
지방면적(fat area)은 삼겹살 전체면적에서 근육면적을 뺀 것으로 근육면적과 반대 양상을 보인다.

전체면적에서 근육면적이 차지하는 근육비율(muscle percentage)은 요추5번이 $54.54 \pm 6.71 \text{cm}^2$ 로 제일 높고 요추4번에서 요추1번으로 즉 삼겹살 뒤쪽에서 앞쪽으로 진행될수록 낮아지고, 또한편으로는 흉추6번에서 흉추10번으로 진행될수록 높아지다 흉추11번, 흉추12번에서 제일 낮고 흉추13번, 14번으로 갈수록 다시 높아진다. 즉 근육비율이 제일 낮은 곳은 흉추11번과 흉추12번 위치이다.

Table 1-40. Pork belly traits area and muscle percentage by vertebra location

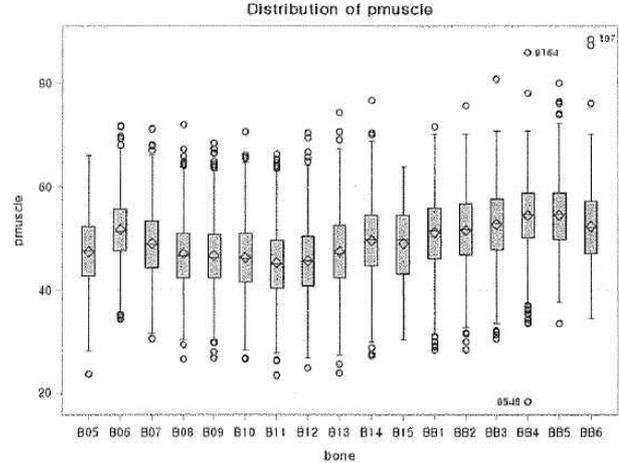
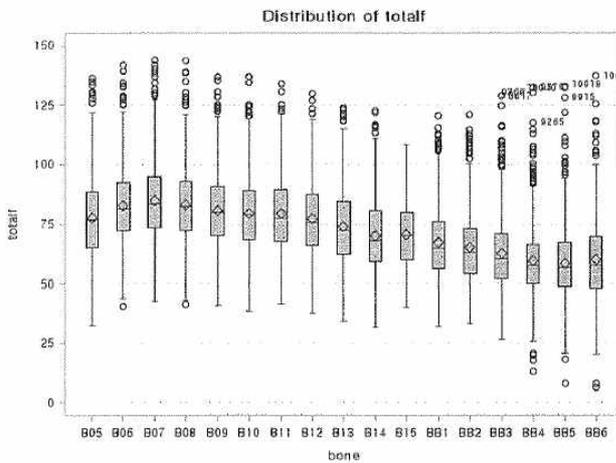
Location	N ¹	Total belly area (cm ²)	Muscle area (cm ²)	Fat area (cm ²)	Muscle percentage (%)
5 th thoracic vertebrae	520	147.31 ± 29.32 ^e	70.31 ± 17.71 ^d	77.55 ± 17.95 ^d	47.44 ± 6.77 ^f
6 th thoracic vertebrae	644	170.16 ± 19.28 ^a	87.87 ± 13.14 ^a	82.91 ± 16.58 ^{ab}	51.78 ± 6.30 ^{bcd}
7 th thoracic vertebrae	645	164.83 ± 18.18 ^b	80.55 ± 12.82 ^b	84.89 ± 17.03 ^a	49.02 ± 6.83 ^e
8 th thoracic vertebrae	647	155.55 ± 16.96 ^c	72.86 ± 11.16 ^c	83.29 ± 16.54 ^a	47.05 ± 6.72 ^{fg}
9 th thoracic vertebrae	647	149.93 ± 16.23 ^d	69.68 ± 10.59 ^d	80.82 ± 16.43 ^{bc}	46.73 ± 6.95 ^{fgh}
10 th thoracic vertebrae	647	146.58 ± 16.12 ^f	67.50 ± 10.38 ^{ef}	79.61 ± 16.50 ^{cd}	46.33 ± 7.14 ^{hig}
11 th thoracic vertebrae	647	143.45 ± 15.95 ^g	64.61 ± 10.27 ^{hi}	79.28 ± 16.48 ^{cd}	45.34 ± 7.30 ^{hi}
12 th thoracic vertebrae	645	140.88 ± 15.68 ^h	63.98 ± 9.98 ^{hi}	77.29 ± 16.65 ^d	45.78 ± 7.52 ⁱ
13 th thoracic vertebrae	646	139.16 ± 15.73 ^{gh}	65.62 ± 10.72 ^{gh}	73.98 ± 16.39 ^e	47.47 ± 7.76 ^f
14 th thoracic vertebrae	647	137.51 ± 15.95 ^{hi}	67.73 ± 11.27 ^{ef}	70.28 ± 16.04 ^f	49.53 ± 7.81 ^e
15 th thoracic vertebrae	75	136.97 ± 15.03 ^{hi}	66.82 ± 10.13 ^{fg}	70.73 ± 14.98 ^f	49.05 ± 7.11 ^e
1 st lumbar vertebrae	639	135.51 ± 16.05 ⁱ	68.95 ± 11.47 ^{de}	67.12 ± 15.26 ^g	51.10 ± 7.56 ^d
2 nd lumbar vertebrae	643	132.49 ± 15.52 ^j	67.93 ± 11.18 ^{ef}	65.11 ± 15.08 ^g	51.51 ± 7.52 ^{cd}
3 rd lumbar vertebrae	643	130.67 ± 15.50 ^{jk}	68.56 ± 10.60 ^{def}	62.78 ± 15.51 ^h	52.77 ± 7.51 ^b
4 th lumbar vertebrae	634	128.97 ± 17.14 ^k	69.90 ± 10.58 ^d	59.69 ± 15.34 ⁱ	54.52 ± 6.95 ^a
5 th lumbar vertebrae	576	126.31 ± 19.73 ^l	68.53 ± 11.60 ^{def}	58.62 ± 15.76 ⁱ	54.54 ± 6.71 ^a
6 th lumbar vertebrae	338	123.19 ± 22.35 ^m	63.88 ± 11.86 ⁱ	60.09 ± 18.25 ⁱ	52.43 ± 8.02 ^{bc}

¹ Number of pigs



Total belly area (cm²)

Muscle area (cm²)



Fat area (cm²)

Muscle percentage (%)

Figure 1-11. Distribution of pork belly traits area and muscle percentage by vertebra location B05-B15 : thoracic vertebra 5th~15th; BB1~BB6 : lumbar vertebra 1th~6th;

척추위치별 삼겹살의 6개 대표근육 면적과 분포도를 Tabel 1-41과 Figure 1-12에 나타냈다. 깊은흉근(Pectorales profundi m.)과 넓은등근(Latissimus dorsi m.)은 흉추5번부터 흉추10번까지는 나타나지만 면적이 유의적으로 줄어들었다. 측정된 649두 중 깊은흉근과 넓은등근은 흉추 11번에서 86두, 94두가 사라졌고, 흉추12번에서 452두, 460두가 사라졌다. 흉추13번에서는 28두, 11두만 나타났다. 몸통피부근(Cutaneous trunci m.)과 배바깥경사근(External abdominal oblique m.)은 흉추5번부터 점점 증가하여 요추3번과 요추2번에서 면적이 제일 넓게 나타났다. 그 이후에는 유의적으로 줄어들었다.

Table 1-41. Pork belly representative muscle area by vertebra location

Location	Pectorales profundi m.(cm ²)	Latissimus dorsi m.(cm ²)	Cutaneous trunci m.(cm ²)	Rectus abdominis m.(cm ²)	External abdominal oblique m.(cm ²)	Internal abdominal oblique m.(cm ²)
5 th thoracic vertebrae	13.02±4.96 ^a (n=465)	25.71±4.67 ^a (n=520)	4.74±1.66 ^m (n=518)	1.43±1.22 ^k (n=69)	1.84±1.15 ⁿ (n=70)	
6 th thoracic vertebrae	13.42±3.69 ^a (n=640)	24.28±4.39 ^b (n=644)	6.21±1.63 ^l (n=644)	2.42±2.69 ^j (n=466)	2.96±2.28 ^m (n=461)	
7 th thoracic vertebrae	9.84±2.82 ^b (n=645)	19.31±3.57 ^c (n=645)	10.24±5.64 ^k (n=645)	5.87±1.80 ⁱ (n=636)	4.43±1.78 ^l (n=635)	
8 th thoracic vertebrae	6.78±1.83 ^c (n=647)	15.30±3.02 ^d (n=647)	10.12±2.14 ^k (n=647)	7.55±1.52 ^f (n=647)	6.45±1.79 ^k (n=646)	
9 th thoracic vertebrae	4.57±1.37 ^{cd} (n=647)	11.84±2.66 ^e (n=647)	11.83±2.28 ^j (n=647)	7.93±1.70 ^e (n=647)	7.79±1.51 ^j (n=646)	
10 th thoracic vertebrae	2.88±1.16 ^{de} (n=646)	8.03±2.48 ^f (n=642)	13.20±2.54 ⁱ (n=646)	7.97±1.81 ^e (n=647)	8.39±1.55 ⁱ (n=646)	
11 th thoracic vertebrae	1.62±1.37 ^e (n=563)	3.86±2.22 ^g (n=555)	14.34±2.88 ^h (n=647)	7.79±1.90 ^{ef} (n=647)	9.35±1.86 ^h (n=646)	
12 th thoracic vertebrae	0.95±0.75 ^e (n=197)	1.57±1.46 ^h (n=189)	15.52±2.92 ^g (n=638)	7.50±1.90 ^f (n=646)	11.47±2.67 ^f (n=646)	
13 th thoracic vertebrae	0.64±0.41 ^e (n=28)	1.02±0.85 ^h (n=11)	16.79±3.16 ^f (n=645)	7.00±2.03 ^g (n=645)	14.02±3.35 ^e (n=646)	
14 th thoracic vertebrae	0.81±0.00 ^e (n=1)		18.26±3.58 ^e (n=647)	6.57±2.15 ^h (n=647)	16.50±3.79 ^d (n=647)	
15 th thoracic vertebrae			18.83±3.46 ^d (n=55)	5.97±1.98 ⁱ (n=75)	17.27±3.39 ^c (n=75)	
1 st lumbar vertebrae			19.90±3.77 ^c (n=639)	6.49±2.09 ^h (n=639)	18.49±3.79 ^b (n=639)	1.83±2.09 ^f (n=47)
2 nd lumbar vertebrae			21.14±4.02 ^b (n=643)	7.17±2.29 ^g (n=643)	19.30±3.54 ^a (n=643)	3.16±2.86 ^e (n=304)
3 rd lumbar vertebrae			21.78±4.30 ^a (n=643)	8.36±2.48 ^d (n=643)	18.53±3.56 ^b (n=643)	6.51±3.64 ^d (n=580)
4 th lumbar vertebrae			20.65±4.92 ^b (n=634)	8.72±2.19 ^c (n=634)	17.02±3.57 ^c (n=634)	10.85±4.19 ^c (n=633)
5 th lumbar vertebrae			16.97±5.73 ^f (n=575)	9.08±2.19 ^b (n=577)	14.12±4.43 ^e (n=573)	15.99±5.02 ^b (n=576)
6 th lumbar vertebrae			13.00±4.86 ⁱ (n=335)	9.41±2.28 ^a (n=334)	10.30±4.52 ^g (n=329)	20.06±5.36 ^a (n=338)

이 조사결과를 토대로 과지방이 발생하는 부위는 흉추10번 후반부 부터 시작되어 흉추13번 초반부 까지 나타나는 것으로 판단할 수 있겠다. 이 부위(흉추11번, 12번)의 삼겹살 6대 대표근육을 보면 깊은흉근과 넓은등근은 사라지거나 면적이 매우 좁아졌고 몸통피부근과 깊은흉근,

배바깥경사근은 중간 정도의 면적을 나타내었고, 배속경사근은 아직 나타나지 않았다. 과지방이 발생하는 정확한 위치를 파악하였으며 대표근육의 출현형태 또한 파악하였다. 이 부위를 생체, 도체, 부분육 단계에서 인력, 기계(초음파, 스캐너)를 활용하여 정확히 측정하면 소비자가 싫어하는 과지방 삼겹살을 정확히 평가할 수 있겠다.

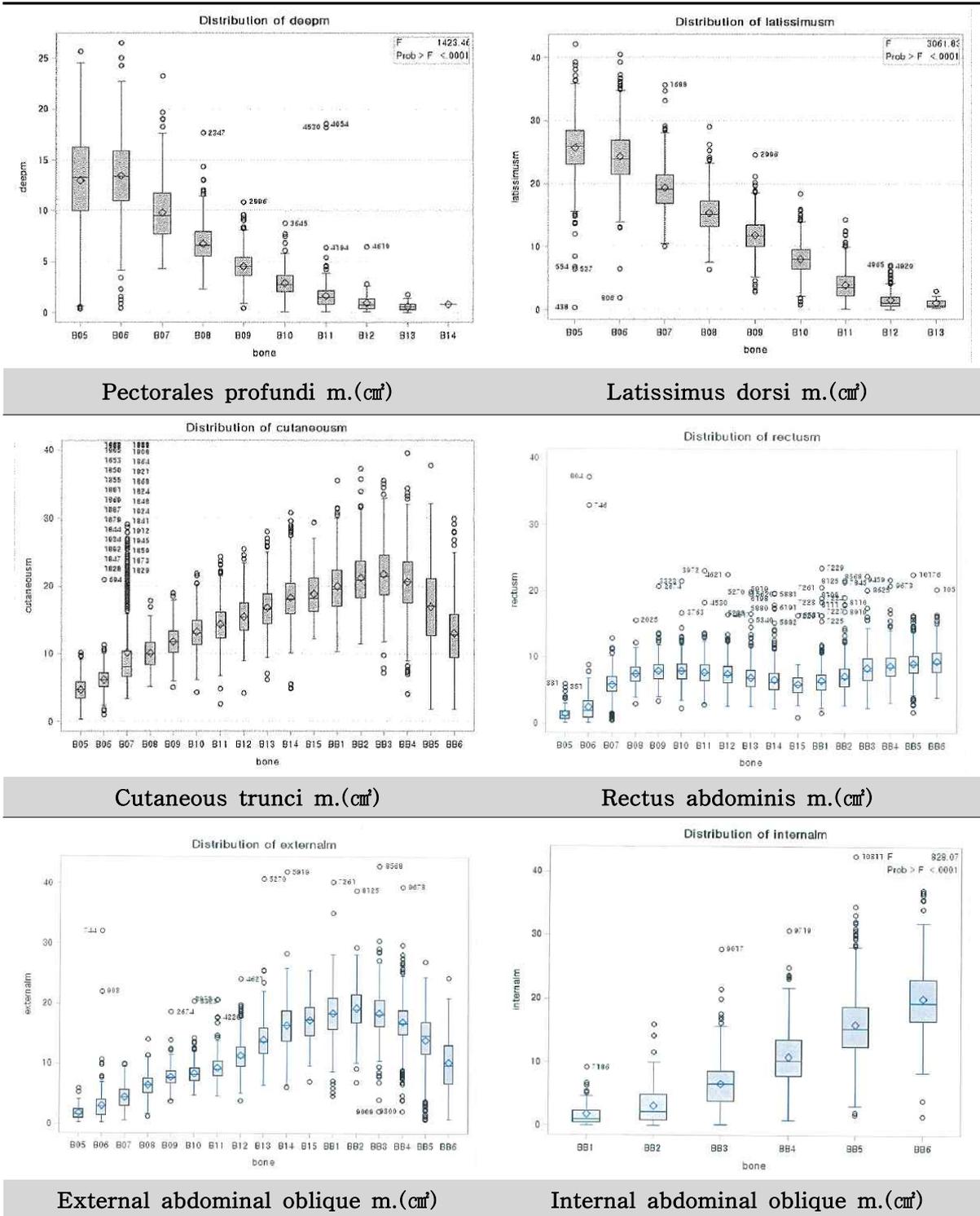


Figure 1-12. Distribution of pork belly representative muscle area by vertebra location

다. 품질평가방법의 객관화 방안 마련

돼지는 생체에서 평가하는 방법과 도체에서 평가하는 방법, 대부분으로 분할정형하여 부분육으로 평가하는 방법 등 평가 시점이 다양하다. 또한 인력으로 평가하는 방법과 측정자, 수동 초음파 기기, 자동 초음파 기기 등 기계를 활용하는 방법이 있다. 평가하는 시점과 이용하는 기계 등이 달라 정확한 평가 부위를 설정하여 평가 시점에 맞게 활용하여 평가의 정확성을 높일 필요성이 있다.

삼겹살 관련 정확한 품질평가방법은 1판을 객관적으로 평가할 수 있는 예측모형을 개발하는 것이다. 1, 2차년도에 도축한 578두를 분할 정형한 삼겹살 1판에 대해 이미지 분석을 실시하여 조사한 삼겹살 1판을 근육비율로 구분하여(근육비율이 40%미만 Group A, 40%이상 ~45% 미만 Group B, 45%이상~50%미만 Group C, 50%이상 Group D) 미각적 관능평가, 시각적 관능평가, 근육비율, 이화학적 평가, 삼겹살 항목 등 소비자가 가장 선호하는 삼겹살을 설정하여 평가할 수 있는 예측모형을 개발하고자 한다.

(1) 소비자가 선호하는 평가기준

첫째로 5-hedonic scale에 따라 실시된 다즙성(Juiciness), 연도(Tenderness), 풍미(Flavor), 기름기(Fattiness), 종합기호도(Overall Palatability)의 관능검사 결과를 삼겹살의 근육비율에 따라 4단계로 구분하여 비교하였다. (Table 1-42).

Table 1-42. The effects of muscle percentage group on sensory traits

Traits	Muscle percentage group ¹			
	MP1 (n=8)	MP2 (n=36)	MP3 (n=49)	MP4 (n=88)
Juiciness	3.17±.39 ^a	2.89±.33 ^b	2.68±.31 ^{ab}	2.50±.36 ^c
Tenderness	2.84±.25 ^a	2.78±.30 ^a	2.71±.34 ^{ab}	2.52±.37 ^b
Flavor	2.95±.17	2.87±.21	2.80±.25	2.79±.26
Fattiness	3.32±.27 ^a	3.18±.30 ^{ab}	3.03±.37 ^b	2.78±.39 ^c
Overall Palatability	2.95±.33	2.96±.31	2.90±.31	2.83±.33

¹MP1: Muscle percentage of belly are under 40.00%

MP2: Muscle percentage of belly are 40~45%

MP3: Muscle percentage of belly are 45~50%

MP4: Muscle percentage of belly are over 50%

^{a,b,c} LS means with different superscripts differ significantly at the level of 0.05

Juiciness와 Tenderness는 지방함량이 가장 많은 MP1 Group에서 가장 높았고, 근육비율이 가장 높은 MP4 Group에서 가장 낮은 것으로 나타났다($P < 0.05$). MP2 Group과 MP3는 MP1과 MP4의 중간에 위치하였다. Fattiness는 지방함량이 가장 많은 MP1에서 가장 높았고, 근육비율이 가장 높은 MP4에서 가장 낮은 것으로 나타났다($P < 0.05$). MP2와 MP3는 MP1과 MP4의 중간에 위치하였다. 하지만 Flavor와 Overall Palatability는 MP1 ~ MP4 Group간에 유의적인 차이가 보이지 않았다. 이러한 결과는 삼겹살 이미지 분석결과 근육비율이 낮은, 즉 지방함량이 많은 순서로 그룹화하여 무작위로 관능검사 요원에게 제공한 결과 검사요원들은 다즙성, 연도, 기름기에 대하여 정확하게 판별 하고 있음을 의미한다고 할 수 있겠다. 이는 근육비율에 따른 삼겹살 품질평가 지표가 소비자가 고려하는 중요한 지표가 됨을 암시한다고 하겠다.

돼지고기의 삼겹살은 근육과 지방이 세 겹으로 형성한 부위이다. 삼겹살 부위는 여러 근육부위가 포함되어 있고 지방층이 폭넓고 다양한 양상으로 분포하고 있어 일관성 있게 육질을 판단하기 어렵다. 따라서 본 연구진에서는 삼겹살 대부분할 부위를 대표할 수 있는 5개 부위 (Location A는 흉추5번, Location B는 흉추9번, Location C는 흉추12번, Location D는 요추1번, 그리고 Location E는 요추5번)를 선정하여 삼겹살 시각관능검사를 바탕으로 삼겹살 부위 육질을 판단할 수 있는 지표항목을 설정하고자 다각적인 분석을 시행하였다. 돼지고기 전문가를 대상으로 실시한 시각적 관능검사결과는 Table 1-43과 같다.

Table 1-43. The effects of muscle percentage group on visual sensory traits

Traits	Muscle percentage group ¹			
	MP1 (n=60)	MP2 (n=131)	MP3 (n=107)	MP4 (n=89)
Location A	3.17±.45 ^a	3.36±.35 ^b	3.10±.33 ^c	2.71±.38 ^d
Location B	4.01±.42 ^a	3.48±.38 ^b	3.31±.34 ^c	2.81±.38 ^d
Location C	4.24±.39 ^a	3.71±.42 ^b	3.44±.43 ^c	3.00±.43 ^d
Location D	3.68±.39 ^a	3.21±.36 ^b	2.89±.34 ^c	2.53±.34 ^d
Location E	3.50±.34 ^a	3.08±.36 ^b	2.83±.35 ^c	2.51±.36 ^d

¹MP1: Muscle percentage of belly are under 40.00%

MP2: Muscle percentage of belly are 40~45%

MP3: Muscle percentage of belly are 45~50%

MP4: Muscle percentage of belly are over 50%

^{a,b,c} LS means with different superscripts differ significantly at the level of 0.05

Abbreviation :

Location A : thoracic vertebra 5th, Location B : thoracic vertebra 9th, Location C : thoracic vertebra 12th, Location D : lumbar vertebra 1th, Location E : lumbar vertebra 5th

삼겹살의 지방분포는 대체로 흉추4번에서 흉추11번까지는 지방이 지속적으로 증가된 후, 요추에서는 지방함량이 흉추보다 적게 분포하는 경향이 나타났다. 소비자가 평가하는 삼겹살의 적정한 지방분포를 5점 척도 중 3점으로 할 때 MP1, MP2, MP3는 모든 그룹에서 소비자 시각 평가결과 3점 이상으로 지방이 많은 것으로 분류되고 있으나, MP4에서는 모든 삼겹살의 위치에서 3점 이하로 지방이 적거나 적정하다고 여기고 있음을 알 수 있다. 즉 MP1~MP3까지는 소비자들이 싫어하는 삼겹살이 분포되고 있음을 알 수 있다. 따라서 소비자가 가장 선호하는 삼겹살을 개량하려면 MP4형태, 즉 삼겹살 중 근육이 차지하는 비율이 50%이상이 되어야 하며 특히 흉추11번 위치에서 소비자들이 가장 기피하는 떡지방 발생을 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

근육비율이 도체특성에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 1-44), 온도체중, 등지방두께, 근간지방두께에서 유의적($P < 0.05$)인 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이는 향후 삼겹살의 품질을 평가하는 기준으로 이들 지표를 활용할 수 있음을 시사한다고 하겠다.

Table 1-44. The effects of muscle percentage group on carcass traits

Traits	Muscle percentage group			
	MP1 (n=61)	MP2 (n=145)	MP3 (n=143)	MP4 (n=171)
Carcass weight (kg)	93.67±9.62 ^a	89.68±9.48 ^b	88.66±9.05 ^b	84.39±8.35 ^c
Backfat thickness (mm)	27.21±4.97 ^a	23.75±4.57 ^b	22.46±4.52 ^c	18.98±4.50 ^d
Carcass Length (mm)	837.54±27.50	833.23±30.13	834.99±25.07	832.53±28.15
Carcass width (mm)	301.38±20.91	295.96±20.95	299.14±17.55	297.06±25.81
Intramuscular fat (mm)	15.43±3.82 ^a	12.43±2.82 ^b	11.27±2.52 ^c	8.92±2.31 ^d
Belly thickness (mm)	47.39±6.84	46.61±7.49	46.88±7.76	46.06±6.26

삼겹살내 근육분포 비율(M.P)이 이화학적특성과 일반성분분석에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1-45와 같다. 이화학적 특성에서는 전단력에서 유의적($P < 0.05$) 차이가 있었고, 특히 MP4가 MP1~MP3에 비해 유의적($P < 0.05$)으로 높은 것으로 나타났다. 이는 지방함량이 다른 그룹에 비해 낮은 것 때문인 것으로 분석된다. 일반성분분석에서는 수분, 지방, 단백질에서 유의적($P < 0.05$)인 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 지방성분에 있어서는 MP4가 가장 낮은 지방을 함유하여 전단력이 높았을 것으로 사료된다. 이는 삼겹살의 근육비율이 가장 높음에 따

라, 상대적으로 지방성분이 적어서 나타난 결과로 해석할 수 있다. Table 1-42의 관능검사항목 중 연도에 대한 평가에서도 이와 유사한 경향을 볼 수 있는데 MP4가 MP1~MP3에 비해 유의적($P < 0.05$)으로 낮은 점수를 받았다. 삼겹살내 근육분포 비율(M.P)에 따라 분류한 삼겹살 품질평가기준이 이화학적 및 일반성분 분석에 유의적 차이가 있음에 따라, 향후 삼겹살의 품질평가를 위한 지표로 근육비율은 중요한 지표가 될 수 있을 것으로 사료된다.

Table 1-45. The effects of muscle percentage group on physiochemical property and proximate analysis for pork belly

Traits	Muscle percentage group			
	MP1 (n=8)	MP2 (n=36)	MP3 (n=49)	MP4 (n=88)
Physiochemical property				
Shear force (kg force)	23.76±2.79 ^b	25.78±3.12 ^b	25.33±4.13 ^b	28.67±4.30 ^a
Cooking loss (%)	26.93±3.33	26.74±4.59	27.89±4.49	28.34±4.53
Proximate analysis				
Water (%)	43.04±5.29 ^c	47.29±5.67 ^b	46.60±5.57 ^{ab}	49.41±4.84 ^a
Fat (%)	43.25±6.91 ^a	37.68±7.24 ^{bc}	38.68±6.84 ^b	34.77±5.98 ^c
Protein (%)	11.55±1.66 ^c	13.02±1.80 ^b	12.97±1.50 ^b	13.79±1.32 ^a
Ash (%)	.59±.10	.56±.10	.54±.11	.54±.09

삼겹살내 근육분포 비율(M.P)에 따른 삼겹살 품질평가기준이 삼겹살 생산관련 형질 및 삼겹살 근육조성형질에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 1-46) 삼겹살 생산관련형질(삼겹살중량, 삼겹살길이, 삼겹살 폭)에 유의적($P < 0.05$)인 차이가 있었고, 특히 MP4가 상대적으로 다른 Group에 비해 유의적으로 낮은 것으로 조사되었다. 또한 삼겹살 근육조성형질에 미치는 영향을 조사한 결과 삼겹살의 6개 대표 근육 중, 넓은등근(Latissimus dorsi muscle), 몸통피부근(Cutaneous trunci muscle), 배곧은근(Rectus abdominis muscle), 배바깥경사근(External abdominal oblique muscle)에서 MP4가 유의적($P < 0.05$)으로 높은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 삼겹살의 품질을 분류하는 기준을 삼겹살내 근육분포 비율(M.P)에 따라 분류했을 때 삼겹살의 대표적인 근육에 영향을 미치며, 근육비율이 높은 MP4를 종돈개량의 지표로 활용할 수 있음을 간접적으로 시사한다고 할 수 있다.

Table 1-46. The effects of muscle percentage group on belly production traits and belly composition traits

Traits	Muscle percentage group			
	MP1 (n=61)	MP2 (n=145)	MP3 (n=143)	MP4 (n=171)
Belly production traits				
Belly weight (kg)	8.23±1.15 ^a	7.57±1.14 ^b	7.20±.93 ^c	6.56±.84 ^d
Belly length (mm)	553.56±25.59 ^a	538.79±26.59 ^b	537.18±34.15 ^b	528.80±25.97 ^c
Belly width (mm)	301.44±21.23 ^a	296.87±15.58 ^a	291.79±15.77 ^b	283.28±19.11 ^c
Belly composition traits				
Muscle percentage (%)	37.25±2.35 ^d	43.31±1.72 ^c	47.92±1.20 ^b	53.77±3.29 ^a
Pectorales profundi m.	94.46±29.39	94.07±22.58	99.16±26.32	96.20±24.35
Latissimus dorsi m.	189.53±36.94 ^b	201.87±38.15 ^a	208.80±39.15 ^a	207.42±34.35 ^a
Cutaneous trunci m.	399.64±75.90 ^c	424.16±87.15 ^b	443.37±78.58 ^{ab}	451.37±67.87 ^a
Rectus abdominis m.	182.91±39.18 ^c	196.98±40.25 ^b	206.69±36.25 ^{ab}	211.34±33.85 ^a
External abdominal oblique m.	309.91±53.28 ^c	326.45±60.35 ^b	340.70±54.31 ^b	355.68±50.12 ^a
Internal abdominal oblique m.	89.09±24.43	92.27±31.47	92.16±27.08	94.24±23.07
Etcetera area	641.64±109.83 ^d	693.22±109.79 ^c	728.97±99.77 ^b	763.09±104.71 ^a

(2) 등급판정 측정항목과 상관도, 회귀식

삼겹살내 근육분포 비율(M.P)에 따른 삼겹살 품질평가기준이 삼겹살의 흉추 위치에 따른 시각적 관능검사와의 상관관계를 조사한 결과(Table 1-47), 소비자들이 가장 싫어하여 소위 떡지방이 발생하는 흉추12번 위치와 흉추5번에서 유의적 상관관계가 있는 근육은 몸통피부근(Cutaneous trunci muscle)으로 유의적($P < 0.05$)인 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 몸통피부근이 발달되어있으면 삼겹살에 대한 시각적 관능검사에 정(+)의 상관관계가 있는 것을 의미한다. 이러한 결과는 몸통피부근은 삼겹살의 지방 분포에 대한 시각적 긍정적 요인으로 중요한 대표근육으로 향후 종돈개량에 필요한 대표근육이라고 추정할 수 있겠다.

Table 1-47. Correlation coefficients (*r*) between belly muscle and pork belly production traits

Traits	Thoracic vertebra	Thoracic vertebra	Thoracic vertebra	Lumbar vertebra	Lumbar vertebra
	5th	9th	12th	1th	5th
Pectorales profundi m.	-.021	.032	.085	.011	.074
Latissimus dorsi m.	-.002	.005	.059	.014	.027
Cutaneous trunci m.	.038	.053	.102*	.006	.134**
Rectus abdominis m.	-.030	-.022	.012	-.081	.000
External abdominal oblique m.	.024	.029	.064	-.017	-.019
Internal abdominal oblique m.	-.005	-.038	-.015	-.042	-.016
Etcetera area	-.052	-.043	-.018	-.091	-.123*

Levels of significance: **P* < 0.05, ***P* < 0.01

도체관정시 삼겹살의 생산량을 효율적으로 판단할 수 있는 지표를 설정하기 위해 삼겹살 생산관련 형질(삼겹살의 중량, 길이, 폭)과 위치에 따른 삼겹살두께(①복부 삼겹살두께(흉추13/14번), ②냉도체 흉추4/5번째, ③냉도체 마지막 요추에서)간의 상관분석을 실시하였다(Table 1-48). 상관분석결과, 삼겹살중량과 복부 삼겹살두께(흉추13/14번), 냉도체 흉추4/5번째, 냉도체 마지막 요추와의 상관관계는 각각 $r = 0.38$, $r = 0.60$, $r = 0.60$ 으로 나타났다.

특히 복부 삼겹살두께(흉추13/14번)는 온도체 상태에서 손쉽게 측정할 수 있는 곳이나, 삼겹살의 중량을 예측할 수 있는 parameter 로서는 상관도가 낮은 것으로 파악되었다.

Table 1-48. Correlation coefficients (*r*) between belly thickness and pork belly production traits

Traits	Belly weight	Belly length	Belly width
Abdomen belly thickness (thoracic vertebra between 13th and 14th)	0.38***	0.12**	0.01
Belly thickness (thoracic vertebra between 4th and 5th)	0.60***	0.36***	0.04
Belly thickness (last lumbar vertebra)	0.60***	0.42***	0.11**

Levels of significance: ***P* < 0.01 ****P* < 0.001

지방함량이 50%에 육박하는 삼겹살의 특성상, 지방관련 형질이 삼겹살 생산관련 형질과 어떤 관계에 있는지 연구가 필요하다고 판단, 삼겹살 생산관련 형질과 다양한 부위의 지방두께와의 상관분석을 실시하였다(Table 1-49). 상관분석에 사용한 형질로서 온도체 등지방두께(홍추11, 14번 평균)와, 냉도체는 각각 홍추11, 14번 평균, 홍추1번, 홍추14번, 요추7번의 등지방두께와 4/5번 갈비뼈 사이의 근간지방두께를 사용하였다.

온도체 등지방두께(Backfat thickness ①)는 삼겹살의 중량($r = 0.56, P < 0.001$), 길이($r = 0.13, P < 0.001$), 폭($r = 0.43, P < 0.01$)과 정의 상관관계를 나타냈다. 냉도체 홍추11, 14번의 평균 등지방두께(Backfat thickness ②)는 삼겹살의 중량($r = 0.58, P < 0.001$), 길이($r = 0.17, P < 0.001$), 두께($r = 0.44, P < 0.01$)와 정의 상관관계를 보였으며, 홍추1번의 등지방두께(Backfat thickness ③)는 삼겹살의 중량($r = 0.58, P < 0.001$), 길이($r = 0.12, P < 0.01$), 폭($r = 0.45, P < 0.001$)과 정의 상관관계를 나타냈다.

홍추14번의 등지방두께(Backfat thickness ④)는 역시 삼겹살의 중량($r = 0.58, P < 0.001$)과 길이($r = 0.12, P < 0.01$)와 폭($r = 0.48, P < 0.01$)과 정의 상관관계를 나타냈다. 7번 요추의 경우 삼겹살 중량($r = 0.46, P < 0.001$), 길이($r = 0.09, P < 0.01$), 폭($r = 0.39, P < 0.001$)과 정의 상관관계를 보이고 있었다. 4/5번 갈비뼈 사이의 근간지방두께(Intermuscular fat thickness)는 삼겹살의 중량($r = 0.54, P < 0.001$)과 길이($r = 0.17, P < 0.01$)와 폭($r = 0.39, P < 0.01$)과 정의 상관관계를 나타냈다.

Table 1-49. Correlation coefficients (r) between fatness and pork belly production traits

Traits	Belly weight	Belly length	Belly width	Belly thickness		
				①	②	③
Backfat thickness ①	0.56***	0.13***	0.43***	0.31***	0.39***	0.32***
Backfat thickness ②	0.58***	0.17***	0.44***	0.30***	0.39***	0.36***
Backfat thickness ③	0.58***	0.12**	0.45***	0.28***	0.35***	0.35***
Backfat thickness ④	0.58***	0.12**	0.48***	0.29***	0.36***	0.34***
Backfat thickness ⑤	0.46***	0.09**	0.39***	0.31***	0.34***	0.28***
Intermuscular fat thickness	0.54***	0.17***	0.39***	0.35***	0.42***	0.35***

Belly thickness①, Abdomen Belly thickness(thoracic vertebra between 13th and 14th(hot carcass);

Belly thickness②, thoracic vertebra between 4th and 5th; Belly thickness③, last lumbar vertebra;

Backfat thickness①, Average Backfat thickness(thoracic vertebra between 11th and 14th, hot carcass);

Backfat thickness②, Average Backfat thickness(thoracic vertebra between 11th and 14th, cool carcass);

Backfat thickness③, first rib; Backfat thickness④, last rib; Backfat thickness⑤, last lumbar vertebra

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

또한 삼겹살은 근육이 16개로 구성되어 있고 척추 위치에 따라 삼겹살을 구성하고 있는 근육이 다르다. 근육과 지방이 적당한 층을 이루고 있는 삼겹살이 좋은 삼겹살로 판명되어 척추 위치별 삼겹살 근육비율과 도체 판정 시 측정되는 지방관련 형질과 어떤 관계가 있는지 연구가 필요하다고 판단, 척추위치별 삼겹살 근육비율과 다양한 부위의 지방두께와의 상관분석을 실시하였다(Table 1-50). 상관분석에 사용한 형질로서 온도체 등지방두께(흉추11, 14번 평균)와, 냉도체의 등지방두께는 각각 흉추11, 14번 평균, 흉추1번, 흉추14번, 요추7번의 등지방두께와 4/5번 갈비뼈 사이의 근간지방두께를 사용하였다.

Table 1-50. Correlation coefficients (*r*) between fatness and muscle percentage

Traits	Muscle percentage					
	Total belly	Thoracic vertebra 8th	Thoracic vertebra 11th	Thoracic vertebra 14th	Lumbar vertebra 2th	Lumbar vertebra 5th
Backfat thickness ①	-0.58***	-0.58***	-0.56***	-0.56***	-0.52***	-0.40***
Backfat thickness ②	-0.61***	-0.61***	-0.59***	-0.60***	-0.57***	-0.41***
Backfat thickness ③	-0.57***	-0.56***	-0.56***	-0.57***	-0.55***	-0.38***
Backfat thickness ④	-0.64***	-0.64***	-0.62***	-0.63***	-0.59***	-0.43***
Backfat thickness ⑤	-0.69***	-0.69***	-0.68***	-0.65***	-0.62***	-0.49***
Intermuscular fat thickness	-0.58***	-0.57***	-0.55***	-0.55***	-0.52***	-0.42***

Backfat thickness①, Average Backfat thickness(thoracic vertebra between 11th and 14th, hot carcass);

Backfat thickness②, thoracic vertebra between 11th and 12th; Backfat thickness③, first rib;

Backfat thickness④, last rib; Backfat thickness⑤, last lumbar vertebra

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

온도체 등지방두께(Backfat thickness ①)는 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.58, P < 0.001$), 흉추 8번($r = -0.58, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.56, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.56, P < 0.001$), 요추 2번($r = -0.52, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.43, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈다. 냉도체 흉추11, 14번의 평균 등지방두께(Backfat thickness ②)는 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.61, P <$

0.001), 흉추8번($r = -0.61, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.59, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.60, P < 0.001$), 요추2번($r = -0.57, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.41, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈으며, 흉추1번의 등지방두께(Backfat thickness ③)는 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.57, P < 0.001$), 흉추8번($r = -0.56, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.56, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.57, P < 0.001$), 요추2번($r = -0.55, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.38, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈다

흉추14번의 등지방두께(Backfat thickness ④)는 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.64, P < 0.001$), 흉추8번($r = -0.64, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.62, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.63, P < 0.001$), 요추2번($r = -0.59, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.43, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈다. 요추7번의 경우 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.69, P < 0.001$), 흉추8번($r = -0.69, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.68, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.65, P < 0.001$), 요추2번($r = -0.62, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.49, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈다. 4/5번 갈비뼈 사이의 근간지방두께(Intermuscular fat thickness)는 전체 삼겹살 근육비율($r = -0.58, P < 0.001$), 흉추8번($r = -0.57, P < 0.001$), 흉추11번($r = -0.55, P < 0.001$), 흉추14번($r = -0.55, P < 0.001$), 요추2번($r = -0.52, P < 0.001$), 요추5번($r = -0.42, P < 0.01$)과 부의 상관관계를 나타냈다.

삼겹살은 피하지방과 근간지방으로 구성되어 있으므로 지방관련 형질과 삼겹살 생산량, 척추 위치별 근육비율과의 관계를 이해하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 본 상관관계를 종합해 볼 때, 5개 위치에서 측정된 등지방층 두께는 모두 삼겹살중량과 삼겹살두께, 폭, 척추 위치별 근육비율과 유의적인 상관관계를 나타냈다.

따라서, 측정이 가장 용이한 온도체의 등지방두께와 7번요추의 등지방두께를 통해 삼겹살의 생산능력을 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 삼겹살두께의 경우에도 복부 삼겹살두께(흉추13/14번 부위)에서 측정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 또한, 냉도체판정시 측정되는 근간지방의 경우도 등지방두께와 같이 삼겹살중량, 길이, 두께, 척추 위치별 근육비율과의 상관관계가 유의적으로 나타났으므로 삼겹살 생산능력 평가의 중요한 항목으로 판단된다.

본 연구에서는 삼겹살 품질평가 기준을 설정하고 이를 객관적으로 평가하는 방안을 마련하기 위해 도체상태에서 육질평가 항목을 선정하고 해당 도체의 삼겹살 품질특성(근육량, 소비자 시각관능검사, 일반 성분분석, 관능검사)을 분석하여 이들과의 상관관계를 알아보았다. 이를 객관적으로 비교하기 위해 삼겹살 이미지 분석결과를 토대로 4개 그룹으로 나누어 최적의 삼겹살 품질을 생산할 수 있는 구간을 설정하였다. 삼겹살에 대한 품질평가 기준은 해당 삼겹살의 근육면적이 50%이상인 도체가 삼겹살의 품질이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이러한 삼겹살내 근육분포 비율(M.P)을 도체상태에서 파악하기 위해 전수조사를 하지 않고 도체상태에서 간접적으로 평가 할 수 있는 방안을 조사하였다.

돼지 온도체 상태에서 등급판정 지표를 활용하여 삼겹살의 근육비율로 전환하기 위한 모형을 추정하기 위하여 회귀분석(regression variable)을 실시하였다. 돼지도체 상태에서 측정할 수 있는 도체중, 등지방두께 등을 독립변수(independent variable)로 삼겹살의 근육비율을 종속변수(dependent variable)로 하여 선형관계를 분석하였고, 단순회귀 모형($r^2 = 0.43$)을 추정하였다. 추정된 모형은 다음과 같다. $y = 63.642 + 0.15X_1 - 0.224X_2 - 0.208X_3 - 0.388X_4$, 단 y =근육비율, X_1 =삼겹살두께, X_2 =1번째 늑골 등지방두께, X_3 = 마지막늑골 등지방두께, X_4 = 마지막 요추 등지방두께이다.

Table 1-51. Regression equation for prediction of muscle percentage by hot carcass

independant variable	non-stanard coefficeint		stanard coefficeint	<i>t</i>	<i>P</i> -value
	B	standard deviation	β		
(constant)	63.642	2.089		30.461	0.000
carcass weight (kg)	0.000	0.028	0.000	-0.006	0.995
backfat thickness (mm)	-0.042	0.087	-0.037	-0.482	0.630
belly width (mm)	0.150	0.031	0.179	4.893	0.000
backfat thickness (mm) (1th thoracic vertebra)	-0.224	0.050	-0.219	-4.492	0.000
backfat thickness (mm) (14th thoracic vertebra)	-0.208	0.101	-0.175	-2.051	0.041
backfat thickness (mm) (7th lumbar vertebra)	-0.388	0.069	-0.335	-5.657	0.000

돼지 냉도체 상태에서 등급판정 지표를 활용하여 삼겹살의 근육비율로 전환하기 위한 모형을 추정하기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 돼지 도체상태에서 측정할 수 있는 도체중, 등지방두께 등을 독립변수로 삼겹살의 근육비율을 종속변수로 하여 선형관계를 분석하였고, 추정된 단순회귀 모형($r^2 = 0.758$)은 $y = 54.275 + 0.163X_1 - 0.261X_2 - 0.283X_3 - 0.140X_4 + 0.436X_5 - 0.644X_6$ (단 y =근육비율, X_1 =온도체 상태 9~10번 위치 삼겹살두께, X_2 =마지막늑골 등지방두께, X_3 =마지막 요추 등지방두께, X_4 =1번째 늑골 등지방두께, X_5 =넓은등근 폭, X_6 =근간지방두께) 이다.

Table 1-52. Regression equation for prediction of muscle percentage by cold carcass

independant variable	non-stanard coefficeint		stanard coefficeint	<i>t</i>	<i>P</i> -value
	B	standard deviation	β		
(constant)	54.275	2.060		26.351	0.000
carcass weight (kg)	-0.032	0.028	-0.052	-1.133	0.258
backfat thickness (mm)	0.146	0.079	0.131	1.849	0.065
belly width (mm)	0.163	0.031	0.179	5.341	0.000
backfat thickness (mm) (14th thoracic vertebra)	-0.261	0.091	-0.222	-2.854	0.005
backfat thickness (mm) (7th lumbar vertebra)	-0.283	0.064	-0.244	-4.437	0.000
backfat thickness (mm) (1th thoracic vertebra)	-0.140	0.046	-0.139	-3.031	0.003
latissimus dorsi m. width (mm)	0.436	0.063	0.228	6.905	0.000
loin eye area(cm ²)	0.153	0.306	0.017	0.499	0.618
intermuscular fat thickness (mm)	-0.644	0.081	-0.371	-7.997	0.000

삼겹살의 품질평가기준인 근육비율이 관능검사에 미치는 영향을 조사한 결과 다즙성, 연도, 기름기에서 등급간에 유의적($P < 0.05$)차이가 있었으며, 특히 기름기에 있어서 MP4가 MP1~MP3 보다 유의적으로 낮은 것으로 나타났다. 삼겹살의 근육비율과 삼겹살 위치(Location A, Location B, Location C, Location D, Location E)에 따른 시각적 관능검사에 미치는 영향을 조사한 결과 모든 위치에서 등급간에 유의적인 차이가 있었으며, 특히 흉추11~12번 위치인 Location C에서는 MP4가 소비자들이 시각적으로 가장 선호하는 것으로 나타났다. 삼겹살의 품질평가기준인 근육비율이 도체특성에 미치는 영향을 조사한 결과 온도체중, 등지방두께, 근간 지방두께에서 유의적인 차이가 있었다. 그러나 도체장, 도체폭, 삼겹살두께(온도체 9~10번측정)는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 삼겹살의 품질평가기준인 근육비율이 이화학적특성과 일반성분 분석에 미치는 영향을 조사한 결과 전단력, 수분, 지방, 단백질에서 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 지방에 있어서는 MP4가 가장 낮은 것으로 조사되었다. 삼겹살의 품질평가기준인 근육비율이 삼겹살특성에 미치는 영향을 조사한 결과 삼겹살체중, 무게, 폭에서 유의적 차이가 있었으며, MP4가 다른 그룹에 비해 유의적으로 적은 것으로 나타났다. 삼겹살의 근육비율에 따른 품질평가기준이 삼겹살 근육분포에 미치는 영향을 조사한 결과 넓은 등근, 몸통피부근, 배곧은근, 배바깥경사근의 면적이 MP4가 다른 그룹에 비해 유의적으로 넓은

것으로 나타났다. 삼겹살의 근육비율에 따른 품질평가기준과 삼겹살 흉추 위치에 따른 시각적 관능검사와 상관관계를 조사한 결과 Location C (흉추12번 위치)와 Location E (요추4번 위치)에서 몸통피부근과는 유의적 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

삼겹살 품질평가를 위한 객관화 방안으로 온도체 상태에서 삼겹살을 예측한 산식은 다음과 같다. ($y = 63.642 + 0.15X_1 - 0.224X_2 - 0.208X_3 - 0.388X_4$, 단 y =근육비율, X_1 =삼겹살두께, X_2 =1번째 늑골 등지방두께, X_3 = 마지막늑골 등지방두께, X_4 = 마지막 요추 등지방두께)

삼겹살 품질평가를 위한 객관화 방안으로 냉도체 상태에서 삼겹살 품질을 예측한 산식은 다음과 같다. ($y = 54.275 + 0.163X_1 - 0.261X_2 - 0.283X_3 - 0.140X_4 + 0.436X_5 - 0.644X_6$, 단 y =근육비율, X_1 =온도체 상태 9~10번 위치 삼겹살두께, X_2 =마지막늑골 등지방두께, X_3 =마지막 요추 등지방두께, X_4 =1번째 늑골 등지방두께, X_5 =넓은등근 폭, X_6 =근간지방두께)

(3) 생체 초음파 측정 결과

돼지 생체에 대한 측정은 초음파 기술을 보유한 농협중앙회 축산연구원 초음파연구실에 의뢰하여 실시하였다. 측정 부위는 생체에서 등지방두께, 근간지방두께, 배최장근 근내지방도, 삼겹살 과지방 발생 부위에서 측정할 수 있는 두께 등을 측정하였다. 현재 축산물등급판정 세부기준(고시)의 돼지도체 등급판정방법으로 측정한 결과값과 생체에서 측정한 결과값의 상관도를 분석하여 생체에서 측정한 결과값의 활용성 여부를 판단하고자 하였다.

본 실험에 이용된 공시축 14두는 (주)선진의 랜드레이스 품종으로 강원도 강릉시 소재 농장에서 도드람엘피씨(경기도 안성시)에 출하하여 계류장에서 생체 초음파로 측정하였다. 초음파 진단기는 2.0MHz의 주파수를 갖는 180mm의 선형 탐촉자(HS-2000, Honda Co., 일본)를 이용하였으며, 초음파진단은 도축하기 1시간 전에 근내지방도를 평가하는 좌측 제4~5흉추 사이에 식용유를 도포한 후 배최장근 단면이 조사되도록 하여 진단하였으며, 등지방두께는 도체 왼쪽의 흉추 12, 14번 위치를 측정하였으며, 삼겹살에 대한 과지방 대표부위는 체장 중심선의 배중심선 꼭지점에서 좌측 복부쪽으로 약 24cm 내려온 위치에서 종방향으로 실시하였다.

온도체 등지방두께는 도축 20~30분 후 등급판정 시 측정하였으며, 나머지 항목은 1일 예냉 후 등급판정 부위(좌반도체 흉추4~5번 위치 절개)를 실험축 측정 항목과 동일하게 측정하였다.

본 실험에 이용된 공시축의 도체성적은 Table 1-53과 같이 도체중량 $79.00 \pm 2.42\text{kg}$, 등지방두께 $18.21 \pm 3.95\text{mm}$, 근내지방도 $2.29 \pm 0.99(\text{No.})$ 로 나타났다.

Table 1-53. Grading result of tested pigs

N ¹	carcass weight (kg)	backfat thickness (mm)	intramuscular fat (No.)
14	79.00±2.42	18.21±3.95	2.29±0.99

¹ Number of pigs

먼저 도체상태와 생체상태의 등지방두께를 측정하는 화면은 Figure 1-13에 나타나 있다.

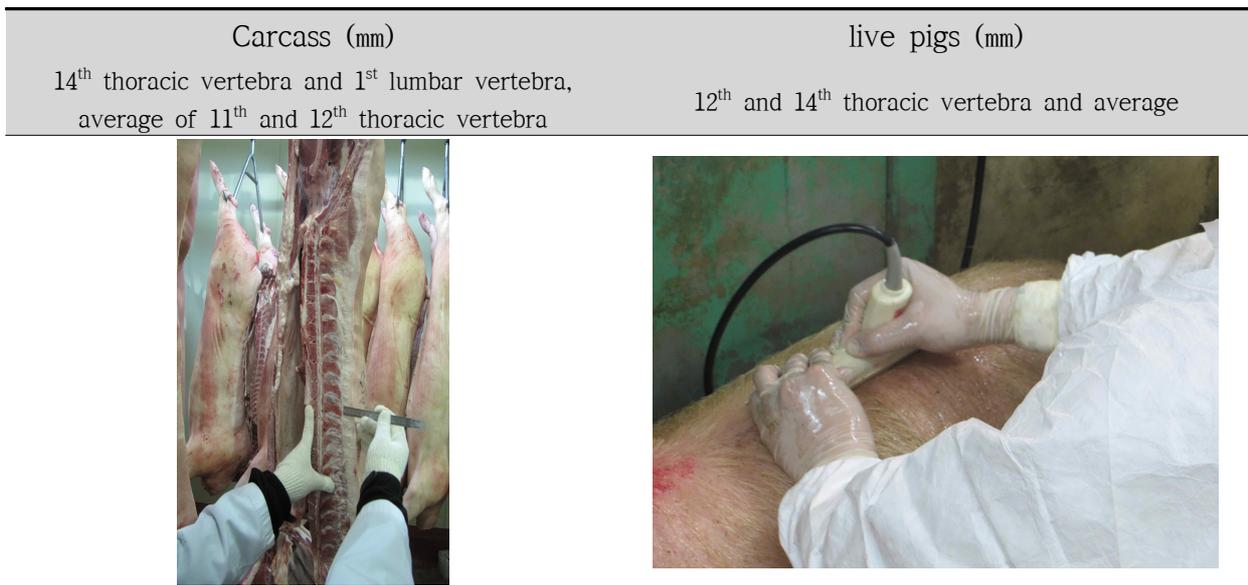


Figure 1-13. Measuring locations and pictures of backfat thickness

등지방두께 측정결과(Table 1-54) 온도체 등지방두께는 18.21±3.9mm로 측정되었고, 생체 초음파의 흉추12번 등지방두께는 10.04±2.3mm, 흉추14번 등지방두께는 9.86±2.67mm로 나타났으며 생체 측정 평균은 9.95±2.48mm로 나타났다. 온도체 측정 결과와 생체 초음파 측정 결과의 상관도(Table 1-55)는 흉추12번 $r = 0.75$, 흉추14번 $r = 0.78$, 평균 $r = 0.78$ 로 나타났다

Table 1-54. Backfat thickness of hot carcass and live pigs using ultrasonic waves

Carcass (mm)	Living (mm)		
Between 4 th and 5 th thoracic vertebra	12 th thoracic vertebra	14 th thoracic vertebra	average
18.21±3.95	10.04±2.38	9.86±2.67	9.95±2.48

Table 1-55. Correlation coefficients (r) between backfat thickness value of hot carcass and living pigs using ultrasonic waves

measuring location using ultrasonic waves (mm)		
12 th thoracic vertebra	14 th thoracic vertebra	average
0.75	0.78	0.78

도체상태와 생체상태의 근간지방두께를 측정하는 위치 및 화면은 Figure 1-14에 나타나있다.

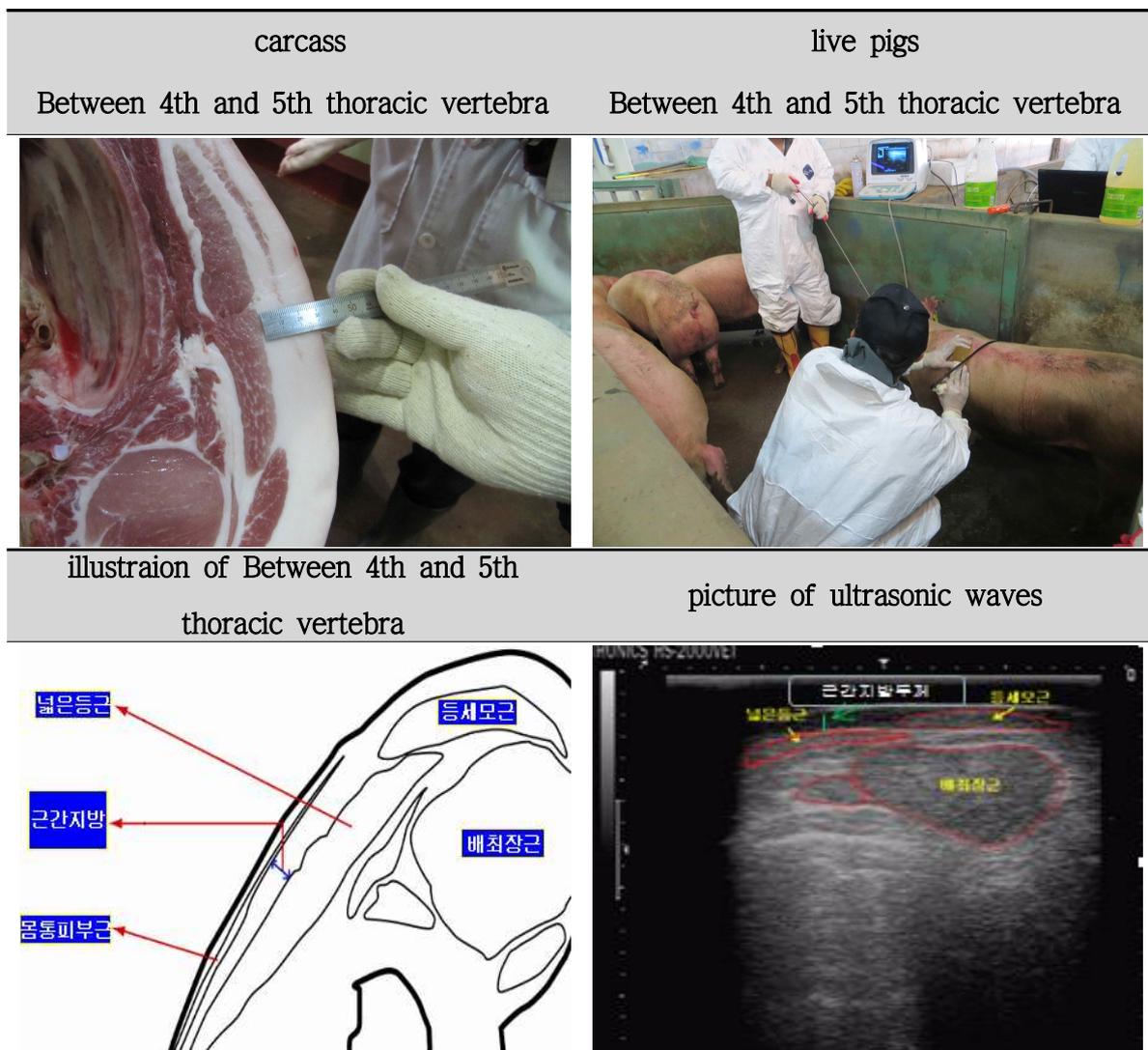


Figure 1-14. Measuring locations and pictures of intramuscular fat thickness

근간지방두께 측정 결과(Table 1-56) 온도체에서 $8.43 \pm 3.13\text{mm}$ 로 측정 되었고, 생체 초음파는 $5.39 \pm 1.86\text{mm}$ 로 나타났다. 온도체 측정 결과와 생체 초음파 측정 결과의 상관도 $r = 0.67$ 로 나타났다.

Table 1-54. Results of measurement for carcass and live pigs intramuscular fat thickness

carcass	live pigs	<i>r</i>
8.43 ± 3.13	5.39 ± 1.86	0.67

도체상태와 생체상태의 배최장근 근내지방도를 측정하는 위치 및 화면은 Figure 1-15에 나타났다.

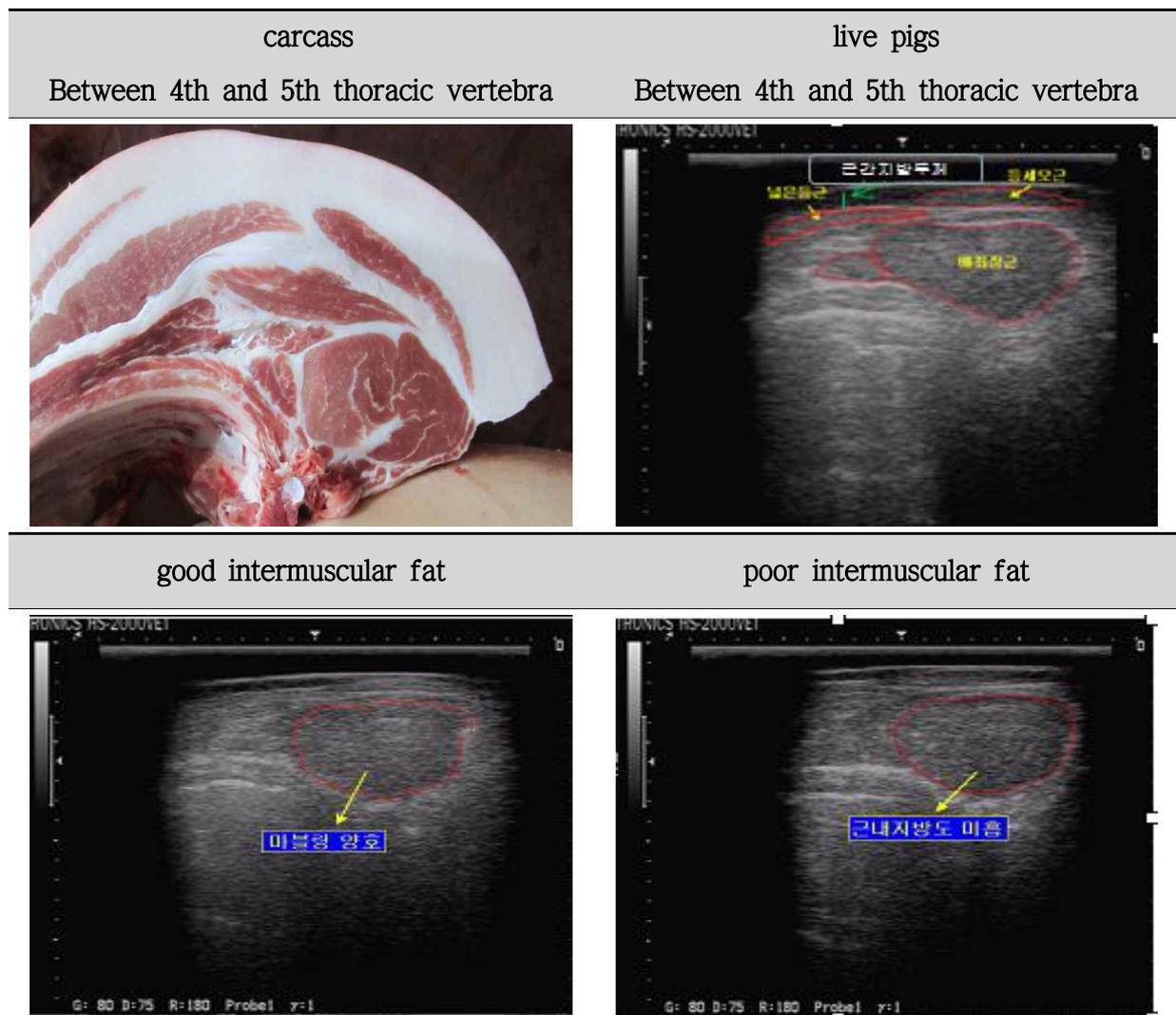


Figure 1-15. Measuring locations and pictures of intermuscular fat in longissimus dorsi m.

배최장근 근내지방도 측정결과(Table 1-57) 온도체는 2.29 ± 0.99 로 측정 되었고, 생체 초음파는 5.21 ± 0.70 으로 나타났다. 온도체 측정결과와 생체초음파 측정결과의 상관도 $r = 0.46$ 으로 나타났다.

Table 1-57. Results of measurement for carcass and live pigs intermuscular fat in longissimus dorsi m.

carcass	live pigs	<i>r</i>
2.29 ± 0.99	2.21 ± 0.70	0.46

도체상태와 생체상태의 삼겹살 과지방을 측정하는 위치 및 화면은 Figure 1-16에 나타나있다.

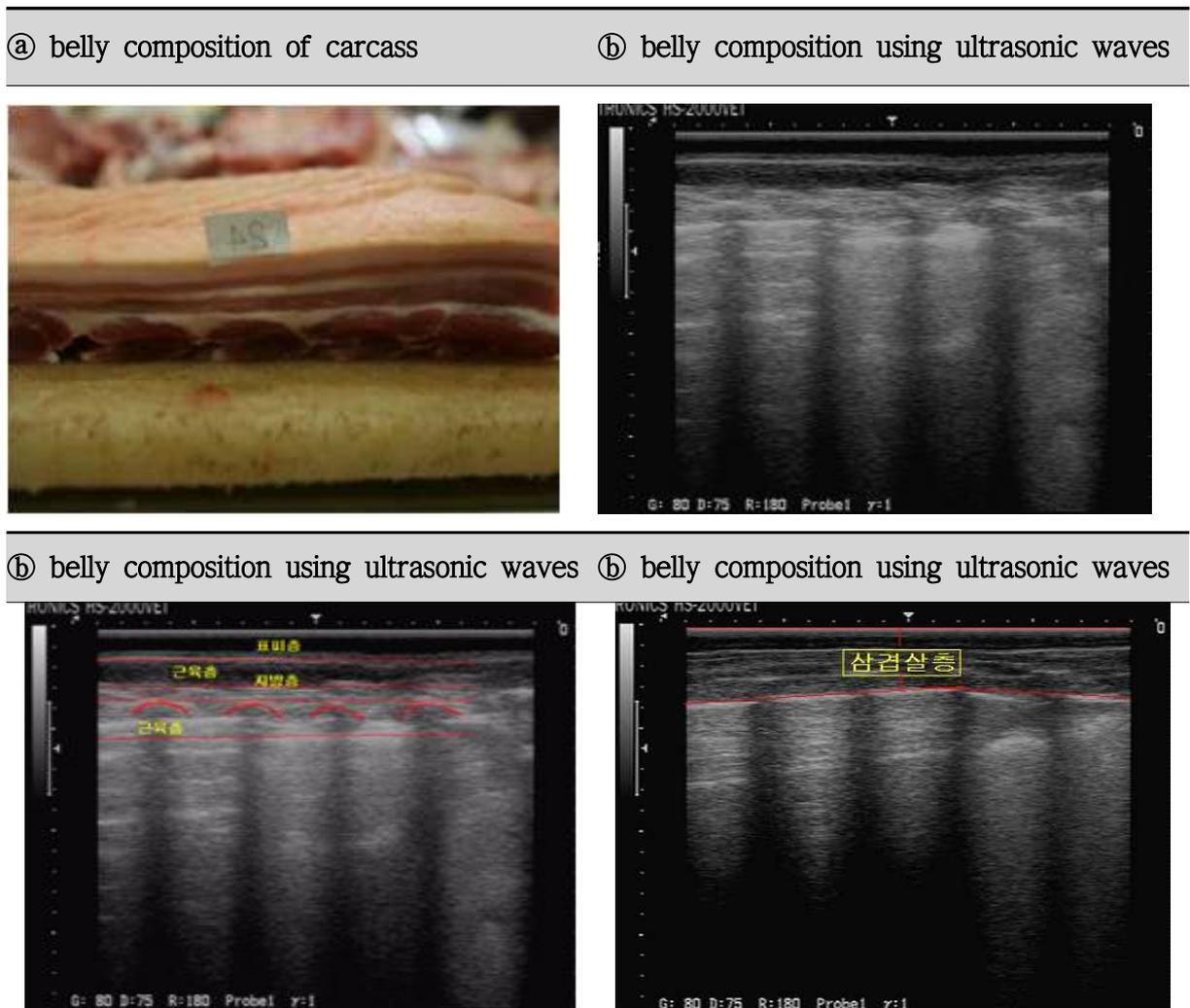


Figure 1-16. Measuring locations and pictures of excessive fat

일반적으로 삼겹살은 흉추5번부터 요추6번까지의 배중심선을 중심으로 한 복부까지의 부위를 모두 일컫는다. 즉 부위에 따라 다양한 층의 지방층과 근육층 구조를 갖고 있을 뿐만 아니라, 그 구성비도 다양하게 나타난다. 따라서 과지방 대표부위에 대한 정확한 선정과 그 위치에 대한 해부학적 구조 이해가 필요하다.

이러한 기준에서 선정한 체중심 복부의 삼겹살 구조에 대한 특징은 Figure1-16㉔에서와 같이 2개의 지방층(표피층 포함)과 2개의 근육층 그리고 갈비층(근육층과 지방층이 혼잡)으로 이루어져 있다.

반면 체중심 복부에 대한 초음파영상자료에서는 1개의 지방층(표피층)과 1개의 근육층은 명확히 구분이 가능하지만, 갈비층(근육층과 지방층이 혼잡)과 바로 윗 층의 지방층 구분은 불분명하게 나타났다(Figure1-16㉕).

따라서 돼지고기의 삼겹살 구조에 대한 과지방 대표부위에 대한 구체적인 위치를 추가적으로 재선정하고 초음파진단 방법과 화상판독 방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어지면 삼겹살의 두께와 조직의 체조성비(지방층/근육층)에 대한 충분한 생체 초음파진단이 가능하여 종돈 개량과 비육기술 개발 등에도 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

(4) 생체 CT 측정 결과

보다 정확히 세부근육의 특성을 생체에서 측정할 수 있는 방안모색을 위하여 CT 기술을 보유한 충북대학교 동물의료센터에 의뢰하여 실시하였다. 도체의 삼겹살 슬라이스에서 측정된 결과값과 생체에서 측정된 결과값의 상관도를 분석하여 생체에서 측정된 결과값의 활용성 여부를 판단하고자 하였다.

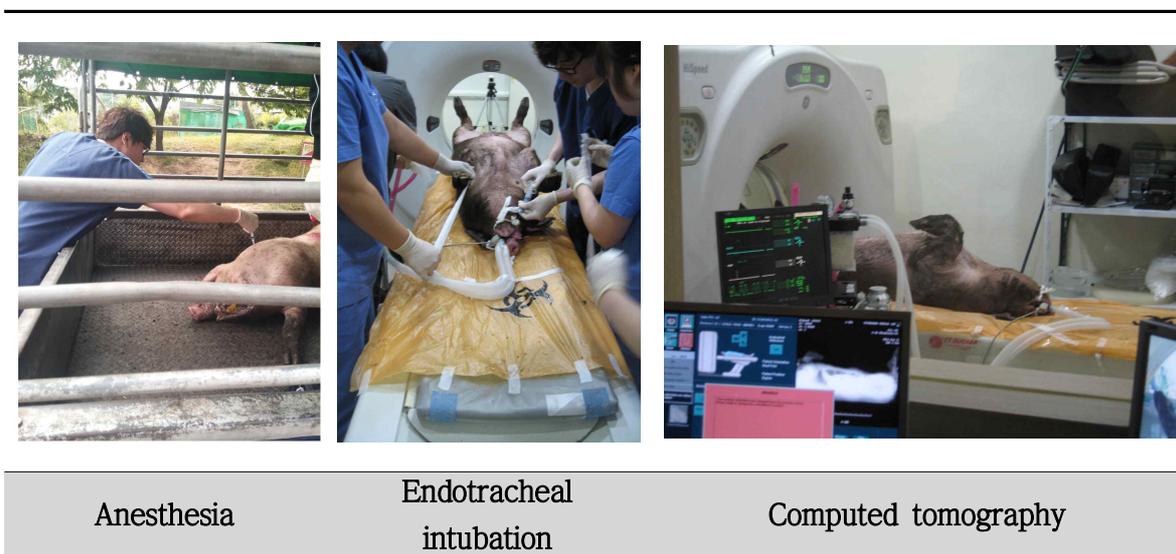


Figure 1-17. Methods for computed tomography

본 실험에 이용된 5두는 (주)선진의 랜드레이스 품종으로 모두 거세돈이며, 강원도 강릉시 소재 농장에서 충북대학교 동물의료센터로 이동하여 CT촬영을 실시하였다. 마취는 동반한 수의사에 의해 ketamine HCl 50mg/body (Ketamine(R), Yuhan corporation, Korea)과 zolazepam with tiletamine 125mg/body (Zoletil(R) 50, Virvac, France)를 근육주사 1회를 통해 진행했으며 CT촬영중의 호흡조절을 위해 기관내삽관을 실시했다. CT촬영은 CT scanner (Hi Speed/e, GE medical, USA)를 통해 진행되었다. CT촬영 방법에 대한 사진은 Figure 1-17에 제시하였다.

생체측정에 알맞은 촬영방법을 확인하기 위하여 복와위(ventral recumbency posture)와 배와위(dorsal recumbency posture) 배치의 사진을 비교하였으며, helical 방식과 axial 방식의 사진을 비교하였다. 촬영된 CT 이미지는 DICOM viewer (eFilmTM, Workstation version 3.4.0, Merge, USA)를 이용하여 분석하였다(Figure 1-18, Figure 1-19).



Figure 1-18. Computed tomography images of pig (Whole body)

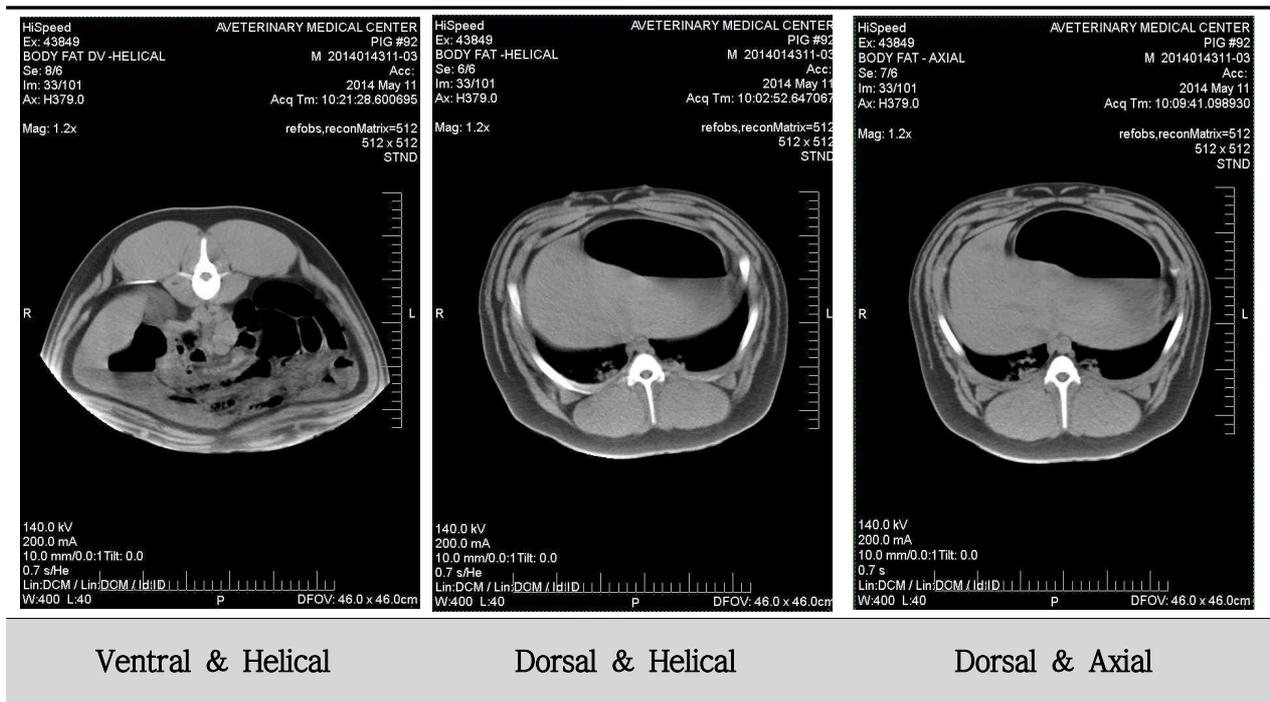


Figure 1-19. Cross section images of pig by various method

복와위와 배와위의 사진을 비교하였을 때, 복와위의 배치에서는 삼겹살 부분의 개체의 무게로 인해 찌그러져서 나타났으며, 무게로 인한 눌림현상으로 인해 사진을 확보할 수 있는 지름의 범위를 넘어가는 현상을 보였다. 배와위의 사진에서는 그러한 현상이 나타나지 않아 삼겹살 형질의 측정을 위해서는 배와위의 자세가 적절할 것으로 판단된다. Helical 방식과 Axial 방식을 비교하였을 경우, Helical 방식에서 근육의 경계가 더 모호하게 나타나기 때문에 Axial 방식이 더욱 적합한 방법으로 판단된다. CT 촬영 시 절식을 하지 않은 상태로 내장 위치 부분에 있는 가스 등에 의하여 사진이 흐리게 나오는 경향이 있기 때문에 정확한 측정을 위해서는 절식 등의 보완방법이 필요하다.

척추별 Cross section image는 Figure 1-20과 같다. 개체 1과 개체 2의 도체중은 각각 81kg, 80kg이고, 온도체등지방두께는 23mm, 20mm, 냉도체등지방두께는 27mm, 24mm이다.

실질적으로 도체측정결과와 비교하기 위하여 흉추6번, 흉추11번에 대한 CT촬영 이미지를 확보하였다(Figure 1-21). 이미지 상으로도 각 개체별로 삼겹살 구성 근육의 차이를 확인할 수 있었으며, 개체1과 개체2를 비교하였을 경우, 떡지방이 문제가 되는 흉추11번의 지방침착여부도 확인가능하였다.

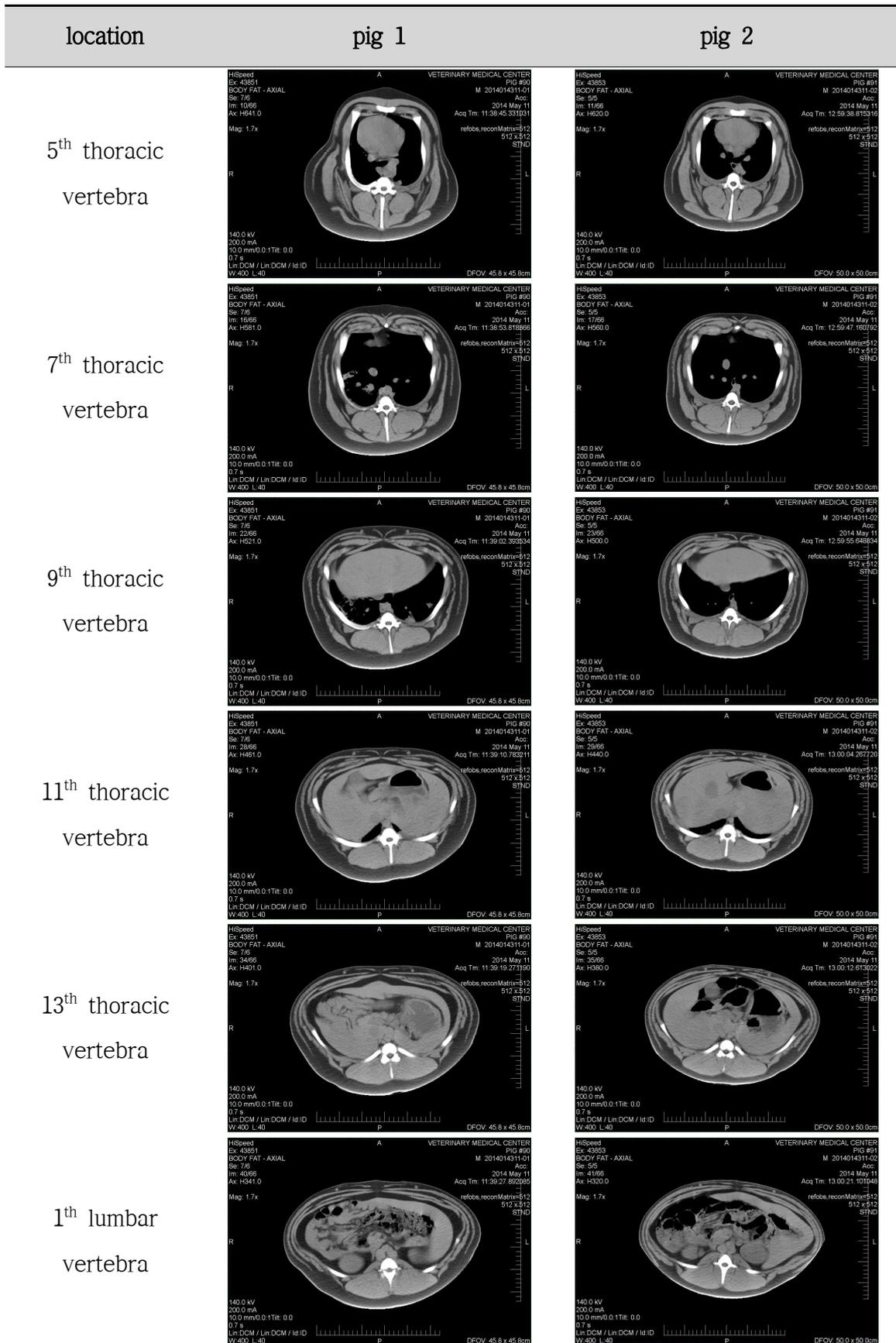


Figure 1-20. Cross section images of each vertebra

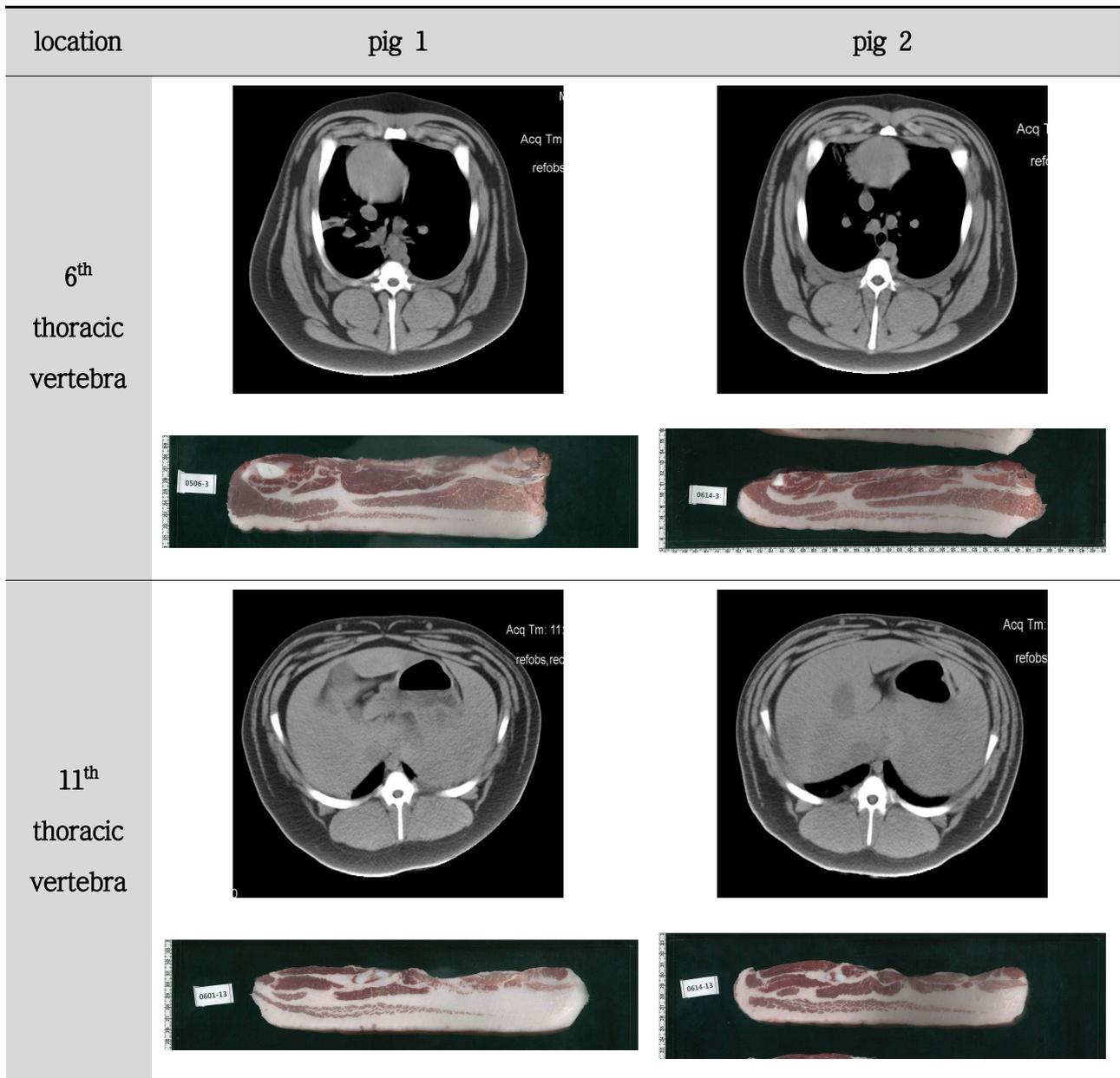


Figure 1-21. Cross sectional image for thoracic vertebra 6th and 11th using CT and slice scan

세부근육의 생체측정가능여부를 보다 정확하게 판단하기 위하여 확보된 CT촬영 이미지는 Image pro plus 프로그램을 이용하여 각 세부근육에 대한 면적 및 길이를 측정하였고, 도체에 서 측정된 값과 비교분석을 실시하였다(Table 1-58).

Table 1-58. Comparison of pork belly traits between slice scan method and CT method

Traits	Method	pig 1	pig 2	pig 3	pig 4	pig 5
thoracic vertebra 6th						
Total belly area	slice scan	186.99	157.27	161.95	155.48	138.69
	CT	148.02	143.32	138.66	141.09	130.59
Pectorales profundi m.	slice scan	13.84	12.14	12.47	11.68	7.06
	CT	6.36	6.89	6.05	7.16	5.93
Latissimus dorsi m.	slice scan	22.90	23.82	23.33	21.51	24.64
	CT	19.88	20.86	22.26	19.18	21.88
Cutaneous trunci m.	slice scan	6.86	9.01	6.62	6.61	7.47
	CT	6.83	8.91	6.55	6.44	6.78
Rectus abdominis m.	slice scan	5.58	6.25	4.86	6.18	6.75
	CT	1.65	1.98	1.18	2.75	4.53
External abdominal oblique m.	slice scan	3.50	2.70	2.12	2.80	2.94
	CT	-	-	-	-	-
other muscles	slice scan	41.40	40.10	39.80	35.33	40.81
	CT	28.36	39.74	34.89	36.69	48.06
Muscle area	slice scan	89.07	88.82	85.38	79.45	85.05
	CT	63.09	70.93	72.21	87.18	78.38
Fat area	slice scan	97.92	68.45	76.57	76.03	53.64
	CT	84.94	67.73	68.88	43.41	64.94
Muscle percentage	slice scan	47.63	56.48	52.72	51.10	61.32
	CT	42.62	51.15	51.18	66.76	54.69
Length of belly slice	slice scan	29.67	29.10	28.13	27.79	27.59
	CT	28.17	29.84	28.52	30.85	30.90
Length of Cutaneous trunci m.	slice scan	17.64	16.61	16.61	15.39	18.69
	CT	18.43	21.02	18.26	20.15	21.97
Length of Fat	slice scan	5.13	6.60	6.53	6.28	6.41
	CT	6.22	3.97	7.78	4.61	5.19

Table 1-56. Continued

Traits	Method	pig 1	pig 2	pig 3	pig 4	pig 5
thoracic vertebra 11th						
Total belly area	slice scan	153.16	139.77	128.95	136.66	124.22
	CT	151.17	117.66	128.73	140.48	106.73
Pectorales profundi m.	slice scan	1.77	1.88	1.13	1.69	.
	CT	1.10	1.08	0.92	1.01	1.04
Cutaneous trunci m.	slice scan	14.09	18.17	11.71	15.33	14.00
	CT	14.64	15.01	10.72	11.93	11.87
Rectus abdominis m.	slice scan	7.56	8.98	9.37	8.37	6.65
	CT	5.67	5.69	7.27	4.19	6.76
External abdominal oblique m.	slice scan	6.82	9.55	8.38	8.01	8.38
	CT	6.07	11.90	6.88	6.26	9.39
other muscles	slice scan	23.71	29.19	28.58	29.57	34.81
	CT	24.48	19.42	24.11	35.82	35.02
Muscle area	slice scan	54.74	67.77	60.32	64.02	64.09
	CT	51.95	49.90	59.20	64.09	53.11
Fat area	slice scan	98.41	72.00	68.63	72.64	60.13
	CT	99.22	78.83	81.28	42.64	64.55
Muscle percentage	slice scan	35.74	48.49	46.78	46.84	51.59
	CT	34.37	38.77	42.14	60.05	45.14
Length of belly slice	slice scan	30.08	28.04	27.91	27.96	28.10
	CT	33.44	35.31	35.91	34.38	35.64
Length of Cutaneous trunci m.	slice scan	21.18	22.54	20.00	20.33	20.90
	CT	25.34	29.06	28.59	27.02	28.32
Length of Fat	slice scan	8.74	3.95	6.36	7.19	5.77
	CT	8.10	5.12	6.46	7.36	4.95

흉추6번에서는 CT를 이용하여 측정된 삼겹살단면적이 slice scan에서 측정된 삼겹살단면적보다 작은 경향을 보였으며, 세부근육들도 대부분 작게 측정이 되었다. 배바깥경사근의 경우 CT이미지에서 근육의 경계가 모호하여 측정이 불가능하였다. 삼겹살 및 몸통피부근의 길이는 CT에서 측정된 값이 더 길게 나타났는데, 삼겹살 단면적이 작고 단면길이는 긴 것을 생각할 때, 생체에서의 측정 시 삼겹살 부분이 돼지의 무게에 의해 길게 퍼지므로써 나타나는 현상이라 판단된다. 흉추11번의 경우에서도 삼겹살의 단면길이는 CT이미지에서 더 길게 나타났다. 각 흉추부분의 삼겹살 형질에 대한 slice scan 방법과 CT방법의 상관계수를 Table 1-59에 나타내었다.

Table 1-59. Correlation coefficients (*r*) between slice scan method and CT method

Traits	thoracic vertebra 6th		thoracic vertebra 11th	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Total belly area	0.891	0.043	0.775	0.124
Pectorales profundi m.	0.388	0.519	0.931	0.069
Latissimus dorsi m.	0.792	0.110	-	-
Cutaneous trunci m.	0.964	0.008	0.724	0.166
Rectus abdominis m.	0.859	0.062	-0.007	0.991
External abdominal oblique m.	-	-	0.847	0.070
other muscles	0.006	0.992	0.559	0.327
Muscle area	-0.137	0.826	0.405	0.499
Fat area	0.977	0.004	0.855	0.065
Muscle percentage	0.974	0.005	0.792	0.110
Length of belly slice	0.295	0.630	0.198	0.749
Length of Cutaneous trunci m.	-0.700	0.188	-0.816	0.092
Length of Fat	-0.211	0.733	0.904	0.035

흉추6번에서는 삼겹살단면적, 몸통피부근단면적, 지방단면적, 근육비율이 유의한 상관관계를 보였으며, 흉추11번에서는 지방단면길이만 유의한 상관관계를 보였다. 따라서, 생체 CT 측정시 흉추6번에서의 지방단면적 및 근육비율이 유용한 형질로 사용될 수 있으며, 과지방 발생 부위인 흉추11번에서는 지방단면적이 약한 유의수준으로($P = 0.065$) CT측정과 도체측정에서의 상관관계가 나타났다. 더 많은 두수의 실험이 진행되면 충분히 과지방 및 세부근육특성을 예측하는 CT진단이 가능할 것으로 예상되나, 생체측정을 위해서는 마취 및 기관삽입 등의 복잡한 절차가 수반되며, 고비용이라는 한계점이 있다. 따라서, 본 연구에서 실시한 CT촬영의 측정결과를 토대로 생체 초음파 결과와 도체 AutoFom 측정 결과 등 다른 측정 방안과의 연계를 통하여 종돈개량과 비육기술 개발 등에도 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 삼겹살의 근육특성에 의한 소매단계 ‘소분할 부위’ 구분 연구

가. 소분할 부위 생산량에 따른 경제성 분석

돼지 좌도체에서 생산되는 삼겹살 한판을 척추 위치에 따라 구분하여 소비자 선호도가 높은 위치의 삼겹살 조각과 선호도가 낮은 삼겹살을 구분하고, 현행 분할·정형 방법에서 소비자 선호도가 낮은 미추리쪽의 삼겹살을 별도로 오려냄으로써 선호도가 높은 흥추 부위쪽 삼겹살의 상품가치를 높이는 동시에 적정 거래가격 등을 조사하고자 한다.

이처럼 소비자 선호도가 높은 삼겹살 부분과 낮은 부분의 구분 경계선은 소비자 만족도 조사를 전국적으로 실시한 분석결과를 기초로 선정하였다. 현행 삼겹살의 분할·정형 기준은 Figure 1-22의 왼쪽 사진과 같이 삼겹살 한판을 통째로 진공포장하여 유통하고 있는데, 이번 연구에서는 Figure 1-22의 오른쪽 사진과 같이 소비자 선호도가 낮은 요추5번과 요추6번에 위치하는 미추리부위 조각을 삼겹살에서 제외시키는 분할·정형 방법을 1안으로, 요추4번부터 요추6번까지 세 마디에 해당하는 미추리 부위를 삼겹살에서 잘라내는 분할·정형 방법을 2안으로 설정하였다.

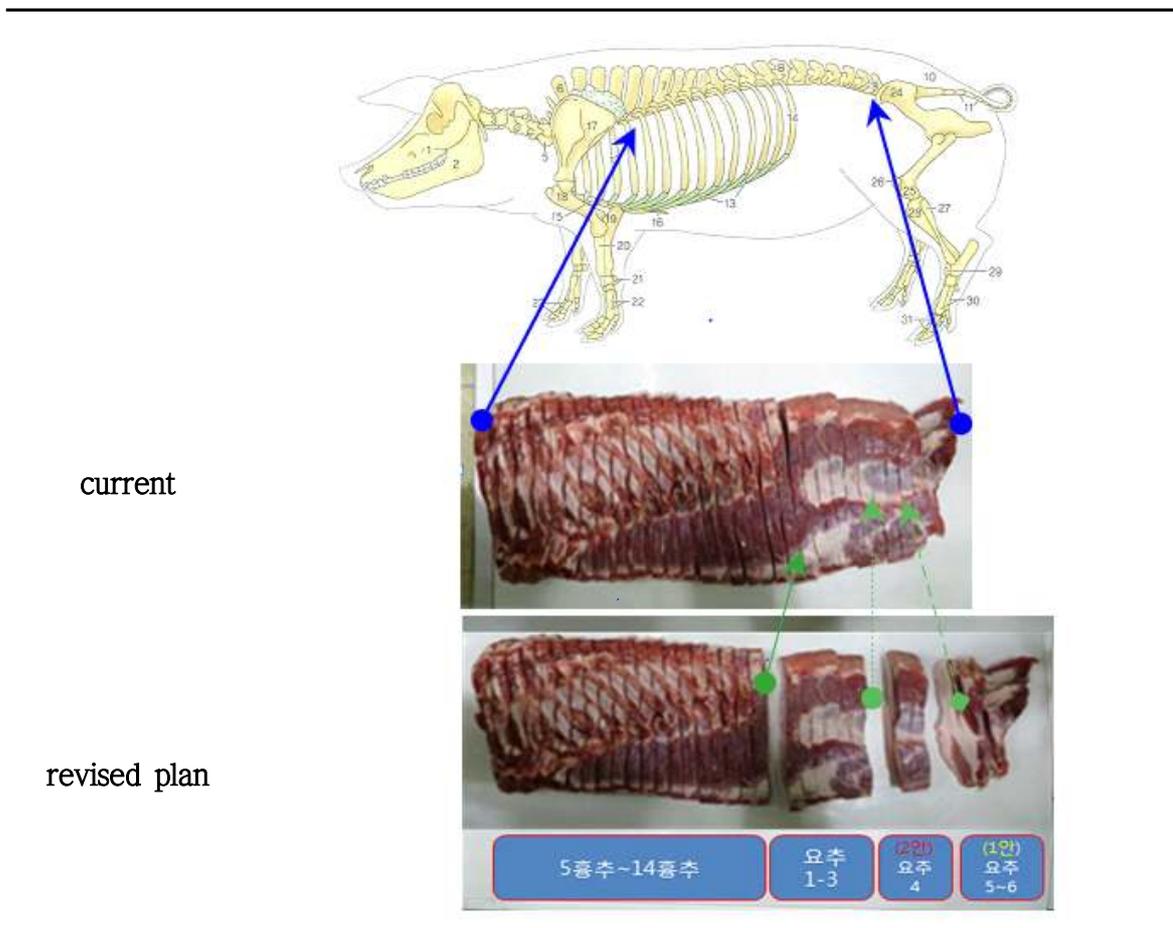


Figure 1-22. secondary cut parts by change of belly cutting location

Figure 1-22의 왼쪽 사진과 같은 삼겹살 한판을 유통하는 현행 방법에서 오른쪽 사진과 같이 소비자 선호도에 따라 1안과 2안으로 분할·정형방법을 다르게 적용한 3차년도 실험결과 분석자료를 보면, 돼지의 성별은 전체 106두 중에서 암 41두, 거세 65두가 이용되었다. 본 실험에서는 삼겹살 단면의 살코기에 대한 지방 면적비율 및 절단면의 모양새를 비교하기 위하여 왼쪽 사진과 같이 분할·정형된 삼겹살 한판을 육절기에서 15mm두께로 슬라이스하고 흉추5번부터 요추6번까지 순서와 위치를 맞추어 정확히 배열한 후에 오른쪽 사진과 같이 요추5번과 요추6번 위치의 미추리를 제거한 삼겹살 무게와 요추4번부터 요추6번까지 잘라낸 삼겹살 무게를 kg단위로 측정하여 그 결과를 Table 1-60에 나타내었다.

Table 1-60. Belly weight by secondary cut

sex	N ¹	carcass weight (kg)	backfat thickness (mm)	belly weight (kg)	belly weight by secondary cut	
					plan 1	plan 2
Female	41	87.22±7.02	17.07±3.13	7.08±0.69	6.38±0.63	5.99±0.61
Castrated Male	65	85.55±6.66	19.22±3.61	7.32±0.70	6.61±0.64	6.21±0.62
Average	106	86.20±6.85	18.39±3.59	7.23±0.71	6.52±0.65	6.12±0.63

¹ Number of pigs

도체중량은 암돼지의 경우 87.22kg, 거세 85.55kg, 전체 평균 86.20kg으로 암돼지가 거세 돼지보다 1.67kg 높았고, 등지방두께는 암돼지가 17.07mm, 거세 19.22mm, 전체 평균 18.39mm으로 역으로 거세 돼지가 암돼지보다 0.83mm 두꺼웠다. 이렇게 Figure1-22의 왼쪽 사진과 같이 좌반 도체에서 생산되는 삼겹살 무게는 암돼지에서 7.08kg, 거세돼지 7.32kg, 전체 평균 7.23kg으로 거세돼지가 0.24kg 더 무거운 것으로 나타났다. 한편, Figure 1-22의 오른쪽 사진과 같이 1안으로 분할·정형한 삼겹살의 평균 중량은 6.52kg으로 현행 분할·정형 방법보다 9.7% 감소했다. 성별로는 암돼지 0.7kg, 거세돼지 0.71kg, 전체 평균 0.71kg의 무게가 각각 준 것으로 조사되었다. 또한, 2안으로 분할·정형한 삼겹살의 평균 중량도 6.12kg으로 현행 분할·정형 방법(Figure1-22 왼쪽 사진)에 따른 7.23kg보다 15.2% 감소하였다. 성별로는 암돼지가 1.09kg, 거세돼지 1.11kg, 전체 평균 1.11kg가 각각 줄어 1안보다도 더 많이 줄어들었다.

소분할 부위 생산으로 삼겹살 전체 중량이 감소됨에 따라 육가공업체의 도매가격 변경이 필요할 것으로 판단된다. 전국 70여곳의 육가공업체에 설문조사(' 14.8.25~9.15, 축산물품질평가원)한 결과 현재안의 삼겹살 도매가격은 14,959원/kg, 소분할로 삼겹살에서 제외되는 부위는 다

른 부위로 팔수가 없어 잡육으로 3,500원/kg에 판매 되는 것으로 조사되었다.

이 도매가격으로 현재안의 수취가격과 분할·정형 방법 변경에 따라 삼겹살 중량 감소에서 비롯되는 1안, 2안의 삼겹살 가격을 얼마만큼 올려 받아야 되는지를 비교하면 Table 1-61와 같다. 현재안의 총 수취가격은 108,154원이다. 1안을 비교하면, 소분할 부위 가격 3,109원을 108,154원에서 빼면 105,045원이 되고, 이 금액을 6.52kg로 나누면 16,111원/kg이 된다. 현재안 14,959원/kg보다 1,152원/kg, 7.7% 높게 도매가격을 받아야 총 수취가격이 같아진다. 2안과 비교하면 1,800원/kg, 12.0% 높게 받아야 총 수취가격이 같아지는 것으로 조사되었다.

Table 1-61. Increase of belly wholesale by change of secondary cut

	belly weight (kg)	wholesale price (won/kg)	price increased rate (won/kg)	total price of belly (won)
current	7.23	14,959		108,154
plan 1	6.52 ¹	16,111	1,152 (7.7%)	105,045
	0.71 ²	4,379		3,109
plan 2	6.12 ¹	16,759	1,800 (12.0%)	102,564
	1.11 ²	5,036		5,590

¹Belly weight after change of secondary cut location (kg)

²Decreased belly weight after change of secondary cut location (kg)

다른 한편으로는 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 소비자 후생 변화 분석을 전문가 자문을 받아 실시하였다. 건국대학교 동물생명과학대학 바이오산업공학과 김민경 교수와 펜실베니아 주립대학교 조원주 대학원생으로부터 분석결과를 다음과 같이 받았다.

(1) 연구 목적 및 방법

현재 삼겹살은 반도체에서 생산되는 한판을 진공 포장하여 통째로 유통하고 있지만, 삼겹살 미추리부위의 끝부분(요추5~6번 또는 요추4번 이하)은 상품성과 선호도가 낮아 식당을 비롯한 소매단계에서 판매가 어려운 실정이다. 이에 현행 삼겹살의 분할·정형방법을 변경하여 소비자 선호도가 낮은 미추리부위의 일부를 삼겹살에서 제외하고 유통하는 방안이 요구되고 있다. 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 기대효과를 추정하면, 소비자 입장에서는 지방의 분포가 고른 품질 좋은 삼겹살을 소비할 수 있어 후생수준이 개선되고 식당과 식육판매업소 등의 소매상 입장에서는 비선호 부위를 끼워 판매하지 않을 수 있어 소비자 만족도를 높일 수 있다.

본 연구에서는 삼겹살 분할 기준을 척추위치에 따라 2가지 방법으로 소분할하여 유통하는 방안에 대해 예상되는 소비자 후생 변화를 계측하고자 한다. 이를 위해 Figure 1-22과 같이 요추5번~6번 부위의 미추리살을 삼겹살에서 제외하고 유통하는 1안과 요추4번~6번까지를 삼겹살 소분할부위에서 제외하고 유통하는 2안을 토대로 분할 기준 변경 후 예상되는 소비자 후생 변화 중에서 자료 제약 등으로 삼겹살 품질 향상에 따른 소비자 후생 변화만을 추정하였다.

따라서 품질 향상으로 예상되는 가격 상승효과에 대한 정밀한 분석이 배제된 상태임으로 품질 향상에 따른 가격 상승이 동반되는 경우 소비자 후생 변화는 본 연구의 결과와 다를 것으로 예상된다. 이번 소비자 후생 변화 추정 연구에는 근육비율(A, B, C, D)과 척추위치(①흉추11번~⑩요추6번)별 삼겹살 사진으로 설문조사한 40,800개(응답자 1인당 40개 * 응답자수 1020명)의 이산선택(discrete choice) 자료를 활용하였다. 또 응답자별로는 인구통계정보를 이용하여 로그합(logsum) 계측을 이용한 인구특성별 후생 변화를 추정하였다.

(2) 소비자 후생 변화 분석¹⁾

(가) 소비자 후생 변화

후생경제학(welfare economics) 이론을 이용하여 삼겹살 소분할 유통 전·후의 소비자 후생 변화를 비교·분석했는데, 일반적으로 소비자 후생 변화를 계측하는 방법으로는 소비자 잉여(Consumer Surplus, CS), 보상변화(Compensating Variation, CV), 대등변화(Equivalent Variation, EV) 등이 있다.

소비자의 후생수준은 재화 또는 서비스에 대한 소비자의 지불의사금액(Willingness-To-Pay, WTP)의 합으로 계측하는데, 여기서 지불의사금액은 실제 소비자가 지불하는 금액과 동일하지는 않다. 만약, 시장가격이 주어졌을 때 시장가격과 같거나 더 높은 지불의사금액을 가진 소비자만이 재화 또는 서비스를 구매하고 이때 소비자가 얻는 후생수준은 지불의사금액과 동일하다. 이와 반대로 지불의사금액이 시장가격보다 낮은 소비자의 경우 재화나 서비스를 구매하지 않으며 이 경우 후생수준에는 변화가 없다.

수요함수가 주어져 있을 때 개별 소비자의 지불의사금액을 Figure 1-23에 제시하였다. 모든 소비자는 지불의사금액에 크기에 따라 순위가 매겨질 수 있으며, 개별 소비자의 수요가 합산되어 시장수요를 이룬다. 또 시장 수요함수의 왼쪽에 위치한 소비자일수록 높은 지불의사금액을 가지며, 우측에 위치할수록 낮은 수준의 지불의사금액을 가진다.

시장가격이 주어져 있을 때 수요량은 수요함수(시장수요곡선)에 의해 결정되며, 소비자는 재

1) 2절에 언급된 소비자 후생변화와 로그합 계측에 대한 일반적인 방법론은 De Jong et al. (2007)과 Train(2009)의 chapter 3을 참고하였음.

화 또는 서비스를 구매함으로써 추가적인 후생수준을 가지게 된다. 즉, 재화 또는 서비스를 통해 소비자가 얻는 후생수준은 Figure 1-23의 색칠한 부분 전체(A+B)과 같지만 그 대가로 지불한 시장 가격이 아래에 위치한 사각형 부분(B)과 같아 소비자의 순 후생 변화(net welfare change)는 삼각형 부분(A)과 같으며 이를 일컬어 소비자 잉여(CS)라 정의한다.

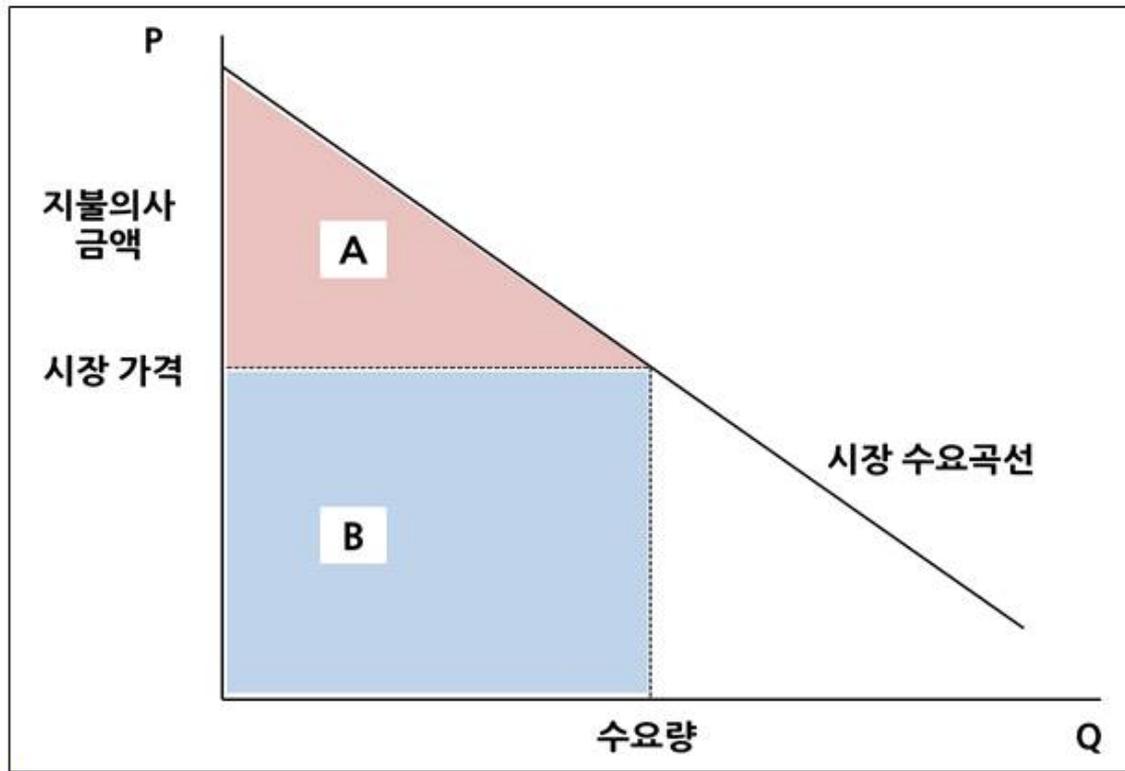


Figure 1-23. Market price and Willingness-To-Pay

본 연구에서 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 삼겹살 품질개선과 같이 다른 외생변수가 변화하여 수요가 증가하는 경우 ($D \rightarrow D'$) 소비자 잉여 변화는 Figure 1-24과 같이 설명될 수 있다.²⁾ 외생 변수 변화 이전에 시장 수요함수가 D 와 같을 때 재화 또는 서비스를 구매함으로써 소비자가 얻는 잉여는 A 와 같다. 이는 지불의사금액에서 시장가격을 뺀 것과 같다. 이후 재화의 품질이 개선될 경우 시장 수요는 Figure 1-24과 같이 D 에서 D' 으로 변한다. 이는 개별 소비자가 가지는 지불의사금액이 품질 개선 효과로 증가함을 의미한다. 즉, 소비자는 더 좋은 품질의 재화에 더 높은 수준의 지불의사금액을 가진다. 그 결과 품질 개선 이후의 소비자 잉여는 기존의 잉여(A)에서 지불의사금액 증가분(B)을 반영한 $A+B$ 와 같으며, 순 후생 변화는 B 와 같다

2) 본 연구에서는 삼겹살 분할기준 변경에 따라 연구의 순수한 목적에 따라 품질개선으로 인한 소비자 잉여 변화만을 계측하였으며 품질개선에 따른 가격변화는 자료의 제약으로 반영하지 않음

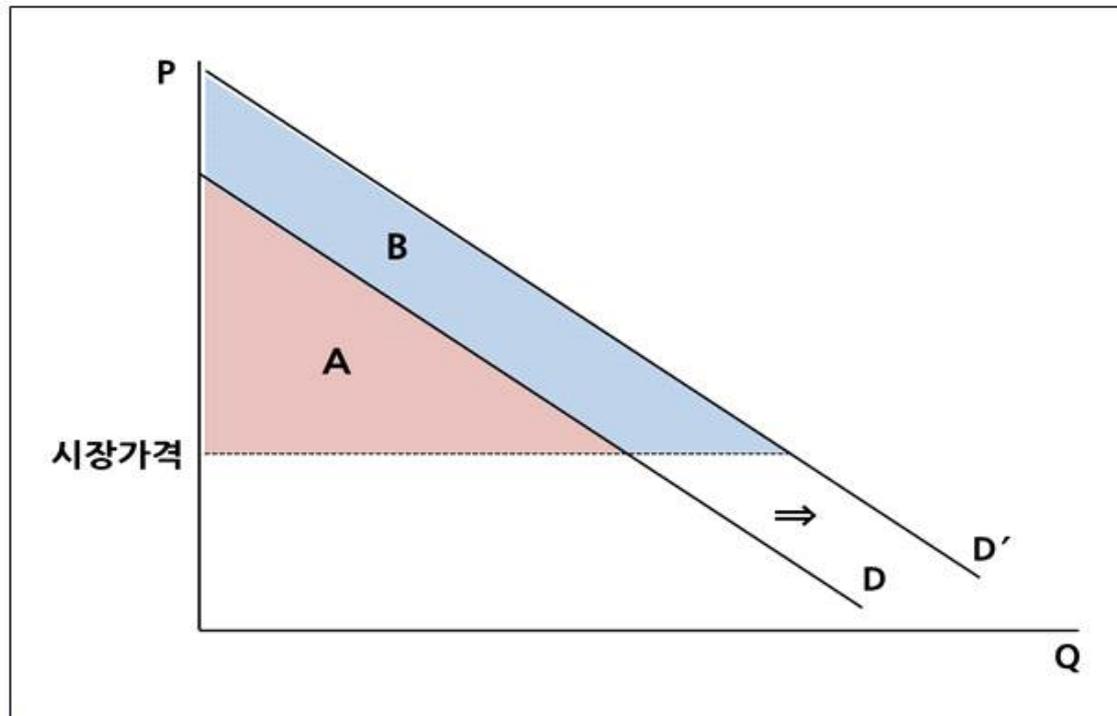


Figure 1-24. Quality change and consumer surplus

소비자 잉여 개념은 Marshall에 의해 처음 제안되었으며 비보상 수요함수(uncompensated demand curve)를 이용하여 계측될 수 있다. 비보상 수요함수 하에서 가격효과는 대체효과(substitution effect)와 소득효과(income effect)로 나뉠 수 있다. 또 Hicks는 대체효과만을 지닌 보상 수요함수(compensated demand curve) 개발하였으며 이 보상 수요함수를 이용하여 소비자의 후생 변화를 계측하는 보상변화(compensating variation, CV) 개념을 만들었다. 여기 Marshall의 대체효과란 가격이 변화함에 따라 소비자의 수요가 다른 재화로 대체되어 수요량이 변하는 것을 의미하고, 소득효과란 가격의 변화에 따른 실질소득 변하여 소비자의 구매력이 바뀌는 것을 뜻한다. Hicks의 보상변화(CV)란 가격 변화와 관련된 후생상의 변화를 화폐가치로 나타내는 방법으로 변화된 가격을 기준으로 실질소득이 예전 수준에 머물기 위해 소득을 증감시키는 것을 말하고, 보상변화는 가격이 증가할 때 소비자의 후생수준을 가격 변화 이전과 동일한 수준으로 유지할 수 있는 최소한의 보상액을 의미한다.

이와 연관된 후생 계측 방법으로 대등변화(equivalent variation, EV)가 있는데, 대등변화란 가격 변화 이후에 기존 가격비율을 기준으로 실질소득을 동일하게 유지하기 위한 최소한의 금액을 뜻한다. 이는 가격 증가로 인해 실질소득이 감소할 때 가격 증가를 막기 위해 소비자가 지불할 용의가 있는 최대한의 금액과 동일하다. 보상변화(CV)와 대등변화(EV)는 보상 수요함수를 이용하여 계측되는 반면, 소비자 잉여는 비보상 수요함수를 이용하여 후생수준을 계측한다.

이에 따라 보상변화와 대등변화는 소비자 잉여와는 상이한 값을 가지게 되며 일반적으로 소비자 잉여는 보상변화와 대등변화의 사이 값을 가진다. 보상변화와 대등변화를 이용하여 소비자 후생변화를 계측하는 방법은 소득에 대한 한계효용을 일정한 값으로 가정하지 않아도 되는 장점을 가지고 있지만 보상변화와 대등변화를 계측하기 위해 보상 수요함수를 추가로 유도해야 하는 단점이 있다.

이와 달리 소비자 잉여는 비보상 수요함수에서 직접 계측 가능한 장점이 있지만, 효용함수를 설정하는 방식에 따라 그 값이 달라지고 이산선택(discrete choice)모형에는 적용이 어려운 단점이 있다. 이는 Williams(1977)과 Small and Rosen(1981)에 의해 확률효용모형(random utility model)을 바탕으로 한 이산선택 모형에서 소비자 후생변화를 계측하는 방법이 연구되었다.

(나) 확률효용모형(Random Utility Model)

확률효용모형(random utility model)은 소비자의 정확한 효용함수를 관측할 수 없는 상황에서 효용 극대화 문제를 풀기 위해 고안되었으며, 그 이후에 Marschak(1960)과 Block and Marschak(1960)에 의해 확률적 선택이론(probabilistic choice theory)으로 체계화되었다.

확률적 선택이론에서 발전된 이산선택모형(discrete choice model)은 복수의 이산(discrete) 대안(alternative) 중 소비자가 직면하는 선택 문제를 설명하기 위해 개발되었고, 재화에 대한 수요를 연속변수로 가정하는 연속선택모형(continuous choice model)과 달리 재화에 대한 수요가 구매여부와 같이 이산변수로 표현될 때 사용한다. 또 이산선택모형은 일관성(consistency)과 이행성(transitivity)을 만족하는 선호체계를 가정하고 있으며, 개별 선택이 주는 효용은 실가(real-valued)의 단조함수(monotonic function)형태로 바뀌어 효용함수로 사용된다. 그 이유는 수요함수를 효용 극대화 가정에서 직접 유도할 수 있는 연속선택모형과 달리 이산선택모형은 직접적인 수요함수 유도가 불가능하여 소비자 행동을 모형화하기 위해 효용함수가 대신 사용되기 때문이다.

확률효용모형에서 소비자 i 가 재화 j 를 선택하였을 때 얻게 되는 효용을 U_{ij} 로 나타내고, U_{ij} 는 식(1)과 같이 관측 가능한(observed) 부분 V_{ij} 와 관측 불가능한(unobserved) 부분 ε_{ij} 로 이루어져 있다고 가정할 때,

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

소비자 i 에게 제공된 K 개의 대안 중에서 재화 j 가 가장 높은 효용을 제공하면 소비자 i 는 재화 j 를 선택하게 되는데, 이때 소비자 i 의 선택은 식(2)와 같이 가변수 형태로 표현 가능하다.

$$D_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } U_{ij} = \max(U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{iK}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

또 소비자 i 가 대안 중에서 재화 j 를 선택할 확률 P_{ij} 는 아래의 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} P_{ij} &= \Pr[U_{ij} > U_{ij'} \quad \forall j' \neq j] \\ &= \Pr[V_{ij} + \varepsilon_{ij} > V_{ij'} + \varepsilon_{ij'} \quad \forall j' \neq j] \end{aligned} \quad (3)$$

특히, 관측 불가능한 부분인 ε_{ij} 가 독립적이고 동일하게 분포(independent and identical distributed)하면서 double exponential 분포를 따른다고 가정할 경우 ε_{ij} 의 누적분포 함수(CDF)와 확률분포 함수(PDF)는 식(4)와 같아지는데, 이를 로짓(logit)모형이라 한다.

$$\begin{aligned} F_{\varepsilon}(\varepsilon_j) &= \exp(-e^{-\varepsilon_j}) \\ f_{\varepsilon}(\varepsilon_j) &= \exp(-\varepsilon_j) * \exp(-e^{-\varepsilon_j}) \end{aligned} \quad (4)$$

이와 같이 로짓모형에서 소비자 i 가 재화 j 를 선택하는 확률 P_{ij} 는 McFadden(1974)에 의해 식(5)와 같이 증명되었으며, 이때 계수는 최우추정법(maximum likelihood estimation, MLE)에 따라 추정된다.

$$P_{ij} = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k=1}^K e^{V_{ik}}} \quad (5)$$

(다) 로그합 계측(Logsum Measure)

앞서 언급한 바와 같이 연속선택(continuous choice)을 가정한 모형에서는 소비자의 효용함수를 설정하는 방법에 따라 후생변화의 계측치가 상이함으로 그 신뢰성에 문제가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 확률효용모형을 가정한 이산선택 하에서 소비자의 후생변화를 계측하는 방법이 Williams(1977)과 Small and Rosen(1981)에 의해 개발되었다. 또 로짓모형에서 이산선택에 따른 소비자 잉여는 닫힌 해(closed-form solution)를 가지게 되어 쉽게 계산

될 수 있다. 이는 재화를 선택할 때 소비자가 얻을 수 있는 최대 효용수준을 화폐가치로 환산하여 나타낸 값이며, 이때 소비자 잉여는 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$CS_i = \frac{1}{\alpha_i} (\max_j (U_{ij} \forall j)) \quad (6)$$

식(6)에서 CS_i 는 소비자 i 의 소비자 잉여이고 α_i 는 소비자 i 의 소득에 대한 한계효용³⁾으로써 Y_i 가 소비자 i 의 소득일 때 $\alpha_i = dU_i/dY_i$ 으로 구한다. 그러나 소비자의 효용함수 U_{ij} 는 관측 불가능하기 때문에 관측할 수 있는 V_{ij} 와 분포가 알려져 있는 ε_{ij} 를 이용하여 기대 소비자 잉여를 구할 수 있으며 이는 식(7)과 같다.

$$E(CS_i) = \frac{1}{\alpha_i} E[\max_j (V_{ij} + \varepsilon_{ij})] \quad (7)$$

특히, Williams(1977)과 Small and Rosen(1981)의 연구에 따르면, ε_{ij} 가 독립적이고 동일하게 분포(independent and identical distributed)하면서 double exponential 분포를 따르고 α_i 가 소득에 대해 일정하다고 가정할 경우 기대 소비자 잉여는 다음의 식(8~10)과 같이 유도될 수 있다.

$$\frac{dE[\max_j (V_{ij} + \varepsilon_{ij})]}{dV_{ij}} = P_{ij} = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k=1}^K e^{V_{ik}}} \quad (8)$$

$$E[\max_j (V_{ij} + \varepsilon_{ij})] = \int \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k=1}^K e^{V_{ik}}} = \ln \sum_{k=1}^K e^{V_{ik}} + C \quad (9)$$

$$E(CS_i) = \frac{1}{\alpha_i} E[\max_j (V_{ij} + \varepsilon_{ij})] = \frac{1}{\alpha_i} \ln \left(\sum_{k=1}^K e^{V_{ik}} \right) + C \quad (10)$$

3) 본 연구에 사용된 설문조사에서는 α_i 에 대한 수치를 얻을 수 없어 김민경 외(2009)의 수치를 인용하여 로그함 계측에 사용함.

여기서 C는 미지의 상수로서 소비자의 절대적인 효용수준이 측정될 수 없음을 뜻하는데, 이때 $E(CS_i)$ 는 표본의 평균 소비자 잉여이며 모집단의 전체 소비자 잉여는 $E(CS_i)$ 의 가중합계로 구할 수 있다. 또 $\sum_{k=1}^K e^{V_{ik}}$ 는 선택확률 P_{ij} 의 분모와 동일하며 기대 소비자 잉여는 선택확률의 분모에 로그합을 취한 형태가 된다. 따라서 이와 같은 방법으로 소비자 잉여를 측정하는 것을 “로그합(logsum)” 측정이라 일컫는다.

위의 로그합(logsum) 측정을 이용하여 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 소비자 잉여 변화를 구하면 식 (11)과 같다.

$$\Delta E(CS_i) = \frac{1}{\alpha_i} [\ln(\sum_{k=1}^{K^1} e^{V_{ik}^1}) - \ln(\sum_{k=1}^{K^0} e^{V_{ik}^0})] \quad (11)$$

식(11)에서 위첨자 0과 1은 삼겹살 분할 기준 변경 전과 후를 각각 나타내는 표시로써 이때 표본의 평균 소비자 잉여 $E(CS_i)$ 는 삼겹살 분할 기준 변경 전과 후의 상황에서 각각 계산하고 그 차이가 표본의 평균 소비자 잉여 변화 $\Delta E(CS_i)$ 가 된다. 한편, 모집단의 평균 소비자 잉여 변화는 표본이 모집단에서 차지하는 비율을 활용하여 가중합계로 구할 수 있다.

(3) 소비자 후생 변화 추정

삼겹살 중에서 미추리 부위(요추5~6번, 또는 요추4~6번)는 삼겹살의 형태가 좋지 않고 소비자들이 기피하기 때문에 이 부분을 제외하고 유통할 수 있도록 삼겹살 분할 기준에 대한 대안을 다음과 같이 설정하였다. 다시 설명하면, 1안은 삼겹살을 분할·정형할 때 요추5번과 요추6번 위치의 미추리 부위를 제외하고 유통하는 방안이고 2안은 삼겹살 소분할 기준에서 요추4번부터 요추6번 위치에 해당하는 미추리 부위를 잘라내고 유통하는 방안이다.

삼겹살 분할 기준 변경에 따른 소비자 후생 변화를 추정하기 위해 식 (12)와 같이 효용함수를 설정하였다.

$$U_{ij} = \beta_0(1 - N_{ij}) + N_{ij}(\beta_1 + \beta_2 D_{ij}) \quad (12)$$

N_{ij} 는 삼겹살 분할 기준 변경 전과 후를 나타내는 지시변수(indicator variable)인데, $N_{ij}=0$ 는 삼겹살 분할 기준 변경 전의 지시변수이고 $N_{ij}=1$ 삼겹살 분할 기준 변경 후의 지시변수이다.

또한, D_{ij} 는 삼겹살 소분할 위치를 나타내는 지시변수이므로 $D_{ij}=0$ 은 홍추5번부터 홍추14번까지와 요추1번에서 요추4번 위치에 해당하는 삼겹살(1안)의 지시변수이고 $D_{ij}=1$ 은 홍추5번부터 홍추14번까지와 요추1번에서 요추3번 위치에 해당하는 삼겹살(2안)의 지시변수이다.

소비자 후생 변화를 추정하기 위해 다음 식(13)과 같이 관측 가능한 소비자 효용수준 V_{ik} 을 설정하고 이를 식(11)을 이용하며 소비자 후생 변화를 추정하였다.

$$\begin{aligned} \text{삼겹살 분할 기준 변경 전의 소비자 효용수준 : } V_{ik}^0 &= \beta_0 \\ \text{삼겹살 분할 기준 변경 후의 소비자 효용수준 : } V_{ik}^1 &= \beta_1 + \beta_2 D_{ij} \end{aligned} \quad (13)$$

(가) 평균 후생변화

식(12)에 제시한 바와 같이 삼겹살 분할 기준 변경을 위해 제 1안과 2안에 따라 표본 전체의 평균 후생변화 결과를 Table 1-62에 정리하였다. 표본 전체를 대상으로 한 평균 후생 변화를 살펴보면, 2가지의 분할 방안에 따라 삼겹살 부위를 종전보다 작게 소분할하여 삼겹살을 유통할 경우 소비자가 삼겹살 100g을 구매할 때 2가지 안별로 각각 411.29원과 496.16원의 후생수준이 증가하는 것으로 나타났다. 1안(요추5번과 6번을 제외한 소분할 유통)보다 2안(요추4번~6번을 제외한 소분할 유통)에서 소비자 후생변화가 약 85원 더 큰 것으로 나타났다. 상기 추정 결과는 앞서 언급한 바와 같이 삼겹살의 품질 향상에서 비롯된 소비자 후생 변화만을 추정하고 있다. 따라서 품질향상과 더불어 가격 또한 상승될 경우 소비자 잉여 변화는 상당부분 줄어들 것으로 예상된다.

Table 1-62. Sample mean of consumer surplus change

	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
sample mean	411.29	496.16

(나) 성별 후생변화

소비자 잉여 변화는 성별에 따라 다른 결과를 나타내고 있다(Table 1-63, Figure 1-25). 남성은 삼겹살 분할 기준 변경 안에 따라 유통하는 경우 각각 425.28원과 533.93원의 후생수준이 증가하였고, 여성은 각각 399.60원과 461.49원의 후생수준이 증가했는데, 이는 여성에 비해 남성의 소비자 후생변화가 각각 25원과 70원 가량 크게 추정됨에 따라 상대적으로 남성 소비자에게 후생 변화가 더 큰 것으로 나타났다.

Table 1-63. Consumer surplus change by sex

sex	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
male	425.28	533.93
female	399.60	461.49

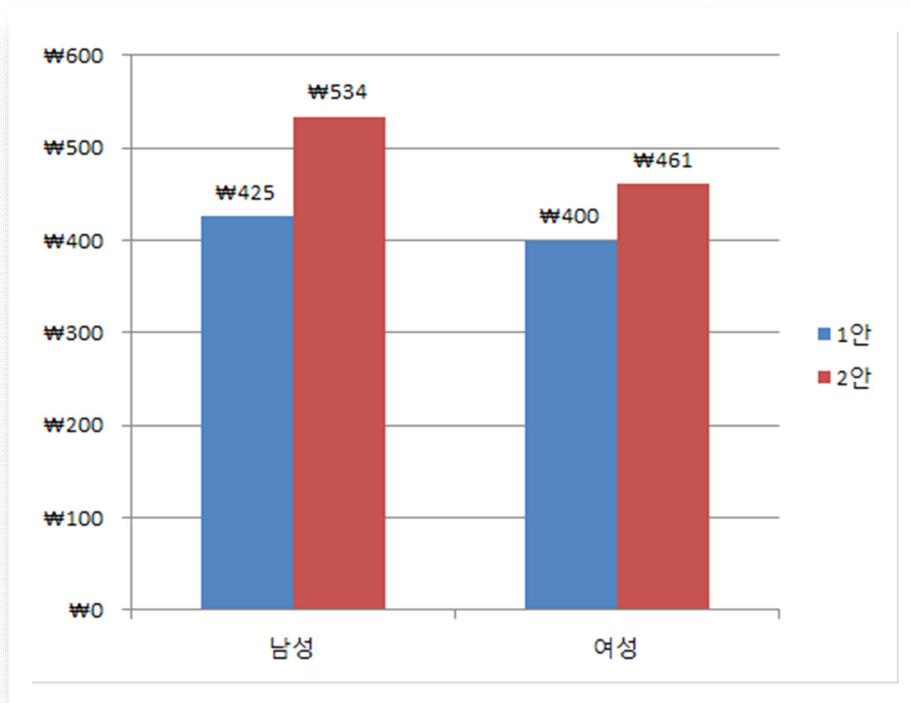


Figure 1-25. Consumer surplus change by sex

(다) 연령별 후생 변화

Table 1-64는 연령별 후생 변화를 살펴보면 20대 이하에 비해 30대 이상에서 상대적으로 후생증가가 큰 것을 알 수 있다. 30대 이상의 경우 1안과 2안 모두에서 삼겹살 100g당 400원 이상의 후생증가가 추정되었다. 특히 30대의 후생 증가수준이 가장 큰 것으로 나타나 1안과 2안에서 각각 436원과 546원의 후생수준이 증가하는 것으로 나타났다. 40대와 50대에서 소폭 감소 추세를 보이다 60대 이상의 연령층에서 후생 변화가 다시 증가하는 것으로 나타났다. 60대 이상의 연령층에서는 1안의 효과가 447원으로 추정되어 전 연령대 중에서 가장 큰 금액을 보였다.

Table 1-64. Consumer surplus change by age

age	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
< 30	334.41	340.93
30~39	436.34	546.31
40~49	425.39	540.38
50~59	400.49	480.59
60 <	446.64	499.42

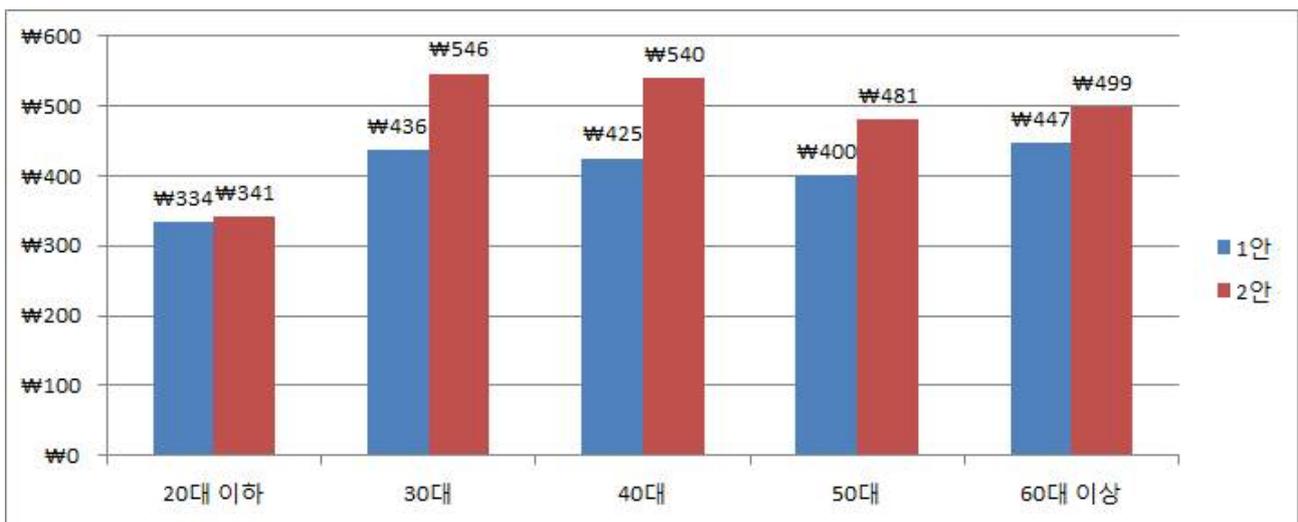


Figure 1-26. Consumer surplus change by age

(라) 가구 소득별 후생 변화

Table 1-65는 가구 소득별 후생 변화를 살펴보면 전 소득계층에서 고르게 분포하는 것으로 나타났다. 1안의 경우 가구 소득이 500만원 이상 ~ 700만원 이하인 구간에서 가장 작은 수준의 후생 변화를 나타냈으며(삼겹살 100g당 359원), 400만원 이상 ~ 500만원 이하인 구간에서 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 후생효과가 443원으로 가장 크게 나타났다. 삼겹살 분할 기준 변경을 2안(요추4번~6번을 제외한 소분할 유통)으로 하는 경우 최상위 소득 구간인 1,000만원 이상에서 후생 증가 효과가 가장 작게 추정되었으며(삼겹살 100g당 371원), 400만원 이상 ~ 500만원 이하인 구간에서 542원으로 가장 크게 추정되었다.

Table 1-65. Consumer surplus change by family income

family income (million won)	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
< 2	361.71	431.43
2 ~ 3	421.07	504.37
3 ~ 4	418.33	511.49
4 ~ 5	443.36	542.31
5 ~ 7	358.50	423.56
7 ~ 10	425.91	538.09
10 <	399.30	370.90

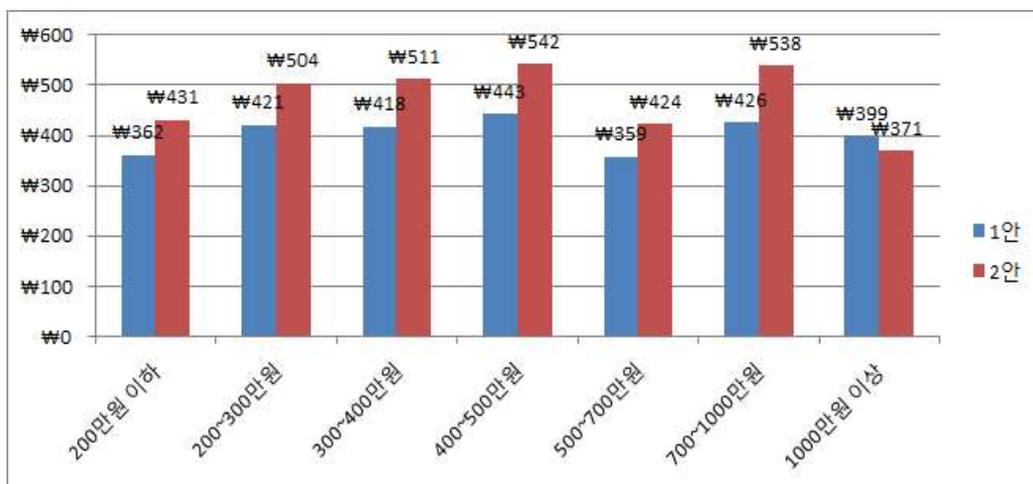


Figure 1-27. Consumer surplus change by family income

(마) 결혼여부에 따른 후생 변화

Table 1-66은 응답자의 결혼여부에 따라 소비자 후생 변화를 분석하였다. 기혼자가 미혼자에 비해 1안에서는 약 30원 가량 후생수준이 더 증가하는 것으로 나타났으며, 2안에서는 약 60원 가량 후생수준 증가가 큰 것으로 나타나 결혼여부가 후생 변화에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

Table 1-66. Consumer surplus change by marriage

marriage state	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
married	420.06	515.99
single	389.46	445.89

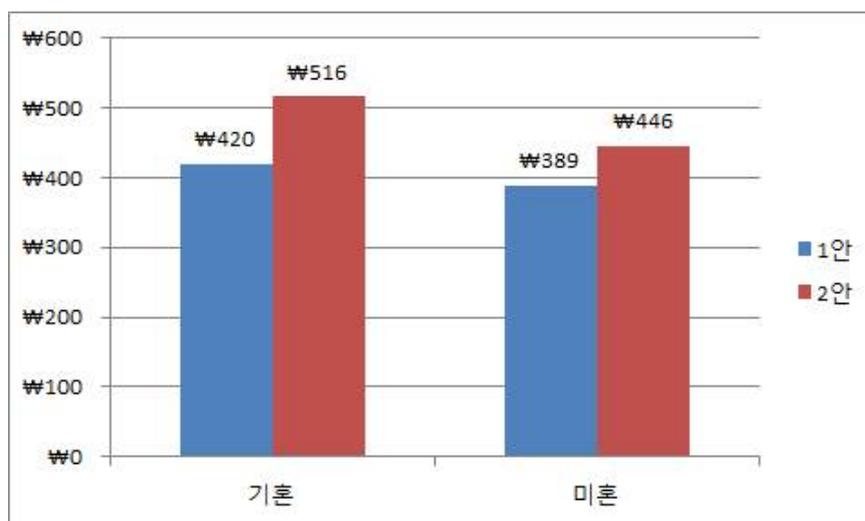


Figure 1-28. Consumer surplus change by marriage

(바) 직업별 후생 변화

Table 1-67은 응답자의 직업을 전업주부와 그 외의 직업으로 이분하여 후생 변화를 추정하였다. 1안과 2안 모두에서 전업주부가 다른 직업을 가진 응답자에 비해 후생수준이 더 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또 1안의 경우 전업주부는 421원, 그 이외의 직업군에선 410원의 후생수준 증가하였고, 2안의 경우 전업주부는 약 508원의 후생증가를 나타낸 반면, 그 외의 직업군에선 이보다 13원 작은 495원의 후생 증가를 보였다.

Table 1-67. Consumer surplus change by job

job	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
full-time homemaker	421.18	507.82
etc.	410.48	495.20

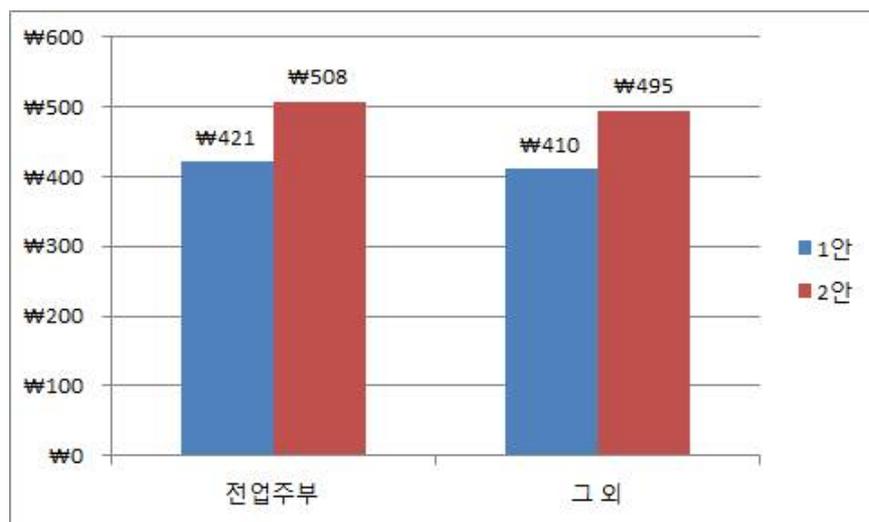


Figure 1-29. Consumer surplus change by job

(사) 학력별 후생 변화

Table 1-68은 응답자의 학력에 따른 후생 변화 또한 다른 결과를 보여주고 있다. 전문대학 졸업 이하인 응답자에 비해 대학교 졸업 이상인 응답자에서 후생수준의 변화가 소폭 증가하는 것으로 나타났다. 1안의 경우 전문대학 졸업 이하에서는 401원의 후생수준 증가를 나타낸 반면, 대학교 졸업 이상에서는 이보다 약 16원 큰 427원의 후생수준 증가를 나타내었다. 2안의 경우에는 전문대학 졸업 이하인 응답자는 481원의 후생수준 증가를 보였으며 대학교 졸업 이상인 응답자는 약 518원의 후생수준이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 1-68. Consumer surplus change by education level

education level	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
less college education	401.06	481.15
more university education	426.54	517.94

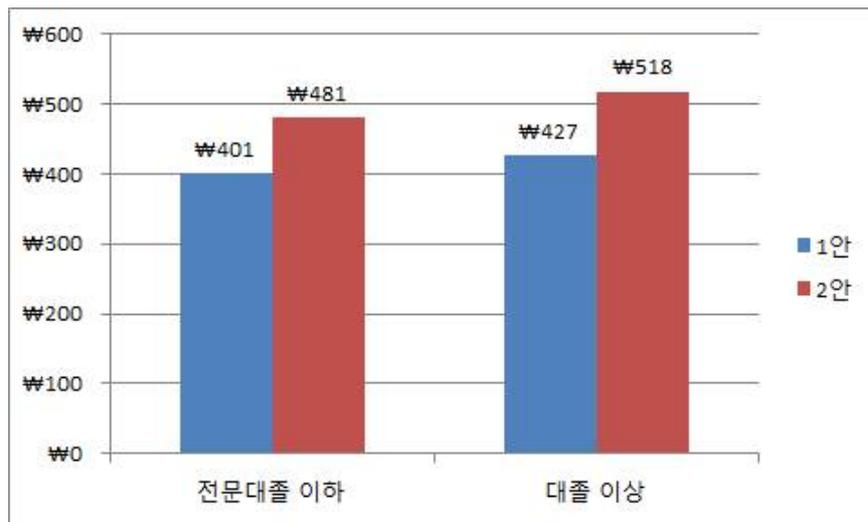


Figure 1-30. Consumer surplus change by education level

(아) 가구 구성원 수별 후생 변화

Table 1-69은 가구별 구성원 수에 따라 후생 변화를 비교해보면 가구 구성원이 증가할수록 후생수준 변화가 감소하는 것으로 나타나 가구 구성원 수가 후생수준 변화에 미치는 영향이 뚜렷한 것으로 분석되었다. 1인 가구의 경우 1안과 2안에서 각각 467원과 551원의 후생 증가를 보인 반면 2~4인 가구의 경우 이보다 소폭 감소한 412원과 498원의 후생 증가를 보였다. 5인 이상의 대가족의 경우 삼겹살 소분할 생산에 따른 후생증가가 가장 작은 것으로 나타나 1안과 2안에서 각각 394원과 472원의 후생증가가 추정되었다.

Table 1-69. Consumer surplus change by family size

family size	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
1	466.59	550.89
2~4	411.68	498.01
5 <	393.53	471.70

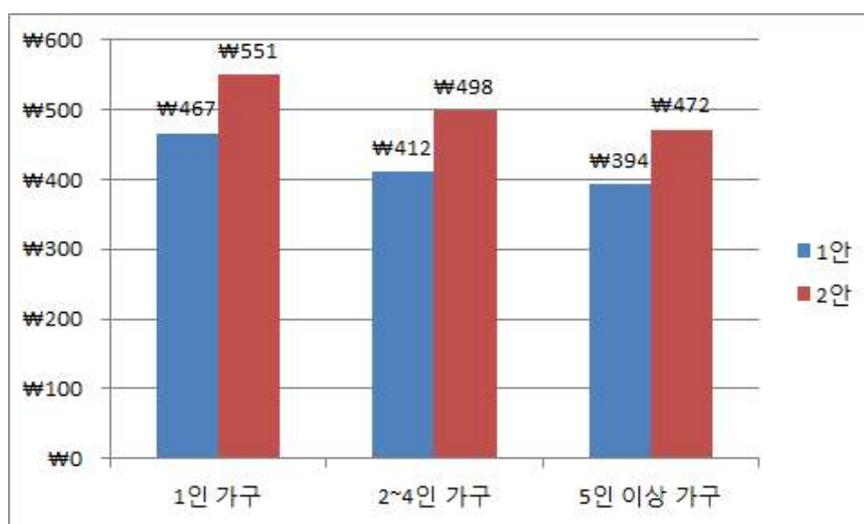


Figure 1-31. Consumer surplus change by family size

(자) 근육비율별 후생 변화

설문조사에는 삼겹살 근육비율에 따라 총 40문항의 구매의사를 물었는데, 이 자료를 바탕으로 삼겹살의 근육비율에 따른 소비자 후생 변화를 각각 분석하였다(Table 1-70). 일반적으로 근육비율이 증가할수록 소비자 후생수준이 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 근육비율이 46~50%인 삼겹살에서 후생 변화 증가가 가장 큰 것으로 나타났다. 근육비율이 40% 미만인 삼겹살에서는 후생 증가가 각각 296원과 281원으로, 근육비율이 40%이상~45%미만인 삼겹살에서는 각각 388원과 411원 증가, 근육비율이 46%이상~50%미만인 삼겹살의 경우 소비자 후생수준이 큰 폭으로 상승하여 1안의 경우 528원의 소비자 후생증가가 예상되며 2안의 경우 약 694원의 후생 증가가 기대되었다. 반면에 근육비율이 50% 이상인 삼겹살의 경우 근육비율 46%이상~50%미만인 삼겹살에 비해 소비자 후생수준이 소폭 감소하였지만 근육비율 45% 이하의 삼겹살에 비해서는 여전히 높은 수준을 보임. 1안의 경우 474원의 소비자 후생이 증가하는 것으로 나타났으며, 2안의 경우 666원의 소비자 후생이 증가하는 것으로 추정되었다.

Table 1-70. Consumer surplus change by muscle percentage

muscle percentage	plan 1 (won/100g)	plan 2 (won/100g)
< 40%	295.78	281.22
40% ~ 45%	388.21	410.65
46% ~ 50%	528.00	693.96
50% <	474.31	665.51

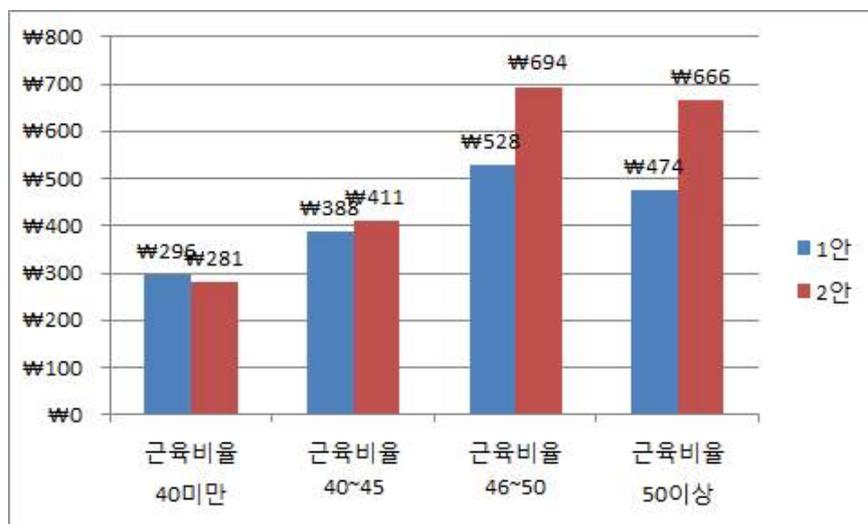


Figure 1-32. Consumer surplus change by muscle percentage

(차) 소비량 감소에 대한 시나리오 분석

삼겹살 분할 기준을 변경하는 경우에 발생하는 소비자 잉여 변화는 삼겹살의 품질 향상에서 비롯되지만, 품질 향상에 동반되는 가격 증가와 이로 인한 소비 감소 효과는 배제되었다. 이에 가격 증가로 인한 소비량 감소를 가정하고 소비량 감소에 대한 시나리오별로 연간 소비자 잉여 감소량을 추정하였다. 시나리오 분석을 위해 2013년도 한돈 삼겹살 소비량을 추정하였음. 2013년도 국내 돼지 도축두수는 약 1천 680만 두로 삼겹살 생산량을 두당 평균 13.29kg으로 가정할 때 전년도 한돈 삼겹살 생산량은 약 22만 3천 톤 가량으로 추정되었다. 이를 2013년 추계 인구 5천 22만 명으로 나누어 식(14)와 같이 1인당 한돈 삼겹살 소비량을 추정하였다. 그 결과 1인당 한돈 삼겹살 소비량은 1인당 연간 4.45kg으로 추정되었다⁴⁾.

$$\begin{aligned} \text{1인당 한돈 삼겹살 소비량 추정치} &= \frac{\text{도축 두수} * \text{두당 삼겹살 생산량}}{\text{추계 인구}} \quad (14) \\ &= 4.45\text{kg} = \frac{1,680\text{만 두} \times 13.29\text{kg}}{5,022\text{만 명}} \end{aligned}$$

연간 소비자 잉여 변화는 식(15)와 같이 1인당 한돈 삼겹살 소비량(4.45kg)에 Table 1-60에 나타난 표본 평균 소비자 잉여 변화량을 곱하여 산출하였다. 1안으로 삼겹살 기준을 변경하면 소비자 잉여 변화는 연간 1만8천285원(4.45kg × 4,112.9원/kg)이 될 것으로 예상된다. 또 2안에 따른 소비자 잉여 변화는 연간 2만2천59원(4.45kg × 4,961.6원/kg)이 될 것으로 추정된다.

$$\text{연간 소비자 잉여 변화} = \text{1인당 삼겹살 소비량} * \text{소비자 잉여 변화액} \quad (15)$$

Table 1-71는 소비감소율이 5%에서 30%로 감소한다고 가정할 때 이에 따른 1인당 연간 소비자 잉여 변화를 나타내었다. 1인당 삼겹살 소비량이 5% 감소한다고 가정할 경우 연간 소비자 잉여는 변경 안에 따라 각각 1만 7천 371원과 2만 956원으로 추정되며, 소비량이 최대 30% 감소한다고 가정할 경우 각각 5천 486원과 6천 618원 감소한 1만 2천 800원과 1만 5천 441원으로 추정된다.

4) 전년도 이월량은 0으로 가정하고 당해년도 생산량은 모두 소비된다고 가정함.

Table 1-71. Consumer surplus change per year by scenario

decrease rate of consume	plan 1 (won/4.45kg)	plan 2 (won/4.45kg)
none	18,285	22,059
5%	17,371	20,956
10%	16,457	19,853
15%	15,543	18,750
20%	14,628	17,647
25%	13,714	16,544
30%	12,800	15,441

(4) 요약 결론 및 시사점

현재의 삼겹살 분할 기준은 흉추5~14번, 그리고 요추1~7번 까지를 삼겹살 분할 기준으로 설정하고 있으나 요추4번 또는 5번 이하에 해당하는 삼겹살은 근육과 지방층의 구분이 선명한 형태를 나타내지 못해 소비자에게 외면 받는 실정이다. 그 결과 식당 및 소매단계에서는 해당 부위의 삼겹살을 판매하기 어렵고 소비자는 품질이 낮은 삼겹살을 구매하여 소비자의 삼겹살에 대한 만족도는 저하되는 문제점이 발생하였다. 이에 본 연구에서는 삼겹살 분할 기준 변경 시 예상되는 소비자 후생 변화를 분석하였다.

본 설문조사 결과분석에서는 삼겹살 분할 기준 변경에 의한 소비자의 후생변화를 2가지 분할기준에 따라 분석하였다. 첫째, 자료의 제약으로 인해 삼겹살 분할 기준이 변경될 경우 품질 상승으로 인한 소비자 후생변화에 대한 분석을 실시하였다. 삼겹살 분할 기준이 변경되는 경우 예상되는 가격 상승과 이로 인한 소비자 후생 감소는 분석을 실시할 수가 없었으며 따라서 삼겹살 가격은 분할 기준 변경 후에도 동일하다고 가정한 후 품질 향상으로 인한 소비자 후생 효과만을 추정하였다. 둘째, 가격상승이 예상되기 때문에 이에 따른 소비량 감소를 가상의 시나리오로 설정하여 소비자 후생변화를 추정하였다. 이와 같이 후생 변화를 분석하기 위해 육안 판단에 따른 삼겹살 구매의사 자료를 활용하여 로그합 계측을 실시하였다.

삼겹살 분할 기준 변경으로 삼겹살 품질이 향상되는 경우 소비자 후생 변화 추정 결과 1안과 2안에 따른 표본 평균은 삼겹살 100g당 각각 411.29원과 496.16원의 후생수준이 증가하였다.

성별에 따른 결과는 1안에서 각각 425원과 400원의 후생수준이 증가하였으며 2안에서는 각각 534원과 461원 가량의 후생 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

연령별 효과를 분석해 보면 30대 이상 연령층에서 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 후생 증가가 뚜렷한 것으로 나타났으며, 특히 30대 응답자에게서 후생 증가 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

가구 소득에 따른 후생 변화를 보면 전반적으로 고른 분포를 보였지만, 가구 소득이 500만원 이상인 소비자에서 후생 증가가 상대적으로 작은 것으로 분석되었다. 그 이유를 추측해보면 소득이 증가할수록 삼겹살 소비량이 줄어 삼겹살 분할 기준을 변경하더라도 이에 따른 후생 변화가 작은 것으로 판단된다.

삼겹살 분할 기준을 변경하면 미혼자에 비해 기혼자에서 후생 개선 효과가 컸으며, 전업주부가 그 외의 직업을 가진 소비자에 비해 후생수준 증가량이 소폭 큰 것으로 추정되었다.

학력에 따른 효과는 대학교 졸업 이상의 소비자가 전문대 졸업 이하의 소비자에 비해 후생 개선 효과가 큰 것을 나타냈으며, 가구 구성원 수가 증가할수록 후생개선 효과가 떨어지는 것으로 분석되었다.

도체의 근육비율에 따른 소비자 후생 변화는 전반적으로 근육비율이 증가할수록 후생 수준이 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 근육비율이 46~50%인 삼겹살에서 후생 증가 효과가 가장 큰 것으로 분석되었다.

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 품질 개선으로 예상되는 가격 증가는 배제한 상태에서 소비자 후생 변화를 추정하였기 때문에 두 번째로 이와 같은 단점을 보완하고자 소비 감소 시나리오를 설정하고 이에 따른 연간 소비자 잉여 변화를 분석하였다.

삼겹살 소비량이 5% 감소할 경우 연간 소비자 잉여는 각각 914원과 1,103원 가량 줄어들 것으로 예상되며, 소비량이 최대 30% 감소할 경우 연간 소비자 잉여는 각각 5,486원과 6,618원 감소할 것으로 예상된다.

한편, 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 소비자 후생 변화 분석을 실시하였으나 다음과 같은 추가적인 연구가 필요할 것으로 예상된다. 첫째, 삼겹살 분할 기준을 변경할 경우 한돈 삼겹살의 품질 개선 효과가 일어나 수입 삼겹살에 대한 대체 효과가 발생할 수 있을 것으로 예상된다. 이에 따라 추후에 예상되는 수입산 대체 효과에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 대체효과는 양방향으로 발생할 수 있는데, 한돈 삼겹살 품질개선으로 수입 삼겹살을 대체하는 경우와 품질개선으로 인한 가격 상승으로 수입 삼겹살이 한돈 삼겹살을 대체할 수 있다.

둘째, 삼겹살 분할 기준 변경이 식육포장처리업체에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다. 삼겹살 분할 기준이 변경될 경우 소매단계 판매업자나 소비자 단계에서는 고품질의 삼겹살을 공급 받을 수 있는 이점이 있으나 식육포장처리업체에서는 돼지고기 부위별 가격 불균형이 심화되고 포장비용이 추가로 들어 인건비 상승 요인으로 작용할 수 있다. 이에 분할 기준 변경에 앞서 각 유통 단계별 설문조사 및 실태조사가 필요할 것으로 예상된다.

셋째, 분할 기준 변경 후 예상되는 가격 상승효과에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 자료의 제약으로 삼겹살 분할 기준 변경에 따른 가격 변화를 반영하지 못하였지만 품질 개선과 더불어 가격 요인 또한 소비자 잉여에 미치는 영향이 매우 클 것으로 예상된다. 이에 품질 개선 효과와 더불어 가격 상승효과를 고려한 추가적인 소비자 후생 연구가 필요하다.

나. 소분할 부위에 대한 소비자 만족도 조사

돼지 삼겹살에는 16개의 근육과 근간지방이 가슴 쪽에서 엉덩이 방향으로 진행되면서 종류와 출현위치, 근육과 지방의 면적 등이 다양하게 변화한다. 그래서 상품성이 높은 삼겹살 생산을 위해 척추의 번호순서에 따라 삼겹살 슬라이스 단면의 모양과 전체 근육면적 비율 등에 대해 소비자 만족도 조사를 2차례 실시하였다.

1차 만족도 조사는 소비자들에게 전체 근육면적 비율이 각기 다른 4개 그룹별로 삼겹살 슬라이스 단면이 척추(흉추10번에서 요추6번까지) 순서에 따라 10개 조각이 배열된 사진을 보여 주면서 삼겹살의 상품가치에 대해 설문을 실시하였다. 설문조사는 제주도를 포함한 전국에서 1,020명을 대상으로 직접 대면하여 실시하였다.

2차 설문조사는 1차 설문조사 결과분석으로 검증한 분할·정형 방법에 따라 요추5번과 요추6번에 위치하는 미추리를 제외시키는 1안과 요추4번에서 요추6번까지의 미추리를 잘라내는 2안에 대해 유통업체 및 육가공업체 10개소에 근무하는 현장 전문가를 대상으로 실시하였다.

(1) 1차 소비자 설문조사

설문조사에 활용한 삼겹살 단면 사진은 전체 근육면적비율에 따라 A (근육40%미만), B (근육40%이상~45%미만), C (근육45%이상~50%미만), D (근육50%이상) 네 그룹으로 나누고, 1·2차년도에 삼겹살 연구를 수행한 연구위원 6명이 각 그룹별 근육면적비율 특성을 잘 나타내는 삼겹살 대분할 부위 10판씩 4개 그룹 40판을 1차로 선별하였다.

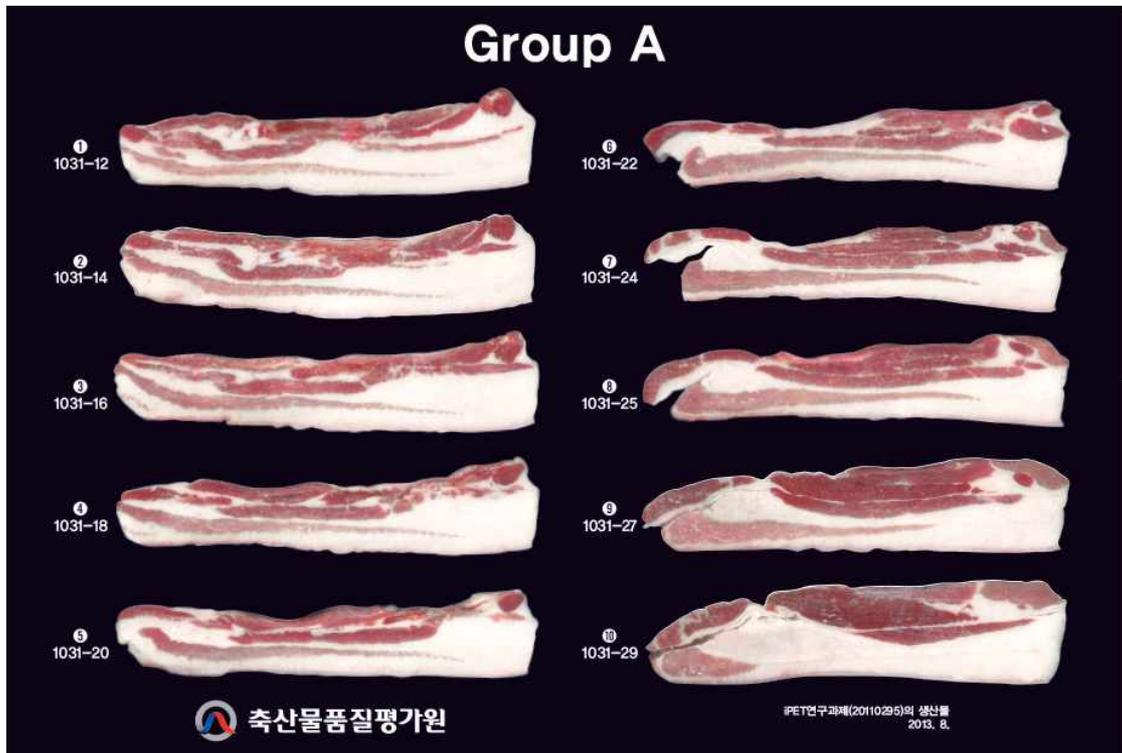
이렇게 선별된 삼겹살 대분할 부위 40판의 슬라이스 단면 사진에서 추가적으로 각 판(set)별로 척추(흉추10번에서 요추6번까지) 위치의 근육특성을 가장 잘 나타내는 단면 사진을 1장씩 선정하여 10장을 1개조의 묶음으로 하는 40개 묶음(4그룹×10판)을 만들었다.

이 40개 묶음을 다시 전국의 식육전문가(도매, 소매, 가공, 등급판정 등)에게 의뢰하여 각 그룹별로 근육면적비율이 대표적으로 잘 나타난 삼겹살 슬라이스 단면 사진 1개 묶음씩을 선정하여 최종적으로 4개 묶음을 결정하고 Figure 1-33과 같이 포스터를 제작하였다. 예를 들면,

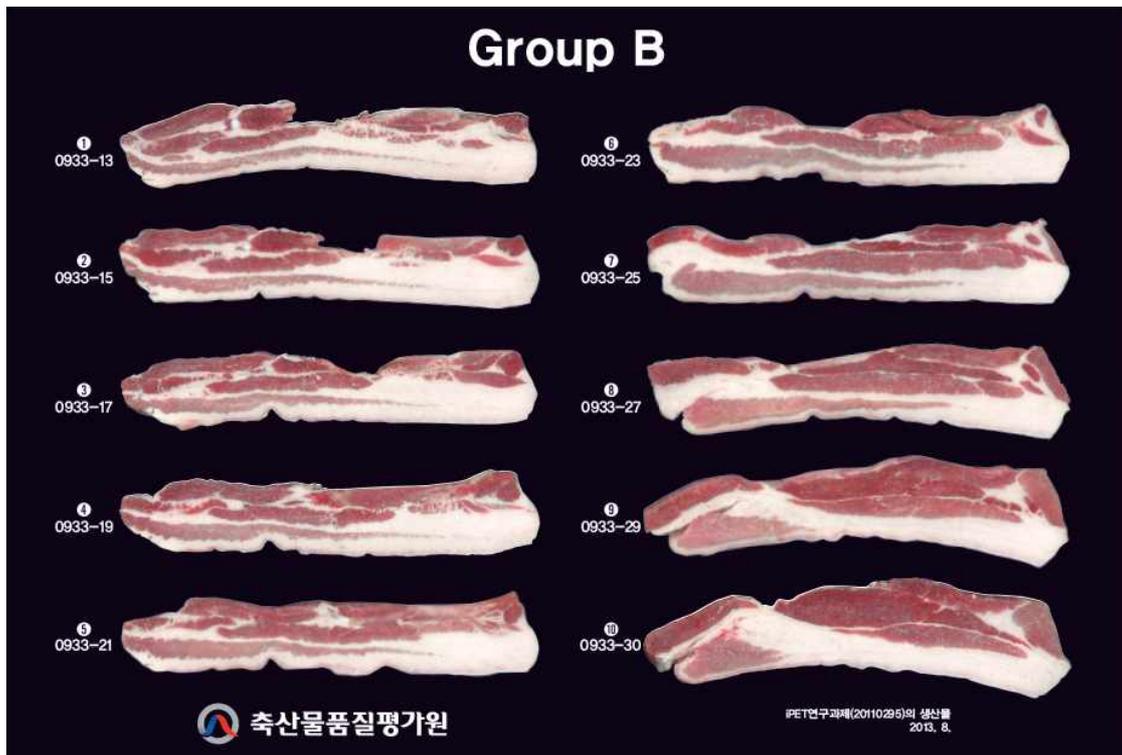
Group A의 경우는 척추(흉추10번에서 요추6번까지) 순서에 따라 전체 지방면적비율이 높은 슬라이스 단면 사진 1장씩을 선정함으로써 단면 사진 10장의 조합이 1set를 이루도록 하였다. 그래서 각 Group별로 삼겹살 슬라이스 단면 사진 1개 묶음을 선정하기 위해 삼겹살 슬라이스 30 조각이 필요하고, 4개 Group을 조합하기 위해서 120여 조각을 검증하였다.

이렇게 제작된 「Figure 1-33. 근육비율(A, B, C, D)과 척추위치별(①흉추11번~⑩요추6번) 삼겹살 사진」 포스터를 보여 주면서 전국 소비자 1,000여명을 대상으로 가장 선호하는 그룹을 선택하도록 설문을 실시하였다. 이 설문은 목적은 척추 위치별 삼겹살 슬라이스 단면사진 ①흉추11번 ②흉추12번 ③흉추13번 ④흉추14번 ⑤요추1번 ⑥요추2번 ⑦요추3번 ⑧요추4번 ⑨요추5번 ⑩요추6번 중에서 선호하는 순위를 정하도록 함으로써 넓은등근과 깊은흉근이 없어지는 위치(떡지방 발생부위)에 해당하는 삼겹살 품질 선호도를 비교하기 위함이었다.

조사방법은 각 그룹별 척추위치별 삼겹살 슬라이스 단면 사진 포스터와 설문지를 이용하여 직접 대면으로 2013년10월28일부터 11월22일까지 조사를 진행하였다.

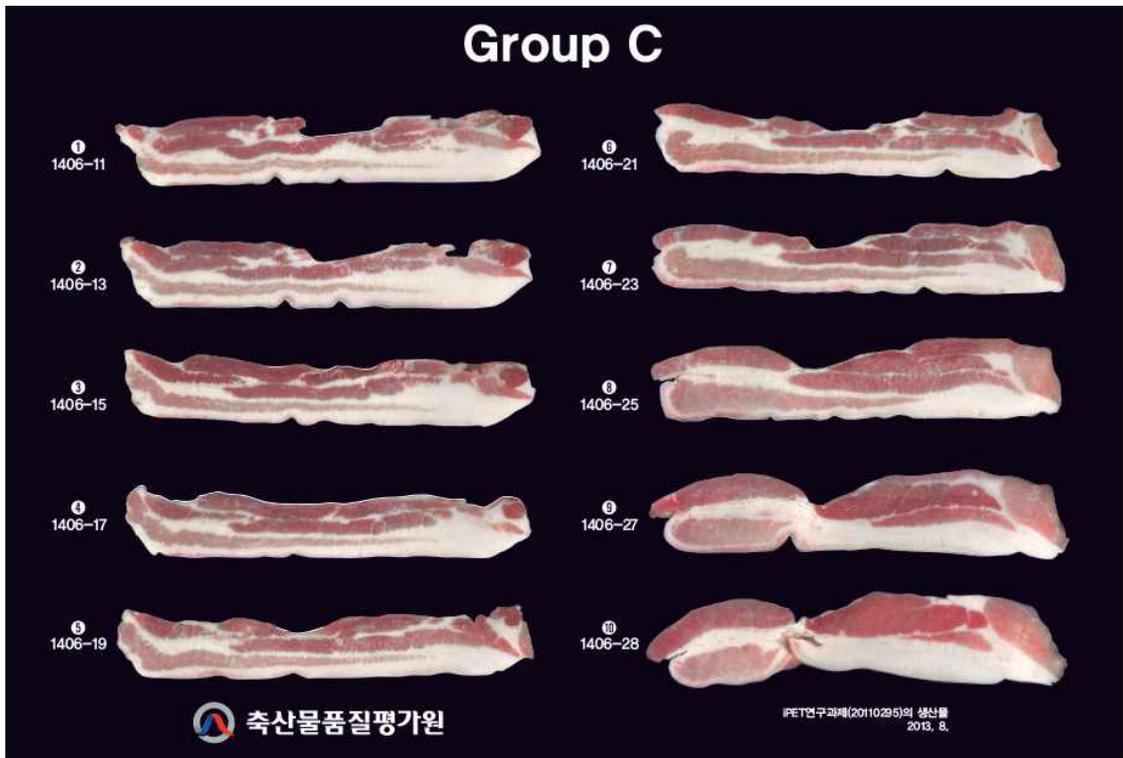


< muscle percentage less than 40% >

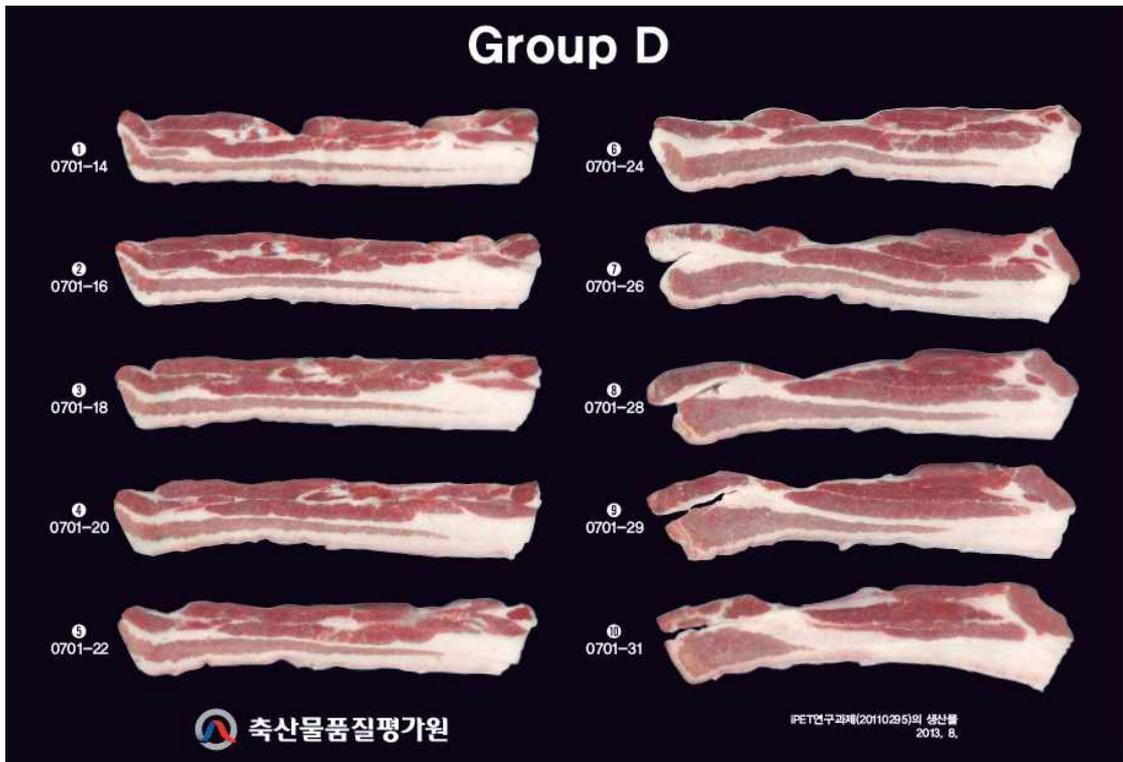


< muscle percentage 40%~45% >

Figure 1-33. Belly picture of muscle percentage (A, B, C, D) and verteberal location (thoracic vertebra 11th~ lumbar vertebra 6th)



< muscle percentage 45%~50% >



< muscle percentage more than 50% >

Figure 1-33. Belly picture of muscle percentage (A, B, C, D) and vertebral location (thoracic vertebra 11th~ lumbar vertebra 6th) (Continued)

(2) 1차 소비자 설문조사 결과

각 A, B, C, D그룹에서 삼겹살 슬라이스 단면 사진 1번부터 10번까지 보면서 상품 선호도가 높은 경우는 1번, 가치가 낮은 것은 0번으로 응답토록 하여 삼겹살 상품가치를 분석한 결과를 Figure 1-34에 나타내었다. Figure 1-34를 보면, 근육면적비율이 50%이상이면서 요추1번 위치에 해당하는 D그룹 5번 삼겹살 슬라이스 단면 사진의 선호도가 가장 높았고, 그 다음은 근육면적비율이 50%이상이면서 흉추14번 위치에 해당하는 D그룹 4번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율이 50%이상이면서 요추2번 위치에 해당하는 D그룹 6번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율 45%이상~50%미만이면서 요추1번에 해당하는 C그룹 5번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율 45%이상~ 50%미만이면서 흉추14번 위치에 해당하는 C그룹 4번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육비율 50%이상, 흉추13번인 D그룹 3번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육비율 40%이상~45%미만이면서 요추1번 위치에 해당하는 B그룹 5번 삼겹살 슬라이스 단면 사진 순으로 선호도가 높았다. 삼겹살 슬라이스 단면 사진의 선호도는 근육면적비율이 높은 그룹의 경우 요추1번과 흉추14번순으로 나타났다.

반면에, 근육면적비율이 45%이상~50%미만이면서 요추6번 위치에 해당하는 C그룹 10번 삼겹살 슬라이스 단면 사진의 선호도가 제일 낮았으며, 그 다음은 근육면적비율 40%미만이면서 요추6번 위치에 해당하는 A그룹 10번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율 40%이상~45%미만이면서 요추6번 위치에 해당하는 B그룹 10번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율 45% 이상~50%미만이면서 요추5번 위치에 해당하는 C그룹 9번 삼겹살 슬라이스 단면 사진, 근육면적비율 50%이상이면서 요추6번 위치에 해당하는 D그룹 10번순으로 조사되었다.

A~D그룹 중에서 근육과 지방층의 조화가 좋지 못한 비선호 삼겹살 부위는 미추리에 해당하는 요추5번과 요추6번 위치의 9~10번 슬라이스 단면 사진이었고, A그룹의 1~3번(근육면적비율 40%미만, 흉추11번~13번) 슬라이스 단면 사진과 B그룹 1~3번(근육비율 40%이상~45%미만, 흉추 11번~13번) 슬라이스 단면 사진에서 과지방 발생이 순서대로 많은 것으로 나타났다.

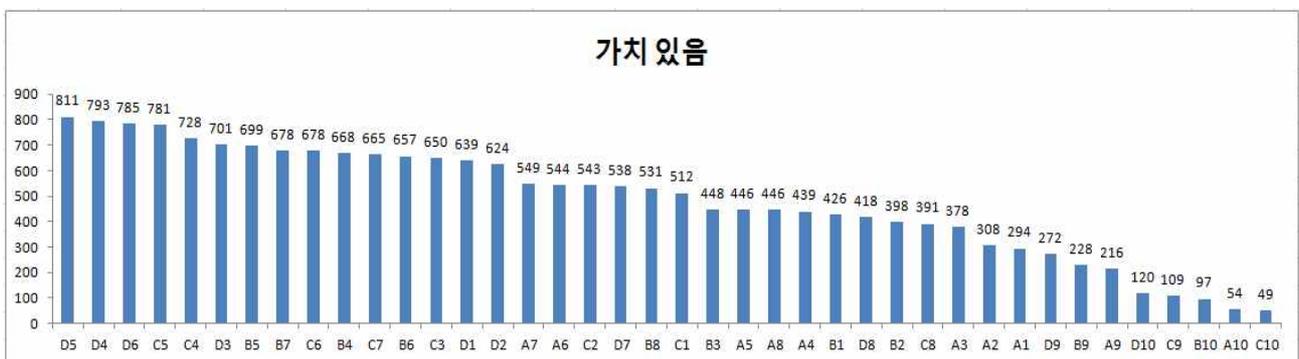


Figure 1-34. Result of belly value analysis by muscle percentage and vertebral location

전체 응답자 1,020명을 대상으로 「Figure 1-33. 근육비율(A, B, C, D)과 척추위치별(①흉추11번~⑩요추6번) 삼겹살 사진」 총 40장을 보여 주면서 설문을 실시한 결과에 따르면, 슬라이스 단면 사진으로 판단할 때 삼겹살로써 “가치가 있다(1)” 의 대답은 21개 슬라이스 단면 사진으로 50%가 넘었고 “가치가 없다(0)” 로 대답한 것은 19개 삼겹살 슬라이스 단면 사진에서 나왔다. 소비자 설문에서 나타난 삼겹살 위치별 소비선호도 순위는 Table 1-72와 같다.

Table 1-72. Consumer preference by muscle percentage and vertebral location

valued(1)>50%				valued(1)<50%			
rank	picture	Total (n=1,020)		rank	picture	Total (n=1,020)	
		valued(1)	unvalued(0)			valued(1)	unvalued(0)
1	D5	811	209	19	B3	448	572
2	D4	793	227	18	A5	446	574
3	D6	785	235	17	A8	446	574
4	C5	781	239	16	A4	439	581
5	C4	728	292	15	B1	426	594
6	D3	701	319	14	D8	418	602
7	B5	699	321	13	B2	398	622
8	B7	678	342	12	C8	391	629
9	C6	678	342	11	A3	378	642
10	B4	668	352	10	A2	308	712
11	C7	665	355	9	A1	294	726
12	B6	657	363	8	D9	272	748
13	C3	650	370	7	B9	228	792
14	D1	639	381	6	A9	216	804
15	D2	624	396	5	D10	120	900
16	A7	549	471	4	C9	109	911
17	A6	544	476	3	B10	97	923
18	C2	543	477	2	A10	54	966
19	D7	538	482	1	C10	49	971
20	B8	531	489				
21	C1	512	508				

삼겹살로써 상품적으로 “가치있다(1)” 로 50%이상의 응답을 받은 21개 슬라이스 단면 사진을 각 그룹별로 구분해 보면 Table 1-73과 같은데, Group A는 2개, Group B는 5개, Group C와 Group D는 각 7개씩이다. 이는 소비자들이 삼겹살 단면의 근육면적 비율이 낮은 Group A의 슬라이스 조각의 구매를 기피하지만, Group C와 Group D처럼 삼겹살 단면의 근육면적 비율이 적정수준 이상일 때 선호도가 높다는 점에서 삼겹살에 대한 소비 트렌드를 알 수 있다.

Table 1-73. slice represented ‘valued’ by group

Group	muscle percentage & vertebra slice number	Number
A	A7, A6	2
B	B5, B7, B4, B6, B8	5
C	C5, C4, C6, C7, C3, C2, C1	7
D	D5, D4, D6, D3, D1, D2, D7	7

반면에 “가치있다(1)” 로 응답한 설문비율이 50% 이하인 19개 슬라이스 단면 사진을 살펴 보면, 가장 선호도가 낮은 삼겹살 슬라이스 단면은 근육면적 비율에 따른 그룹별 구분보다 척추 위치에 따른 단면의 모양이 더 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 더 상세하게 설명하면, 요추6번과 5번까지의 삼겹살 슬라이스 단면은 선호도가 떨어지는 것으로 조사되었다. 그 다음은 지방면적 비율이 높은 A1~A3, 지방함량 비율이 40%미만인 Group A이면서 흉추11번, 12번, 13번순으로 선호도가 낮게 조사되었다. 성별과 결혼여부, 연령, 학력, 직업, 거주지, 월수입에 따른 조사결과는 전체 응답내용과 큰 차이가 없어 <참고자료>로 첨부하였다.

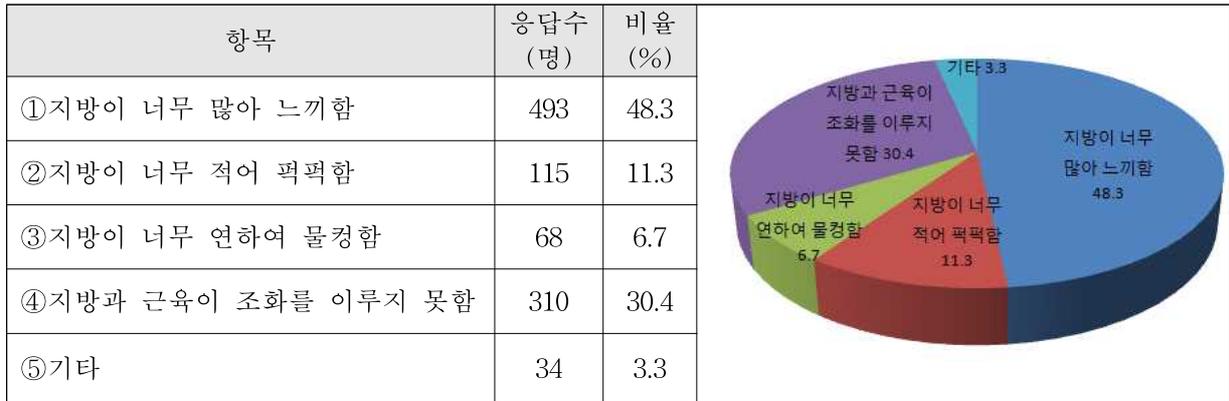
문2) 삼겹살 구입 시 가장 고려하는 요인은 무엇입니까 ?

항목	응답수 (명)	비율 (%)
①적정 지방정도	649	63.6
②육색	136	13.3
③삼겹살 폭	109	10.7
④마블링	119	11.7
⑤기타	7	0.7



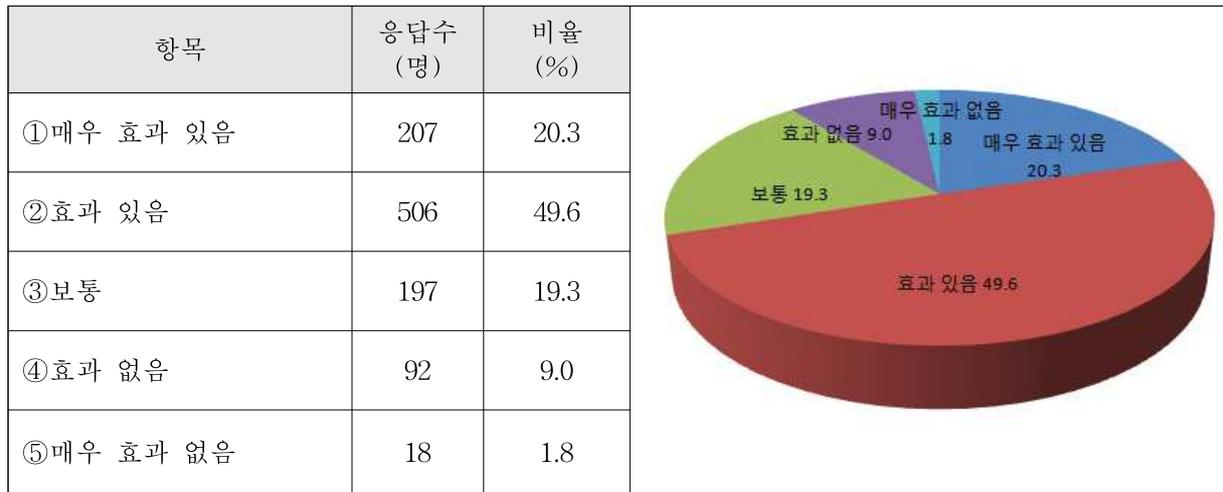
- ▷ 삼겹살 구입 시 가장 고려하는 요인은 1,020명 중 649명, 63.6%가 적정 지방정도라고 응답하였다.
- ▷ 육색이 136명, 13.3%, 마블링이 119명, 11.7%, 삼겹살 폭이 109명, 10.7% 순으로 응답하였다.

문3) 삼겹살 구입 또는 섭취 시 가장 큰 불만은 ?



▷ 삼겹살 구입 또는 섭취 시 가장 큰 불만은 지방이 너무 많아 느끼함이 493명, 48.3%로 제일 높고, 지방과 근육이 조화를 이루지 못함이 310명, 30.4%로 높게 나타났다..
▷ 지방이 적어 딱딱함은 115명, 11.3%, 연하여 물경함은 68명, 6.7%로 나타났다

문4) 지방이 너무 많거나 적고, 삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 관련규정을 개정한다면 효과가 있겠습니까?

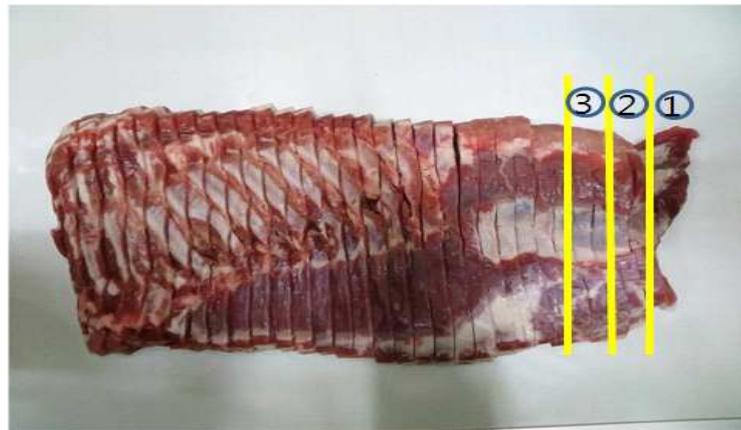


▷ 삼겹살을 소분할 하여 판매토록 관련규정을 개정한다면 소비자는 “매우 효과 있음”이 207명, 20.3%, “효과 있음”이 506명, 49.6%로 “효과 있음” 이상은 713명, 69.3%로 나타났다.
▷ “매우 효과 없음” 18명, 1.8%, “효과 없음”이 92명, 9%로 “효과 없음” 이하는 110명, 10.8%로 나타났다.

(3) 2차 육가공업체 설문 및 결과

1차 소비자 설문조사결과 선호도가 낮은 요추5번 이하를 소분할하는 1안과 요추4번 이하를 소분할하는 2안 등으로 육가공업체 100여곳에 설문을 실시하였다. 설문은 설문지를 이용하여 직접 대면조사와 이메일 조사를 병행하였다. 2014년 8월25일~9월15일까지 전국적으로 조사하였다. 기간내 70업체만 조사에 응답하여 분석하였다.

문1>아래 그림을 보고 삼겹살을 분할하여 판매하는 비율을 적어 주십시오?



- ①요추 6번 이후의 미추리 부분을 분할(제거)하여 가공하는 경우
- ②요추 5번 이후의 미추리 부분을 분할(제거)하여 가공하는 경우
- ③요추 4번 이후의 미추리 부분을 분할(제거)하여 가공하는 경우

○ 설문조사 결과

항목	응답수 (명)	비율 (%)
1) 삼겹살 미추리부분을 전혀 분할(제거)없이 가공하여 판매	13	12.3
2) ①번을 분할(제거)하고 가공하여 판매	38	35.8
3) ①②을 분할(제거)하고 가공하여 판매	41	38.7
4) ①②③을 분할(제거)하고 가공하여 판매	14	13.2



- ▷ 각 안별 비율을 기록하였으므로 중복되는 육가공업체가 있어 총 106개 업체가 응답하였으며, 흉추5번까지 소분할하는 업체가 41개, 38.7%로 제일 많고, 요추6번이하 소분할하는 업체가 38개, 35.8%로 많다.
- ▷ 소분할없이 판매하는 업체는 13개, 12.3%, 요추4번까지 소분할하여 판매하는 업체도 14개, 13.2%로 파악되었다.

문2>삼겹살을 분할하여 판매한다면 분할되는 생산량은 얼마 정도이고 판매가격을 어떻게 설정하면 좋겠습니까?

* 아래표는 예시로 제시해 놓았습니다. 즉 미추리를 분할하면 삼겹살 중량이 줄어 삼겹살 판매가격을 얼마나 높여야 하고, 생산된 미추리는 얼마를 받는지 여쭙어 봅니다.

분할 형태	생산량(kg)		도매가격(원/kg)	
	삼겹살	미추리	삼겹살	미추리
1) 삼겹살 미추리부분을 전혀 분할(제거)없이 가공하여 판매	6kg	-		
2) ①번을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 6번이하 분할)	5.8kg	0.2kg		
3) ①②을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 5번이하 분할)	5.5kg	0.5kg		
4) ①②③을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 4번이하 분할)	5kg	1kg		

○ 설문조사 결과

항목	도매가격(원/kg)	
	삼겹살	미추리
1) 삼겹살 미추리부분을 전혀 분할(제거)없이 가공하여 판매	14,959	-
2) ①번을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 6번이하 분할)	16,505 (1,546)	4,557
3) ①②을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 5번이하 분할)	16,655 (1,696)	4,379 (-178)
4) ①②③을 분할(제거)하고 가공하여 판매 (요추 4번이하 분할)	17,996 (3,037)	5,036 (479)

- ▷ 삼겹살 생산량에 대한 답변은 미미하여 제외하였다.
- ▷ 삼겹살 도매가격은 분할 없이 가공하면 14,959원/kg, 요추6번이하를 소분할하여 판매하면 16,505원/kg으로 1,546원, 10.3%높게 받아야 하는 것으로 조사되었다.
- ▷ 요추5번이하를 소분할하면 16,655원/kg으로 1,696원, 11.3% 높게, 요추4번이하를 소분할하면 17,996원/kg으로 3,037원, 20.3%높게 가격을 받아야 하는 것으로 조사되었다.
- ▷ 소분할한 미추리부위는 요추6번이하와 5번이하, 요추4번이하가 가격차이가 있지만 미미하였으며 대부분이 삼겹살이 아닌 잡육으로 판매해야 하기에 잡육가격을 제시하였다.

문3>아래 사진은 국내산 삼겹살과 수입산 삼겹살 분할형태를 비교한 것입니다. 수입 삼겹살은 끝부분(요추방향)을 많이 분할(제거)하여 유통하고 있습니다. 우리나라 삼겹살이 수입산과 경쟁력을 가지려면 끝부분을 얼마만큼 분할하여 유통해야 하겠습니까? 문1의 사진을 보고 답해주세요

- 1) ①번을 분할(제거) 2) ①②을 분할(제거)
- 3) ①②③을 분할(제거) 4) ①②③ 보다 더 분할(제거)



국내산 미분할(제거) 삼겹살



국내산 흉추6번(①번) 분할(제거) 삼겹살



독일산 삼겹살



칠레산 삼겹살

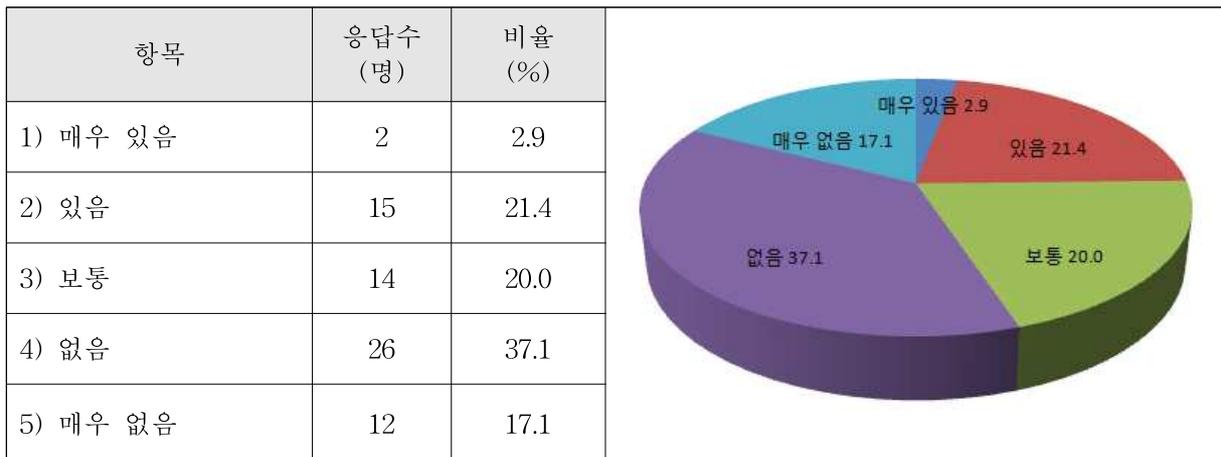
○ 설문조사 결과



- ▷ 외국산 삼겹살과 경쟁력을 가지려면 소분할을 요추5번까지 해야한다고 응답한 업체가 36개소, 51.4%로 제일 많았다. 요추4번이하를 소분할해야 한다고 응답한 업체가 18개소, 25.7%, 요추4번보다 더 소분할해야 한다고 4개소, 5.7%다.
- ▷ 요추6번이하로 소분할해야 한다고 응답한 업체는 12개소, 17.1%다
- ▷ 기타 의견으로 소분할하는 것보다 외국산과 경쟁력은 냉장 유통의 장점을 살리는 것으로 응답한 업체도 여럿 있었다.

문4>삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 **관련규정을 개정한다면 효과가** 있겠습니까?

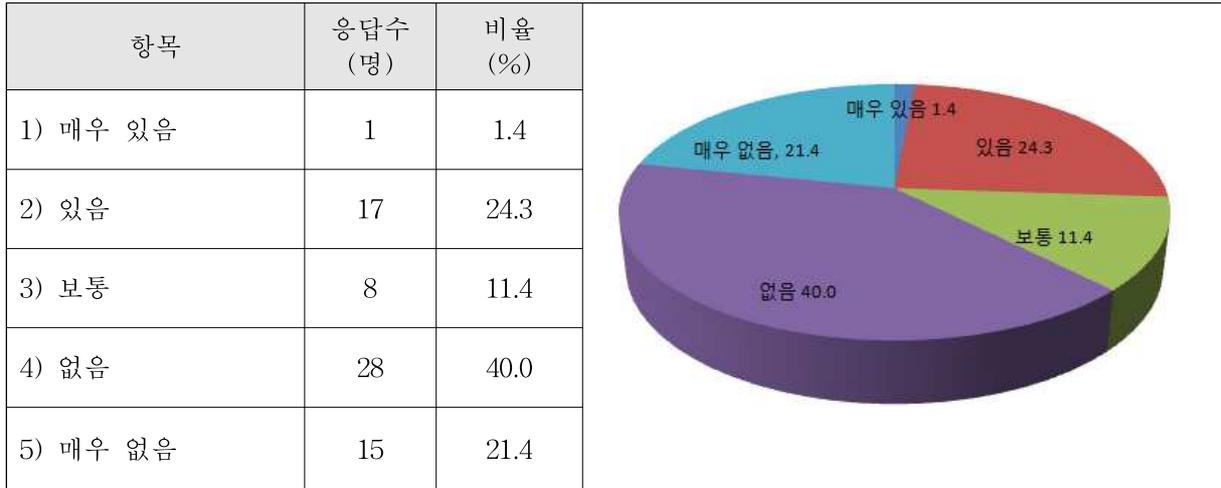
○ 설문조사 결과



- ▷ 효과가 “매우 없음”이 12개소, 17.1%, “없음”이 26개소, 37.1%로 “없음”이하가 38개소, 54.2%로 응답했다
- ▷ 효과가 “있음”이 15개소, 21.4%, “매우 있음”이 2개소, 2.9%로 응답하여 “있음”이상이 17개소, 24.3%로 조사되었다.

문5>삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 관련규정을 개정한다면
분할정형하여 판매할 의사가 있습니까?

○ 설문조사 결과



- ▷ 소분할로 분할정형하여 판매할 의사는 “없음”이 28개소, 40%, “매우없음”이 15개소, 21.4%로 참여의사가 없음이 43개소, 61.4%로 나타났다.
- ▷ 참여의사가 “있음”이 17개소, 24.3%, “매우 있음”이 1개소, 1.4%로 나타났다.

<참고자료>

- 성별 및 결혼여부에 따른 소비자 선호도 조사결과

Classification 구분 ¹⁾	Male (n=518)		Female (n=502)		Total (n=1,020)		Married (n=733)		Single (n=287)		Total (n=1,020)	
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
A1	161	357	133	369	294	726	211	522	83	204	294	726
A2	173	345	135	367	308	712	225	508	83	204	308	712
A3	205	313	173	329	378	642	265	468	113	174	378	642
A4	234	284	205	297	439	581	304	429	135	152	439	581
A5	245	273	201	301	446	574	310	423	136	151	446	574
A6	297	221	247	255	544	476	372	361	172	115	544	476
A7	288	230	261	241	549	471	371	362	178	109	549	471
A8	236	282	210	292	446	574	300	433	146	141	446	574
A9	123	395	93	409	216	804	137	596	79	208	216	804
A10	32	486	22	480	54	966	38	695	16	271	54	966
B1	241	277	185	317	426	594	296	437	130	157	426	594
B2	221	297	177	325	398	622	270	463	128	159	398	622
B3	232	286	216	286	448	572	306	427	142	145	448	572
B4	345	173	323	179	668	352	470	263	198	89	668	352
B5	363	155	336	166	699	321	512	221	187	100	699	321
B6	358	160	299	203	657	363	485	248	172	115	657	363
B7	351	167	327	175	678	342	475	258	203	84	678	342
B8	265	253	266	236	531	489	357	376	174	113	531	489
B9	130	388	98	404	228	792	158	575	70	217	228	792
B10	59	459	38	464	97	923	59	674	38	249	97	923
C1	288	230	224	278	512	508	371	362	141	146	512	508
C2	311	207	232	270	543	477	392	341	151	136	543	477
C3	355	163	295	207	650	370	461	272	189	98	650	370
C4	398	120	330	172	728	292	531	202	197	90	728	292
C5	398	120	383	119	781	239	571	162	210	77	781	239
C6	354	164	324	178	678	342	498	235	180	107	678	342
C7	336	182	329	173	665	355	484	249	181	106	665	355
C8	189	329	202	300	391	629	269	464	122	165	391	629
C9	75	443	34	468	109	911	66	667	43	244	109	911
C10	21	497	28	474	49	971	26	707	23	264	49	971
D1	354	164	285	217	639	381	457	276	182	105	639	381
D2	336	182	288	214	624	396	441	292	183	104	624	396
D3	373	145	328	174	701	319	499	234	202	85	701	319
D4	411	107	382	120	793	227	575	158	218	69	793	227
D5	431	87	380	122	811	209	588	145	223	64	811	209
D6	413	105	372	130	785	235	569	164	216	71	785	235
D7	283	235	255	247	538	482	387	346	151	136	538	482
D8	208	310	210	292	418	602	295	438	123	164	418	602
D9	139	379	133	369	272	748	179	554	93	194	272	748
D10	62	456	58	444	120	900	74	659	46	241	120	900

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없음으로 답한 것임

- 연령에 따른 선호도 조사결과

Classification	Age of ~30 (n=147)		Age of 31~40 (n=268)		Age of 41~50 (n=289)		Age of 51~60 (n=229)		Age of 60~ (n=84)		Total (n=1,017)		
	구분 ¹⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
A1		44	103	81	187	60	229	76	153	32	52	293	724
A2		42	105	81	187	75	214	82	153	27	52	307	711
A3		54	93	103	165	94	195	92	153	34	52	377	658
A4		62	85	125	143	105	184	102	153	43	52	437	617
A5		68	79	124	144	115	174	100	153	37	52	444	602
A6		79	68	165	103	147	142	107	153	43	52	541	518
A7		93	54	160	108	140	149	107	153	47	52	547	516
A8		81	66	122	146	101	188	98	153	41	52	443	605
A9		48	99	56	212	45	244	52	153	15	52	216	760
A10		12	135	12	256	13	276	14	153	3	52	54	872
B1		55	92	126	142	111	178	92	153	40	52	424	617
B2		57	90	124	144	101	188	82	153	33	52	397	627
B3		72	75	132	136	110	179	96	153	37	52	447	595
B4		98	49	179	89	177	112	150	153	61	52	665	455
B5		85	62	192	76	196	93	164	153	60	52	697	436
B6		82	65	191	77	191	98	137	153	53	52	654	445
B7		108	39	186	82	185	104	136	153	60	52	675	430
B8		98	49	142	126	134	155	109	153	47	52	530	535
B9		40	107	59	209	53	236	62	153	14	52	228	757
B10		25	122	25	243	20	269	22	153	5	52	97	839
C1		62	85	147	121	144	145	112	153	44	52	509	556
C2		66	81	156	112	142	147	131	153	46	52	541	545
C3		98	49	168	100	176	113	152	153	54	52	648	467
C4		97	50	188	80	201	88	177	153	63	52	726	423
C5		109	38	209	59	221	68	172	153	68	52	779	370
C6		93	54	170	98	207	82	150	153	56	52	676	439
C7		101	46	165	103	184	105	149	153	63	52	662	459
C8		75	72	86	182	87	202	101	153	41	52	390	661
C9		27	120	21	247	20	269	30	153	10	52	108	841
C10		17	130	9	259	7	282	13	153	2	52	48	876
D1		80	67	176	92	189	100	142	153	49	52	636	464
D2		81	66	170	98	183	106	142	153	45	52	621	475
D3		95	52	186	82	198	91	164	153	57	52	700	430
D4		109	38	202	66	231	58	182	153	67	52	791	367
D5		112	35	211	57	226	63	192	153	67	52	808	360
D6		111	36	207	61	229	60	173	153	63	52	783	362
D7		80	67	135	133	150	139	121	153	50	52	536	544
D8		66	81	101	167	105	184	101	153	43	52	416	637
D9		54	93	72	196	52	237	62	153	32	52	272	731
D10		30	117	30	238	24	265	26	153	10	52	120	825

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없음으로 답한 것임

- 학력에 따른 선호도 조사결과

Classificati on	Middle School (n=54)		High School (n=346)		College (n=180)		University (n=409)		Graduate School (n=29)		Total (n=1,018)	
	구분 ¹⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
A1	1	53	110	236	54	126	113	296	5	24	283	735
A2	15	39	110	236	56	124	121	288	6	23	308	710
A3	20	34	122	224	75	105	151	258	9	20	377	641
A4	24	30	143	203	83	97	178	231	11	18	439	579
A5	21	33	149	197	75	105	189	220	12	17	446	572
A6	25	29	168	178	89	91	245	164	15	14	542	476
A7	27	27	184	162	82	98	241	168	14	15	548	470
A8	24	30	149	197	74	106	185	224	13	16	445	573
A9	9	45	67	279	40	140	94	315	5	24	215	803
A10	2	52	23	323	7	173	20	389	2	27	54	964
B1	20	34	136	210	71	109	190	219	9	20	426	592
B2	14	40	124	222	66	114	184	225	9	20	397	621
B3	16	38	140	206	83	97	195	214	13	16	447	571
B4	35	19	212	134	124	56	281	128	14	15	666	352
B5	36	18	228	118	119	61	293	116	21	8	697	321
B6	34	20	214	132	105	75	285	124	18	11	656	362
B7	34	20	236	110	109	71	276	133	21	8	676	342
B8	27	27	186	160	77	103	221	188	19	10	530	488
B9	9	45	80	266	34	146	91	318	13	16	227	791
B10	5	49	39	307	10	170	36	373	7	22	97	921
C1	31	23	152	194	98	82	216	193	14	15	511	507
C2	33	21	161	185	98	82	236	173	15	14	543	475
C3	36	18	201	145	114	66	279	130	19	10	649	369
C4	48	6	242	104	125	55	289	120	23	6	727	291
C5	44	10	267	79	135	45	310	99	24	5	780	238
C6	39	15	233	113	107	73	277	132	22	7	678	340
C7	37	17	236	110	100	80	272	137	20	9	665	353
C8	27	27	146	200	59	121	146	263	13	16	391	627
C9	3	51	42	304	17	163	43	366	4	25	109	909
C10	3	51	21	325	7	173	17	392	1	28	49	969
D1	30	24	198	148	118	62	274	135	17	12	637	381
D2	28	26	207	139	113	67	259	150	16	13	623	395
D3	42	12	231	115	119	61	286	123	21	8	699	319
D4	42	12	268	78	133	47	323	86	25	4	791	227
D5	43	11	275	71	134	46	331	78	26	3	809	209
D6	39	15	269	77	127	53	325	84	25	4	785	233
D7	30	24	176	170	83	97	229	180	20	9	538	480
D8	28	26	142	204	54	126	175	234	19	10	418	600
D9	17	37	87	259	37	143	118	291	13	16	272	746
D10	6	48	45	301	15	165	46	363	8	21	120	898

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없음으로 답한 것임

- 직업에 따른 선호도 조사결과

Classifi- cation	Full-time Homemaker (n=83)		Part-time Homemaker (n=33)		Professional (n=220)		Officer (n=316)		Technician (n=188)		Student (n=71)		Etc. (n=107)		Total (n=1,018)		
	구분 ¹⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
A1		28	55	8	25	63	157	85	231	50	138	19	52	41	66	294	724
A2		30	53	6	27	59	161	85	231	59	129	24	47	45	62	308	710
A3		33	50	11	22	72	148	119	197	73	115	22	49	47	60	377	641
A4		38	45	13	20	92	128	132	184	77	111	33	38	53	54	438	580
A5		34	49	12	21	103	117	130	186	79	109	37	34	50	57	445	573
A6		39	44	18	15	122	98	180	136	87	101	36	35	60	47	542	476
A7		43	40	17	16	115	105	175	141	89	99	50	21	59	48	548	470
A8		33	50	15	18	95	125	129	187	80	108	39	32	53	54	444	574
A9		14	69	3	30	45	175	68	248	31	157	22	49	32	75	215	803
A10		4	79	1	32	14	206	11	305	11	177	10	61	3	104	54	964
B1		35	48	15	18	94	126	121	195	70	118	29	42	61	46	425	593
B2		33	50	12	21	91	129	120	196	64	124	25	46	53	54	398	620
B3		37	46	18	15	108	112	121	195	77	111	37	34	50	57	448	570
B4		49	34	26	7	150	70	202	114	117	71	42	29	80	27	666	352
B5		57	26	24	9	153	67	218	98	130	58	38	33	78	29	698	320
B6		46	37	24	9	149	71	193	123	120	68	43	28	81	26	656	362
B7		49	34	28	5	144	76	203	113	118	70	57	14	77	30	676	342
B8		38	45	16	17	113	107	169	147	90	98	47	24	57	50	530	488
B9		11	72	4	29	48	172	77	239	47	141	20	51	20	87	227	791
B10		4	79	1	32	23	197	28	288	17	171	17	54	7	100	97	921
C1		42	41	15	18	124	96	142	174	96	92	24	47	68	39	511	507
C2		40	43	17	16	133	87	151	165	99	89	32	39	71	36	543	475
C3		46	37	20	13	153	67	184	132	118	70	40	31	89	18	650	368
C4		55	28	28	5	174	46	197	119	137	51	49	22	87	20	727	291
C5		63	20	29	4	170	50	236	80	144	44	55	16	83	24	780	238
C6		52	31	26	7	152	68	199	117	133	55	51	20	65	42	678	340
C7		57	26	23	10	150	70	195	121	119	69	53	18	67	40	664	354
C8		30	53	11	22	84	136	117	199	67	121	37	34	44	63	390	628
C9		6	77	1	32	22	198	40	276	12	176	20	51	7	100	108	910
C10		5	78	0	33	7	213	15	301	9	179	11	60	1	106	48	970
D1		49	34	18	15	153	67	191	125	111	77	37	34	78	29	637	381
D2		49	34	15	18	145	75	189	127	116	72	35	36	73	34	622	396
D3		49	34	21	12	160	60	216	100	131	57	37	34	86	21	700	318
D4		60	23	26	7	178	42	243	73	146	42	52	19	86	21	791	227
D5		68	15	24	9	179	41	249	67	147	41	53	18	89	18	809	209
D6		61	22	27	6	180	40	240	76	142	46	50	21	85	22	785	233
D7		48	35	14	19	127	93	165	151	91	97	36	35	56	51	537	481
D8		37	46	11	22	100	120	113	203	69	119	36	35	51	56	417	601
D9		23	60	5	28	63	157	80	236	36	152	27	44	38	69	272	746
D10		7	76	0	33	24	196	37	279	21	167	21	50	10	97	120	898

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없음으로 답한 것임

- 거주지에 따른 선호도 조사결과

Classification	Capital region (n=341)		Gangwon-do region (n=24)		Chungchong-do region (n=217)		Jella-do region (n=196)		Gyoungsang-do region (n=194)		Jeju-do region (n=48)		Total (n=1,020)	
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
구분 ¹⁾														
A1	84	257	5	19	56	161	70	126	73	121	6	42	294	726
A2	98	243	7	17	47	170	81	115	68	126	7	41	308	712
A3	121	220	8	16	73	144	83	113	85	109	8	40	378	642
A4	142	199	10	14	83	134	98	98	99	95	7	41	439	581
A5	145	196	12	12	71	146	112	84	100	94	6	42	446	574
A6	176	165	12	12	92	125	120	76	129	65	15	33	544	476
A7	185	156	11	13	99	118	121	75	121	73	12	36	549	471
A8	130	211	12	12	87	130	98	98	108	86	11	37	446	574
A9	54	287	9	15	34	183	66	130	48	146	5	43	216	804
A10	18	323	1	23	4	213	19	177	10	184	2	46	54	966
B1	126	215	6	18	87	130	96	100	101	93	10	38	426	594
B2	126	215	5	19	71	146	93	103	98	96	5	43	398	622
B3	152	189	5	19	68	149	113	83	98	96	12	36	448	572
B4	211	130	11	13	135	82	141	55	146	48	24	24	668	352
B5	224	117	13	11	144	73	139	57	153	41	26	22	699	321
B6	219	122	9	15	138	79	131	65	135	59	25	23	657	363
B7	227	114	5	19	145	72	132	64	133	61	36	12	678	342
B8	167	174	4	20	109	108	108	88	118	76	25	23	531	489
B9	60	281	2	22	56	161	49	147	54	140	7	41	228	792
B10	29	312	0	24	23	194	17	179	25	169	3	45	97	923
C1	152	189	7	17	100	117	113	83	119	75	21	27	512	508
C2	161	180	8	16	107	110	126	70	122	72	19	29	543	477
C3	204	137	9	15	134	83	145	51	139	55	19	29	650	370
C4	238	103	8	16	161	56	147	49	150	44	24	24	728	292
C5	255	86	12	12	172	45	145	51	167	27	30	18	781	239
C6	225	116	7	17	145	72	128	68	141	53	32	16	678	342
C7	208	133	10	14	154	63	121	75	135	59	37	11	665	355
C8	119	222	1	23	85	132	93	103	84	110	9	39	391	629
C9	29	312	2	22	22	195	26	170	28	166	2	46	109	911
C10	14	327	1	23	9	208	10	186	13	181	2	46	49	971
D1	181	160	15	9	132	85	132	64	148	46	31	17	639	381
D2	189	152	10	14	127	90	131	65	143	51	24	24	624	396
D3	221	120	14	10	147	70	138	58	157	37	24	24	701	319
D4	262	79	16	8	169	48	146	50	169	25	31	17	793	227
D5	266	75	14	10	176	41	155	41	165	29	35	13	811	209
D6	262	79	17	7	165	52	152	44	159	35	30	18	785	235
D7	171	170	9	15	110	107	107	89	122	72	19	29	538	482
D8	126	215	4	20	91	126	86	110	98	96	13	35	418	602
D9	70	271	4	20	58	159	55	141	80	114	5	43	272	748
D10	34	307	4	20	27	190	26	170	26	168	3	45	120	900

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없으므로 답한 것임

- 월수입에 따른 선호도 조사결과

Classification	>=200 (n=97)		201~300 (n=229)		301~400 (n=329)		401~500 (n=198)		501~700 (n=108)		701~1000 (n=36)		<=1,000 (n=22)		Total (n=1,019)		
	구분 ¹⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
A1		34	63	63	166	99	230	53	145	24	84	14	22	7	15	294	725
A2		39	58	67	162	100	229	56	142	26	82	13	23	7	15	308	711
A3		42	55	83	146	128	201	68	130	36	72	14	22	7	15	378	641
A4		43	54	106	123	139	190	86	112	41	67	16	20	8	14	439	580
A5		41	56	95	134	150	179	91	107	44	64	18	18	7	15	446	573
A6		42	55	128	101	184	145	100	98	57	51	20	16	12	10	543	476
A7		49	48	125	104	178	151	111	87	52	56	18	18	16	6	549	470
A8		44	53	99	130	153	176	87	111	38	70	10	26	15	7	446	573
A9		26	71	41	188	81	248	33	165	21	87	7	29	7	15	216	803
A10		10	87	12	217	22	307	2	196	6	102	0	36	2	20	54	965
B1		43	54	88	141	157	172	85	113	30	78	16	20	7	15	426	593
B2		41	56	86	143	134	195	76	122	36	72	16	20	8	14	397	622
B3		40	57	98	131	160	169	87	111	40	68	14	22	8	14	447	572
B4		64	33	145	84	228	101	130	68	60	48	23	13	17	5	667	352
B5		60	37	158	71	238	91	132	66	69	39	25	11	16	6	698	321
B6		53	44	148	81	221	108	133	65	68	40	21	15	12	10	656	363
B7		59	38	157	72	228	101	129	69	65	43	24	12	15	7	677	342
B8		50	47	123	106	172	157	95	103	60	48	18	18	13	9	531	488
B9		24	73	49	180	81	248	31	167	27	81	12	24	4	18	228	791
B10		13	84	23	206	36	293	9	189	10	98	3	33	3	19	97	922
C1		44	53	117	112	174	155	101	97	45	63	21	15	9	13	511	508
C2		49	48	128	101	181	148	105	93	49	59	21	15	10	12	543	476
C3		61	36	163	66	215	114	117	81	57	51	22	14	14	8	649	370
C4		65	32	167	62	240	89	149	49	68	40	27	9	11	11	727	292
C5		72	25	174	55	258	71	153	45	74	34	29	7	20	2	780	239
C6		55	42	150	79	229	100	133	65	71	37	25	11	15	7	678	341
C7		59	38	148	81	216	113	130	68	72	36	24	12	16	6	665	354
C8		37	60	92	137	120	209	69	129	41	67	17	19	15	7	391	628
C9		16	81	25	204	34	295	14	184	14	94	4	32	2	20	109	910
C10		4	93	10	219	21	308	6	192	5	103	2	34	1	21	49	970
D1		57	40	142	87	219	110	121	77	57	51	28	8	14	8	638	381
D2		53	44	142	87	215	114	116	82	60	48	26	10	12	10	624	395
D3		68	29	153	76	232	97	138	60	67	41	26	10	16	6	700	319
D4		77	20	179	50	263	66	148	50	78	30	31	5	16	6	792	227
D5		78	19	178	51	263	66	151	47	90	18	32	4	18	4	810	209
D6		66	31	175	54	258	71	155	43	87	21	31	5	13	9	785	234
D7		41	56	127	102	181	148	99	99	56	52	22	14	12	10	538	481
D8		39	58	90	139	146	183	74	124	41	67	18	18	10	12	418	601
D9		27	70	58	171	92	237	46	152	30	78	12	24	7	15	272	747
D10		12	85	23	206	44	285	18	180	14	94	7	29	2	20	120	899

¹⁾구분 “1”은 삼겹살로써 가치 있음, “0”은 삼겹살로써 가치 없음으로 답한 것임

다. 소매단계 소분할 부위 구분 타당성 검증

현행 삼겹살 분할 기준에서 척추 위치별로 삼겹살 슬라이스 조각의 식육 특성과 분할 기준의 변경 적용위치 타당성 검증을 위해 동일한 삼겹살 1판에서 척추위치(흉추11번, 흉추14번, 요추2번, 요추5번)에 따라 일반성분, 지방산, 미각적 관능평가, 전단력, 가열감량을 분석하였다. 일반성분과 지방산 분석은 축산물 분석 전문기관인 농업실용화재단에 의뢰하여 수행하였으며 관능평가와 전단력, 가열감량은 축산물품질평가원 자체 연구실에서 수행하였다. 시료는 3차년도에 도축한 랜드레이스 품종에 한해 냉도체 육질측정 부위에서 측정한 근간지방두께에 따라 A(근간지방두께 5~8mm), B(근간지방두께 9~12mm), C(근간지방두께 13mm이상) 3개 그룹으로 나누고 각 그룹별 18두를 선정하였다. 흉추11번은 20두를 더 선정하여 지방산 분석을 제외한 모든 항목을 측정하였다. 선정된 삼겹살 1판을 15mm두께로 슬라이스한 번호를 척추별로 분배한 후 Table 1-73과 같이 시료를 채취하여 이화학적 검사를 실시하였다. 이화학적 분석 외 척추위치(흉추11번, 흉추14번, 요추2번, 요추5번)별 근육비율조사와 소비자 만족도 조사결과를 비교분석하여 소분할 부위의 타당성을 검증하여 척추위치 어디까지를 소분할 할 것인지를 파악하고자 하였다.

Table 1-73. sample preparing by vertebral location for physiochemical analysis

belly slice number	vertebral location	experiment	belly slice number	vertebral location	experiment
11	10 th thoracic vertebra		21	1 st lumbar vertebra	shear force
12	10 th thoracic vertebra		22	1 st lumbar vertebra	proximate analysis
13	11 th thoracic vertebra	proximate analysis	23	2 nd lumbar vertebra	sensory test
14	11 th thoracic vertebra	sensory test	24	2 nd lumbar vertebra	sensory test
15	12 th thoracic vertebra	sensory test	25	3 rd lumbar vertebra	shear force
16	12 th thoracic vertebra	shear force	26	4 th lumbar vertebra	
17	13 th thoracic vertebra		27	5 th lumbar vertebra	proximate analysis
18	13 th thoracic vertebra	proximate analysis	28	5 th lumbar vertebra	sensory test
19	14 th thoracic vertebra	sensory test	29	6 th lumbar vertebra	sensory test
20	14 th thoracic vertebra	sensory test	30	6 th lumbar vertebra	shear force

(1) 일반성분 분석 및 결과

삼겹살의 일반성분은 농업기술실용화재단에 의뢰하여 수분(water), 조지방(fat), 조단백질 (protein), 조회분(ash) 등을 분석하였다. 각 도체별로 삼겹살 1판에서 흉추14번, 요추2번, 요추5번 위치에 해당하는 삼겹살 슬라이스 조각을 각기 구별하여 mixer기로 갈아 균질화한 후에 분석에 필요한 시료를 Table 1-73과 같이(흉추14번 슬라이스 32조각, 요추2번 슬라이스 18조각, 요추5번 슬라이스 18조각) 채취하였다. 단백질, 수분, 지방, 회분 분석은 AOAC(1995)에 따라 분석하였다. 지방 및 수분함량은 CEM자동추출장치(Labwave 9000/FAS 9001, CEM Corp., Matthews, NC, USA)로 측정하였다. 단백질은 Kjeltac System(Kjeltac Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Hoganas, Sweden)을 이용하여 분석하였으며, 회분은 회분분석기(MAS 7000, CEM Corp., Matthews, NC, USA)로 측정하였다.

일반성분 분석결과인 Table 1-74를 보면, 흉추에서 요추로 갈수록 수분, 조단백, 조회분 비율은 유의적으로 많아지고 반대로, 조지방 비율은 유의적으로 적어지는 것을 알 수 있다. 세부적으로 보면, 수분 함량은 요추5번 위치에서 55.62%로 제일 높고 요추2번 50.76%, 흉추4번 45.75%, 흉추11번 위치에서 43.23% 순으로 낮아졌다. 또한, 흉추11번과 흉추14번 간에는 수분비율 차이가 없지만, 요추2번과 요추5번 간에는 유의적으로 차이가 났다.

조지방 비율은 흉추11번 위치에서 41.9%, 흉추14번 위치에서 38.27%로 유의적인 차이가 없었지만, 요추2번 위치는 31.72%, 요추5번 위치는 25.57%로 유의적인 차이가 나타났다.

조단백질 비율은 흉추5번 위치에서 16.9%로 가장 높고 요추2번 15.21%, 흉추14번 13.56%, 흉추11번 12.49%로 낮아졌다. 흉추11번 위치와 흉추14번 위치는 유의적인 차이가 없었으나, 요추2번 위치와 요추5번 위치는 유의적인 차이를 보였다.

조회분 비율은 요추5번 위치에서 0.59%, 요추2번 0.56%, 흉추14번 0.45%, 흉추11번 0.43%로 낮아졌고 흉추11번 위치와 흉추14번 위치 간에, 또는 요추2번 위치와 요추5번 위치 간에서는 유의적인 차이가 없었으나, 흉추 위치와 요추 위치 간에는 유의적인 차이를 보였다.

Table 1-74. Proximate analysis of pork belly location

Trait	11 th thoracic vertebra (n= 38)	14 th thoracic vertebra (n= 18)	2 nd lumbar vertebra (n= 18)	5 th lumbar vertebra (n= 18)
Water (%)	43.23 ± 4.10 ^c	45.75 ± 6.08 ^c	50.76 ± 6.86 ^b	55.62 ± 5.72 ^a
Fat (%)	41.9 ± 5.34 ^a	38.27 ± 7.88 ^a	31.72 ± 8.78 ^b	25.57 ± 7.49 ^c
Protein (%)	12.49 ± 1.29 ^c	13.56 ± 2.05 ^c	15.21 ± 2.34 ^b	16.9 ± 1.91 ^a
Ash (%)	0.43 ± 0.06 ^b	0.45 ± 0.12 ^b	0.56 ± 0.09 ^a	0.59 ± 0.10 ^a

(2) 지방산 분석 및 결과

지방산 분석도 일반성분과 같이 각 도체별로 삼겹살 1판에서 흉추14번, 요추2번, 요추5번 위치에 해당하는 15mm두께의 삼겹살 슬라이스 조각을 각각 분쇄기로 갈아 균질화한 후에 Table 1-73과 같이 개체별로 위치(흉추14번 슬라이스 18조각, 요추2번 슬라이스 18조각, 요추5번 슬라이스 18조각)에 따라 실시하였다. 지방산 측정방법은 Folch, Lees *et al.*(1957)에 따라 실시하였는데, methylation은 Morrison and Smith(1964)의 방법 후에 Perkin Elmer gas chromatograph (model Clarus 500 with autosampler, PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Shelton, CT, USA)에 fused silica capillary column SP 2560 [100m × 0.25mm(id)] (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)을 이용하여 injector 및 detector를 각기 다른 온도인 220°C와 250°C 적용하여 분석하였다.

Figure 1-33. 근육비율(A, B, C, D)과 척추위치별(①흉추11번~⑩요추6번) 삼겹살 사진에 따라 흉추14번, 요추2번, 요추5번 위치에 해당하는 삼겹살 슬라이스 조각에 대한 지방산 종류별 함량비율 분석결과를 Table 1-75에 나타내었다. 이번 지방산 분석결과에서는 γ -Linoleic acid (C18:3n6)의 경우 흉추보다 마지막 요추 쪽으로 갈수록 함량비율이 유의적으로 높아졌지만, 전체 지방함량에서 차지하는 비율이 0.1%미만인 점을 감안하면 다른 종류의 지방산과 같이 큰 영향력은 없을 것으로 보인다. 따라서 삼겹살의 소비자 선호도는 지방과 근육의 적정 면적비율에 많은 영향을 받는 것으로 추정된다.

Table 1-75. Analysis results of fatty acids by belly location

Fatty acids	Belly Location		
	14 th thoracic vertebra (n=18)	2 nd lumbar vertebra (n=18)	5 th lumbar vertebra (n=18)
Myristic acid(C14:0)	1.46±0.12	1.44±0.11	1.47±0.11
Palmitic acid(C16:0)	25.20±1.21	25.28±1.19	25.28±1.22
Palmitoleic acid(C16:1n7)	2.66±0.27	2.69±0.29	2.69±0.34
Stearic acid(C18:0)	13.59±0.88	13.53±0.83	13.74±0.95
Oleic acid(C18:1n9)	42.74±1.30	42.90±1.45	42.38±1.43
Vaccenic acid(C18:1n7)	0±0	0±0	0±0
Linoleic acid(C18:2n6)	12.50±1.81	12.37±2.10	12.59±2.13
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.05±0.01^b	0.06±0.01^{ab}	0.07±0.02^a
Linolenic acid(C18:3n3)	0.56±0.06	0.55±0.07	0.56±0.08
Eicosenoic acid(C20:1n9)	1.02±0.10	1.02±0.11	1.00±0.09
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.21±0.03	0.22±0.06	0.23±0.05
Eicosapentaenoic acid(EPA)(C20:5n3)	0±0	0±0	0±0
Docosatetraenoic acid(C22:4n6)	0±0	0±0	0±0
Docosahexaenoic acid(DHA)(C22:6n3)	0±0	0±0	0±0
Total	100.0	100.0	100.0

Table 1-75. Continued

Fatty acids	Belly Location		
	14 th thoracic vertebra (n=18)	2 nd lumbar vertebra (n=18)	5 th lumbar vertebra (n=18)
SFA ¹⁾	40.26 ± 1.84	40.18 ± 1.83	40.49 ± 1.82
USFA ²⁾	59.74 ± 1.84	59.82 ± 1.83	59.51 ± 1.82
MUFA ³⁾	46.42 ± 1.42	46.62 ± 1.60	46.06 ± 1.62
PUFA ⁴⁾	13.32 ± 1.89	13.20 ± 2.20	13.45 ± 2.23

a-c Means in the same row with different letters are significantly different(p<0.05)

- 1) SFA, saturated fatty acids.
- 2) USFA, unsaturated fatty acids.
- 3) MUFA, Mono polyunsaturated fatty acid
- 4) PUFA, polyunsaturated fatty acid

(3) 미각적 관능검사 및 결과

관능검사를 위한 삼겹살 시료는 척추 위치별(흉추11번 32두, 흉추14번 18두, 요추2번 18두, 요추5번 18두)로 2조각씩 채취한 후에 Figure 1-35의 노란선 표시와 같이 근육과 지방층이 고르게 분포된 중간부위 10cm를 잘라서 Convection oven(Samsung, HQ-Z365BF, Korea)으로 230°C에서 20분간 가열하였다. 이 때 삼겹살 근육의 심부온도는 75~78°C, 근간지방의 심부온도 85~88°C를 유지하면 조리하였다. 가열·조리 후에는 삼겹살 조각에서 돈피를 칼로 제거하고 근육길이 방향과 직각되게 7mm간격으로 썰어서 관능검사 요원에게 제공하였다.



5 th lumbar vertebra	2 nd lumbar vertebra	14 th thoracic vertebra	11 th thoracic vertebra	sample before cooking
sampling location of sensory test				

Figure 1-35. sampling location of sensory test by vertebral location

관능검사용 시료는 도체중량, 등지방두께 등의 조건과 실험날짜에 맞는 개체를 척추 위치별 (흉추11번, 흉추14번, 요추2번, 요추5번)로 그룹화하여 무작위로 순서를 적용하여 제공되었다. 관능검사 요원은 주어진 시료에 대하여 5-hedonic scale에 따라 다즙성(Juiciness), 연도(Tenderness), 풍미(Flavor), 기름기(Fattiness), 종합기호도(Overall Palatability)를 평가하였다.

- ① 다즙성 (1=매우 건조함; 3=적정; 5=매우 다즙함)
- ② 연도 (1=매우 질감; 3=적정; 5=매우 연함)
- ③ 풍미 (1=매우 싱거움; 3=적정; 5=매우 고소함)
- ④ 기름기 (1=매우 적음; 3=적정; 5=매우 많음)
- ⑤ 종합 기호도(1=매우 불만족; 3=보통; 5=매우 만족)



미각적 관능평가 결과는 Table 1-76와 같다. 다즙성(Juiciness)은 흉추11번 2.7, 흉추14번 2.52, 요추2번 2.52, 요추5번 2.28로 나타나 흉추11번이 제일 좋은 것으로 나타났다. 연도(Tenderness), 풍미(Flavor), 기름기(Fattiness)는 척추위치에 따라 유의적인 차이가 없었다. 종합기호도(Overall Palatability)는 흉추11번 2.81, 흉추14번 2.75, 요추2번 2.69, 요추5번 2.4로 나타났으며 요추5번에서 다른 위치의 삼겹살과 유의적으로 낮게 나타났다. 지방이 많은 흉추11번이 종합기호도(Overall Palatability)가 제일 높게 나타났다.

Table 1-76. The sensory evaluation of pork belly location

Trait	11 th thoracic vertebra (n= 38)	14 th thoracic vertebra (n= 18)	2 nd lumbar vertebra (n= 18)	5 th lumbar vertebra (n= 18)
Juiciness	2.7±0.56 ^a	2.52±0.52 ^{ab}	2.52±0.47 ^{ab}	2.28±0.41 ^b
Tenderness	2.62±0.43	2.43±0.59	2.58±0.46	2.38±0.40
Flavor	2.78±0.30	2.81±0.36	2.78±0.22	2.67±0.37
Fattiness	2.91±0.47	2.86±0.57	3±0.46	2.74±0.58
Overall Palatability	2.81±0.43 ^a	2.75±0.56 ^a	2.69±0.41 ^a	2.4±0.41 ^b

(4) 전단력, 가열감량 측정 및 결과

가열감량(cooking loss) 및 전단력 측정(shear force)을 위해 삼겹살을 10cm 크기로 절단한 다

음 전자저울 (PAG, 213C)로 무게를 칭량하고, Convection oven에서 230℃에서 20분간 조리한 후, 실온에서 30분간 방냉시킨 다음 중량을 칭량하였다. 가열 전후의 중량의 차이를 가열전의 중량으로 나눈 값을 백분율로 환산하여 가열감량이라 하였다. 또한, 가열된 삼겹살 폭을 3cm 간격으로 절단(오돌뼈가 있는 부분은 제외)하여 전단력 측정기(Tms-Touch, Food Technology. Co., USA)로 3번 이상 측정하여 평균값을 이용하였다. 측정조건은 load type을 50kg(500 N)로 하였고 Crosshead speed는 400mm/min으로 각각 고정하여 실시하였다.

전단력(Shear Force)과 가열감량(Cooking Loss) 측정 결과는 Table 1-77와 같다. 전단력(Shear Force)은 흉추11번 23.83, 흉추14번 24.0, 요추2번 21.35, 요추5번 21.24로 나타났으며 흉추(11번과 14번)보다 요추(2번과 5번)가 유의적으로 낮게 나타났다. 가열감량(Cooking Loss)은 삼겹살의 척추위치에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 1-77. Shear force & cooking loss by pork belly location

Trait	11 th thoracic vertebra (n= 38)	14 th thoracic vertebra (n= 18)	2 nd lumbar vertebra (n= 18)	5 th lumbar vertebra (n= 18)
Shear force (kg force)	23.83±3.67 ^a	24±3.82 ^a	21.35±4.27 ^b	21.24±3.60 ^b
Cooking loss (%)	28.47±4.40	28.09±3.69	27.71±3.97	30.48±5.55

(5) 근육조성 형질 측정 및 결과

삼겹살 근육조성 형질은 각 근육의 넓이와 전체 근육비율(muscle percentage)로 구성되어 있다. 전체근육비율은 평균 48.89%(n=712)로 나타났으며, 이를 통해 삼겹살을 구성하고 있는 근육과 지방의 비율이 비슷하게 나타남을 알 수 있다.

척추위치별 삼겹살 근육조성 형질측정 결과는 Table 1-78과 같다. 삼겹살을 구성하고 있는 주요 근육 중에서 깊은 흉근(Pectorales profundi m.)과 넓은등근(Latissimus dorsi m.)은 흉추11번에서 조금 나타나지만 흉추12번 이후에는 없어진다. 몸통피부근(Cutaneous trunci m.)은 요추2번에서 제일 높고, 흉추14번과, 요추5번에서 유의적으로 높지만, 흉추11번에서는 유의적으로 낮다. 배곧은근(Rectus abdominis m.)은 흉추11번과 요추5번에서 유의적인 차이가 없으나 흉추14번, 요추2번과는 유의적으로 낮게 나타났다. 배바깥경사근(External abdominal oblique m.)은 흉추14번과 요추2번에서 유의적인 차이가 없으나 요추5번과 흉추11번에서 유의적으로 낮게 나타났다. 배속경사근은 요추1번에서 나타나 요추2번부터 요추5번으로 갈수록 유의적으로 높게

나타났다. 기타근육(Etcetera area)량은 흉추11번이 제일 높고 요추5번으로 갈수록 낮아졌다. 척추위치별 삼겹살 면적은 흉추11번 145.86, 흉추14번 152.51, 요추2번 148.0, 요추5번 135.72로 나타났으며, 흉추14번과 요추2번, 흉추11번, 요추5번순으로 작아졌고, 요추5번은 유의적으로 작게 나타났다. 전체 지방면적과 전체근육면적을 측정하여 삼겹살 면적 중 근육면적이 차지하는 근육비율을 보면 요추5번이 53.99%, 요추2번이 52.20%, 흉추14번이 51.30%, 흉추11번이 48.11%로 나타나 삼겹살은 요추로 갈수록 지방량이 줄고 근육량이 많아지는 것을 알 수 있다. 과지방이 문제가 되는 흉추11번은 요추5번보다 근육비율이 유의적으로 적게 나타났다.

Table 1-78. 흉추위치별 삼겹살 대표근육 및 구성형질

Trait	11 th thoracic vertebra (n= 38)	14 th thoracic vertebra (n= 18)	2 nd lumbar vertebra (n= 18)	5 th lumbar vertebra (n= 18)
Pectorales profundi m.	1.56±0.88 ^a	0±0.00	0±0.00	0±0.00
Latissimus dorsi m.	1.73±1.75 ^a	0±0.00	0±0.00	0±0.00
Cutaneous trunci m.	15.88±2.17 ^c	20.95±3.21 ^b	24.22±3.23 ^a	20.19±5.52 ^b
Rectus abdominis m.	9.12±1.44 ^a	7.48±1.81 ^b	7.8±1.74 ^b	9.86±1.73 ^a
External abdominal oblique m.	9.23±1.55 ^c	19.09±3.88 ^a	20.59±3.33 ^a	13.53±4.23 ^b
Internal abdominal oblique m.	0±0.00 ^c	0±0.00 ^c	3.27±2.84 ^b	14.84±3.89 ^a
Etcetera area	31.55±4.92 ^a	30.44±6.12 ^a	21.16±5.92 ^b	14.06±2.83 ^c
Totalbelly(cm ²)	145.86±15.01 ^{ab}	152.51±14.48 ^a	148±16.66 ^a	135.72±21.19 ^b
Totalfat(cm ²)	76.16±14.77 ^a	74.55±15.66 ^a	70.96±14.91 ^{ab}	63.24±16.59 ^b
Totalmuscle(cm ²)	69.7±8.00 ^b	77.96±12.32 ^a	77.04±12.27 ^a	72.48±9.17 ^{ab}
Muscle Percentage(%)	48.11±6.01 ^b	51.30±8.03 ^{ab}	52.20±7.43 ^{ab}	53.99±6.94 ^a

(6) 소비자 만족도 조사결과

삼겹살 전체 근육비율에 따라 4개 그룹으로 나누고 각 그룹별 흉추5번에서 요추6번까지 척추위치별 10개 슬라이스에 대한 소비자 만족도 조사결과는 근육비율에 상관없이 요추6번, 요추5번순으로 삼겹살로서 가치가 없는 것으로 조사되었다. 조사결과는 Figure 1-36과 같고 빨간 박스 안에 표시된 부분이 선호도가 낮은 흉추6번, 흉추5번에 대한 빈도이다.



Figure 1-36. Result of belly value analysis by muscle percentage and vertebral location

선호도가 낮은 8개 슬라이스에 대한 근육비율과 척추위치, 선호도 결과를 Figure 1-37에 나타냈다. 전체 1,020명 중 선호도가 300명 이하로 요추6번, 요추5번이 여기에 속한다.

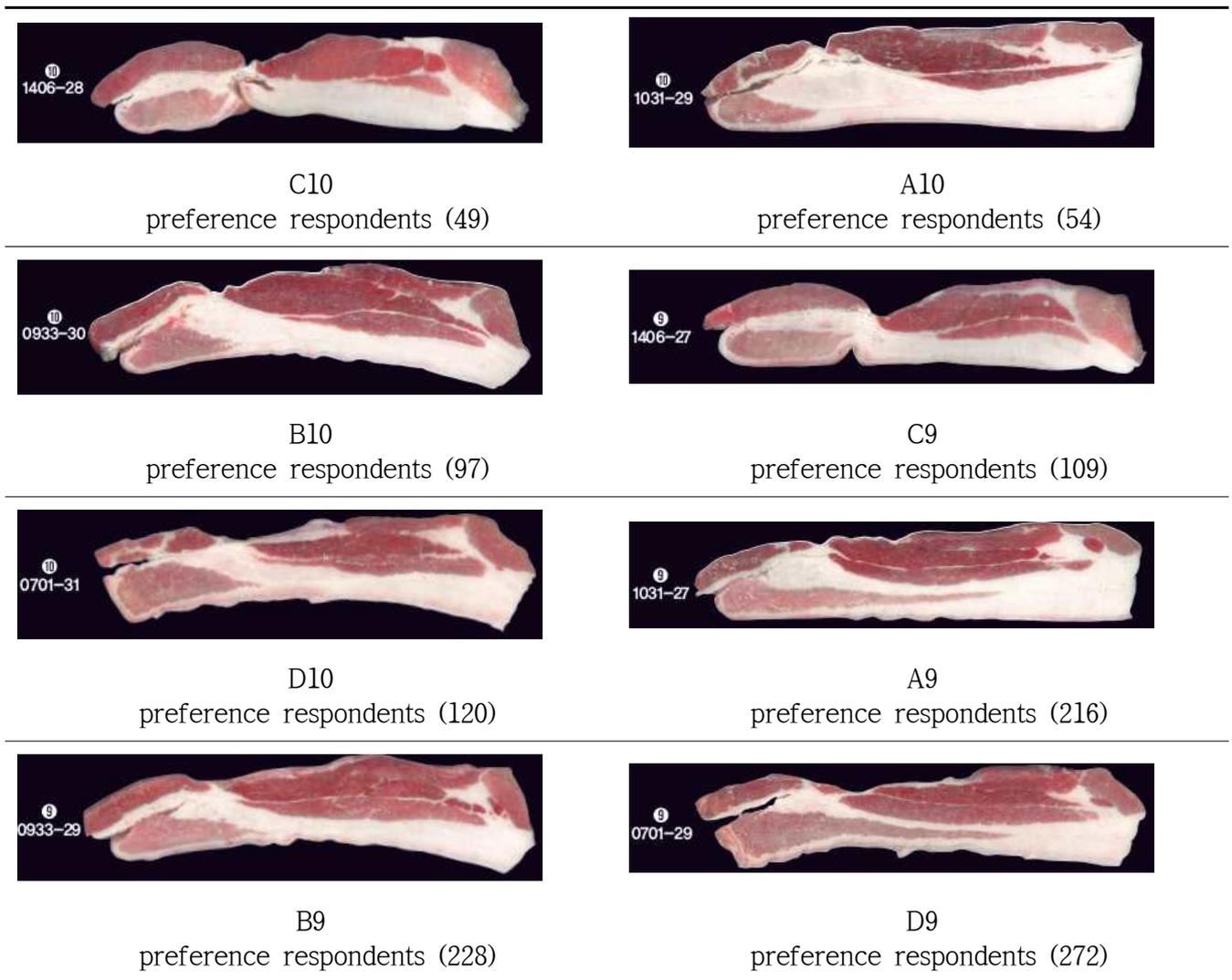


Figure 1-37. Belly slices that have low preference

(7) 요약 결론 및 시사점

삼겹살을 소분할하여 부위별 구분 타당성 검증을 위해 동일한 삼겹살 1판에서 척추위치(홍추 11번, 홍추14번, 요추2번, 요추5번)에 따라 일반성분, 지방산, 미각적 관능평가, 전단력, 가열감량을 분석하였다. 또한 척추위치(홍추11번, 홍추14번, 요추2번, 요추5번)별 근육비율조사와 소비자 만족도 조사결과를 비교분석하여 소분할 부위의 타당성을 검증하여 척추위치 어디까지를 소분할 할 것인지를 파악하고자 하였다.

삼겹살의 일반성분은 홍추에서 요추로 갈수록 수분, 조단백, 조회분은 유의적으로 높아지고, 조지방은 유의적으로 낮아지는 것으로 조사되었다. 수분은 홍추로 갈수록 낮아졌다. 조지방은 홍추11번, 홍추14번은 유의적인 차이가 없었으며, 요추2번, 요추5번은 유의적으로 낮게 나타났다. 조단백질은 홍추5번이 제일 높고 요추2번, 홍추14번, 홍추11번으로 낮아졌다. 조회분은 요추5번, 요추2번, 홍추14번, 홍추11번으로 낮아졌으며, 홍추와 요추간에는 유의적인 차이를 보였다.

지방산 분석결과는 γ -Linoleicacid(C18:3n6)의 경우 홍추보다 마지막 요추쪽으로 갈수록 함량비율이 유의적으로 높아졌지만, 전체 지방량의 0.1%미만인 점을 감안하면 다른 종류의 지방산과 같이 큰 영향력은 없을 것으로 보인다.

다즙성(Juiciness)은 홍추11번 삼겹살이 요추5번 삼겹살에 비해 다즙한 것으로 나타났다. 연도(Tenderness), 풍미(Flavor), 기름기(Fattiness)는 척추위치에 따라 유의적인 차이가 없었다. 종합기호도(Overall Palatability)는 요추5번 삼겹살이 다른 위치의 삼겹살에 비해 낮게 평가 되었다. 전단력(Shear Force)은 홍추(11번과 14번)보다 요추(2번과 5번)가 유의적으로 낮게 나타났다. 가열감량(Cooking Loss)은 삼겹살의 척추위치에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

삼겹살을 구성하고 있는 주요 근육 중에서 깊은흉근(Pectorales profundi m.)과 넓은등근(Latissimus dorsi m.)은 홍추11번에서 조금 나타나지만 홍추12번 이후에는 없어진다. 몸통피부근(Cutaneous trunci m.)은 요추2번에서 제일 높고, 홍추14번과, 요추5번에서 유의적으로 높지만, 홍추11번에서는 유의적으로 낮다. 배곧은근(Rectus abdominis m.)은 홍추11번과 요추5번에서 유의적인 차이가 없으나 홍추14번, 요추2번과는 유의적으로 낮게 나타났다. 배바깥경사근(External abdominal oblique m.)은 홍추14번과 요추2번에서 유의적인 차이가 없으나 요추5번과 홍추11번에서 유의적으로 낮게 나타났다. 배속경사근은 요추1번에서 나타나 요추2번부터 요추5번으로 갈수록 유의적으로 높게 나타났다. 기타근육(Etcetera area)량은 홍추11번이 제일 높고 요추5번으로 갈수록 낮아졌다.

척추위치별 삼겹살 면적은 홍추14번과 요추2번, 홍추11번, 요추5번순으로 작아졌고, 요추5번은 유의적으로 작게 나타났다. 전체 지방면적과 전체 근육면적을 측정하여 삼겹살 면적 중 근

육면적이 차지하는 근육비율을 보면 요추로 갈수록 지방량이 줄고 근육량이 많아지는 것은 알 수 있다. 과지방이 문제가 되는 흉추11번은 요추5번보다 근육비율이 유의적으로 낮게 나타났다.

삼겹살 전체 근육비율에 따라 4개 그룹으로 나누고 각 그룹별 흉추5번에서 요추6번까지 척추위치별 10개 슬라이스에 대한 소비자 만족도 조사결과 근육비율에 상관없이 요추6번, 요추5번 순으로 삼겹살로서 가치가 없는 것으로 조사되었다.

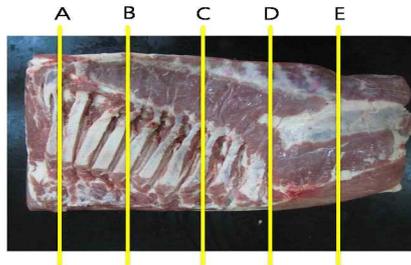
결론적으로 삼겹살의 요추5번 이하는 소비자 선호도가 제일 낮은 부위이다. 또한 지방이 다른 부위 삼겹살보다 적어 미각적 관능평가결과 다즙성(Juiciness), 종합기호도(Overall Palatability)에서 유의적으로 낮게 나타났다. 지방이 적으면 전단력(Shear Force)은 높게 나타나야하나 낮게 조사되었다. 소비자 선호도 조사결과와 미각적 관능평가 결과, 이화학적 결과를 종합해 보면 요추5번 이하 삼겹살은 다른 부위와 유의적으로 차이가 있어 삼겹살과 별도로 소분할하여 부위별 용도를 찾아 거래하게 하는 것이 국내산 돼지고기의 선호도를 높일 수 있는 한 방법이라 하겠다.

<참고자료>

- 삼겹살의 척추위치와 지방정도에 따른 소비자 만족도 조사

삼겹살 소비자 선호도 조사 설문지

- ◇ 본 설문조사의 결과는 농림수산물기술기획평가원 연구과제“삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발”을 수행하는 연구에 기초자료로 활용됩니다.
- ◇ 삼겹살 대분할부위에서 다섯 군데의 단면을 사진촬영 하였습니다. 위치에 따라 A, B, C, D, E로 명명하였습니다.



<흉추5, 8, 11, 14, 요추4 부위>

<질문 1> 각 Location의 Group 1~5에 대한 단면사진 각각에 대하여 귀하의 선호 하는 정도를 아래 표에 적어주세요(중복 선택 가능)

- ① 지방이 너무 많다. ② 지방이 약간 많다. ③ 지방이 적당하다.
- ④ 지방이 약간 부족하다. ⑤ 지방이 너무 부족하다.

Location A		Location B		Location C		Location D		Location E	
Grp 1									
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	

<질문 2> 단면사진 각각에 대하여 아래 표에 ①~⑤의 구매의사를 표시해 주세요. (중복 선택 가능)

- ① 반드시 구매 하겠다 ② 아마도 구매할 것이다 ③ 잘 모르겠다.
- ④ 아마도 구매하지 않을 것이다. ⑤ 단연코 구매하지 않겠다.

Location A		Location B		Location C		Location D		Location E	
Grp 1									
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	

<질문 3> 각(A~E) Location에서 가장 선호하는 순으로 나열해 주세요?

Location A		Location B		Location C		Location D		Location E	
Grp 1									
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	

<질문 4> ① 다음의 25가지 삼겹살 단면에서 가장 선호하는 순으로 1~7번을 나열해 주세요?
 ② 반대로 가장 싫어하는 순으로 11부터 17번으로 표기하여 나열해 주세요?

구 분		Location				
		A	B	C	D	E
GROUP	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

◇ 다음은 귀하의 일반 사항에 대한 질문입니다.

(무기명으로 처리되오니 느끼시는 대로 작성하여주시면 감사하겠습니다.)

1. 귀하의 성별은?() ① 남 ② 여
2. 귀하의 연령은?() ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대
3. 귀하의 학력은?() ① 중졸 ② 고졸 ③ 전문대졸 ④ 대졸 ⑤ 대학원졸
4. 귀하의 현재 직업은? () ① 전업주부 ② 부업주부 (2-1서비스업, 2-2전문직, 2-3사무직 2-4서비스업)
 ③ 전문직 ④ 사무직 ⑤ 생산직 ⑥ 학생 ⑦ 기타
5. 귀하의 거주지(시·군)는?()
6. 귀하의 결혼여부는?() ① 기혼 ② 미혼
7. 귀하의 가족 수는?() ① 1명 ② 2명 ③ 3명 ④ 4명 ⑤ 5명 ⑥ 6명 ⑦ 7명 ⑧ 8명 이상
8. 귀댁의 가구당 월수입은?() ① 200만원 미만 ② 201~300 ③ 301~400 ④ 401~500 ⑤ 501~700 ⑥
 701~1000 ⑦ 1001 이상
9. 돼지고기를 드시는 횟수는?() ① 월1회 ② 월2회 ③ 월3회 ④ 주1회 ⑤ 주2회 ⑥ 주3회 ⑦ 주4~5
 회 ⑧ 매일
10. 돼지고기를 드시는 장소는?()
 ① 집100% ② 집80%, 외식20% ③ 집60%, 외식40% ④ 집50%, 외식50%
 ⑤ 집40%, 외식 60% ⑥ 집20%, 외식80% ⑦ 외식 100%
11. 귀하께서 주로 드시는 세 가지 부위는?(많이 드시는 순서대로 나열해주세요)(, ,)
 ① 삼겹살 ② 목심살 ③ 앞다리 ④ 뒷다리 ⑤ 등심 ⑥ 안심
 ⑦ 특수부위(갈매기살, 항정살, 등심덧살 등)

본 설문지에 끝까지 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

축산물품질평가원

- 근육면적에 따른 척추위치별 삼겹살 소비자 선호도 조사

삼겹살 소비자 선호도 조사 설문지

◇ 본 설문조사는 농림수산식품기술기획평가원 연구과제“삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발”을 위해 소비자의 돼지고기(삼겹살포함)에 대한 전반적인 선호도를 조사하는 설문입니다. 바쁘시겠지만 적극 협조하여 주시면 소중한 자료로 활용하겠습니다.

문1> 다음 사진은 돼지고기 삼겹살의 모양을 위치별로 분류한 사진입니다. 귀하가 삼겹살을 구입할 때 삼겹살로 가치가 있다고 생각하면 1, 없다고 생각하면 0으로 선택하세요?(그룹A~D)

구분	Group A	Group B	Group C	Group D
①				
②				
③				
④				
⑤				
⑥				
⑦				
⑧				
⑨				
⑩				

문2> 삼겹살 구입시 가장 고려하는 요인은 무엇입니까?

- ①적정 지방 정도 ②육색 ③삼겹살 폭 ④마블링 ⑤기타(_____)

문3> 삼겹살 구입 또는 섭취시 가장 큰 불만은?

- ① 지방이 너무 많아 느끼함 ② 지방이 너무 적어 딱딱함 ③ 지방이 너무 연하여 물컹함 ④ 지방과 근육이 조화를 이루지 못함 ⑤ 기타

문4) 지방이 너무 많거나 적고, 삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 관련 규정을 개정한다면 효과가 있겠습니까?

- ①매우효과 있음 ②효과 있음 ③보통 ④효과 없음 ⑤매우효과 없음

문5> 지난 7월1일부터 돼지도체 등급제 개편시 삼겹살 등 과도한 지방을 줄이는 방향으로 등급기준이 개정되었는데 이에 대한 귀하의 만족도는?

- ① 매우만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

문6> 귀하의 국내산 돼지고기에 대한 선호도는?

- ① 매우 좋아한다 ② 좋아한다 ③ 보통 ④ 싫어한다 ⑤ 매우 싫어한다

문7> 돼지고기 부위중 가장 선호하는 부위는?

- ① 특수부위(항정살,갈매기살,가부리살) ② 삼겹살 ③ 목심 ④ 갈비 ⑤ 앞다리(전지)

문8> 가정용 돼지고기 구매처는?

- ① 대형유통점 ② 정육점 ③ 농축협 ④ 인터넷쇼핑몰 ⑤ 백화점
⑥ 동네 슈퍼마켓 ⑦기타(_____)

문8-1> 돼지고기 구매처 선택요인은?

- ① 돼지고기 품질 ② 신선도 유지 ③ 거리 ④ 가격 ⑤ 편리성
- ⑥ 친절 ⑦ 청결상태 ⑧기타(_____)

문9> 돼지고기 구입시 가장 고려하는 요인은 무엇입니까?(순서대로 5개)

- ①원산지 ②신선도 ③품질 ④요리 적합성 ⑤위생/안전 ⑥인증마크
- ⑦가격 ⑨등급 ⑩브랜드 ⑪기타(_____)

문10> 돼지고기 구입시 원산지를 고려하십니까?

- ①고려한다. ②고려하지 않는다. ③생각해본 적이 없다.

문10-1> 원산지를 고려하신다면 어느 나라 돼지고기를 선호하십니까?

- ①국내산 ②미국산 ③유럽산 ④칠레산 ⑤기타(_____)

문10-2> 원산지를 고려하시는 이유는 무엇입니까?

- ①맛 ②신선도 ③그 국가에 대한 신뢰 ④위생/안전
- ⑤판매처의 권유 또는 행사 ⑥기타(_____)

문11> 외식 시 돼지고기를 주로 어디에서 드십니까?

- ① 패밀리 레스토랑 ② 구이전문점 ③ 한돈 취급전문점
- ④ 보쌈전문점 ⑤ 한식 전문점 ⑥기타(_____)

◇ 다음은 귀하의 일반 사항에 대한 질문입니다.

(무기명으로 처리되오니 느끼시는 대로 작성하여주시면 감사하겠습니다.)

1. 귀하의 성별은?() ① 남 ② 여
2. 귀하의 연령은?() ①20대이하 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대이상
3. 귀하의 학력은?() ① 중졸 ② 고졸 ③ 전문대졸 ④ 대졸 ⑤ 대학원졸
4. 귀하의 현재 직업은? () ① 전업주부 ② 부업주부 ③ 전문직 ④ 사무직 ⑤ 생산직 ⑥ 학생 ⑦ 기타
5. 귀하의 거주지 시도는?()
 - ① 수도권(서울, 경기, 인천) ② 강원도 ③ 충청권(충남, 충북, 세종) ④ 호남권(전남, 전북, 광주) ⑤ 영남권(대구, 부산, 경남, 경북) ⑥ 제주
6. 귀하의 결혼여부는?() ① 기혼 ② 미혼
7. 귀하의 가족 수는?() ① 1명 ② 2명 ③ 3명 ④ 4명 ⑤ 5명 ⑥ 6명 ⑦ 7명 ⑧ 8명이상
8. 귀댁의 가구당 월수입은?()
 - ① 200만원 미만 ② 201~300 ③ 301~400 ④ 401~500 ⑤ 501~700
 - ⑥ 701~1000 ⑦ 1000 이상

본 설문지에 끝까지 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

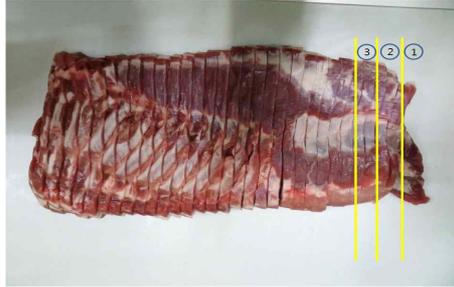
축산물품질평가원

- 삼겹살 분할형태에 대한 육가업체 설문조사

삼겹살 분할형태 조사 설문지

◇ 본 설문조사는 농림수산물기술기획평가원 연구과제“삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발”을 위해 육가공업체의 삼겹살 분할형태를 조사하는 설문입니다. 바쁘시겠지만 적극 협조하여 주시면 소중한 자료로 활용하겠습니다.

문1>아래 그림을 보고 삼겹살을 분할하여 판매하는 비율을 적어주십시오?



분할 형태	비율(%)
①번을 분할(제거)하고 가공하여 판매	
①②을 분할(제거)하고 가공하여 판매	
①②③을 분할(제거)하고 가공하여 판매	
삼겹살 미추리부분을 전혀 분할(제거)없이 가공하여 판매	

문2>아래 사진은 국내산 삼겹살과 수입산 삼겹살 분할형태를 비교한 것입니다. 수입 삼겹살은 끝부분(요추방향)을 많이 분할(제거)하여 유통하고 있습니다. 우리나라 삼겹살이 수입산과 경쟁력을 가지려면 끝부분을 얼마만큼 분할하여 유통해야 하겠습니까? 문1의 사진을 보고 답해주세요

- 1) ①번을 분할(제거) 2) ①②을 분할(제거)
- 3) ①②③을 분할(제거) 4) ①②③ 보다 더 분할(제거)

	
국내산 미분할(제거) 삼겹살	국내산 흉추6번(①번) 분할(제거) 삼겹살
	
독일산 삼겹살	칠레산 삼겹살

문3>삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 관련규정을 개정한다면 효과가 있겠습니까?

- ① 매우 있음 ② 있음 ③ 보통 ④ 없음 ⑤ 매우 없음

문4>삼겹살 형태를 갖추고 있지 못한 삼겹살을 구분(소분할)하여 판매토록 관련규정을 개정한다면 분할정형하여 판매할 의사가 있습니까?

- ① 매우 있음 ② 있음 ③ 보통 ④ 없음 ⑤ 매우 없음

(무기명으로 처리되오니 느끼시는 대로 작성하여주시면 감사하겠습니다.)

1. 귀 업체의 소재지 시도는?()

- ① 수도권(서울, 경기, 인천) ② 강원도 ③ 충청권(충남, 충북, 세종) ④ 호남권(전남, 전북, 광주) ⑤ 영남권(대구, 부산, 경남, 경북) ⑥ 제주

2. 귀 업체의 가공두수/일?()

- ① 100두 미만 ② 100~200두 미만 ③ 200~300두미만 ④ 300~400두미만 ⑤ 400두이상

본 설문지에 끝까지 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

축산물품질평가원

제 2절 삼겹살관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정

1. 시험축 설정 및 삼겹살 관련형질과 검정성적 간의 연관관계 구명

가. 시험축 선정 및 교배계획 수립

제 2 협동과제에서는 삼겹살 관련 형질들의 유전 모수를 추정하고 기존 경제형질과의 연관성 구명을 통해 삼겹살 형질 개량을 위한 종돈선발모형을 설정하는 것을 최종목표로 하여 712두를 대상으로 삼겹살 관련 형질을 수집하였다. 712두중 578두는 Yorkshire 품종이고 나머지 134두는 Landrace 품종이었다(Figure 2-1).

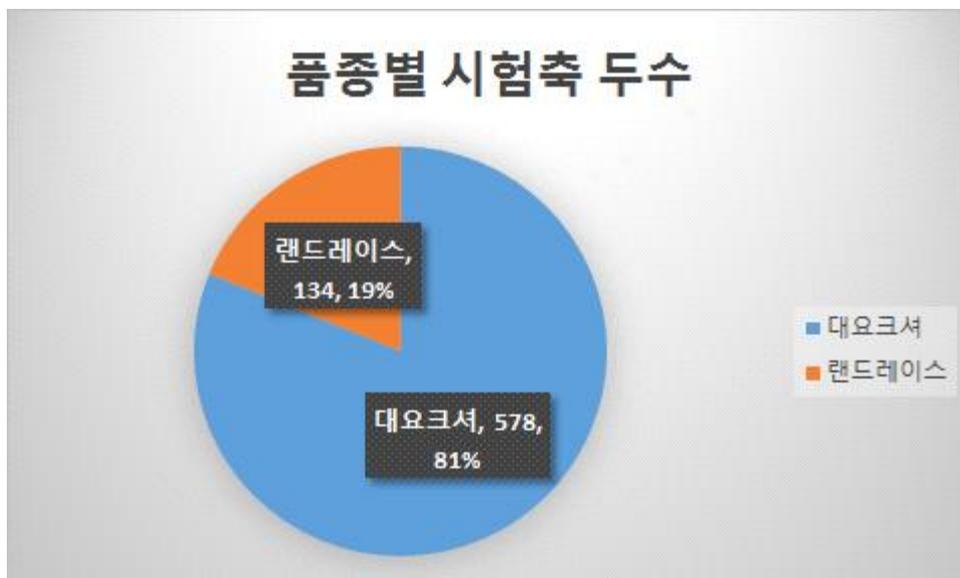


Figure 2-1. Distribution of animals by breed

시험축은 유전모수의 추정을 위해서 수퇘지와 암퇘지의 수를 정하여 교배계획을 진행하였으나, 현장의 사정에 따라 수퇘지 당 종부된 암퇘지의 수가 동일하지는 않았지만 수퇘지와 암퇘지의 분포를 통해 유전모수를 추정할 수 있었다. 시험축은 모두 yorkshire와 Landrace의 모계 종돈으로서 암컷보다는 거세의 비율이 높게 나타났으며, 이는 모돈생산 및 판매를 목적으로 하는 종돈장의 특성상, 도축을 해야만 하는 시험축군으로서 암컷자돈을 선정하기 힘들기 때문이다. 따라서 최종 시험축군의 약 79%가 수컷으로 선정되었고, 거세를 하지 않은 수컷과 성별이 표시되지 않은 것이 각각 2두와 7두로 나타났다(Figure 2-2).

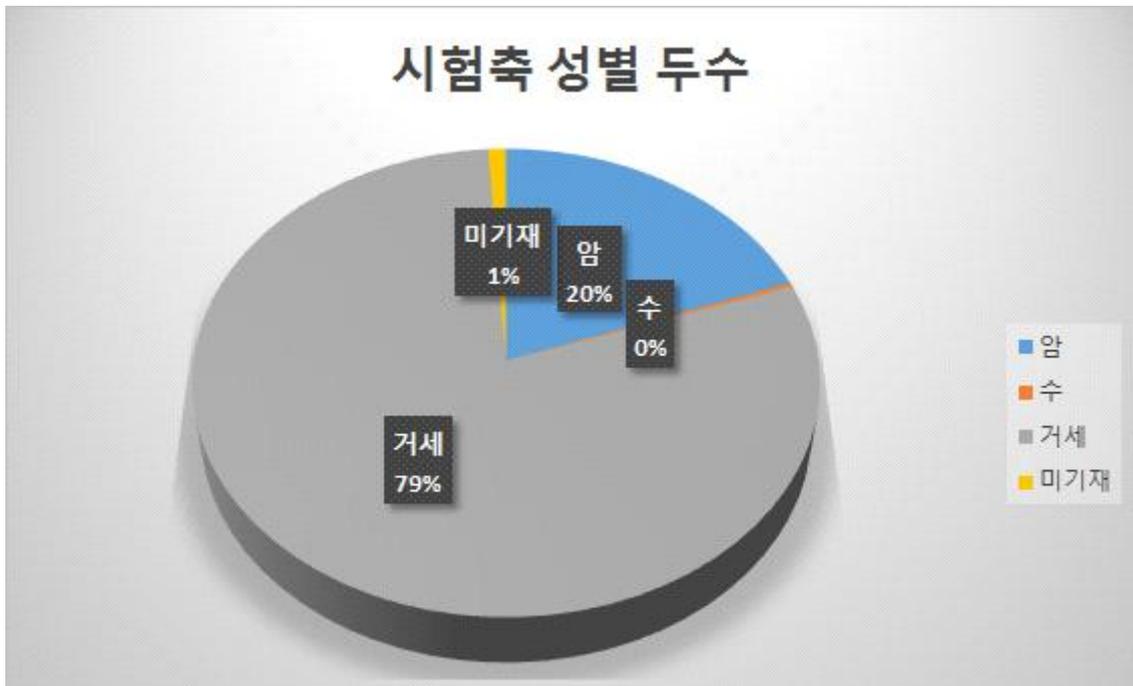


Figure 2-2. Distribution of animals by sex

712두의 시험돈은 (주)선진한마을 단양GGP에서 생산된 순종 자돈 중 70일령에 검정 대상돈을 선발하고 위탁농장으로 진출되는 검정에서 제외된 돼지를 대상으로 하였으며 이들 시험축은 9개 위탁농장으로부터 선정하였다(Figure 2-3).

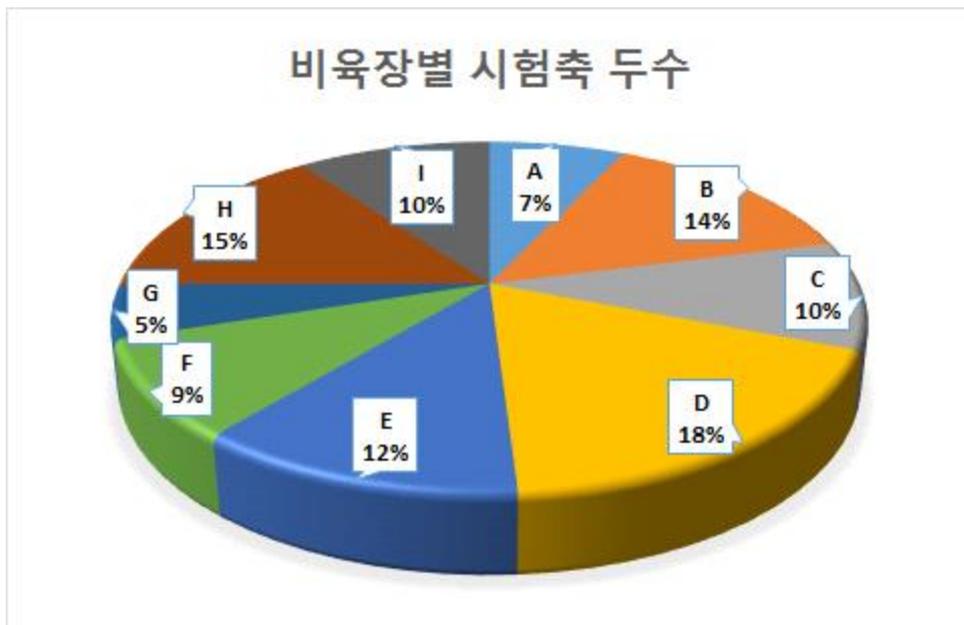


Figure 2-3. Distribution of animals by farm

돼지를 여름에 도축할 경우 더운 시기 동안 육성되어 다른 계절에 도축한 것과는 다른 육질 결과를 나타낼 수 있어 여름에 도축한 그룹을 S, 그렇지 않은 그룹을 N으로 분류하여 도축하는 계절에 따른 육질의 효과를 측정하였다. S에 속하는 두수는 108두로 전체의 15%에 해당하였다(Figure 2-4).



Figure 2-4. Distribution of animals by season (summer or non-summer)

분석된 결과를 돼지개량에 활용하기 위해서 (주)선진한마을 단양GGP농장의 혈연관계를 구축하여 혈연계수행렬을 만들어 활용하였으며, 이렇게 계산한 혈연계수행렬은 유전모수 추정에 사용하였다.

(주)선진한마을 단양GGP는 1990년대 중후반 MEW(투약후조기이유, Medicated Early Weaning)를 통해 돈군을 조성한 이후 외부로부터 새로운 유전자의 도입 없이 20년 가까이 폐쇄돈군으로 유지해 왔으며, 돈군의 근친정도를 파악하기 위해 연구 2차년도까지 도축한 요크셔 종 578두에 대하여 12세대까지 혈연관계를 추적하여 근친도를 계산했으며, 이 근교계수를 이용하여 (주) 선진한마을 단양GGP의 교배 적합의 판단 기준을 제공하고 이에 따른 최적의 교배 조합을 계획할 수 있었다.

장기간의 폐쇄돈군 유지에도 불구하고 이 종돈장의 근교계수는 5.4%에 불과해 계획적인 교배체계를 체계적으로 유지, 관리할 경우 세대가 경과해도 근교계수의 상승은 미미한 것으로 나타났다(Table 2-1).

Table 2-1 . Inbreeding coefficient of Yorkshire pigs

	N ¹	mean	max	min
Inbreeding coefficient	578	0.054 ± 0.014	0.157	0.030

¹ Number of pigs

나. 삼겹살 세부근육과 도체외관평가 형질의 상관관계분석

선정된 시험축은 농장에서 출하시까지 관리되어 도축 후 실험용시료를 채취하여 각 세부과제로 전달되고, 측정된 형질데이터는 다시 통합되어 Data의 관리가 이루어져야 한다. 이를 위해 본 세부과제는 ‘농장 → 도축장 → 육가공장 → 실험실’ 이동간 철저한 개체 ID관리를 위한 개체번호추적시스템을 마련하였다. 시험축으로 선정된 자돈은 이표작업을 통해 출하시까지 관리되어졌고, 개체의 이표번호는 도축장에서 도축시 부여받은 도체번호와 대응시켰다. 도체번호에 따라 도체형질의 측정 및 DNA분석을 위한 혈액 및 조직시료 채취가 이루어졌으며, 육가공장의 협조를 통해 삼겹살부위에 도체번호를 마킹하여 도체와 실험시료간 대응을 하였다. 시료채취의 오차를 줄이기 위하여 시험축군은 모두 동일한 도축장에서 도축되었으며, 선정된 도축장은 경기도 안성에 위치한 도드람LPC였다. 채취된 시료는 도축차수별, 도축순서별로 실험번호가 부여되었으며, 각 세부과제에서 측정된 형질들의 자료는 실험번호로 분류된 통합 Database로 관리되었다.

시험축에서 조사한 형질은 Table 1-6, 그에 대한 기초통계량은 Table 1-7과 같다. 농장현장 상황에 의해 90kg도달일령, 도체율 등의 성장관련형질의 측정이 불가하였기 때문에, 그를 대체할 형질로써 도체특성을 분석하였다.

시험축군의 도체특성간 상관관계를 분석한 결과는 Table 2-2와 같다. 온도체 중량과 다른 도체형질들과는 모두 양의 상관관계를 나타냈으며($P < 0.001$), 도체장, 온도체 등지방두께, 냉도체 삼겹살중량, 냉도체 삼겹살너비와는 상당히 높은 상관관계를 나타냈는데, 특히 냉도체 삼겹살중량과는 0.85로 높은 상관관계를 나타냈다. 도체중(Carcass weight)은 도체장(Carcass length)와 강한 정의 상관관계를($r = 0.54, P < 0.001$), 도체폭(Carcass width), 등심근단면적(Loin eye area), 등지방두께(Back fat thickness)와는 비교적 강한 정의 상관관계를 보였다(각각 $r = 0.32, r = 0.49, r = 0.55; P < 0.001$). 이는 개체의 크기성장에 따른 도체의 무게, 길이, 폭의 증가에 의한 것으로 판단된다.

도체장은 냉도체 삼겹살중량, 냉도체 삼겹살길이와 양의 상관관계를 나타냈으며(각각 $r = 0.52, r = 0.45, P < 0.001$), 온도체 등지방두께와, 냉도체 삼겹살너비와는 다른 형질과 달리 유의차가 나타나지 않았다.

Table 2-2. Correlation coefficients (*r*) among carcass traits and belly production traits

	Hot carcass weight	Carcass length	Carcass width	Loin eye area	Hot carcass backfat thickness	Hot carcass belly thickness	Cold carcass belly weight	Cold carcass belly length	Cold carcass belly width
Hot carcass weight (kg)									
Carcass length (mm)	0.53996 ***								
Carcass width (mm)	0.31827 ***	0.22631 ***							
Loin eye area (cm ²)	0.48576 ***	0.1869 ***	0.1073 **						
Hot carcass backfat thickness (mm)	0.55309 ***	0.02132 NS	0.17681 ***	0.16902 ***					
Hot carcass belly thickness (mm)	0.33679 ***	0.29624 ***	0.16284 ***	0.13851 ***	0.24676 ***				
Cold carcass belly weight (kg)	0.85373 ***	0.41583 ***	0.24925 ***	0.38998 ***	0.55615 ***	0.20921 ***			
Cold carcass belly length (mm)	0.39426 ***	0.44816 ***	0.05385 NS	0.04019 NS	0.21121 ***	0.11981 **	0.48221 ***		
Cold carcass belly width (mm)	0.52937 ***	0.03957 NS	0.16028 ***	0.44456 ***	0.34987 ***	-0.17874 ***	0.62054 ***	0.06549 NS	

Level of significant ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, NS;non-significant

도체폭은 도체장과 온도체 중량에 비해 다른 형질들과 상관관계가 낮았으며, 등심면적과 냉도체 삼겹살길이를 제외한 나머지 형질은 99%의 유의수준을 나타내었다.

등심면적은 냉도체 삼겹살너비와 냉도체 삼겹살중량(각각 $r = 0.44$, $r = 0.39$, $P < 0.001$)에서 양의 상관관계를 나타내었다.

온도체 등지방두께는 냉도체 삼겹살중량과 높은 상관관계를 나타냈으며($r = 0.56, P < 0.001$) 온도체 삼겹살두께는 냉도체 삼겹살너비와 낮은 음의 상관관계를 나타내었다($r = -0.18, P < 0.001$).

냉도체 삼겹살길이는 냉도체 삼겹살중량과 냉도체 삼겹살너비에 높은 양의 상관관계를 나타냈으며(각각 $r = 0.48, r = 0.62, P < 0.001$), 냉도체 삼겹살길이와 냉도체 삼겹살너비는 유의차가 나타나지 않았다.

본 상관분석결과를 종합해보면, 도체중과 도체장은 삼겹살의 무게, 길이, 폭과 관련이 있어 삼겹살생산량을 결정하는데 있어 중요한 요인으로 판단된다. 또한 적육생산능력을 나타내는 등심근단면적 및 등지방이 모두 삼겹살중량과 정의 상관관계에 있다는 점에서 흥미로운 결과를 얻을 수 있었다. 이는 삼겹살의 중량증가는 근육 또는 지방의 증가에 기인하는 것으로 판단할 수 있으며, 삼겹살 표준을 설정함에 있어 함께 고려되어야 할 형질들이다.

제1협동과제에서는 삼겹살생산능력관련 형질측정과 함께 시험군의 도체에서 삼겹살부위를 적출 및 절단하여 소분할부위에 따른 근육분포사항을 조사하였으며, 삼겹살 부위를 구성하고 있는 주요 근육들의 근육간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 2-3와 같다.

Table 2-3. Correlation coefficient (r) for muscles composed belly

	Pectorales profundi m.	Latissimus dorsi m.	Cutaneous trunci m.	Recus abdominis m.	External abdominal oblique m.	Internal abdominal oblique m.
Pectorales profundi m. (cm ²)						
Latissimus dorsi m. (cm ²)	0.67154 ***					
Cutaneous trunci m. (cm ²)	0.49645 ***	0.6558 ***				
Recus abdominis m. (cm ²)	0.40384 ***	0.47203 ***	0.68386 ***			
External abdominal oblique m. (cm ²)	0.40214 ***	0.56059 ***	0.73441 ***	0.63782 ***		
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	0.13883 ***	0.14038 ***	0.36252 ***	0.41745 ***	0.35111 ***	

Level of significant *** $P < 0.001$

깊은흉근은 전체적으로 양의 상관관계를 나타내고 있으며($P < 0.001$), 넓은등근과 가장 높은 양의 상관관계를 나타낸 반면, 배속경사근과는 낮은 상관관계를 나타내었다.

몸통피부근 또한 99% 유의수준에서 다른 세부근육들의 단면적과 양의 상관관계를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다.

분석에 사용된 삼겹살 세부근육 형질들은 모두 양의 상관관계가 있어($P < 0.001$), 이들 중 한 두 개의 형질로 다른 형질을 같이 개량할 수 있을 것으로 판단된다.

삼겹살을 조성하는 근육들의 조성과 도체특성과의 관계를 알아보기 위해 상관분석을 실시하였다(Table 2-4). 도체중은 삼겹살내 근육비중과 부의 상관관계($r = -0.20, P < 0.01$)를 나타내었으며 대부분의 세부근육들[깊은흉근($r = 0.27, P < 0.001$), 넓은등근($r = 0.40, P < 0.001$), 몸통피부근($r = 0.54, P < 0.001$), 배곧은근($r = 0.46, P < 0.001$), 배바깥경사근($r = 0.49, P < 0.001$), 배속경사근($r = 0.29, P < 0.001$)]과 정의 상관관계를 보이고 있었다. 도체장 역시 깊은흉근($r = 0.19, P < 0.05$), 넓은등근($r = 0.23, P < 0.01$), 몸통피부근($r = 0.42, P < 0.001$), 배곧은근($r = 0.39, P < 0.001$), 배바깥경사근($r = 0.43, P < 0.001$), 배속경사근($r = 0.23, P < 0.001$) 과 정의 상관관계를 나타냈다.

도체폭은 깊은흉근($r = 0.25, P < 0.001$), 넓은등근($r = 0.14, P < 0.001$), 몸통피부근($r = 0.15, P < 0.001$), 배바깥경사근($r = 0.18, P < 0.001$)과 정의 상관관계를 보이고 있었고, 특이적으로 배속경사근과 부의 상관관계($r = -0.15, P < 0.05$)를 보이고 있었다. 등심근단면적은 삼겹살내 근육비율($r = 0.16, P < 0.05$), 몸통피부근($r = 0.37, P < 0.001$), 배곧은근($r = 0.41, P < 0.001$), 배바깥경사근($r = 0.38, P < 0.001$), 배속경사근($r = 0.30, P < 0.001$)과 정의 상관관계를 나타내었다. 등지방두께는 근육비율과 부의 상관관계($r = -0.45, P < 0.001$)를 나타내는 반면, 넓은등근($r = 0.18, P < 0.05$), 몸통피부근($r = 0.20, P < 0.01$)과는 정의 상관관계를 보였다.

상관분석결과에서 도체중은 삼겹살의 근육비중과는 부의 상관관계를, 삼겹살을 구성하는 주요근육들의 양과는 정의 상관관계를 나타냈다. 이는 도체중의 증가에 따라서 각각의 근육량은 증가하지만 지방대비 근육의 비율이 낮아짐을 의미한다. 또한 등지방두께와 삼겹살근육비중과의 관계도 강한 부의 상관을 나타내고 있으므로, 등지방두께를 통해 간접적으로 삼겹살지방함량 수준을 유추할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 1협동과제 연구를 통해 ‘삼겹살 표준형’에 부합할 수 있도록 개량을 위해서는 삼겹살형질들과 함께 도체중 및 등지방두께를 고려한 목표설정이 필요할 것으로 판단된다.

Table 2-4. Correlation coefficients (r) between carcass traits and belly composition traits

Traits	Carcass weight (kg)	Carcass length (mm)	Carcass width (mm)	Loin eye area (cm ²)	Back fat thickness (mm)
Pectorales profundi m. (cm ²)	0.27***	0.19*	0.25***	0.07	0.13
Latissimus dorsi m. (cm ²)	0.40***	0.23**	0.14*	0.07	0.18**
Cutaneous trunci m. (cm ²)	0.54***	0.42***	0.15*	0.37***	0.20**
Recus abdominis m. (cm ²)	0.46***	0.39***	0.02	0.41***	0.10
External abdominal oblique m. (cm ²)	0.49***	0.43***	0.18**	0.38***	0.05
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	0.29***	0.23***	-0.15*	0.30***	0.06

Levels of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

다. 세부근육과 관능평가 결과의 상관관계 분석

물리/화학적 메카니즘과 관련된 육질 특성 보고를 통해 pH값이 다른 육질 특성과 밀접한 관계가 있는 객관적이며 간접적인 지표로 활용될 수 있다. pH가 지나치게 낮은 PSE육(pale, soft, exudative pork)의 경우 낮은 pH로 인하여 단백질 변성이 쉽게 일어나 보수력(육즙감량, drip loss)과 가열에 의한 수율(가열감량, cooking loss)이 불량하며 이로 인해 고기 외부로 삼출된 유리수분에 의해 빛의 반사가 증가하여 고기가 창백해 보이는 경향을 띠게 된다. PSE육은 유전적 요인과 불량한 도축과 같은 환경적 요인에 의해 복합적으로 발생된다(Monin and Sellier 1985, Bendall and Swatland 1988). Halothane gene을 보유한 돼지는 쉽게 스트레스를 받으며 세포막과 보수력에 영향을 미친다(Murray, Jones et al. 1989). PSE육에서 삼출물이 많고 조직이 견실하지 않은 것도 보수성이 낮기 때문이고, 그로인해 조리 시 중량과 영양소 손실이 많게 된다. 이와 같이 pH와 육질은 높은 밀접성을 가지고 있으며 도축 후 24시간 pH는 도체의 사후강직 후에 안정된 값을 나타냄으로써 육질 판단의 척도로 이용 가능하다.

또한, 고기는 궁극적으로 사람들에 의해 소비되는 것이므로 사람에 의한 연도, 풍미, 다즙성 등의 관능적인 특징의 검사는 필수적이다. 관능특성(eating quality)은 여러 가지 요인에 의해 좌우되며 근내지방도와 지방산의 조성에 의해 주로 좌우된다(Teye, Sheard et al. 2006). 다즙성

은 고기를 처음 씹을 때 고기에서 방출되는 육즙의 정도, 씹을수록 천천히 나오는 육즙과 타액의 분비정도로 표현되며, 타액의 분비는 지방의 자극에 의해 일어나는데 연도와 다즙성 또한 매우 밀접한 관계를 갖고 연한 고기일수록 더 좋은 다즙성을 나타낸다. 따라서 다즙성은 보수력과 지방함량과 밀접한 상관관계를 갖는다.

육질의 지표가 되는 pH와 육즙감량(drip loss) 및 가열감량(cooking loss), 전단력과 관능평가를 실시한 다즙성, 연도, 풍미, 지방감, 전체기호도에 대하여 상관관계를 분석하였다(Table 2-5).

Table 2-5. Correlation coefficient (*r*) among physiochemical property and sensory traits

	Juiciness	Tenderness	Flavor	Fattiness	Overall Palatability
pH _{24h}	0.20639	0.14086	0.24554	0.22116	0.23456
	***	*	***	***	***
Drip loss	-0.06472	-0.0253	-0.10672	-0.12245	-0.111
	NS	NS	NS	*	NS
Cooking loss	-0.03493	-0.06166	-0.07604	-0.08818	-0.08854
	NS	NS	NS	NS	NS
Shear force	-0.07288	0.01196	0.01705	-0.0996	-0.01133
	NS	NS	NS	NS	NS

Levels of significance: **P* < 0.05, ****P* < 0.001, NS ; non-significant

육즙감량과 가열감량은 다즙성과 고도의 상관관계를 나타내지는 않았지만 음의 상관관계로 삼겹살이 관능검사에서 다즙한 결과를 가질수록 육즙 손실의 양은 적어지는 것으로 이해할수 있었다.

연도 또한 다즙성과 같은 결과로 육즙 손실과 가열감량의 낮아질수록 관능요원이 느끼는 고기를 씹을 때 드는 힘이 작아지는 것으로 나타났다.

pH_{24h}는 모든 관능평가 형질에서 중도의 정의 상관을 나타냈으며 다즙성과 관련하여 PSE (Pale, Soft, Exudative) 육과도 연관되어 세포막과 보수력에 영향을 미쳐 육즙 삼출로 인한 영양적 손실이 예상된다.

Table 2-6. Correlation coefficient (*r*) among sensory and belly muscle traits

	Juiciness	Tenderness	Flavor	Fattiness	Overall Palatability
Pectorales profundi m. (cm ²)	-0.14707 *	-0.09532 NS	-0.13541 *	-0.11345 NS	-0.16473 **
Latissimus dorsi m. (cm ²)	-0.22718 ***	-0.1217 *	-0.17826 **	-0.19201 **	-0.19565 **
Cutaneous trunci m. (cm ²)	-0.18586 **	-0.13615 *	-0.14585 *	-0.12197 *	-0.18436 **
Recus abdominis m. (cm ²)	-0.26783 ***	-0.22763 0.0001	-0.16498 0.0059	-0.20791 ***	-0.21889 ***
External abdominal oblique m. (cm ²)	-0.29908 ***	-0.22144 ***	-0.18 **	-0.20207 ***	-0.2449 ***
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	-0.02546 NS	-0.02369 NS	0.06708 NS	0.06142 NS	-0.0046 NS

Levels of significance: **P* < 0.05, ***P* < 0.01, ****P* < 0.001, NS ; non-significant

전체적으로 대부분 부분 근육은 관능평가에서 부의 상관관계를 보였다(Table 2-6). 관능 평가 항목은 일반적으로 소비자 느끼는 기호와 비슷한데 이는 삼겹살 섭취시 지방과 근육의 비율로 선호를 나타내는 것으로 사료되며, 지방의 비율보다 근육의 비율이 높아질수록 다즙성 및 연도에서 더욱 큰 부의 상관을 나타냈다.

2. 삼겹살 관련 형질의 유전특성 구명

가. DF_REML방법을 이용한 삼겹살관련 형질의 유전모수 추정

유전력 추정 시에는 아래와 같은 식을 기반으로 유전력을 추정한다.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

h^2 = 유전력, σ_a^2 = 상가적 유전분산, σ_e^2 = 환경효과 및 비상가적 유전효과에 의한 분산

일반적으로 도체를 분할하여 부위별 유전력을 추정하였을 때 어깨 부위의 도체(Boston butt, Picnic shoulder)는 각각 0.13, 0.23으로 낮게 나타나지만, 햄과 등심, 삼겹살 등은 고도의 유전력을 나타낸다(Table 2-7).

Table 2-7. Heritability and genetics correlations for carcass weight of prime cuts in pigs

Trait ¹	HAM	LOIN	BB	PIC	BLY	BF10	LMA
HAM	0.60						
LOIN	0.57	0.61					
BB	0.26	0.70	0.13				
PIC	0.64	0.81	0.59	0.23			
BLY	-0.53	-0.54	-0.66	-0.67	0.66		
BF10	-0.66	-0.63	-0.19	-0.57	0.52	0.59	
LMA	0.53	0.75	0.56	0.59	-0.39	-0.57	0.67

¹BB=Boston Butt, PIC=Picnic Shoulder, BLY=Belly, BF10=Carcass Backfat, LMA=Carcass Loin Muscle Area.

출처 : Heritability of Primal Components, National Hog Farmer (2002)

Table 2-8에 나타난 바와 같이 각각의 삼겹살 및 도체 관련 형질의 유전력을 추정하였다. 등심, 삼겹살 등이 고도의 유전력을 나타낸다는 연구결과와는 다르게, 이번 실험에서 삼겹살 및 도체 관련 유전력을 추정한 결과 도체장, 삼겹살길이 등을 제외하고 중도의 유전력을 나타내었다. 특히 등지방두께와 삼겹살간의 유전 상관은 상당히 높게 나타남에도 불구하고 온도체 등지방두께에 대한 유전력이 0.24로 낮게 나타났다.

Table 2-8. Estimation of heritability for belly and carcass production related traits

Traits	Heritability (h^2)
Carcass length (mm)	0.482
Carcass width (mm)	0.324
Loin eye area (cm ²)	0.279
Hot carcass backfat thickness (mm)	0.240
Hot carcass belly thickness (mm)	0.314
Cold carcass belly weight(kg)	0.277
Cold carcass belly length (mm)	0.426
Cold carcass belly width (mm)	0.323

삼겹살 부위별 주요 형질의 유전력은 Table 2-9과 같이 추정되었다. 거의 대부분의 형질들이 중도의 유전력을 나타내었지만 배속경사근(internal abdominal oblique muscle)은 0.094로 매우 낮은 유전력을 나타낸 반면 배바깥경사근(external abdominal oblique muscle)은 0.328로 깊은흉근 다음으로 높은 유전력을 나타내었다.

Table 2-9. Estimation of heritability for belly related traits

Traits	Heritability (h^2)
Total area	0.255
Pectorales profundi	0.349
Latissimus dorsi	0.225
Cutaneous trunci	0.354
Recus abdominis	0.232
External abdominal oblique	0.328
Internal abdominal oblique	0.094
Other area	0.240
Total muscle area	0.276
Total fat area	0.226
Total muscle percentage	0.336
Muscle-fat percentage	0.272

이처럼 도체 형질의 유전력이 낮게 나타난 원인은 여러 가지가 있을 수 있겠지만 가장 주된 원인은 종돈장에서 여러 위탁농장으로 전출을 보내 사육하므로, 각 위탁농장의 환경 효과가 크게 작용하여 상대적으로 유전력이 낮게 나타난 것을 들 수 있겠다.

나. 삼겹살관련 형질과 검정형질간의 유전 상관 추정

유전상관 추정 시에는 아래와 같은 식을 기반으로 유전상관을 추정하였다.

$$r_G = \frac{\widehat{COV}_{a(i,j)}}{\sqrt{\sigma_{a(i)}^2 + \sigma_{a(j)}^2}}$$

r_G = 유전 상관, σ_a^2 = 상가적 유전분산, σ_e^2 = 환경효과 및 비상가적 유전효과에 의한 분산
 $\widehat{COV}_{a(i,j)}$ = 두 형질간 유전 공분산

앞서, 삼겹살관련 형질들의 유전력을 추정하였으며, 삼겹살관련 형질과 기존 등급판정시 측정되는 도축형질과의 유전적 상호관계를 알아보기 위해 유전상관분석을 실시했다(Table 2-10).

Table 2-10. Genetic correlation coefficient (r) among carcass and belly traits

	Hot carcass weight	Carcass length	Carcass width	Loin eye area	Hot carcass backfat thickness	Hot carcass belly thickness	Cold carcass belly weight	Cold carcass belly length
Hot carcass weight (kg)								
Carcass length (mm)	0.6476							
Carcass width (mm)	0.09725	0.01641						
Loin eye area (cm ²)	-0.00570	0.04325	-0.0042					
Hot carcass backfat thickness (mm)	0.4716	0.4869	0.4145	0.1332				
Hot carcass belly thickness (mm)	0.6718	0.4952	0.3503	0.2907	0.6342			
Cold carcass belly weight (kg)	0.6262	0.07164	0.04179	0.1216	0.1544	0.5474		
Cold carcass belly length (mm)	0.3011	0.58	0.5304	0.1944	0.3965	0.4628	0.02351	

대부분 삼겹살 형질 간에서 높은 유전 상관을 보였고, 삼겹살너비와 도체장의 경우 대부분 다른 형질과 고도의 양의 상관을 보였다. 삼겹살길이와 다른 형질간에는 도체장과 삼겹살중량을 제외하고는 낮은 상관관계를 나타냈다.

삼겹살을 구성하고 있는 세부근육 간의 유전상관을 추정된 값은 Table 2-11와 같다. 일부를 제외한 대부분 형질 간 유전상관은 높은 결과 값을 나타내었고, 이들 삼겹살 세부근육 간에는 높은 표현형상관 뿐 아니라 높은 유전상관이 있으므로 삼겹살의 세부근육 개량에 몇 개의 대표 근육을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2-11. Estimation of genetic correlation coefficient (r) for belly muscle traits

	Total area	Pectorales profundus	Latissimus dorsi	Cutaneous trunci	Recus abdominis	External abdominal oblique	Internal abdominal oblique
Total area (cm ²)							
Pectorales profundus m. (cm ²)	0.1871						
Latissimus dorsi m. (cm ²)	0.1544	0.5405					
Cutaneous trunci m. (cm ²)	0.4229	0.3532	0.4744				
Recus abdominis m. (cm ²)	0.5335	0.3463	0.6137	0.6945			
External abdominal oblique m. (cm ²)	0.4141	0.4695	0.4165	0.6895	0.7753		
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	0.3174	0.2418	0.3696	0.1255	0.4296	0.4233	

다. BLUP Animal Model을 이용한 삼겹살관련 형질의 육종가 추정

통계적 기법을 통한 삼겹살관련 형질의 유전특성 구명을 위해 Animal Model에 근거하여 개발된 WOMBAT 프로그램을 이용하였다. 유전모수추정을 위해 시험돈군의 부 및 모에 대한 정보에 대한 Database를 구축하였고, 분산치를 추정하기 위하여 G와 R의 값에 임의의 초기치를 적용하였으며, 추정된 분산, 공분산 값을 이용하여 유전력 및 유전상관을 구하였다. 2개 형질씩의 유전모수 추정을 하여 전체 유전모수 테이블을 작성하였다.

$$y_{ijkl} = \mu_i + SEX_{ij} + YS_{ik} + a_{ijkl} + \beta Age_{ijkl}(cov) + e_{ijkl}$$

여기서,

y_{ikl} : i번째 형질에서 j번째 성의 k번째 년도-계절 효과에 속하는 개체에 대한 측정치,

μ_i : i번째 형질의 전체 평균,

sex_{ij} : i번째 형질의 j번째 성의 효과,

ys_{ik} : i번째 형질의 k번째 년도-계절,

a_{ijkl} : 개체에 대한 임의 효과,

β : 각 형질에 대한 검정종료시 일령에 대한 공변이 계수

Age_{ijkl} : 검정 일령

e_{ijkl} : 임의 오차

ren_mult.par	per.dat	yield_raw_2	data	data_reml	****1*	pedigree	data.d x	****2*								
1	21109010871	20912020839	20804028369	121	195	167.89	4.58	10.32	15.46	8.33	9.48	7.95	24.29	66.3	94.72	0.41
2	21109010873	20912020839	20804028369	121	202	156.47	3.81	8.79	7.76	8.08	8.18	1.41	25.11	55.9	89.86	0.38
3	21109010965	20912021261	20812022142	111	207	178.35	3.94	11.94	12.79	4.7	9.28	6.43	26.21	61.57	110.2	0.36
4	21109010975	20912021261	20812022142	121	214	166.07	3.26	10.95	11.31	7.31	7.45	0	24.9	59.14	99.64	0.38
5	21109011120	21003014736	20907015655	121	210	140.84	5.09	11.35	13.48	8.81	9.96	1.73	22.82	64.33	71.75	0.47
6	21109011121	21003014736	20907015655	121	203	180.42	3.38	8.55	11.6	7.33	6.62	0	19.2	58	118.85	0.33
7	21109011123	21003014736	20907015655	121	203	174.28	4.99	14.66	16.84	9.36	10.67	1.49	33.97	80.05	83.56	0.49
8	21109011157	21003014736	20907033536	121	203	158.6	4.05	12.86	13.36	8.85	9.37	1.1	22.86	68.24	93.88	0.43
9	21109011158	21003014736	20907033536	121	203	154.72	2.91	7.62	16.96	7.51	10.63	7.08	16.72	54.04	96.05	0.36
10	21109011160	21003014736	20907033536	121	203	167.07	3.02	8.52	15.41	6.9	10.06	7.13	25.98	44.49	121.37	0.26
11	21109011464	21002021509	21005023091	121	198	154.28	3.73	7.46	14.95	8.34	12.11	5.48	26.95	69.42	82.94	0.45
12	21109011465	21002021509	21005023091	121	198	158.94	5.26	15.17	14.26	8.33	8.3	0	28.82	72.89	84.34	0.47
13	21109011546	21005023036	21005023514	121	202	182.06	4.32	10.1	17.1	8.16	9.98	2.06	24.41	70.04	109.03	0.4
14	21109011547	21005023036	21005023514	121	202	162.4	3.47	13.42	12.97	6.49	8.45	8.36	37.63	60.24	93.57	0.39
15	21109011550	21005023036	21005023514	121	195	138.45	4.5	9.22	9.38	6.21	5.62	3.4	18.37	50.52	84.49	0.38
16	21109011625	21009026189	21005024127	121	195	166.29	3.86	21.4	11.25	9.62	8.03	4.7	37.13	62.28	94.98	0.39
17	21109011626	21009026189	21005024127	121	202	164.45	4.57	10.21	15.68	8.44	8.06	0	30.23	75.7	81.96	0.48
18	21109011633	21009026189	21005024141	111	200	178.38	3.89	15.04	11.66	8.51	9.32	5.76	28.23	68.11	104.91	0.39
19	21109011635	21009026189	21005024141	121	200	174.26	5.6	14	10.64	9.86	10.61	0.25	34.73	75.85	89.45	0.46
20	21109011637	21009026189	21005024141	121	200	173.1	4.52	14.2	13.53	8.91	11.9	7.29	30.7	73.08	97.36	0.43
21	21109011644	21007034392	21005024173	121	195	156.85	2.82	9.14	10.85	4.46	8.78	7.31	30.13	58	94.75	0.38
22	21109011646	21007034392	21005024173	121	202	166.63	3.6	6.75	14.08	7.97	7.74	4.5	22.33	58.32	101.13	0.37
23	21109011647	21007034392	21005024173	121	195	165.06	5.51	16.88	11.77	7.49	11.04	4.86	28.7	75.01	90	0.46
24	21109011739	21003014611	21005025048	121	197	161.42	4.89	10.67	14.17	8.42	8.26	3.14	22.99	62.92	97.1	0.4
25	21109011742	21003014611	21005025048	121	197	150.43	3.29	9.1	13.16	7.82	8.52	1.82	22.8	58.39	89.09	0.4
26	21109011760	21007032172	21007032909	121	195	144.18	3.32	9.36	10.08	7.73	7.57	3.54	25.09	56.39	84.33	0.41
27	21109011762	21007032172	21007032909	121	195	151.93	3.83	11.8	10.32	7.87	6.95	0	23.67	58.63	90.5	0.4
28	21109011764	21007032172	21007032909	121	195	141.71	2.46	10.69	11.76	7.17	7.84	3.29	15.05	56.67	81.85	0.41
29	21109011774	21003014611	21007033139	121	202	147.59	3.53	10.91	9.11	5.37	7.06	1.54	22.62	52.19	92.2	0.36
30	21109011776	21003014611	21007033139	121	195	159.37	3.47	13.91	13.55	8.35	10.62	4.88	34.11	69.77	94	0.43
31	21109011777	21003014611	21007033139	121	195	149.59	1.6	12.43	14.75	7.84	9.45	2.32	25.75	65.19	78.88	0.45
32	21109011848	20912020839	21009024711	111	204	151.7	3.09	7.98	11.99	7.45	11.41	2.94	26.89	64.26	85.76	0.43
33	21109011849	20912020839	21009024711	121	204	178.63	4.85	12.91	12.91	8.44	8.59	7.83	28.11	66.25	105	0.39

Figure 2-5. Data set preparing for DF-REML analysis

	ren_mult.par	per.dat	yield_raw_2	data	data_reml
1	21109010871	20912020839	20804028369		
2	21109010873	20912020839	20804028369		
3	21109010965	20912021261	20812022142		
4	21109010975	20912021261	20812022142		
5	21109011120	21003014736	20907015655		
6	21109011121	21003014736	20907015655		
7	21109011123	21003014736	20907015655		
8	21109011157	21003014736	20907033536		
9	21109011158	21003014736	20907033536		
10	21109011160	21003014736	20907033536		
11	21109011464	21002021509	21005023091		
12	21109011465	21002021509	21005023091		
13	21109011546	21005023036	21005023514		
14	21109011547	21005023036	21005023514		
15	21109011550	21005023036	21005023514		
16	21109011625	21009026189	21005024127		
17	21109011626	21009026189	21005024127		
18	21109011633	21009026189	21005024141		
19	21109011635	21009026189	21005024141		
20	21109011637	21009026189	21005024141		
21	21109011644	21007034392	21005024173		
22	21109011646	21007034392	21005024173		

Figure 2-6. Pedigree set preparing for DF-REML analysis

```

관리자: C:\Windows\system32\cmd.exe
 99.51      0.3497
 0.3497      1.181

Final Estimates
Genetic variance(s) for effect 3
 24.93      0.9260
 0.9260      0.7470E-01
 correlations
 1.0000      0.6785
 0.6785      1.0000
 eigenvectors
 0.3718E-01 -0.9993
-0.9993      -0.3718E-01
 eigenvalues
 0.4025E-01 24.97
Residual variance(s)
 99.51      0.3497
 0.3497      1.181
 correlations
 1.0000      0.3226E-01
 0.3226E-01 1.0000
 eigenvectors
 0.3556E-02 -1.0000
-1.0000      -0.3556E-02
 eigenvalues
 1.179      99.51
 solutions stored in file: "solutions"

```

Figure 2-7. genetic variance, residual variance and genetic correlation estimation (DOS)

Table 2-12. Estimation of standardized breeding value for carcass traits

Traits	Breeding value	Standardized Breeding value
Carcass length	4.766	0.087
Carcass width	1.240	0.061
Loineye area	0.136	0.048
Hot carcass backfat thickness	0.046	0.016

Table 2-13. Estimation of standardized breeding value for belly carcass characteristics

Traits	Breeding value	Standardized Breeding value
Hot carcass belly thickness	2.335	0.809
Cold carcass belly weight	0.047	0.092
Cold carcass belly length	2.732	0.071
Cold carcass belly width	20.491	0.080

Table 2-14. Estimation of standardized breeding value for cut of belly meat traits

Traits	Breeding value	Standardized Breeding value
Total belly area	25.793	0.081
Pectorales profundi m. (cm ²)	-0.740	-0.069
Latissimus dorsi m. (cm ²)	0.638	0.041
Cutaneous trunci m. (cm ²)	0.662	0.020
Recus abdominis m. (cm ²)	2.201	0.126
External abdominal oblique m. (cm ²)	1.434	0.056
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	-0.142	-0.014

90kg 도달일령의 경우 음의 육종가로 추정이 되면 90kg이 도달되는 일령이 더욱 짧아진다는 개체의 긍정적 가치를 의미한다. 본 분석에서 배속경사근과 깊은흉근은 (-) 결과값으로 나와 두 세부근육이 90kg 도달일령에 대해서는 개량에 긍정적으로 판단될 수 있으나, 삼겹살 품질에 두 형질이 어떠한 가치를 나타내는지에 대해 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 삼겹살 품질개량 및 증대를 위한 육종모형 개발

가. 삼겹살 관련 형질의 경제가치 추정

삼겹살 관련 형질의 경제가치 추정을 위해서 독일 vit 사의 ZPLAN + P/G를 이용하여 분석을 실시하였다. 삼겹살에 적용되는 경제적 요인과 비용을 계산하였고, 농장 규모, 검정돈 두수 및 선발돈을 바탕으로 분석을 실시하였다. 생산 연한의 경우 5년으로 설정하였고, 우리나라 종돈의 번식 사이클은 연당 2.2회전을 나타내므로 번식간격의 경우 0.4로 설정하여 분석을 실시하였다. 성성숙의 경우 7~8개월이 일반적이므로 초산연령을 1년으로 설정하여 분석을 실시하였다. 연간 유전적 개량량의 추정값은 Table 2-15과 같다. 연간 유전적 개량량의 추정값 중 몸통 피부근(Cutaneous trunci muscle)에 대한 값이 0.246으로 가장 크게 나타났고, 배바깥경사근이 0.188로 두 번째로 크게 나타났다. 두 형질은 제 1협동과제의 결과에서 떡지방의 생성을 방지할 수 있는 세부근육으로 판단되기 때문에 연간 유전적 개량량이 크다는 점을 보았을 때 개량 시 유용한 형질이 될 것으로 판단된다.

Table 2-15. Estimation of genetic gain per year

Item	Genetic gain
Economics (won)	773.5
Generation interval	2.002
Pectorales profundi m. (cm ²)	0.075
Latissimus dorsi m. (cm ²)	0.091
Cutaneous trunci m. (cm ²)	0.246
Recus abdominis m. (cm ²)	0.105
External abdominal oblique m. (cm ²)	0.188
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	0.041

삼겹살 단면적과 세부근육 개량에 따른 5년간의 수익은 Table 2-16과 같이 추정되었다.

Table 2-16. Estimation of profit for belly and cut of belly muscle for 5 years

Item	Profit (won)
Total belly area (cm ²)	4933.5
Pectorales profundi m. (cm ²)	357.5
Latissimus dorsi m. (cm ²)	514.8
Cutaneous trunci m. (cm ²)	1782.3
Recus abdominis m. (cm ²)	757.9
External abdominal oblique m. (cm ²)	1380.6
Internal abdominal oblique m. (cm ²)	137.8

나. 다수 형질의 동시 선발을 위한 선발지수 개발

(1) 도체 형질 선발지수

삼겹살 관련 전체 형질의 선발지수 모형 설정을 위해 표준화 육종가를 계산하였으며 전체 표현형 육종가의 경우 1 이하의 결과값을 나타냈었다.

$$y = k0.087 + l0.061 + m0.048 + n0.016$$

여기에서 y = 선발지수 (selection index)

k = 도체장,

l = 도체폭,

m = 등심면적

n = 온도체 등지방두께를 의미함.

(2) 삼겹살 외관 형질에 대한 선발지수

일반적으로 돼지 개체 일당증체량의 경우 육종가가 다른 형질 비해 크게 나타나므로 돼지를 검정 후 선발할시 가중치에 대해서 조율이 필요하지만 삼겹살 형질의 육종가 산출을 살펴보면 1이하의 값으로 선발지수 모형 설정시 모든 형질이 고른 육종가를 나타내므로 가중치를 어떤

형질에 얼마만큼 주느냐에 따라서 선발돈의 기복이 클 것으로 판단된다.

$$y = k0.089 + l0.092 + m0.071 + n0.080$$

여기에서 y = 선발지수 (selection index),

- k = 온도체 삼겹살두께,
- l = 냉도체 삼겹살중량,
- m = 냉도체 삼겹살길이,
- n = 냉도체 삼겹살너비의 가중치를 의미함,

다. 삼겹살 개량을 위한 종돈 개량 모형 개발

(1) 우리나라 종돈의 표현형 선발지수

우리나라 종돈의 능력검정은 농림축산식품부 고시 제2013-91호('13.5.27)의 돼지 검정기준에 의거하여 실시하며, 농장검정의 경우 검정기간 중 조사사항은 체중이 70~110kg(재래돼지는 50~80kg)에 도달하였을 때 1일 평균중체량, 등지방두께, 등심단면적(등심깊이), 종돈의 적격성을 조사하여 체중 90kg(재래돼지는 70kg)을 기준으로 다음과 같이 보정한다.

- 개시체중 : 농림수산물부 고시 돼지검정요령에 의거하여
생시체중(공히 1.0kg)을 이용
- 개시일령 : 생년월일을 기록
- 종료체중 : 종료체중은 90kg 전후의 체중을 측정
- 종료일령 : 생년월일부터 종료체중 측정일까지의 일령을 기록
- 등지방두께 : 초음파측정기를 사용하여 A-모드의 경우 어깨(제4늑골), 등(최후늑골), 허리(최후척추)의 3개 부위를 측정하여 평균한 후 90kg으로 보정하고, B-모드의 경우는 제 10늑골의 1개 부위만을 측정하여 90kg으로 보정, 90kg기준의 등지방 두께는 다음의 보정공식을 이용하였다.

$$\text{측정시 두께} + \frac{(90\text{kg} - \text{측정체중}) \times \text{측정시 등지방 두께}}{\text{측정시 체중} - 11.34}$$

- 1일 평균증체량 : 검정기간 중의 증체량을 검정 일수로 나눈 것으로 다음과 같이 측정

$$\frac{(\text{종료시 체중} - 1.0\text{kg})}{(\text{종료일령})}$$

- 90kg 도달일령 : 생년월일부터 90kg 도달시의 일령으로서 다음의 보정공식을 이용

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

- 등심단면적 : 등심단면적은 초음파 측정기를 사용하여

A-모드의 경우 최후 늑골의 정중선에서 측방 5cm 부위를 측정하였으며,

B-모드의 경우는 제 10늑골 부위에서 측정하였고

90kg 기준의 등심단면적은 다음의 공식을 이용하여 보정하였다.

$$\text{측정시 등심단면적} + \frac{(90\text{kg} - \text{측정체중}) \times \text{측정된 등심단면적}}{\text{측정시 체중} + 70.31}$$

- 정육율 : A-모드(PIGLOG 105) 및 B-모드(MYSONO-2000)를 이용하여 조사하며,

체중에 따른 보정을 적용하였다(Table 2-18 참조).

Table 2-17 . Fresh meat percent correction factor

Weight (kg)	Correction factor (%)
70~75	-2.0
75~80	-1.5
80~85	-1.0
85~90	-0.5
90~85	0.0
95~100	+0.5
100~105	+1.0
105~110	+1.5
110~115	+2.0
115~120	+2.5

- 선발지수 : 1개 농장을 1개 돈군으로 하고 기본단위는 품종별, 성별로 평가한 후 부계지수, 모계지수로 분리하여 지수값을 산출한다.

※ 육종가 선발지수

- 부계(lp)지수 = $100 + [0.22 \times \text{일당증체량(g) 육종가} - 4.58 \times \text{등지방두께(mm) 육종가}]$
- 모계(lm1)지수 = $100 + [0.22 \times \text{일당증체량(g) 육종가} - 4.58 \times \text{등지방두께(mm) 육종가}] + 58.7 \times \text{복당포유개시두수 육종가}$

Table 2-18. Maternal phenotypic selection index

	Breed	Selection index
general	Duroc	$100 - (0.12 \times (D90 - d90)) + (1.04 \times (LS - ls)) - (0.17 \times (BF - bf))$
	Landrace	$100 - (0.13 \times (D90 - d90)) + (0.95 \times (LS - ls)) - (0.24 \times (BF - bf))$
	Yorkshire	$100 - (0.12 \times (D90 - d90)) + (0.96 \times (LS - ls)) - (0.26 \times (BF - bf))$
unusual	Duroc	$100 - (0.12 \times (D90 - d90)) + (1.05 \times (LS - ls)) - (0.09 \times (BF - bf))$
	Landrace	$100 - (0.14 \times (D90 - d90)) + (0.95 \times (LS - ls)) - (0.02 \times (BF - bf))$
	Yorkshire	$100 - (0.12 \times (D90 - d90)) + (0.96 \times (LS - ls)) + (0.26 \times (BF - bf))$

*D90 : age to 90Kg (day), LS : litter size, BF : backfat thickness (mm)
d90 : average of age to 90kg in litter group (day), ls : average of litter size in litter group,
bf : average of backfat thickness in litter group (mm)

Table 2-19. Paternal phenotypic selection index

	Breed	Selection index
general	Duroc	$100 - (0.87 \times (D90 - d90)) - (0.40 \times (BF - bf))$
	Landrace	$100 - (0.11 \times (D90 - d90)) - (0.30 \times (BF - bf))$
	Yorkshire	$100 - (0.11 \times (D90 - d90)) - (0.24 \times (BF - bf))$
unusual	Duroc	$100 - (0.08 \times (D90 - d90)) + (0.04 \times (BF - bf))$
	Landrace	$100 - (0.11 \times (D90 - d90)) - (0.001 \times (BF - bf))$
	Yorkshire	$100 - (0.11 \times (D90 - d90)) - (0.01 \times (BF - bf))$

*D90 : age to 90Kg (day), BF : backfat thickness (mm)
d90 : average of age to 90kg in litter group (day), ls : average of litter size in litter group,
bf : average of backfat thickness in litter group (mm)

(출처 : 농림축산식품부 고시 제2013-91호)

(2) 삼겹살 부분육 형질 개량 모델

$$y = - 10.069 + m0.042 + n0.020$$

여기에서, y = 선발지수 (selection index),

l = 깊은흉근,

m = 넓은등근,

n = 몸통피부근

부분육 모형의 경우 깊은흉근, 넓은등근 및 몸통피부근이 돼지의 외관 형질인 도체중, 도체장, 도체폭과의 상관계수가 유의한 수준으로 높게 나왔으며 삼겹살의 관능평가에서도 3개 형질이 전체 기호도와 높은 연관이 되어 모델식 설정하였다. 또한 삼겹살 관련 형질은 다른 형질과 비교하였을 때 육종가에 대해서는 큰 특징이 나타나지 않았다.

라. 기존 BLUP 모형에 유전정보를 포함한 MAS 모형 제시

제 1세부과제에서 삼겹살관련 마커 개발을 위해 지방 및 근육형성관련 GO term, QTL 정보, pathway 등의 정보를 통해 주요 후보유전자 선정하였고, 선정된 후보유전자에 대해 염기서열 비교를 통해 단일염기서열변이들을 탐색, 및 발견하였으며, 이를 진단할 수 있는 유전자형분석 기법을 성공적으로 개발하였고, 이 결과를 토대로 시험축군에 대한 유전자형분석을 실시하여 형질과의 연관성 분석을 진행하였다. 발굴된 단일염기서열변이에서 삼겹살 형질과 연관성 있게 분석된 유용 마커는 Table 2-20과 같다.

Table 2-20. Developed marker information

Gene	site	Associated traits
<i>TGFBI</i>	<i>BsrI</i>	-
<i>TNF</i>	<i>TspRI</i>	belly weight (kg/half carcass), belly width (mm), 6 th thoracic vertebra - Pectorales profundi m. (cm ²), Cutaneous trunci m. length (cm) 11 th thoracic vertebra - total belly area (cm ²)
<i>WNT10B</i>	<i>DdeI</i>	11 th thoracic vertebra - Cutaneous trunci m.
<i>PPARGCIA</i>	<i>PshAI</i>	belly thickness(mm), 6 th thoracic vertebra - fat length (cm) 11 th thoracic vertebra - Rectus abdominis m. (cm ²), External abdominal oblique m. (cm ²) 14 th thoracic vertebra - fat area (cm ²), muscle percentage (%)
	<i>NspI</i>	6 th thoracic vertebra - fat length (cm) 11 th thoracic vertebra - fat area (cm ²) 14 th thoracic vertebra - fat area (cm ²), muscle percentage (%)
	<i>ApdI</i>	6 th thoracic vertebra - fat length (cm) 11 th thoracic vertebra - fat area (cm ²) 14 th thoracic vertebra - fat area (cm ²), muscle percentage (%)
	<i>AhlI</i>	6 th thoracic vertebra - Pectorales profundi m. (cm ²) 11 th thoracic vertebra - total belly area (cm ²), muscle area (cm ²), Cutaneous trunci m. (cm ²) 14 th thoracic vertebra - total belly area (cm ²)
	<i>MYOD1</i>	<i>DdeI</i>

분석결과 중요한 형질인 깊은흉근단면적, 몸통피부근단면적, 떡지방단면길이, 몸통피부근단면 길이, 근육비율 등에서 유의적인 연관성을 보이는 마커들을 확인하였다. 깊은흉근단면적과 유의적인 연관성을 보이는 마커는 *TNF*, *PPARGCIA*이며, 근육비율에서는 *PPARGCIA*가 유의적인 연관성을 보였다.

따라서 MAS(Marker assisted selection)를 위하여, 가장 많은 유용마커를 포함하고 있는 *PPARGC1A*의 Haplotype에 따른 대체효과(substitution effect)를 살펴보고 가장 좋은 유전자형 조합을 선정하고자 하였다. 시험축의 부모에 대한 유전자형정보가 없으므로, PHASE 프로그램을 이용하여 시험돈의 haplotype construction을 실시하였다(Stephens and Donnelly 2003). Yorkshire와 Landrace의 유전자형 비율이 상이하게 나온 *NspI* site를 제외하고, Yorkshire에만 변이가 존재하는 *PshAI*, *Apd*, *AluI* 세 개의 site를 대상으로 haplotype을 construction하였다.

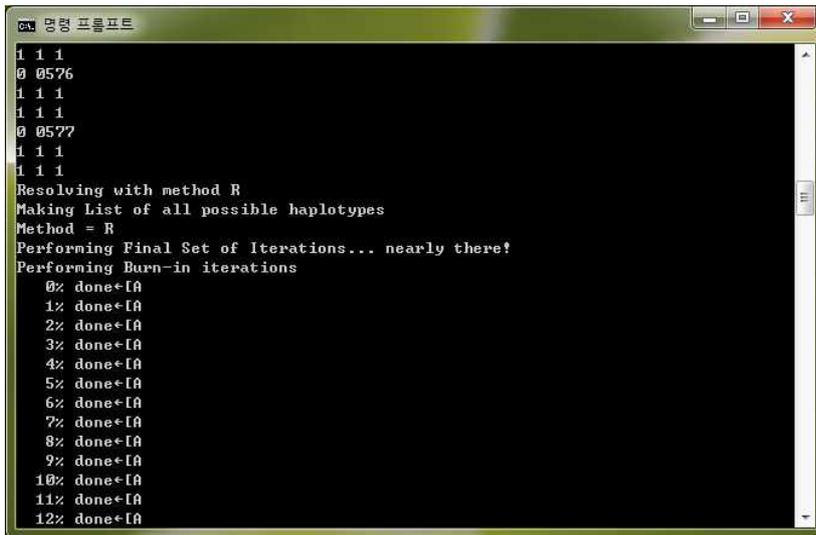


Figure 2-8. Construction of haplotype using PHASE 2.1 program

Haplotype construction 결과는 Table 2-22와 같다. 모든 좌위에서 A를 갖는 haplotype 1이 64.3%로 대다수를 차지했고, 마지막 마커 좌위에서 A 대신 T를 갖는 haplotype 2의 경우 16.6%의 비율로 나타났다. Haplotype 1과 모든 좌위에서 다른 allele를 갖는 haplotype 3의 경우 10.5%로 나타났으며, 경우 4번째로 잦은 빈도로 나타난 GAA type이 5.3%로, GAA type을 포함하여 그 이하의 빈도를 갖는 haplotype의 경우 대체효과(substitution effect)를 추정하지 않았다.

Table 2-21. Haplotype structure and frequency of the three *PPARGC1A* polymorphisms

Haplotype*	c.-			Frequency
Haplotype 1	A	A	A	0.643
Haplotype 2	A	A	T	0.166
Haplotype 3	G	T	T	0.105

* Other haplotypes with rare frequency: ATT (0.004), GAA (0.053), GAT (0.026), GTA (0.003).

Table 2-22. Haplotype substitution effects of measured traits

Classification	Genotype					
	1 vs 2	P-value	1 vs 3	P-value	2 vs 3	P-value
Belly weight (kg)	0.08 (0.18)	0.6663	0.34 (0.40)	0.3961	0.14 (0.33)	0.6647
Belly length (mm)	-1.20 (5.61)	0.8306	2.98 (12.35)	0.8092	-1.24 (10.12)	0.9027
Belly width (mm)	-0.32 (2.31)	0.8905	-0.61 (5.10)	0.9043	5.76 (4.18)	0.1685
Belly thickness (mm)	4.70 (1.21)	0.0001	5.38 (2.67)	0.0448	5.03 (2.19)	0.0221
Intermuscular fat (mm)	2.07 (0.88)	0.0190	1.84 (1.94)	0.3424	2.17 (1.59)	0.1713
Partial muscle traits by thoracic vertebra						
6th						
Total belly (cm ²)	1.62 (3.72)	0.6644	1.55 (8.19)	0.8497	6.26 (6.95)	0.3684
Total muscle (cm ²)	-4.06 (2.22)	0.0678	-4.33 (4.88)	0.3754	-0.55 (4.14)	0.8937
Total fat (cm ²)	5.75 (3.03)	0.0585	5.51 (6.67)	0.4091	5.56 (5.66)	0.3258
Muscle percentage (%)	-2.78 (1.03)	0.0073	-3.12 (2.27)	0.1694	-2.21 (1.92)	0.2516
Pectorales profundi m. (cm ²)	-0.23 (0.69)	0.7381	0.65 (1.51)	0.6666	1.88 (1.28)	0.1430
Latissimus dorsi m. (cm ²)	-2.53 (0.81)	0.0019	-2.45 (1.79)	0.1706	-0.46 (1.52)	0.7601
Cutaneous trunci m. (cm ²)	-0.43 (0.32)	0.1741	-0.74 (0.70)	0.2905	-0.82 (0.59)	0.1669
Rectus abdominis m. (cm ²)	-0.22 (0.72)	0.7568	-1.74 (1.57)	0.2684	-1.51 (1.32)	0.2557
External abdominal oblique m. (cm ²)	-0.38 (0.60)	0.5332	-1.37 (1.30)	0.2923	-1.15 (1.16)	0.3208
length of sliced belly (cm)	-0.46 (0.37)	0.2156	-0.75 (0.82)	0.3604	-0.95 (0.72)	0.1881
Cutaneous trunci m. length (cm)	-0.86 (0.55)	0.1227	-2.81 (1.22)	0.0217	-0.06 (1.07)	0.9571
Fat length (cm)	0.21 (0.40)	0.5958	1.05 (0.87)	0.2267	0.41 (0.74)	0.5763
11th						
Total belly (cm ²)	0.86 (3.16)	0.7857	3.33 (6.96)	0.6320	5.44 (5.70)	0.3406
Total muscle (cm ²)	-1.89 (1.72)	0.2736	-0.19 (3.79)	0.9606	-1.58 (3.11)	0.6107
Total fat (cm ²)	2.77 (2.92)	0.3419	3.28 (6.42)	0.6096	6.19 (5.26)	0.2399
Muscle percentage (%)	-1.48 (1.15)	0.1976	-1.10 (2.53)	0.6631	-2.57 (2.07)	0.2156
Pectorales profundi m. (cm ²)	-0.12 (0.25)	0.6288	-0.60 (0.53)	0.2534	-0.38 (0.46)	0.4078
Latissimus dorsi m. (cm ²)	-0.17 (0.47)	0.7098	-1.40 (1.02)	0.1705	-0.24 (0.90)	0.7866
Cutaneous trunci m. (cm ²)	-0.39 (0.50)	0.4364	0.35 (1.09)	0.7470	0.11 (0.90)	0.8997
Rectus abdominis m. (cm ²)	-0.72 (0.32)	0.0246	-0.11 (0.70)	0.8766	-0.83 (0.58)	0.1480
External abdominal oblique m. (cm ²)	-0.52 (0.37)	0.1587	0.55 (0.81)	0.4930	0.44 (0.66)	0.5091
length of sliced belly (cm)	-0.24 (0.40)	0.5464	0.20 (0.89)	0.8259	-0.78 (0.75)	0.3025
Cutaneous trunci m. length (cm)	-0.40 (0.48)	0.4043	0.048 (1.04)	0.6441	-0.44 (0.89)	0.6161
Fat length (cm)	0.15 (0.37)	0.6913	0.44 (0.80)	0.5824	-0.26 (0.68)	0.7048
14th						
Total belly (cm ²)	0.72 (3.07)	0.8148	2.53 (6.76)	0.7088	6.76 (5.54)	0.2231
Total muscle (cm ²)	-3.15 (1.92)	0.1013	-4.94 (4.22)	0.2420	-2.15 (3.46)	0.5351
Total fat (cm ²)	3.92 (2.83)	0.1674	7.16 (6.24)	0.2513	8.03 (5.11)	0.1167
Muscle percentage (%)	-2.37 (1.28)	0.0643	-4.16 (2.81)	0.1391	-3.19 (2.30)	0.1667
Cutaneous trunci m. (cm ²)	-0.97 (0.65)	0.1338	-0.31 (1.42)	0.8266	-0.78 (1.16)	0.5005
Rectus abdominis m. (cm ²)	-0.77 (0.41)	0.0621	-0.80 (0.90)	0.3756	-1.43 (0.74)	0.0532
External abdominal oblique m. (cm ²)	-0.54 (0.67)	0.4218	-0.64 (1.48)	0.6643	-0.14 (1.21)	0.9081
length of sliced belly (cm)	-0.25 (0.42)	0.5471	0.37 (0.92)	0.6874	-0.43 (0.78)	0.5840
Cutaneous trunci m. length (cm)	-0.29 (0.46)	0.5184	0.29 (1.00)	0.7750	-0.02 (0.85)	0.9819
Fat length (cm)	0.18 (0.36)	0.6062	0.77 (0.78)	0.3220	-0.22 (0.66)	0.7383

Table 2-23. Association analyses between the haplotypes of *PPARGC1A* and individual traits

Classification	Haplotype1				Haplotype2				Haplotype3			
	0 copy (n=80)	1 copy (n=212)	2copy (n=224)	P- value	0 copy (n=342)	1 copy (n=139)	2copy (n=11)	P- value	0 copy (n=392)	1 copy (n=94)	2copy (n=6)	P- value
Belly weight (kg)	7.19 (0.14)	7.16 (0.10)	7.27 (0.10)	0.4662	7.28^a (0.09)	7.04^b (0.11)	7.33^{ab} (0.28)	0.0271	7.19 (0.09)	7.27 (0.12)	7.53 (0.38)	0.5266
Belly length (mm)	532.37 (4.19)	532.59 (3.14)	535.57 (3.12)	0.5013	535.46 (2.88)	529.97 (3.36)	535.59 (8.72)	0.1480	534.37 (2.82)	531.05 (3.76)	539.50 (11.63)	0.5169
Belly width (mm)	297.03 (1.73)	294.96 (1.29)	296.02 (1.28)	0.4007	295.69 (1.19)	295.22 (1.38)	302.14 (3.59)	0.1621	296.03 (1.16)	294.73 (1.55)	295.82 (4.79)	0.6151
Belly thickness (mm)	43.46^b (0.91)	46.09^a (0.68)	46.01^a (0.68)	0.0088	45.64 (0.63)	45.43 (0.74)	46.01 (1.92)	0.9217	45.46 (0.62)	45.94 (0.83)	47.09 (2.55)	0.6640
Intermuscular fat (mm)	10.67^b (0.66)	11.05^b (0.49)	12.02^a (0.49)	0.0297	11.76^a (0.45)	10.50^b (0.53)	12.01^{ab} (1.37)	0.0161	11.33 (0.45)	11.60 (0.59)	11.92 (1.84)	0.8329
Partial muscle traits by thoracic vertebra												
6th												
Total belly (cm)	172.28 (2.80)	170.76 (2.09)	172.51 (2.07)	0.6057	172.51 (1.91)	169.49 (2.24)	177.11 (6.04)	0.1758	171.44 (1.87)	173.03 (2.50)	172.59 (7.70)	0.7566
Total muscle (cm)	83.80 (1.66)	82.31 (1.24)	80.89 (1.23)	0.1534	81.68 (1.14)	82.32 (1.34)	84.62 (3.61)	0.6351	81.87 (1.12)	82.50 (1.49)	80.39 (4.59)	0.8336
Total fat (cm)	90.41 (2.28)	91.33 (1.70)	93.77 (1.69)	0.1553	93.23 (1.56)	89.78 (1.83)	93.30 (4.93)	0.0783	91.83 (1.53)	93.58 (2.05)	93.89 (6.30)	0.5851
Muscle percentage (%)	48.76^a (0.78)	48.32^a (0.58)	47.13^b (0.57)	0.0224	47.55 (0.53)	48.67 (0.62)	47.84 (1.68)	0.0989	47.95 (0.52)	47.76 (0.70)	46.61 (2.15)	0.7878
Pectorales profundi m. (cm)	13.24 (0.52)	13.38 (0.39)	12.68 (0.38)	0.1066	12.90 (0.35)	13.20 (0.42)	14.79 (1.12)	0.1917	12.97 (0.35)	13.33 (0.46)	13.60 (1.42)	0.6184
Latissimus dorsi m. (cm)	24.31^a (0.61)	23.31^{ab} (0.46)	22.79^b (0.45)	0.0371	23.08 (0.42)	23.48 (0.49)	24.99 (1.33)	0.2515	23.38 (0.41)	22.85 (0.55)	22.72 (1.69)	0.5137
Cutaneous trunci m. (cm)	5.70 (0.24)	5.63 (0.18)	5.61 (0.18)	0.9260	5.67 (0.16)	5.59 (0.19)	5.24 (0.51)	0.6583	5.63 (0.16)	5.66 (0.21)	5.25 (0.65)	0.8255
Rectus abdominis m. (cm)	2.20 (0.53)	2.04 (0.39)	2.59 (0.37)	0.2270	2.51 (0.35)	2.00 (0.42)	1.33 (1.14)	0.2240	2.39 (0.34)	2.16 (0.47)	0.98 (1.50)	0.5573
External abdominal oblique m. (cm)	2.93 (0.45)	2.47 (0.33)	2.88 (0.31)	0.2739	2.88 (0.29)	2.46 (0.35)	2.15 (1.01)	0.2967	2.73 (0.29)	2.84 (0.39)	1.78 (1.24)	0.6887
length of sliced belly (cm)	31.10 (0.28)	30.80 (0.21)	31.03 (0.21)	0.3476	30.99 (0.19)	30.90 (0.23)	30.58 (0.64)	0.7491	31.02 (0.19)	30.70 (0.25)	30.69 (0.77)	0.3166
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.27 (0.42)	18.04 (0.32)	18.03 (0.31)	0.8333	18.08 (0.29)	17.99 (0.34)	18.86 (0.96)	0.6485	18.16 (0.28)	17.94 (0.38)	16.03 (1.15)	0.1476
Fat length (cm)	7.45 (0.30)	7.47 (0.23)	7.37 (0.22)	0.8830	7.47 (0.21)	7.30 (0.24)	7.57 (0.65)	0.6662	7.32 (0.20)	7.77 (0.27)	8.23 (0.82)	0.0806
11th												
Total belly (cm)	147.27 (2.36)	145.68 (1.77)	146.70 (1.76)	0.7079	147.10 (1.62)	144.25 (1.89)	151.29 (4.91)	0.1126	145.87 (1.59)	148.19 (2.12)	149.25 (6.54)	0.3994
Total muscle (cm)	59.64 (1.28)	59.43 (0.96)	58.18 (0.95)	0.2590	58.60 (0.88)	59.73 (1.03)	58.59 (2.67)	0.4260	58.88 (0.86)	59.10 (1.15)	59.77 (3.56)	0.9494
Total fat (cm)	88.97 (2.19)	88.28 (1.64)	89.98 (1.63)	0.4910	90.18^a (1.50)	86.30^b (1.75)	93.29^{ab} (4.54)	0.0187	88.53 (1.47)	91.34 (1.96)	90.67 (6.06)	0.2412
Muscle percentage (%)	40.58 (0.86)	40.91 (0.64)	39.89 (0.64)	0.1883	40.01^{bc} (0.59)	41.49^a (0.69)	38.86^{bc} (1.79)	0.0247	40.56 (0.58)	39.87 (0.77)	40.17 (2.39)	0.5748
Pectorales profundi m. (cm)	0.99 (0.19)	1.22 (0.14)	1.13 (0.15)	0.4074	1.10 (0.14)	1.25 (0.15)	0.85 (0.41)	0.3567	1.21 (0.13)	0.95 (0.17)	0.65 (0.49)	0.1047
Latissimus dorsi m. (cm)	4.14 (0.36)	4.52 (0.27)	4.09 (0.27)	0.1607	4.22 (0.25)	4.43 (0.29)	4.01 (0.79)	0.6461	4.22 (0.24)	4.63 (0.32)	2.86 (0.95)	0.1017
Cutaneous trunci m. (cm)	13.30 (0.37)	13.45 (0.28)	12.96 (0.28)	0.1238	13.14 (0.26)	13.36 (0.30)	13.48 (0.77)	0.6323	13.17 (0.25)	13.37 (0.33)	13.69 (1.03)	0.7089
Rectus abdominis m. (cm)	7.19 (0.24)	6.80 (0.18)	6.82 (0.18)	0.2165	6.87 (0.16)	6.92 (0.19)	6.76 (0.50)	0.9230	6.91 (0.16)	6.69 (0.21)	7.37 (0.66)	0.3459
External abdominal oblique m. (cm)	8.95^a (0.27)	8.32^b (0.20)	8.29^b (0.20)	0.0368	8.32 (0.19)	8.54 (0.22)	9.29 (0.57)	0.1415	8.43 (0.18)	8.28 (0.25)	9.34 (0.76)	0.3569
length of sliced belly (cm)	31.10 (0.31)	30.90 (0.23)	31.18 (0.23)	0.3441	31.21 (0.21)	30.75 (0.25)	30.67 (0.66)	0.0686	31.05 (0.21)	31.04 (0.28)	31.58 (0.84)	0.8149
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.33 (0.36)	24.81 (0.27)	25.22 (0.27)	0.1338	25.13 (0.25)	24.94 (0.29)	25.21 (0.78)	0.7020	25.16 (0.24)	24.75 (0.32)	25.09 (0.98)	0.3208
Fat length (cm)	5.25 (0.28)	5.43 (0.21)	5.38 (0.21)	0.7967	5.45 (0.19)	5.26 (0.22)	4.97 (0.60)	0.4584	5.31 (0.19)	5.62 (0.25)	5.67 (0.75)	0.2982
14th												
Total belly (cm)	140.32 (2.29)	138.83 (1.72)	139.28 (1.71)	0.7963	139.64 (1.58)	137.82 (1.84)	145.32 (4.77)	0.2027	138.87 (1.54)	140.76 (2.06)	141.23 (6.35)	0.5374
Total muscle (cm)	63.06 (1.43)	61.69 (1.07)	61.02 (1.06)	0.3351	61.18 (0.99)	62.63 (1.15)	62.20 (2.98)	0.3192	61.86 (0.96)	61.05 (1.28)	59.03 (3.97)	0.6075
Total fat (cm)	78.82 (2.13)	79.47 (1.60)	79.99 (1.59)	0.8382	80.36 (1.46)	77.34 (1.70)	83.90 (4.42)	0.0619	78.85 (1.43)	82.11 (1.90)	83.56 (5.89)	0.1084
Muscle percentage (%)	45.10 (0.96)	44.60 (0.72)	44.07 (0.71)	0.4826	44.04 (0.66)	45.53 (0.77)	43.36 (1.99)	0.0581	44.77 (0.64)	43.45 (0.86)	42.11 (2.65)	0.1324
Cutaneous trunci m. (cm)	17.32 (0.48)	17.15 (0.36)	16.66 (0.36)	0.1891	16.86 (0.33)	17.24 (0.39)	16.90 (1.00)	0.5073	16.95 (0.32)	17.04 (0.43)	17.25 (1.34)	0.9528
Rectus abdominis m. (cm)	6.13 (0.31)	5.67 (0.23)	5.73 (0.23)	0.2990	5.73 (0.21)	5.95 (0.25)	5.12 (0.64)	0.3195	5.82 (0.21)	5.63 (0.28)	5.62 (0.85)	0.7090
External abdominal oblique m. (cm)	14.36 (0.50)	14.03 (0.38)	13.84 (0.37)	0.5476	13.84 (0.34)	14.34 (0.40)	14.27 (1.04)	0.3269	14.05 (0.34)	13.85 (0.45)	13.71 (1.39)	0.8500
length of sliced belly (cm)	31.01 (0.32)	30.59 (0.24)	30.89 (0.24)	0.2238	30.91 (0.22)	30.53 (0.26)	30.75 (0.69)	0.1920	30.77 (0.22)	30.83 (0.29)	31.48 (0.87)	0.7029
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.74 (0.34)	24.27 (0.26)	24.49 (0.26)	0.3063	24.46 (0.24)	24.39 (0.28)	24.80 (0.74)	0.8429	24.48 (0.23)	24.25 (0.31)	25.04 (0.94)	0.5525
Fat length (cm)	5.27 (0.27)	5.39 (0.20)	5.43 (0.20)	0.8416	5.49 (0.19)	5.18 (0.22)	5.02 (0.58)	0.1819	5.31 (0.18)	5.63 (0.24)	6.02 (0.73)	0.2051

Haplotype 대체효과를 추정한 결과는 Table 2-22와 같다. Haplotype1이 Haplotype2로 변할 때, 즉 *Alu* site의 변이가 A에서 T로 치환될 경우에 삼겹살의 두께(belly thickness)와 근간지방(intermuscular fat)은 감소하지만, 흉추6번에서의 근육비율(muscle percentage)와 넓은등근(Latissimus dorsi muscle)이 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈다. *Alu* 자체만으로 연관성분석을 실시했을 경우, 흉추6번에서 깊은흉근이, 흉추11번에서 삼겹살단면적과 근육단면적이 TT type이 증가하는 경향을 보였는데, 형질간의 관계를 고려하였을 경우, 이는 비슷한 경향이라고 판단할 수 있다. Haplotype1이 Haplotype3로 변환되어 AAA의 haplotype이 GTT로 전부 변환될 때는 삼겹살 두께와 흉추6번에서의 몸통피부근단면길이(length of cutaneous muscle)만 변화하여 haplotype1에서 haplotype2로 변환될 때 보다 삼겹살 관련 형질에 더 적은 영향을 미쳤으며, haplotype2에서 haplotype3로 변환될 때도 삼겹살 두께에서만 차이를 보여 다른 유전자형이 AA로 고정되었을 경우 *PPARGC1A*의 SNP중 *Alu* site의 영향이 가장 크다고 생각될 수 있다.

Haplotype별로 해당 haplotype이 0 copy일 경우, 1 copy일 경우, 2 copy일 경우에 대하여 형질과 연관성분석을 한 결과는 Table 2-23과 같다. Haplotype1이 0 copy일 경우 haplotype1에서 2로의 대체효과를 추정하였을 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 삼겹살두께가 얇지만, 근간지방 또한 얇게 나타났고, 흉추6번에서의 근육비율이 늘어나고, 넓은등근단면적이 커지는 경향이 나타났다. 또한, 흉추11번에서의 배바깥경사근의 단면적이 커지므로써, 떡지방을 없애는데에도 효과적일 것이라고 판단된다. Haplotype2의 경우를 살펴보면, 두 개의 copy 수를 갖는 개체가 492두 중 11두로 2.2%밖에 되지 않았다. 경향치를 살펴보았을 때, Haplotype2를 갖지 않은 개체가 1 copy를 갖고 있는 개체보다 삼겹살의 중량이 무거우며, 근간지방도 두껍게 나타나는 경향을 보였고, 흉추11번에서의 지방단면적은 넓고, 근육비율은 낮은 것으로 조사되었다. 떡지방이 발생하는 흉추11번에서의 지방단면적이 넓은 것을 감안하였을 경우, haplotype2를 갖는 개체는 삼겹살 품질이 좋지 않을 수 있다고 판단할 수 있다. Haplotype3의 경우, 카피 수에 따라 유의차가 나는 형질이 존재하지 않았다.

Haplotype의 연관성분석 결과로는 Haplotype1이 0 copy일 경우, Haplotype2가 0 copy일 경우가 더욱 삼겹살 품질이 우수할 것으로 예상되나, 두 Haplotype이 현재 집단에서 차지하는 비율이 매우 크기때문에, Haplotype이 아닌 가장 영향이 있는 단일 마커 혹은 *PPARGC1A* 외 다른 유전자마커로의 접근이 필요할 것으로 판단된다.

제 3절 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발

1. 삼겹살 관련 후보유전자 탐색 및 다형성 발굴

가. 삼겹살 관련 후보유전자 탐색

(1) 삼겹살 세부근육 관련 후보유전자 탐색

제 1세부과제에서는 Candidate gene approach와 관련하여 삼겹살 형태 및 형성과 관련되는 주요기능을 가진 후보유전자군을 선정하는 것을 1차년도 목표로 하고 있다. 따라서 첫 번째로 후보유전자 선정과 관련하여 삼겹살을 구성하고 있는 15개의 근육 중 중요하다고 판단되는 세부근육을 중심으로 관련된 유전자 연구가 있는지 살펴보았다. 검색어로는 각 세부근육의 명칭과 유전자(gene)를 동시에 사용하였고, google의 학술검색 서비스(<http://scholar.google.co.kr>)를 이용하여 검색하였다. 삼겹살 세부근육과 관련된 유전자를 검색하였을 때 유효검색건수는 1건으로, 넓은등근(latissimus dorsi muscle)과 관련하여 닭에서의 연구가 검색되었다(Carson and Booth 1998). 운동을 하여 *myogenin*의 mRNA 발현량이 증가하고, 전방 넓은등근(anterior latissimus dorsi muscle)이 증가한다는 내용이나, 닭의 경우 날개부분의 운동으로 인한 자극에 의하여 근육의 증가로 이어지는 내용이기 때문에 적절한 후보유전자로 판단되지 않았다. 따라서 지금까지의 삼겹살 세부근육 연구가 제대로 이루어지지 않았다고 판단하고, 세부근육 관련 후보유전자를 탐색하기 위하여 다른 방안을 탐색하였다.

(2) 몸통하측근(hypaxial muscle)과 관련된 후보유전자 탐색

몸통하측근(hypaxial muscle)은 몸통의 밑 부분을 구성하고 있는 근육의 큰 분류로써, 삼겹살을 포함하고 있다. 따라서, 삼겹살을 포함하고 있는 몸통하측근의 발달이 삼겹살의 세부근육과 연관이 있을 것이라고 판단되어 그와 관련된 유전자를 검색하였다. 검색어는 몸통하측근 발달(hypaxial muscle development)과 유전자(gene)를 사용하였고, 검색결과 6개의 유효논문이 검색되었다. 그 중 가장 몸통하측근과 관련 있다고 판단되는 유전자는 *MYOD1* (myogenic differentiation 1) 유전자이다(Birchmeier and Brohmann 2000, Kablar, Krastel *et al.* 2003). 검색된 연구결과로는 배발달(embryonic development)단계에서 몸통하측근의 발달에 영향을 미치기 때문에 삼겹살 세부근육 관련 후보유전자라고 판단되며, 기본적으로 myogenic factors subfamily에 속하는 basic helix-loop-helix family transcription factor로, 근섬유발달과정(myogenesis)에서 섬유아세포(fibroblast)가 근원세포(myoblast)로 분화(differentiation)하는 것을

촉진하는 역할을 하여, 근육발달에 영향을 미치므로 적절한 후보유전자라고 판단된다(Rudnicki, Braun *et al.* 1992). 돼지의 *MYOD1* 유전자에 대한 연구는 1997년부터 시작되었다. 돼지 *MYOD1*은 2번 염색체에 위치하고 있고, 3개의 Exon으로 이루어져 있으며, 전사체의 길이 (transcript length)는 960 base pairs (bps), 번역체의 길이(translation length)는 319 residues이다 (Čepica, Yerle *et al.* 1999). 밝혀진 변이는 총 4개로, 모두 SNP (single nucleotide polymorphism)이다(Figure3-1, Table 3-1).

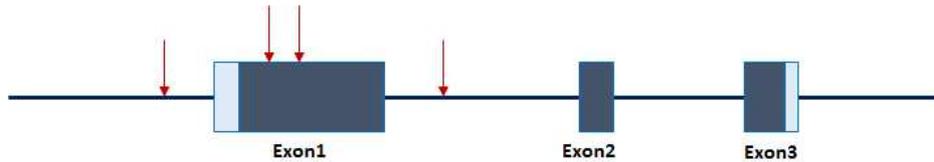


Figure 3-1. Genomic structure and variation positions of *MYOD1* gene

본 연구진도 *MYOD1*에 대한 연구를 진행하여, *MYOD1*의 SNP들이 적육생산능력에 영향을 미치는 바 있다(Lee, Kim *et al.* 2012). 따라서 본 연구에서는 *MYOD1*을 후보유전자로 삼아 유전자의 변이가 삼겹살 세부근육에 미치는 영향을 알아보고 세부근육 관련 DNA마커를 개발하고자 한다.

Table 3-1. Searched polymorphisms and PCR-RFLPs in *MYOD1* gene

Polymorphism	Region	Nucleotide	Restriction Enzyme	Etc.	Reference
SNP1	5' upstream	c.-145G>A	-		Urbański P <i>et al.</i> , 2004a
SNP2	Exon1	c.150C>T	<i>Bss</i> SI	Synonymous	Urbański P <i>et al.</i> , 2004b
SNP3	Exon1	c.227G>C	<i>Bss</i> SI	Arg → Pro	Urbański P <i>et al.</i> , 2004b
SNP4	Intron1	c.630+295C>A	<i>Dde</i> I		Knoll A <i>et al.</i> , 1997

(3) 삼겹살 및 부분육 관련 후보유전자 탐색

현재까지 연구된 삼겹살 관련 유전자를 탐색하기 위하여 삼겹살 및 부분육과 관련된 문헌 검색을 실시하였다. 검색어는 돼지고기(pork), 유전자(gene)을 포함하고, 삼겹살, 부분육, 대분할 부분육 또는 지방비율 (belly, part meat, primal cut or fat ratio) 들을 각각 넣어서 검색을 실시하였다. 유효논문 검색건수는 총 6건이며, 후보유전자는 *IGF2* (insulin-like growth factor 2 - somatostatin A)가 검색되었으나(Vykoukalova, Knoll *et al.* 2006), *IGF2*가 영향을 미치는 형질은 삼겹살지방량으로써 현재 세부근육을 통한 삼겹살 품질 특화를 목표로 한 본 연구와는 거리가

있다고 판단된다. 따라서, 세부근육 관련 후보유전자를 탐색하기 위하여 현재까지 연구되었던 삼겹살 관련 유전자 검색이 아닌 다른 방안을 탐색하였다.

(4) 지방 및 근육형성관련 QTL내 후보유전자 탐색

삼겹살은 15개의 근육과 근간지방 등으로 구성되므로 근육 및 지방 관련 주요 유전자들이 삼겹살의 양과 품질에 주요하게 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 Gene ontology 분석, QTL분석, signal pathway분석의 3단계를 통해 최적 후보유전자를 선정하였다.

(가) Gene Ontology (GO) 탐색

따라서 우선적으로 NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) 데이터베이스에서 Gene Ontology (GO)를 이용하여 근육(muscle)과 지방(Fat or Lipid) 관련된 유전자들을 탐색하였다. 현재까지 돼지와 관련된 GO 데이터베이스가 구축되어있지 않기 때문에 검색에는 사람의 데이터베이스를 사용하였다. 검색결과 총 603개의 근육관련 유전자와 총 775개의 지방관련 유전자가 검색되었다. 그중에서 근육과 지방에서 모두 검색된 유전자는 53개의 유전자였고, 그 중 돼지에서 존재하는 유전자는 38개였다(Table 3-2).

Table 3-2. Candidate genes for pork belly searched by GO term

No.	Gene	Definition
1	<i>ADIPOQ</i>	adiponectin
2	<i>AKAP1</i>	A kinase (PRKA) anchor protein 1
3	<i>CARP</i>	cardiac ankyrin repeat protein
4	<i>CAV1</i>	caveolin 1
5	<i>CAV2</i>	caveolin 2
6	<i>CBY1</i>	chibby homolog 1
7	<i>COL4A3BP</i>	collagen, type IV, alpha 3 (Goodpasture antigen) binding protein
8	<i>CCN2</i>	connective tissue growth factor
9	<i>GPX1</i>	glutathione peroxidase 1
10	<i>HES1</i>	hairy and enhancer of split 1
11	<i>ID2</i>	inhibitor of DNA binding 2
12	<i>IL1B</i>	interleukin 1, beta
13	<i>IL6</i>	interleukin 6
14	<i>ITGB1</i>	integrin, beta 1
15	<i>ITGB3</i>	integrin, beta 3
16	<i>KLF4</i>	Kruppel-like factor 4
17	<i>LRP6</i>	low density lipoprotein receptor-related protein 6
18	<i>MB</i>	myoglobin
19	<i>MED1</i>	mediator complex subunit 1
20	<i>NR2F2</i>	nuclear receptor subfamily 2, group F, member 2
21	<i>PPARGC1A</i>	peroxisome proliferator activated receptor gamma, coactivator 1 alpha

Table 3-2. Continued

No.	Gene	Definition
22	<i>PTEN</i>	phosphatase and tensin homolog
23	<i>PTGS1</i>	prostaglandin-endoperoxide synthase 1
24	<i>PTGS2</i>	prostaglandin G/H synthase-2
25	<i>RBI</i>	retinoblastoma 1
26	<i>RGS2</i>	regulator of G-protein signaling 2
27	<i>SDC1</i>	syndecan 1
28	<i>SFRP2</i>	secreted frizzled-related protein 2
29	<i>SIN3B</i>	SIN3homologB,transcriptionregulator
30	<i>SIRT1</i>	sirtuin 1
31	<i>SMARCD3</i>	SWI/SNF related, matrix associated, actin dependent regulator of chromatin, subfamily d, member 3
32	<i>SORBS1</i>	sorbin and SH3 domain containing 1
33	<i>STAT5B</i>	signal transducer and activator of transcription 5B
34	<i>TCF7L2</i>	transcription factor 7-like 2 (T-cell specific, HMG-box)
35	<i>TGFB1</i>	transforming growth factor, beta 1
36	<i>TNFa</i>	tumor necrosis factor
37	<i>WNT10B</i>	wingless-type MMTV integration site family, member 10B
38	<i>ZFPM2</i>	zinc finger protein, multitype 2

(나) 근육 및 지방관련 QTL 탐색

이어서 GO term을 이용하여 탐색된 후보유전자들이 근육 또는 지방과 관련 양적형질유전자 좌위(Quantitative trait locus, QTL) 영역내에 위치하고 있는지 확인하기 위해 pigQTLdb (<http://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/SS/index>)를 이용하였다. Abdominal fat percentage (복부지방비율), Abdominal fat weight (복부지방무게), Belly meat content (삼겹살 고기량), Belly weight (삼겹살 중량), 지방과 고기 비율인 Fat to meat ratio와 Meat to fat ratio를 검색어로 하여 삼겹살 관련 QTL 위치를 확인하였다(Table 3-3, Figure 3-2).

Table 3-3. QTL for pork belly traits

Keyword	Chromosome	Location (cM)
Abdominal fat percentage	4	41.8-27.1, 73.3-76.6 (cM)
	1	73-81 (cM)
	2	57.4-66.1 (cM)
Abdominal fat weight	3	0-42.3 (cM)
	4	46-85 (cM)
	6	62.8-112 (cM)
	7	30.2-54.1, 58-79 (cM)

Table 3-3. Continued

Keyword	Chromosome	Location (cM)
Belly meat content	1	16.4-110.5 (cM)
	2	9.8-128.2 (cM)
	5	88.2-101.6 (cM)
	6	7.3-62.8 (cM)
	8	1.3-20.8 (cM), 96.3-112.3 (cM)
	16	0-46.9 (cM)
Belly weight	1	58.5-86.2 (cM)
	4	46-92 (cM)
	5	90-127 (cM)
	6	23.2-50.8 (cM), 83.3-105.2 (cM), 110.8-118.1 (cM)
	7	48.2-80 (cM)
	8	46-77 (cM)
	12	64.7-80.2 (cM)
	14	37.4-110.9 (cM)
Fat to meat ratio	1	16.4-110.5 (cM), 122.6-142.8 (cM)
	2	0-128.2 (cM)
	5	88.2-101.6 (cM)
	6	7.3-62.8 (cM), 115-88.2 (cM)
	8	62.2-96.3 (cM)
Meat to fat ratio	X	71.7-74.4 (cM)
Total	1	16.4-110.5 (cM), 122.6-142.8 (cM)
	2	0-128.2 (cM)
	3	0-42.3 (cM)
	4	41.8-92 (cM)
	5	88.2-127 (cM)
	6	7.3-118.1 (cM)
	7	30.2-80 (cM)
	8	1.3-20.8 (cM), 46-112.3 (cM)
	12	64.7-80.2 (cM)
	14	37.4-110.9 (cM)
	16	0-46.9 (cM)
	X	71.7-74.4 (cM)

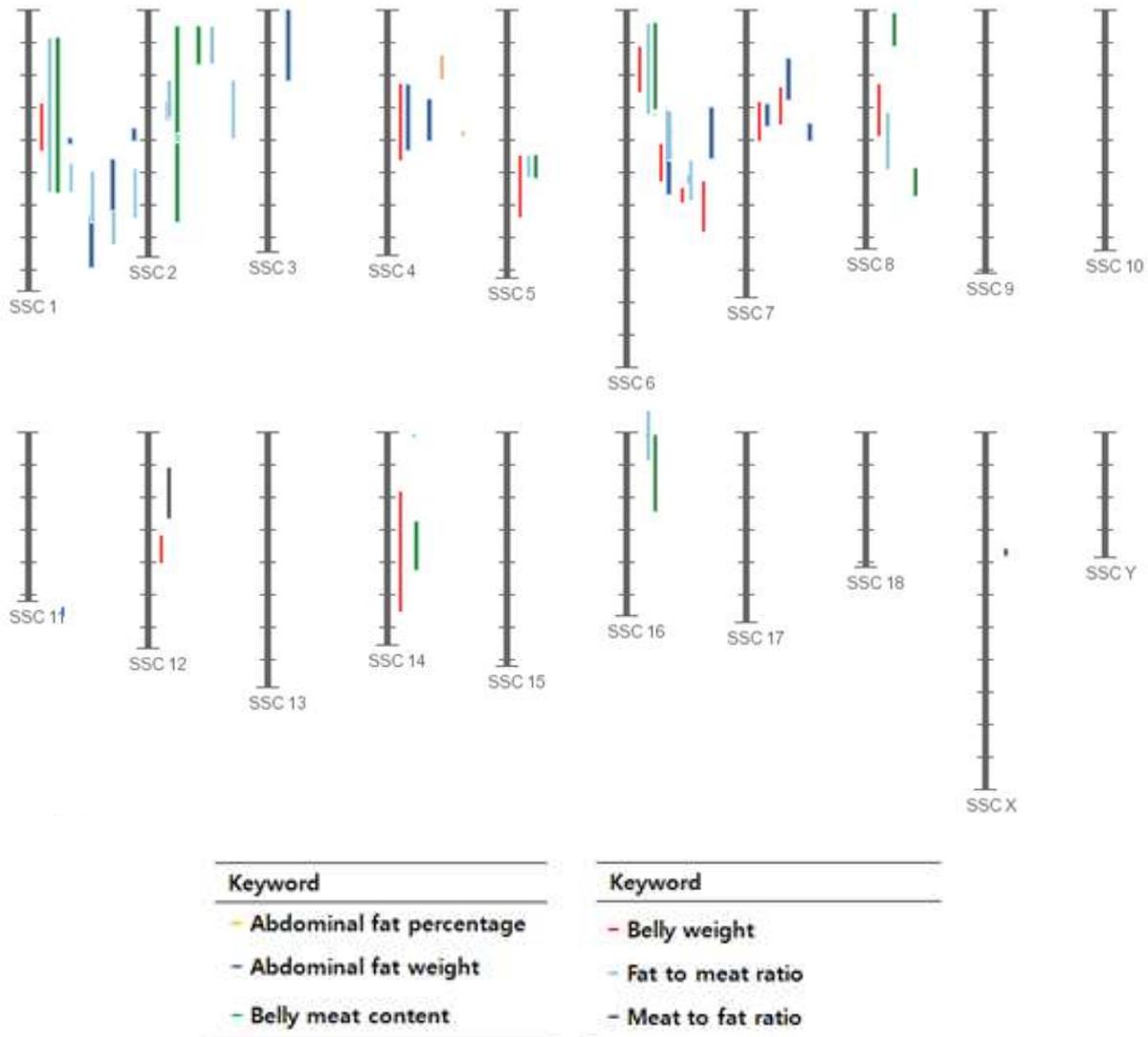


Figure 3-2. QTL related with pork belly traits

(다) KEGG 데이터베이스를 이용한 근육과 지방관련 pathway 탐색

또한, KEGG 데이터베이스(<http://www.genome.jp/kegg/>)를 이용하여 실질적으로 지방과 근육 형성과 관련된 pathway 상에 존재하는지를 알아보았다. 근육관련 pathway로는 TGF-beta signaling pathway와 Wnt signaling pathway 등이 검색되었고, 지방관련 pathway 로는 PPAR signaling pathway와 Wnt signaling pathway 등이 검색되었다.

TGF-beta signaling pathway (Figure 3-3)는 근육관련 유전자들의 발현을 조절하는 성장요인 (growth factor)으로 알려져 있으며(Cusella *et al.*, 1994), 근육의 발달과 생후 골격근 크기에 영향을 미칠 것이라는 보고가 있다(Kollias and McDermott, 2008). 또한, TGF-beta signaling pathway가 촉진되면 지방세포의 분화를 저해한다고 알려져 있다(Gregoire *et al.* 1998).

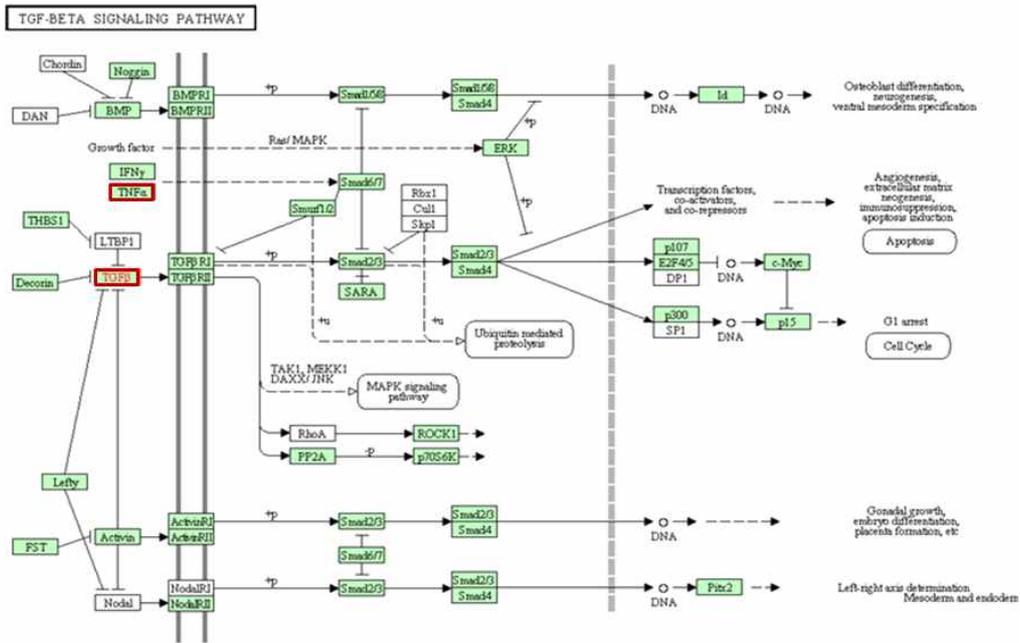


Figure 3-3. Pathway of TGF-beta signaling pathway

Wnt signaling pathway (Figure 3-4)는 adipogenesis를 조절한다고 알려져 있으며 (Ross *et al.* 2000, Bennett *et al.* 2002), skeletal myogenesis에도 관여한다고 알려져 있다(Buckingham 2001). 아울러, Wnt는 발생시기 뿐 아니라 생후에도 골격근에 영향을 미친다고 보고된바 있다 (Brack *et al.* 2007).

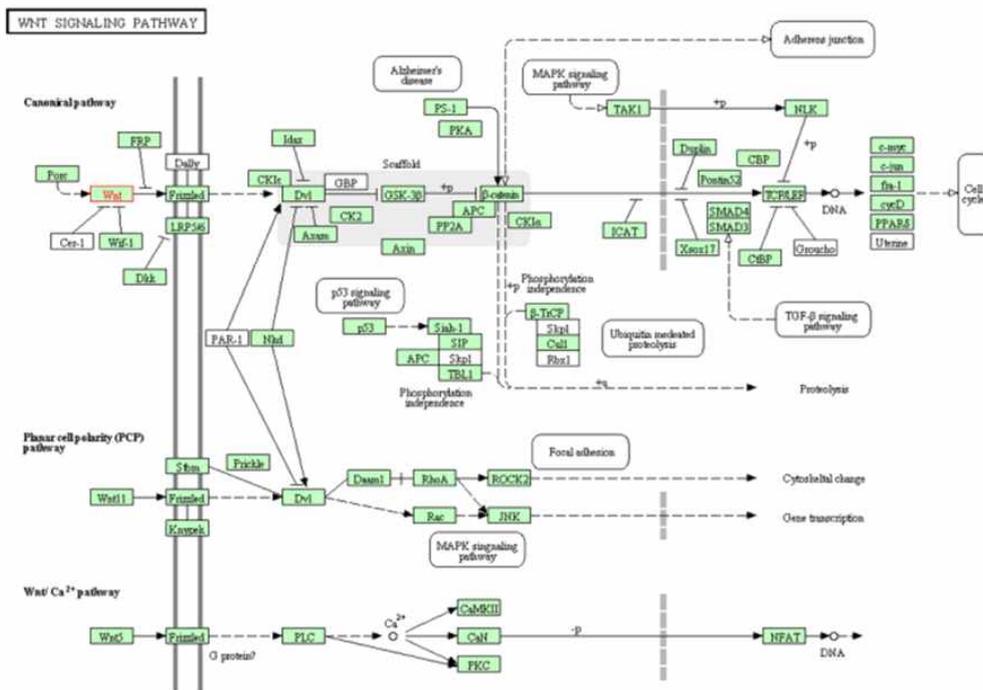


Figure 3-4. Pathway of Wnt signaling

PPAR signaling pathway (Figure 3-5)는 adipogenesis에 관여하며, lipid의 대사에 중요한 역할을 한다고 알려져 있으며(Kliwer *et al.* 1995, Tontonoz *et al.* 1998), 골격근의 리모델링에도 관여한다고 보고된 바 있다(Gilde and Van Bilsen, 2003).

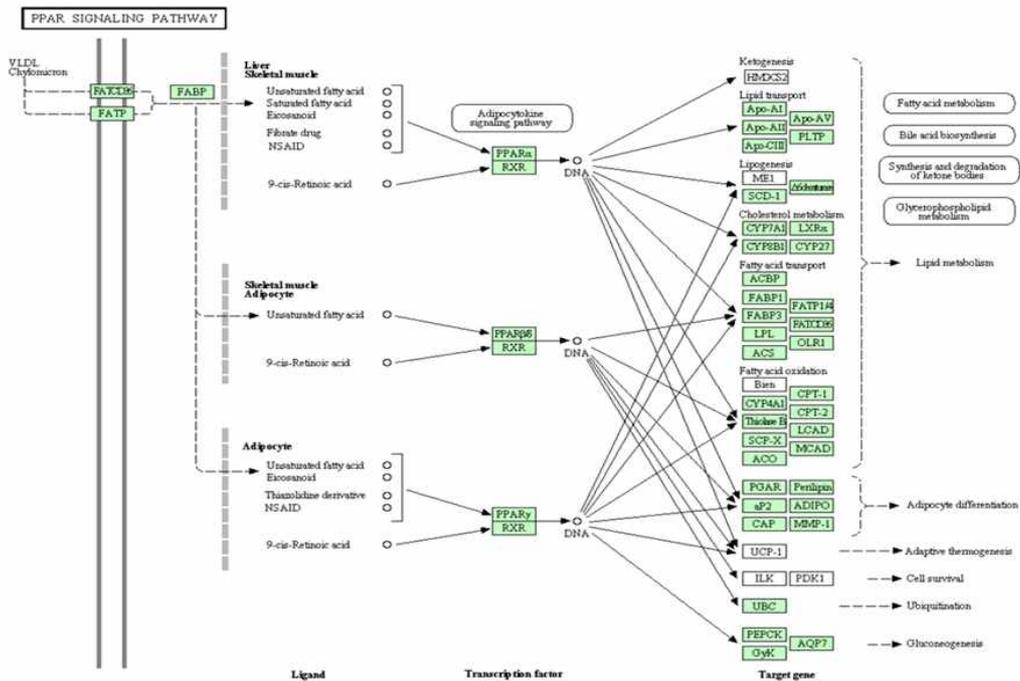


Figure 3-5. Pathway of PPAR signaling

(라) 삼겹살 관련 최적 후보유전자 선정

GO term을 이용하여 발굴된 후보유전자들의 염색체상 위치와 pathway 정보를 종합하여서 최적의 후보유전자를 선정하였다. 결론적으로 기능적으로 근육과 지방과 관련된 GO term으로 정의되고, 삼겹살 관련 QTL에 존재하며, 근육과 지방관련 pathway에 관여하는 4개의 유전자가 선정되었다(Table 3-4).

Table 3-4. Candidate gent for pork belly traits

Gene	Location	Pathway
<i>TGFB1</i>	6q11-q21	TGF-beta signaling pathway, Adipocytokine signaling pathway
<i>TNF</i>	7p11-q11	TGF-beta signaling pathway, MAPK signaling pathway
<i>WNT10B</i>	5	Wnt signaling pathway, Hedgehog signaling pathway
<i>PPARGCIA</i>	8p2.1-p2.3	The PPAR signalling pathway, Insulin signaling pathway

나. 후보유전자의 발현영역 및 발현조절영역 염기서열구조 분석 및 품종간, 품종내 다형성 발굴

Go term, QTL, signal pathway 분석을 통해 최종 선정된 삼겹살관련 후보유전자에 대해 Berkshire, Duroc, Landrace, Yorkshire의 4개 품종을 대상으로 염기서열변이를 탐색했다. 이를 위해 동 품종 돼지 10두의 DNA를 혼합하여 품종별로 각각 2개(총 20두)의 pooling DNA sample을 조성하여 염기서열 분석에 이용하였다. 각 돼지의 DNA는 EDTA를 처리한 혈액표본에서 Sambrook 등(1989)의 방법 또는 조직DNA추출키트 (G-DexTMIIb, Intronbio., Korea)를 이용하여 추출하였다. 각각의 후보유전자에 대한 염기서열분석을 위해 Primer3 program (<http://frodo.wi.mit.edu/primer3/>)을 이용하여 특이 프라이머 set (P1~P56)을 제작하였다. 각각의 프라이머는 염기서열분석효율을 고려하여 annealing temperature는 59°C로 700~800bp의 PCR 산물을 얻을 수 있도록 제작하였다. 단, 일부 프라이머는 유전자의 염기서열구조를 고려하여 유동적으로 제작했다. PCR은 총 부피 30 μ l로 100ng의 돼지 DNA와 10pmol의 primer, 0.25mM의 dNTP, 1x PCR buffer 및 1.25U의 DNA polymerase (i-MaxTMII, Intronbio., Korea)를 넣고 Mastercycler gradient (Eppendorf Co., Germany)를 이용하여 수행했다. 염기서열분석은 ABI PRISM[®]3730 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA)로 실시했으며, Seqman program (DNASTAR, USA)으로 최종 염기서열분석 및 품종간, 품종내 다형성(polymorphisms)을 분석하였다. 발굴된 염기다형성에 대한 보다 용이한 유전자형진단을 위해 본 연구에서는 PCR-RFLP를 이용할 계획이다. 따라서, 각각의 염기변이위치를 특이적으로 인식할 수 있는 제한효소 (restriction enzyme)을 탐색했다.

(1) Transforming growth factor, beta1 유전자

Transforming growth factor, beta1 (*TGFBI*) 유전자는 골격근발달 시에 근세포의 증식과 분화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Zentella and Massague 1992, Li and Velleman 2009), 백색지방조직과 관련이 있어 비만과 연관있는 것으로 알려져있다(Trayhurn and Wood 2004). 돼지의 *TGFBI* 유전자는 돼지 염색체 6번에 위치하고 있으며(Yerle, Archibald *et al.* 1990), cDNA를 이용하여 exon 영역의 염기서열 및 유전자 구조가 분석되었다(Kondaiah, Van Obberghen-Schilling *et al.* 1988). *TGFBI*의 총 유전자크기는 14,941bp이며, exon은 8개로 2,251bp크기이다. 현재까지 총 4개의 SNP가 intron 영역에서 발견되었으며 exon 영역의 크기에 비하여 유전자의 크기가 크므로 flanking intron부분을 포함한 exon 영역과 발현조절영역인 5' upstream 영역과 3' downstream 영역의 염기서열을 분석하였다. 염기서열을 분석하기 위하여 보고되어 있는 clone (Sus scrofa breed mixed chromosome 6, Sscrofa10.2, GenBank

accession number NC_010448.3)을 토대로 10개의 amplicon을 PCR 증폭할 수 있는 특이 primer (P1~P20)을 제작하였다(Table 3-5).

Table 3-5. Primer sets for detecting polymorphisms of porcine *TGFBI* gene

Amplicon number	Primer number	Primer sequence	Binding region	Size (bp)
Seq1	P1	5'-CTTCCACTGTCACCCTCCTT-3'	Exon1	722
	P2	5'-GCTTCTTCCTCCTCTTCTGG-3'		
Seq2	P3	5'-CTGTGTCCCCATCCTCTGAT-3'	Exon1	633
	P4	5'-TTTCCTCTTCTCCAACCAG-3'		
Seq3	P5	5'-TACTGAGGGGCACACTTCCTG-3'	Exon2	733
	P6	5'-TCAGGTTTGTACGGCTGAG-3'		
Seq4	P7	5'-CACGATGTCTGGAAGGAGAA-3'	Exon3	795
	P8	5'-GCAGCAACAACACTGAATCC-3'		
Seq5	P9	5'-TGTTTGTGTTGCGACTGTG-3'	Exon4	680
	P10	5'-GAATTGAACCCTGCTTTGGT-3'		
Seq6	P11	5'-GAGGCTGCAGGCTAAGAACT-3'	Exon5	760
	P12	5'-AACATCCTCTGATGCCACAA-3'		
Seq7	P13	5'-AGGCTTGTTTTGAGCCTTGT-3'	Exon6	735
	P14	5'-TTGCTTAAACATCCCCCTTC-3'		
Seq8	P15	5'-ATGAAGGCGAGACAGTGAGA-3'	Exon7, 8	783
	P16	5'-ACCAGTCGGGTAGGTTACCA-3'		
Seq9	P17	5'-CCTGTGTCTGTCCACCATTTC-3'	Exon7, 8	687
	P18	5'-TGTAGCTCACCCCAAATTCA-3'		
Seq10	P19	5'-AATAATTCCTGCCACCAAG-3'	Exon7, 8	797
	P20	5'-GAAAGCAAGACCAGTGCAGA-3'		

돼지 *TGFBI* 유전자의 염기서열 분석결과를 기존의 clone sequence와 alignment 하여 품종간 및 품종 내 변이를 탐색하였다. 그 결과 총 9개의 단일염기다형성(single nucleotide polymorphism, SNP)이 발견되었다(Figure 3-6). 발견된 SNP는 intron 영역에 5개, 3' untranslated region (UTR)에 3개, 그리고 3' downstream 영역에 1개가 분포하고 있다. Berkshire에서만 변이를 나타낸 g.7304G>A를 제외한 모든 SNP들은 Yorkshire에서 변이를 나타냈으며, 특히 intron3에 위치한 g.7398A>G는 Berkshire, Duroc, Landrace, Yorkshire의 4개 품종 모두에서 변이가 나

타났다. 또한 g.7218C>T, g.15533C>T, g.17705A>C는 Yorkshire에서만 변이가 발견되고 다른 3품종에서는 각각 C, C, A allele로 고정되어 있는 것으로 나타난 바 Yorkshire 품종 특이 마커로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 각각의 SNP에 대한 PCR-RFLP를 이용한 유전자형 분석을 위해 그 위치를 특이적으로 인식할 수 있는 제한효소(Restriction enzyme)을 탐색하였다 (Table 3-6). 이를 통해 *AclI*, *EcooO109I*, *BbvI* 등의 제한효소를 확인하였다.

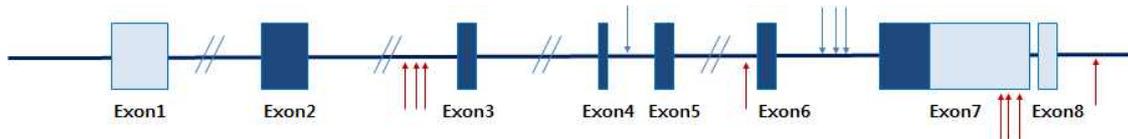


Figure 3-6. Genomic structure and variation positions of *TGFBI* gene

Table 3-6. Identification of polymorphisms and PCR-RFLPs in *TGFBI* gene

Polymorphism	Amplicon	Region	Nucleotide	Variation ¹	Restriction Enzyme
SNP1	4	Intron2	g.7218C>T	Y	<i>AclI</i>
SNP2	4	Intron2	g.7304G>A	B	<i>EcooO109I</i>
SNP3	4	Intron2	g.7398A>G	B, D, L, Y	<i>BbvI</i>
SNP4	7	Intron5	g.15533C>T	Y	-
SNP5	7	Intron6	g.15773G>A	D, Y	<i>AvallI</i>
SNP6	9	3'UTR	g.17214A>G	D, Y	<i>AlwNI</i>
SNP7	9	3'UTR	g.17218A>G	D, Y	<i>BstI</i>
SNP8	10	3'UTR	g.17705A>C	Y	<i>MspI</i>
SNP9	10	3'downstream	g.18196C>T	L, Y	<i>HphI</i>

¹ B: Berkshire, D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire

(2) Tumor necrosis factor alpha 유전자

Tumor necrosis factor alpha (*TNF*)는 면역적으로 중요한 역할을 하는 cytokine으로 알려져 있을 뿐만 아니라 (Pasparaki *et al.*, 1996), 지방세포의 양과 *TNF* 유전자의 발현양은 밀접한 관계가 있으며 비만과도 연관된다고 보고된 바 있다(Hotamisligil *et al.*, 1995; Bahceci *et al.*, 2007; Arner *et al.*, 2010). 또한, *TNF* 유전자는 muscle regeneration, skeletal muscle fatty acid metabolism 등과 관련되어 있음이 보고된 바 있다. 뿐만 아니라 근육의 조성에도 영향을 미친다는 연구결과로 미루어 볼 때(Remels *et al.*, 2010) *TNF*는 삼겹살의 양뿐만 아니라 질에도 관여할 수 있는 주요후보유전자로 여겨진다. *TNF* 유전자는 돼지 염색체 7번에 위치하고 있다 (Solinas 등, 1992). *TNF* 유전자의 크기는 2,758bp이고 4개의 exon으로 구성되어 있으며, exon의 크기는 1,298bp이다. *TNF* 유전자의 경우, 그 크기가 크지 않으므로 *TGFBI* 유전자와 달리 전장염기서열분석(full length sequencing)을 실시했다. 이를 위해 기 보고되어 있는 서열(GenBank accession number NC_010449)을 바탕으로, 총 9개의 amplicon을 PCR 증폭할 수 있는 primer set(P21~38)을 제작했다(Table 3-7).

Table 3-7. Primer sets for detecting polymorphisms of porcine *TNF* gene

Amplicon number	Primer number	Primer sequence	Binding region	Size (bp)
Seq1	P21	5'-CCACCAGTGGCCTCTACTTT-3'	5'upsteam	827
	P22	5'-CTCATGAGCCTCCAGTCAAG-3'		
Seq2	P23	5'-GGATGGAGAGAAGGGAATCA-3'	5'upsteam	819
	P24	5'-CTCTGCTGCTGGTTTCAGTC-3'		
Seq3	P25	5'-GGCTGGAGATACAGGGACAT-3'	5'upsteam	727
	P26	5'-GTTTGGAAAGTTGGGGACAC-3'		
Seq4	P27	5'-TCCAGGGTCCTACACACAGA-3'	Exon1	784
	P28	5'-CATGATTTCCCTCCCCACACT-3'		
Seq5	P29	5'-ACCACGCTCTTCTGCCTACT-3'	Exon2	840
	P30	5'-AGACCCTCAGACTTCCCAGA-3'		
Seq6	P31	5'-CAGTTCTGAGCTTGGACAGG-3'	Exon3, 4	754
	P32	5'-GAGGTTGACCTTGGTCTGGT-3'		
Seq7	P33	5'-GACAGATGGGCTGTACCTCA-3'	Exon4	722
	P34	5'-GGGAAGTCTGGAAAATTGGA-3'		
Seq8	P35	5'-CAACCTGGGACATCTGGAA-3'	Exon4	840
	P36	5'-CTCTTTCAGCCGGAAGTCTC-3'		
Seq9	P37	5'-CCCTCCCCTAAGAAAGGAAC-3'	3'down stream	850
	P38	5'-CTACTGCGCCATAACCAGAA-3'		

돼지 *TNF* 유전자 각각의 amplicon에 대해 분석된 염기서열을 alignment 하여 유전체내 염기 변이를 탐색하였으며, 이를 통해 총 8개의 SNP를 발견했다(Figure 3-7). 단백질을 코딩하고 있는 영역에서 2개의 SNP가 위치하고 있었다. Exon1에 위치하고 있는 g.3317C>G SNP는 Berkshire에서만 변이를 나타내었으며, 다른 품종에서는 C allele로 고정되어 있었다. 또한 exon2에 위치한 g.4581A>G SNP는 Berkshire 및 Landrace에서 변이를 나타냈으며 Duroc과 Yorkshire에서는 각각 A와 G allele로 고정되어 있었다. 두 SNP위치는 각각 제한효소 *Hga*I와 *Tsp*RI에 의해 특이적으로 인식됨을 확인하였다(Table 3-8). 나머지 6개의 SNP중 5개는 intron1에 위치하고 있으며 품종별로 변이양상이 다르게 나타났다. 특히 3개 품종에서 변이가 나타나고, 유전자형분석을 위한 제한효소가 탐색된 g.3627C>T, g.3937T>C SNP가 품종보편적 마커로서 유용할 것으로 판단된다. 또한, g.5160A>G SNP는 3' UTR에 위치하고 있으며 *Msp*I에 의해 인식될 수 있다. 이 SNP는 Landrace 특이적으로 나타났으며, Berkshire와 Duroc에서는 A allele로 Yorkshire에서는 G allele로 고정되어 있었다.

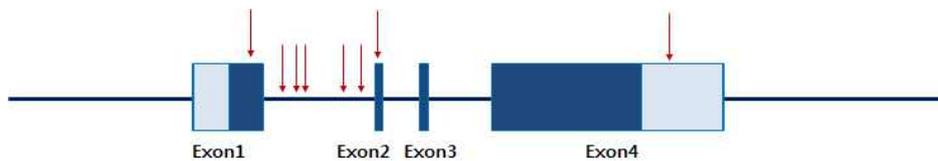


Figure 3-7. Genomic structure and variation positions of *TNF* gene

Table 3-8. Identification of polymorphisms and PCR-RFLPs in *TNF* gene

Polymorphism	Amplicon	Region	Nucleotide	Variation ¹	Restriction Enzyme
SNP1	4	Exon1	g.3317C>G	B	<i>Hga</i> I
SNP2	5	Intron1	g.3548A>G	D	-
SNP3	5	Intron1	g.3627C>T	B, D, L, Y	<i>Tsp</i> RI
SNP4	5	Intron1	g.3632T>G	B, L, Y	-
SNP5	5	Intron1	g.3937T>C	B, L, Y	<i>Mn</i> I
SNP6	6	Intron1	g.4401A>G	D	<i>Nla</i> IV
SNP7	6	Exon2	g.4581A>G	B, L	<i>Tsp</i> RI
SNP8	7	3'UTR	g.5160A>G	L	<i>Msp</i> I

¹ B: Berkshire, D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire

(3) Wingless-type MMTV integration site family, member 10B 유전자

Wingless-type MMTV integration site family, member 10B (*WNT10B*) 유전자는 지방전구세포에서 주로 발현되며, 지방세포 분화에 중요 전사인자인 C/EBP α 와 PPAR γ 의 발현을 억제함으로써 지방세포 특이 유전자가 발현되지 못하게 하여 지방세포 형성을 막는다고 알려져 있다 (Ross *et al.*, 2000). 또한, myoblast에서 지방대사관련 유전자들의 발현을 억제하고 근섬유 분화를 촉진시킨다고 보고된 바 있다 (Vertino *et al.*, 2005). 따라서, 삼겹살관련 주요한 후보유전자로 판단된다. 돼지 *WNT10B* 유전자의 길이는 약 6 kb이며, 5개의 exon으로 구성(2,346 bp)되어 있다. *TGFBI* 유전자와 같이 유전체길이가 매우 크기 때문에 5' upstream 영역과 Exon을 중심으로 염기다형성 탐색을 실시했다. 이에 기 보고되어 있는 서열정보(GenBank accession number NC_010447)를 바탕으로 특이 primer set(P39~56)을 제작했다(Table 3-9).

Table 3-9. Primer sets for detecting polymorphisms of porcine *WNT10B* gene

Amplicon number	Primer number	Primer sequence	Binding region	Size (bp)
Seq1	P39	5'-GAGGCTGCACTCAGCTTTAG-3'	5'upsteam	790
	P40	5'-AGCCTGGGACTTTTCATAGG-3'		
Seq2	P41	5'-ACCTCGAAGACACATGAGGA-3'	5'upsteam	724
	P42	5'-ACCACTGTGGGCTATTTTTG-3'		
Seq3	P43	5'-GAAGAGATGACTGTGGCTGTG-3'	5'upsteam	781
	P44	5'-CCAAGTGGTCATTTCTCCTG-3'		
Seq4	P45	5'-GCTCCATCTTCATCTTGTCG-3'	Exon1	758
	P46	5'-GGCAATATCCCTGGTTCTCT-3'		
Seq5	P47	5'-ACCTCCTCCCTTTTCAGAGA-3'	Exon2	840
	P48	5'-GCCCAGAATCTCATTGCTTA-3'		
Seq6	P49	5'-AGAGGAAGCCCAGAGCTAGA-3'	Exon3	646
	P50	5'-CTCACAGGTGTAGCCCAGAT-3'		
Seq7	P51	5'-GAAACTGAGGCTCTGTGCAT-3'	Exon4	694
	P52	5'-AGTGA CT TGCTCTGCTCCAG-3'		
Seq8	P53	5'-TCCCTCTGTGCTCTCTGTTC-3'	Exon5	664
	P54	5'-TCCAGGTCAGGTCAACACTT-3'		
Seq9	P55	5'-GCTACGTGCTGTGTGATGAG-3'	Exon5	879
	P56	5'-TGACTGTGGGAGGCTAGAAG-3'		

돼지 *WNT10B* 유전자 영역에서는 5개의 SNP와 1개의 Indel이 발견되었다(Figure 3-8, Table 3-10). 단백질을 코딩하고 있는 영역에서 2개의 SNP가 위치하고 있었다. Exon영역에서는 염기변이가 발견되지 않았으며, intron영역과 3'UTR에 각각 3개씩 분포하고 있었다. Intron에 위치한 g.3972A>G는 Berkshire, Landrace, Yorkshire에서 염기변이가 나타났으며, Duroc에서는 A allele로 고정되어 나타났다. 또한 g.4208T>A, g.6459G>A 그리고 g.8851_8853delGGG은 Berkshire와 Landrace에서 염기변이를 보였다. Lanrace에서만 변이가 나타난 g.8594T>C, g.8645T>C의 경우 다른 3품종에서는 T allele로 고정되어 있었다. *WNT10B* 유전자에서 발견된 총 9개의 염기다형성 중 3개(g.3972A>G, g.4208T>A, g.8645T>C)에서만 PCR-RFLP를 위한 제한효소가 탐색되었다(각각 *DdeI*, *MmeI*, *TaqI*).

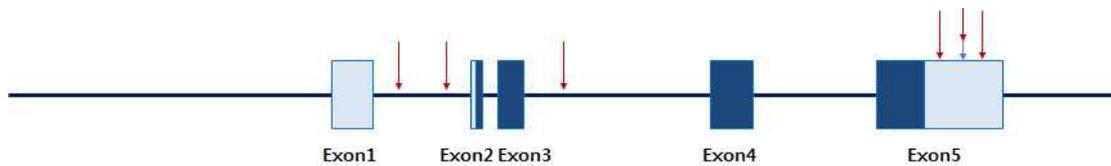


Figure 3-8. Genomic structure and variation positions of *WNT10B* gene

Table 3-10. Identification of polymorphisms and PCR-RFLPs in *WNT10B* gene

Polymorphism	Amplicon	Region	Nucleotide	Variation ¹	Restriction Enzyme
SNP1	5	Intron1	g.3972A>G	B, L, Y	<i>DdeI</i>
SNP2	5	Intron1	g.4208T>A	B, L	<i>MmeI</i>
SNP3	7	Intron2	g.6459G>A	B, L	-
SNP4	8	3'UTR	g.8594T>C	L	-
SNP5	9	3'UTR	g.8645T>C	L	<i>TaqI</i>
Indel1	9	3'UTR	g.8851_8853delGGG	B, L	-

¹ B: Berkshire, D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire

(4) Peroxisome proliferative activated receptor- γ coactivator-1 α (*PPARGC1A*) 유전자

Peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 alpha (*PPARGC1A*)는 전사 조절도움인자(transcriptional coactivator)로써 갈색지방조직에서 PPAR gamma의 기능을 상승시키는 역할을 하는 것으로 밝혀졌으며(Spiegelman, Puigserver *et al.* 2000), 미토콘드리아가 다량 함유된 근육조직 등에서 근섬유조성(skeletal muscle fiber type)의 전환, 당수송 및 지질대사를 조절함으로써 에너지 대사를 조절하는 것으로 알려져 있다(Lin, Wu *et al.* 2002). 사람에서 조직 중의 *PPARGC1A* 유전자의 발현정도는 에너지 소비증가에 따른 기능성 소재의 체지방감소 효과를 밝히는 중요한 요소로 판단되기도 한다(Yoon, Puigserver *et al.* 2001). 본 연구진은 한국연구재단의 지원을 받아 돼지의 *PPARGC1A* 유전자 서열을 기반으로(Gene accession No. FR693833) 유전자의 구조 및 변이를 조사하였으며, 근섬유조성 및 육질관련 기능을 구명한 바 있다(Kim, Lee *et al.* 2010). 따라서 기발굴한 유전자 변이(Table 3-11)가 삼겹살 세부근육 및 특성에 어떠한 영향을 미치는지 분석을 통하여 삼겹살 관련 DNA마커를 발굴하고자 한다.

Table 3-11. Searched polymorphisms and PCR-RFLPs in *PPARGC1A* gene

Polymorphism	Region	Nucleotide	Restriction Enzyme	Etc.	Reference
SNP1	5' upstream	c.-2894G>A	<i>PshAI</i>		Kim <i>et al.</i> , 2012
SNP2	5' upstream	c.-2885G>T	<i>NspI</i>		Kim <i>et al.</i> , 2012
SNP3	5' upstream	c.-1402A>T	<i>ApdI</i>		Kim <i>et al.</i> , 2012
SNP4	Exon8	c.1288T>A	<i>AluI</i>	Cys → Ser	Kunej <i>et al.</i> , 2005

다. 유전자형 진단기법 개발

(1) Transforming growth factor, beta1

본 연구를 통해서 밝혀진 *TGFBI* 유전자 내의 변이들에 대한 정보와 각 SNP 변이별로 존재하는 제한효소를 탐색하여 앞선 Table 3-6에 종합하였다. SNP 변이들에 대한 효율적인 유전자형 분석을 위해서 일반적으로 PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism) 방법을 이용할 수 있다.

g.17218A>G 영역을 포함하는 영역을 특이적으로 증폭하기 위해 프라이머 P17, P18을 이용한 PCR을 실시하여 687bp 크기의 단편을 얻었으며, 이 단편을 제한효소 *BsrI*를 이용한 RFLP기법을 통해 유전자형진단기법을 개발했다(Figure 3-9(a)). A allele의 경우 442bp, 207bp, 38bp의 조각으로 잘리게 되며, G allele일 경우 442bp, 245bp의 조각으로 잘리게 된다.

또한, 3' UTR 내 SNP인 g.17705A>C의 유전자형 진단을 위한 영역특이적 프라이머 P19, P20를 이용해 중합효소연쇄반응을 시켜 증폭시킨 후 797bp 크기의 단편을 얻었으며, *MspI* 효소를 이용해 RFLP기법을 실시하였다(Figure 3-9(b)). *MspI* 효소에 의해 SNP영역의 염기가 T일 경우 254bp, 543bp로 잘리게 되지만, A 염기일 경우 효소에 의해 절단되지 않는다. 따라서 전기영동을 통해 확인할 수 있는 세 유전자형의 밴드는 Figure 3-9(b)와 같다.

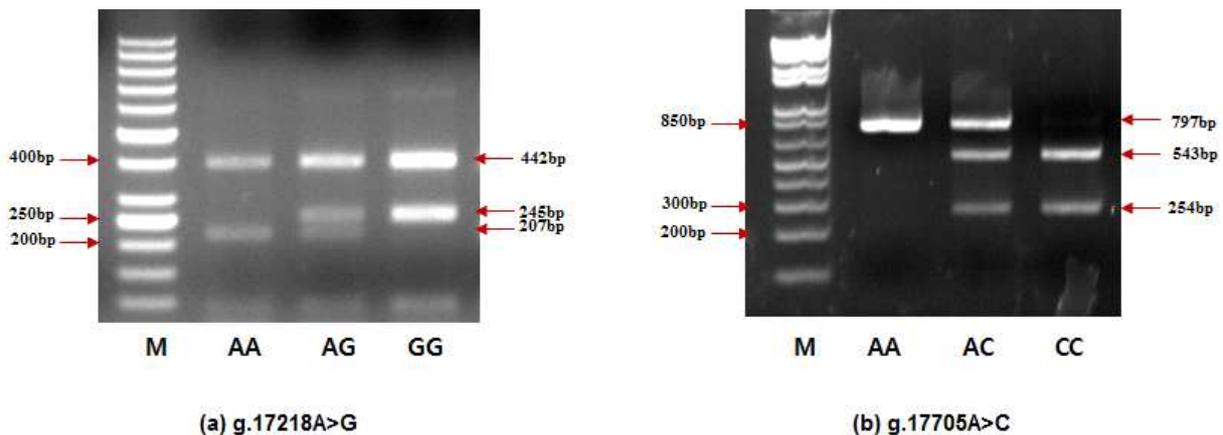


Figure 3-9. Genotypes of the polymorphisms at the 3' UTR of *TGFBI* gene by PCR-RFLP. (a) A fragment of 687 bp for g.17218A>G site is amplified and digested with *BsrI*. M, 50bp plus ladder size marker (Intron Bio., Korea). (b) A fragment of 797 bp for g.17705A>C site is amplified and digested with *MspI*. M, 1kb plus ladder size marker (Invitrogen, USA).

(2) Tumor necrosis factor alpha

선정된 후보유전자중 하나인 *TNF* 유전자에 대해 발굴한 변이들에 대한 정보와 각 SNP 변이별로 존재하는 제한효소를 탐색하여 앞선 Table 3-8에 종합하였다. SNP 변이들에 대한 효율적인 유전자형분석을 위해서 일반적으로 PCR-RFLP 방법을 이용할 수 있다.

본 연구를 통해서 발견한 염기서열 SNP 변이들 중 제한효소가 존재하는 SNP는 8개중 6개였으며, 국내에서 주로 이용하는 Berkshire, Duroc, Landrace, Yorkshire 네 품종에서 모두 변이가 존재하는 intron1 에 대한 염기서열분석법을 우선적으로 확립하기로 하였다.

g.3627C>T 영역을 포함하는 영역을 특이적으로 증폭하기 위해 프라이머 P29, P30을 이용하여 PCR을 실시하였으며, 이를 통해 840bp 크기의 단편을 얻었다. 이 단편을 제한효소 *TspRI*를 이용한 RFLP기법을 통해 유전자형진단기법을 개발했다(Figure 3-10). C allele의 경우 제한효소 *TspRI* 이 염기단편을 자를 수 없지만, T allele의 경우 524bp, 316bp 의 조각으로 잘리게 된다.

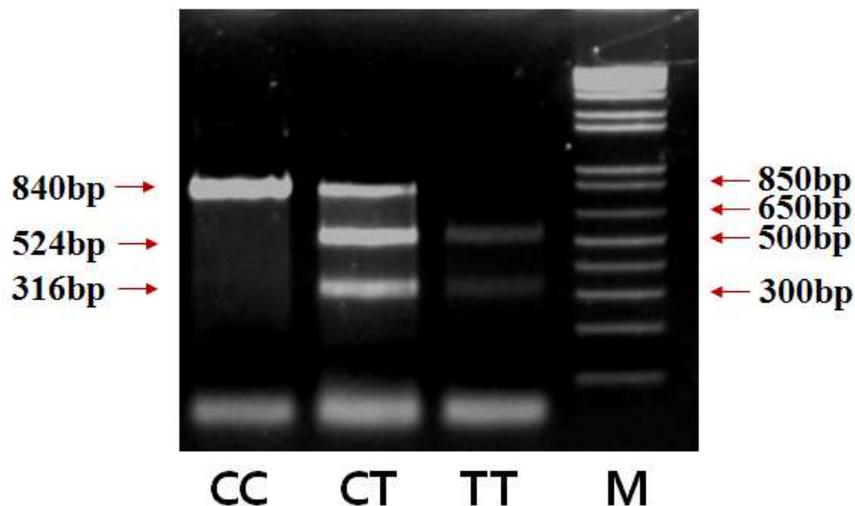


Figure 3-10. Genotypes of the polymorphism at the intron1 region of *TNF* gene by PCR-RFLP. A fragment of 840 bp for g.3627C>T site is amplified and digested with *TspRI*. M, 1kb plus ladder size marker (Invitrogen, USA).

(3) Wingless-type MMTV integration site family, member 10B

삼겹살관련 후보유전자로 선정된 *WNT10B* gene에 대해 발굴한 변이들에 대한 정보와 각 SNP 변이별로 존재하는 제한효소를 탐색하여 앞선 Table 3-10에 종합하였다. SNP 변이들에 대한 효율적인 유전자형분석을 위해서 일반적으로 PCR-RFLP 방법을 이용할 수 있다. 본 연구를 통해서 발견한 염기서열 SNP 변이들 중 제한효소가 존재하는 SNP는 6개 중 3개였으며, 시험축군인 Yorkshire 품종에 대해 변이가 존재하는 SNP는 intron 1 내의 g.3972A>G 였다. 해당 SNP에 대한 유전자형분석기법을 확립하였다.

g.3972A>G 영역을 포함하는 영역을 특이적으로 증폭하기 위해 프라이머 P47, P48을 이용하여 PCR을 실시하였으며, 이를 통해 840bp 크기의 단편을 얻었다. 이 단편을 제한효소 *DdeI*를 이용한 RFLP기법을 통해 유전자형진단기법을 개발했다(Figure 3-11). 제한효소 *DdeI*에 의해 공통적으로 141bp, 61bp의 단편이 생기고, G allele의 경우 638bp 단편이, A allele의 경우 590bp와 48bp 단편이 서열 특이적으로 나타난다. 유전자형분석은 638bp, 590bp의 존재로 판별 가능하다.

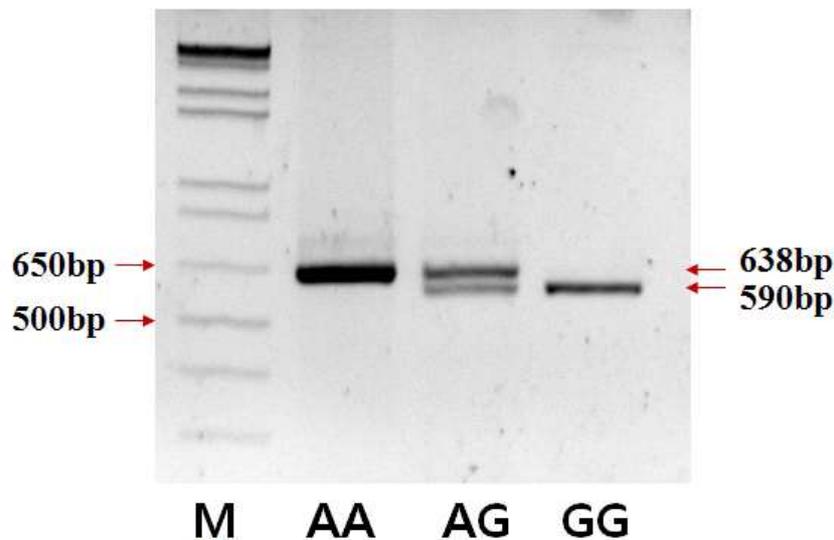


Figure 3-11. Genotypes of the polymorphism at the intron1 region of *WNT10B* gene by PCR-RFLP. A fragment of 840 bp for g.3972A>G site is amplified and digested with *DdeI*. M, 1kb plus ladder size marker (Invitrogen, USA).

(4) Peroxisome proliferative activated receptor- γ coactivator-1 α

PPARGC1A 유전자는 본 연구진이 선행연구를 통해 SNP를 발굴하였고(Table 3-11), 유전자형 분석기법 뿐 아니라 근섬유조성과 육질과의 연관성 분석을 통하여 육질을 증가시킬 수 있는 DNA마커를 개발하여 보유하고 있다. 본 연구에서 쓰일 기 개발된 마커의 유전자형진단기법은 아래 Figure 3-12와 같다. 네 개의 SNP에 대하여 각각 PCR-RFLP 기법을 사용하였으며, 이를 위해 사용되어진 제한효소는 각각 *PshAI*, *NspI*, *ApoI*, *AluI* 이다. c.-2894G>A site는 943 bp의 절편으로 PCR되어 *PshAI*에 의해 G allele이 596 bp, 346 bp의 단편이 생긴다. c.-2885G>T site는 942 bp의 절편으로 PCR되며, G allele이 *NspI* 제한효소에 의해 584 bp와 358 bp의 단편으로 잘리게 된다. c.-1402A>T site는 682 bp로 PCR되며, *ApoI* 제한효소에 의해 81bp의 절편이 공통적으로 생성되어, A allele의 경우 601 bp와 81 bp가 생성되고, T allele의 경우 A allele일 경우 보다 제한효소에 의해 601 bp의 절편이 한 번 더 잘리게 되어 476 bp, 125 bp의 단편이 생성되어 판별이 가능하다. c.1288T>A site의 경우 182 bp의 PCR 절편이 *AluI* 제한효소에 의해 A allele이 61 bp와 60 bp로 잘리게 되어 유전자형진단이 가능하다.

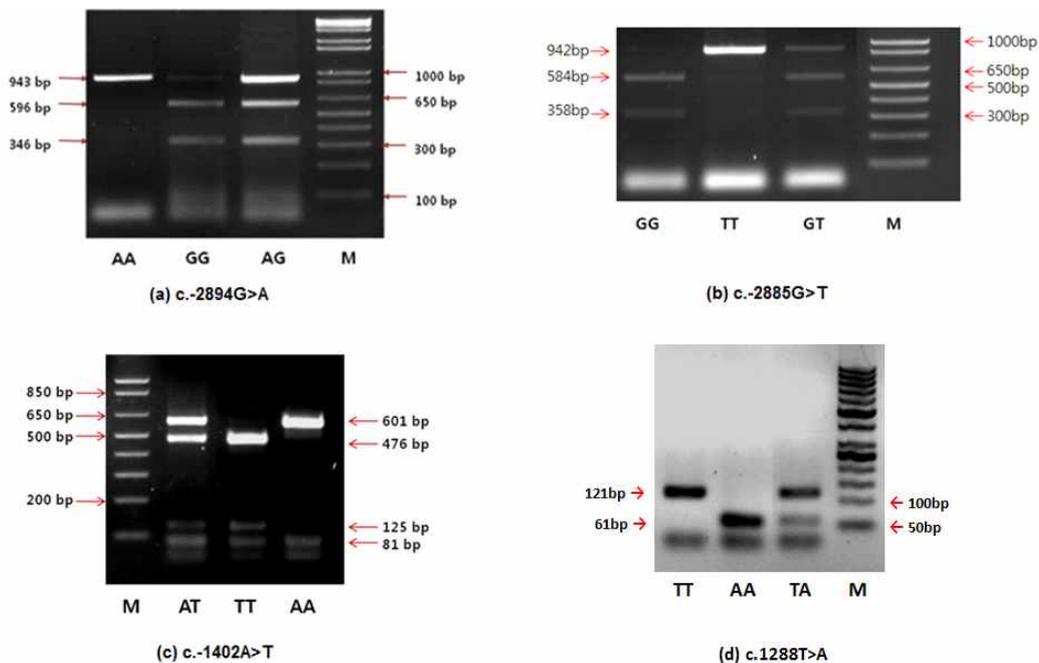


Figure 3-12. Genotypes of the polymorphisms of *PPARGC1A* gene by PCR-RFLP. (a) A fragment of 943 bp for c.-2894G>A site is amplified and digested with *PshAI*. (b) A fragment of 943 bp for c.-2885G>T site is amplified and digested with *NspI*. (c) A fragment of 682 bp c.-1402A>T site is amplified and digested with *ApoI*. (d) A fragment of 182 bp c.1288T>A site is amplified and digested with *AluI*. M, 1kb plus ladder size marker (Invitrogen, USA).

(5) Myogenic differentiation 1 (*MYOD1*)

MYOD1 유전자의 경우 4개의 SNP가 밝혀져 있으며(Table 3-1), 본 연구진에서 연구를 진행하여, *MYOD1*의 SNP들이 적응생산능력에 영향을 미침을 밝힌 바 있다(Lee, Kim *et al.* 2012). 따라서, 적응생산능력에 영향을 미친다고 알려진 c.630+295C>A site에 대하여 PCR-RFLP를 실시하였다. 연구에서 쓰일 기 개발된 마커의 유전자형진단기법은 아래 Figure 3-13와 같다. c.630+295C>A 영역을 포함하는 영역을 특이적으로 증폭하기 위해 PCR을 실시하였으며, 이를 통해 706 bp 크기의 단편을 얻었다. 제한효소 *DdeI*에 의해 공통적으로 90bp, 47bp의 단편이 생기고, C allele의 경우 569bp 단편이, A allele의 경우 385bp와 184bp 단편이 서열 특이적으로 나타난다.

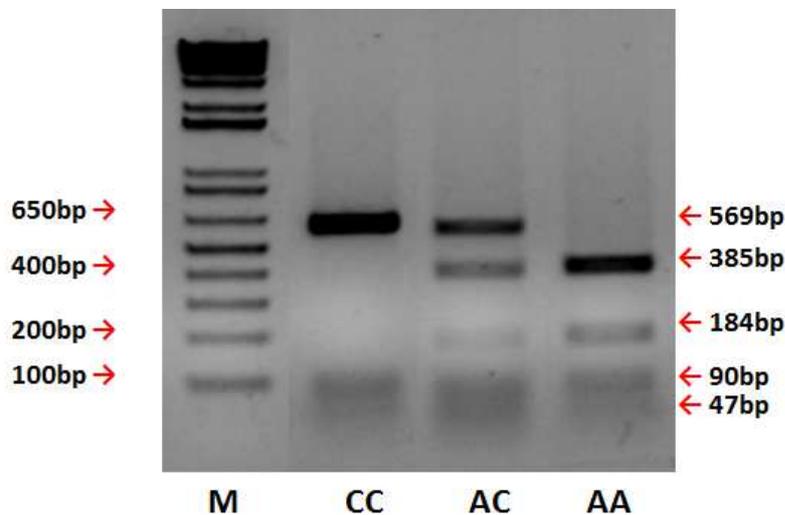


Figure 3-13. Genotypes of the polymorphism at the intron1 region of *MYOD1* gene by PCR-RFLP. A fragment of 706 bp for c.680+295C>A site is amplified and digested with *DdeI*.

위와 같이 본 연구진은 몸통하축근과 관련된 후보유전자 1개와, 지방 및 근육형성관련 GO term, QTL 정보, pathway 등의 정보를 통해 주요 후보유전자 4개를 최종 선정하였다. 선정된 5개의 후보유전자에 대해 염기서열 비교를 통해 단일염기서열변이들을 탐색, 및 발견하였으며, 이를 진단할 수 있는 유전자형분석기법을 성공적으로 개발하였다. 이 결과를 토대로 시험축근에 대한 유전자형분석을 실시하여 형질과의 연관성분석을 통해 삼겹살관련 마커를 개발하고자 한다.

2. 삼겹살 관련 DNA마커 개발

가. 유전자 다형성 분포 조사

제1세부과제의 총괄연구목표는 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발로, 이를 위해 Candidate gene approach와 관련하여 삼겹살 형태 및 형성과 관련되는 주요기능을 가진 후보 유전자군을 선정한 바 있다. 삼겹살은 몸통하축근에 속하며, 15개의 근육과 근간지방 등으로 구성되므로 근육 및 지방 관련 주요 유전자들이 삼겹살의 양과 품질에 주요하게 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구진은 몸통하축근 발달관련후보유전자 1개와, 지방 및 근육형성관련 GO term, QTL 정보, pathway 등의 정보를 통해 주요 후보유전자 4개를 최종 선정하였다. 선정된 5개의 후보유전자에 대해 염기서열 비교를 통해 단일염기서열변이들을 탐색 및 발견하였으며(Table 3-12), 이를 진단할 수 있는 유전자형분석기법을 성공적으로 개발하였다.

Table 3-12. Identification of polymorphisms and PCR-RFLPs

Gene	No.	Region	Nucleotide	Variation ¹	Restriction Enzyme
<i>TGFB1</i>	SNP1	Intron2	g.7218C>T	Y	<i>Acl</i>
	SNP2	Intron2	g.7304G>A	B	<i>EcooO109I</i>
	SNP3	Intron2	g.7398A>G	B, D, L, Y	<i>BbvI</i>
	SNP4	Intron5	g.15533C>T	Y	-
	SNP5	Intron6	g.15773G>A	D, Y	<i>AvaI</i>
	SNP6	3'UTR	g.17214A>G	D, Y	<i>AlwNI</i>
	SNP7	3'UTR	g.17218A>G	D, Y	<i>BsrI</i>
	SNP8	3'UTR	g.17705A>C	Y	<i>MspI</i>
<i>TNF</i>	SNP9	Exon1	g.3317C>G	B	<i>HgaI</i>
	SNP10	Intron1	g.3548A>G	D	-
	SNP11	Intron1	g.3627C>T	B, D, L, Y	<i>TspRI</i>
	SNP12	Intron1	g.3632T>G	B, L, Y	-
	SNP13	Intron1	g.3937T>C	B, L, Y	<i>MnI</i>
	SNP14	Intron1	g.4401A>G	D	<i>NlaV</i>
	SNP15	Exon2	g.4581A>G	B, L	<i>TspRI</i>
	SNP16	3'UTR	g.5160A>G	L	<i>MspI</i>
<i>WNT10B</i>	SNP17	Intron1	g.3972A>G	B, L, Y	<i>DdeI</i>
	SNP18	Intron1	g.4208T>A	B, L	<i>MmeI</i>
	SNP19	Intron2	g.6459G>A	B, L	-
	SNP20	3'UTR	g.8594T>C	L	-
	SNP21	3'UTR	g.8645T>C	L	<i>TaqI</i>
	Indel1	3'UTR	g.8851_8853delGGG	B, L	-
<i>PPARGCIA</i>	SNP22	5' upstream	c.-2894G>A	-	<i>PshAI</i>
	SNP23	5' upstream	c.-2885G>T	-	<i>NspI</i>
	SNP24	5' upstream	c.-1402A>T	-	<i>ApoI</i>
	SNP25	Exon8	c.1288T>A	-	<i>AluI</i>
<i>MYOD1</i>	SNP26	5' upstream	c.-145G>A	-	-
	SNP27	Exon1	c.150C>T	-	<i>BssSI</i>
	SNP28	Exon1	c.227G>C	-	<i>BssSI</i>
	SNP29	Intron1	c.630+295C>A	-	<i>DdeI</i>

¹ B: Berkshire, D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire

시험축군에 대한 유전자형분석을 실시하여 형질과의 연관성분석을 통해 삼겹살관련 마커를 개발하는 것이 목표이다. 1, 2차년도에 확보한 보유시험축이 Yorkshire 품종이기 때문에 변이가 Yorkshire 품종에서 나타나고, 개발한 PCR-RFLP방법을 통하여 유전자형을 분석할 수 있는 *TGFBI* 유전자의 SNP7, SNP8, *TNF* 유전자의 SNP11, *WNT10B* 유전자의 SNP17과 *PPARGC1A* 유전자의 SNP22, SNP23, SNP24, SNP25 및 *MYOD1* 유전자의 SNP29를 유전자형분석을 실시하였다.

TGFBI 유전자의 SNP7과 SNP8은 완전연관(complete linkage)되어있었으며, SNP7이 A allele일 경우에 SNP8도 A allele이었으며, SNP7이 G allele일 경우 SNP8도 C allele을 갖고 있었다. 시험축 중 617두를 분석한 결과는 Table 3-13와 같았다. Sequencing 결과와 동일하게 Landrace 품종에서는 변이가 나타나지 않고, AA 유전자형으로, 분석대상 중에서 GG 유전자형을 가진 개체는 존재하지 않았고, AA 유전자형이 570두, AG 유전자형이 47두로 G allele의 빈도가 4%로 매우 적게 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형상태를 유지하고 있었다.

Table 3-13. Gene and genotype frequency of SNP7 in *TGFBI* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	GA	GG	A	G
Landrace	126	1.00 (126)	0 (0)	0 (0)	1.00	0.00
Yorkshire	492	0.90 (444)	0.10 (47)	0 (0)	0.95	0.05
Total	617	0.92 (570)	0.08 (47)	0 (0)	0.96	0.04

¹ Number of pigs

TNF 유전자의 SNP11과 SNP12는 완전연관(complete linkage)되어있었으며, SNP11이 C allele일 경우에 SNP12도 T allele이었으며, SNP11이 T allele일 경우 SNP12도 G allele을 갖고 있었다. 시험축 중 615두를 분석한 결과는 Table 3-14와 같았다. 분석대상 중에서 TT유전자형을 가진 개체가 51두로 제일 적었으며 CC 유전자형이 311두, CT유전자형이 253두로, T allele의 빈도가 29%로 C allele에 비해 적게 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형상태를 유지하고 있었다.

Table 3-14. Gene and genotype frequency of SNP11 in *TNF* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		CC	TC	TT	C	T
Landrace	126	0.42 (53)	0.45 (57)	0.13 (16)	0.65	0.35
Yorkshire	489	0.53 (258)	0.40 (196)	0.07 (35)	0.73	0.27
Total	615	0.51 (311)	0.41 (253)	0.08 (51)	0.71	0.29

¹ Number of pigs

WNT10B 유전자의 SNP17에 대해 시험축 중 617두를 분석한 결과는 Table 3-15와 같았다. 분석대상 전체 중에서는 AA 유전자형이 198두, AG 유전자형이 293두, GG 유전자형이 126두로 A allele과 G allele이 각각 56%와 44%의 빈도를 나타냈다. Landrace는 AA 유전자형이 65%로 나타나 A allele이 75%의 높은 빈도를 보였으며, Yorkshire의 경우 AG 유전자형이 267두로 절반이상의 빈도를 나타내어 A와 G allele이 각각 51%, 49%로 비슷한 빈도를 보였으며 Hardy-Weinberg 평형상태를 유지하고 있었다.

Table 3-15. Gene and genotype frequency of SNP17 in *WNT10B* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	AG	GG	A	G
Landrace	126	0.65 (82)	0.21 (26)	0.14 (18)	0.75	0.25
Yorkshire	491	0.24 (116)	0.54 (267)	0.22 (108)	0.51	0.49
Total	617	0.32 (198)	0.47 (293)	0.20 (126)	0.56	0.44

¹ Number of pigs

PPARGC1A 유전자의 SNP22에 대해 시험축 중 617두를 분석한 결과는 Table 3-16과 같았다. Landrace에서는 변이가 나타나지 않고 GG 유전자형으로 고정되어 있었다. Yorkshire의 경우

AA 유전자형이 344두, GA 유전자형이 107두, GG 유전자형이 40두로 A allele과 G allele이 각각 81%와 19%의 빈도를 나타냈으며 Hardy-Weinberg 평형은 깨져있었다.

Table 3-16. Gene and genotype frequency of SNP22 in *PPARGC1A* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	GA	GG	A	G
Landrace	126	0 (0)	0 (0)	1 (126)	0	1
Yorkshire	491	0.70 (344)	0.22 (107)	0.08 (40)	0.81	0.19
Total	617	0.56 (344)	0.17 (107)	0.27 (166)	0.64	0.36

¹ Number of pigs

PPARGC1A 유전자의 SNP23에 대해 시험축 중 617두를 분석한 결과는 Table 3-17와 같다. Landrace와 Yorkshire의 유전자형빈도는 매우 차이를 보였다. Landrace의 경우 G allele이 우세하게 나타나 98%를 차지했고, Yorkshire의 경우 T allele이 우세하게 나타나 88%를 차지했다. 전체적으로는 분석대상 중에서 GG 유전자형이 103두로 나타났으며, GT 유전자형이 102두, TT 유전자형이 365두로 나타났고 G allele의 빈도가 29%로 T allele에 비해 적게 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형은 깨져있었다. 이는 Yorkshire 품종의 개체수가 더 많기 때문에 이러한 경향이 나타나는 것으로 판단된다.

Table 3-17. Gene and genotype frequency of SNP23 in *PPARGC1A* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		GG	GT	TT	G	T
Landrace	126	0.96 (121)	0.04 (5)	0 (0)	0.98	0.02
Yorkshire	491	0.02 (9)	0.20 (97)	0.78 (385)	0.12	0.88
Total	617	0.21 (130)	0.17 (102)	0.62 (385)	0.29	0.71

¹ Number of pigs

PPARGC1A 유전자의 SNP24에 대해 시험축 중 617두를 분석한 결과는 Table 3-18과 같았다. Landrace에서는 변이가 나타나지 않았고, Yorkshire 분석대상 중에서 AA 유전자형이 388두로 나타났으며, AT 유전자형이 95두, TT 유전자형이 9두로 나타났고, A allele의 빈도가 89%로 T allele에 비해 많이 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형상태를 유지하고 있었다.

Table 3-18. Gene and genotype frequency of SNP24 in *PPARGC1A* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	AT	TT	A	T
Landrace	126	1 (126)	0 (0)	0 (0)	1	0
Yorkshire	492	0.79 (388)	0.19 (95)	0.02 (9)	0.89	0.11
Total	618	0.83 (514)	0.15 (95)	0.01 (9)	0.91	0.09

¹ Number of pigs

PPARGC1A 유전자의 SNP25에 대해 시험축 중 618두를 분석한 결과는 Table 3-19와 같았다. 분석대상 중에서 AA 유전자형이 356두로 나타났으며, AT 유전자형이 220두, TT 유전자형이 42두로 나타났고 A allele의 빈도가 75%로 T allele에 비해 많이 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형상태를 유지하고 있었다.

Table 3-19. Gene and genotype frequency of SNP25 in *PPARGC1A* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	AT	TT	A	T
Landrace	126	0.96 (121)	0.04 (5)	0 (0)	0.98	0.02
Yorkshire	492	0.48 (235)	0.44 (215)	0.08 (42)	0.70	0.30
Total	618	0.57 (356)	0.36 (220)	0.07 (42)	0.75	0.25

¹ Number of pigs

MYOD1 유전자의 SNP29에 대해 시험축 중 597두를 분석한 결과는 Table 3-20와 같았다. 분석대상 중에서 AA 유전자형이 281두로 나타났으며, AC 유전자형이 237두, CC 유전자형이 79두로 나타났고 A allele의 빈도가 67%로 C allele에 비해 많이 나타났으며 Hardy-Weinberg 평형은 깨져있었다. Landrace와 Yorkshire 두 품종에서의 유전자형빈도는 비슷하게 나타났다.

Table 3-20. Gene and genotype frequency of SNP26 in *MYOD1* gene

Breed	N ¹	Genotype			Allele	
		AA	AC	CC	A	C
Landrace	121	0.45 (54)	0.42 (51)	0.13 (16)	0.66	0.34
Yorkshire	476	0.48 (227)	0.39 (186)	0.13 (63)	0.67	0.33
Total	597	0.47 (281)	0.40 (237)	0.13 (79)	0.67	0.33

¹ Number of pigs

나. 유전자형과 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석

유전자형과의 연관성분석을 위한 삼겹살 관련 형질로는 제1협동과제에서 측정된 삼겹살의 무게(kg), 길이(mm), 너비(mm), 두께(mm) 및 삼겹살의 6개 대표근육인 깊은흉근(Pectorales profundi muscle), 넓은등근(Latissimus dorsi muscle), 몸통피부근(Cutaneous trunci muscle), 배곧은근(Rectus abdominis muscle), 배바깥경사근(External abdominal oblique muscle), 배속경사근(Internal abdominal oblique muscle)의 단면적을 사용하였다. 삼겹살을 슬라이스화 하여 측정된 세부근육의 값은 개체마다 그 위치가 다를 수 있으므로 사진을 보고 육안상으로 판별을 확실하게 할 수 있는 흉추8번과 14번 사진을 개체별로 뽑아내고 이를 통하여 슬라이스를 척추로 표준화하는 작업을 실시하였다. 축산물품질평가원의 기준으로 80kg~99kg까지가 규격돈에 속하므로 그 범위에 들어가는 개체를 가지고 기준점선정을 위한 분석을 실시하였다(Figure 3-14).

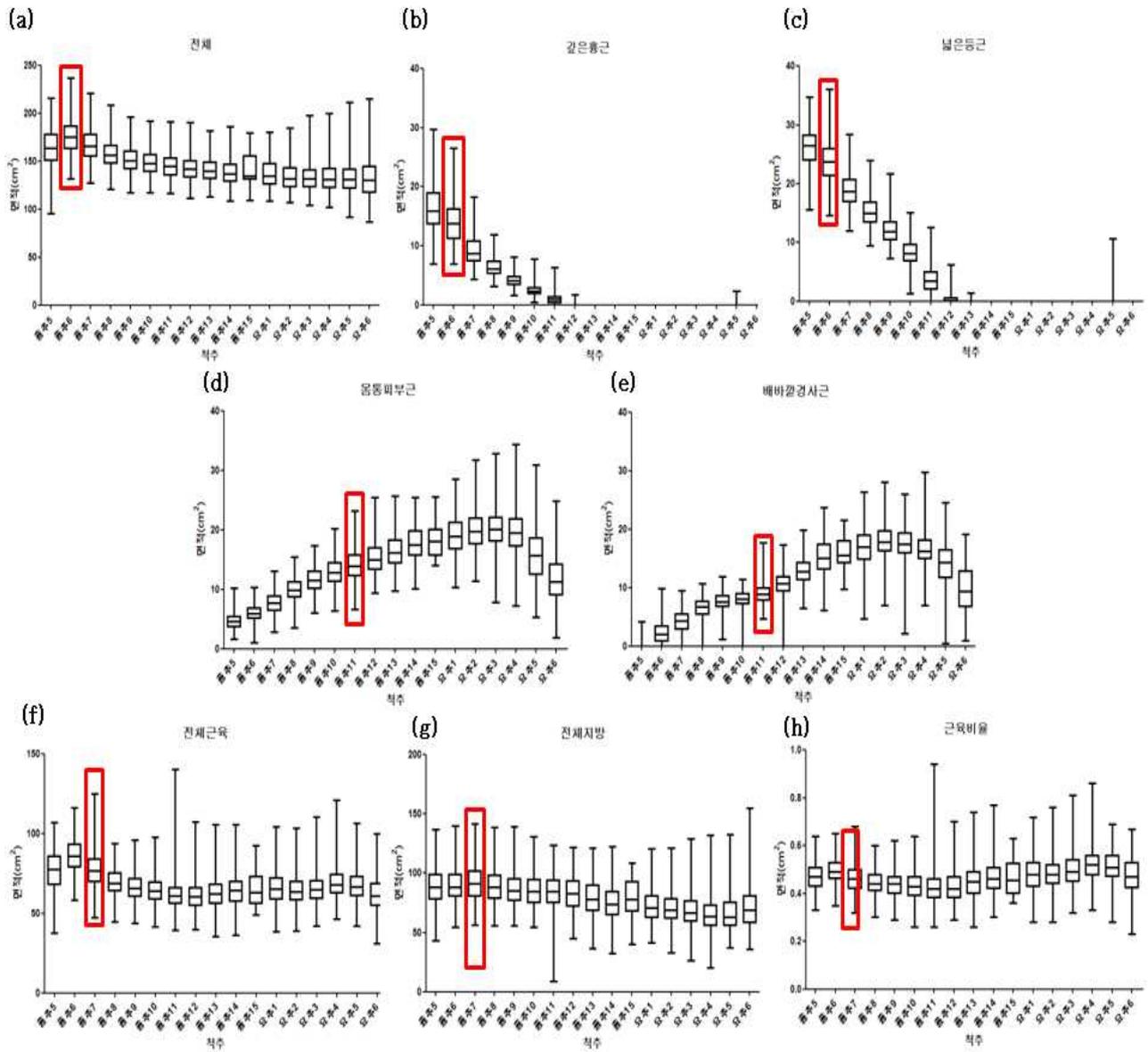


Figure 3-14. Variation of muscle area(cm^2) in specific thoracic vertebra; a. total area of belly; b. Pectorales profundi m.; c. Latissimus dorsi m.; d. Cutaneous trunci m.; e. External abdominal oblique m.; f. total muscle; g. total fat; h. percentage of muscle

요추가 시작된 후에는 척추의 간격을 정확하게 파악할 수가 없기 때문에 배속경사근과 배곧은근은 분석대상 근육에서 제외되었고, 나머지 세부근육과 전체면적, 근육면적, 지방면적, 근육비율에서는 시작지점인 흉추5번을 제외하고 가장 변이가 큰 흉추를 분석의 기준점으로 선정하였으며, 이는 각 세부근육들의 각 척추에서의 값이 상관관계가 있기 때문에 가장 큰 변이를 갖고 있는 부분을 개량하였을 경우 가장 효과적이라고 판단되기 때문이다. 분석결과 삼겹살전체단면적(cm^2)은 흉추6번에서 최소값이 131.8, 최대값이 237.4로 최대값과 최소값의 차이가

105.6으로 가장 변이가 커 기준점으로 선정되었고, 깊은홍근단면적(cm^2)과 넓은등근단면적(cm^2)도 홍추6번에서 변이가 가장 크게 나타나 홍추6번을 기준점으로 삼았다. 몸통피부근단면적(cm^2)의 경우 홍추11번에서 변이가 가장 크게 나타나 이 지점을 기준점으로 선정하였는데, 이는 제1협동과제에서 삼겹살의 근육비율에 따른 품질평가기준과 삼겹살 홍추 위치에 따른 시각적 관능검사와 상관관계를 조사한 결과 Location C(홍추12번위치)와 몸통피부근과는 유의적 상관관계가 있는 것으로 나타난 결과가 유사한 결과이다. 또한 배바깥경사근단면적(cm^2)과 근육비율(%)도 홍추11번 위치에서 변이가 가장 크게 나타났으며, 근육면적(cm^2) 및 지방면적(cm^2)은 홍추7번에서 변이가 가장 크게 나타났다. 따라서 통계분석에는 삼겹살 세부근육에 대한 형질로는 기준점으로 삼은 홍추6번에서의 삼겹살전체면적(cm^2), 깊은홍근단면적(cm^2), 넓은등근단면적(cm^2)과 근육면적(cm^2) 및 지방면적(cm^2)을 홍추11번에서의 몸통피부근단면적(cm^2), 배바깥경사근단면적(cm^2), 근육비율(%)을 이용하였다. 또한, 삼겹살 전체 길이 중 깊은홍근과 넓은등근이 분포하고 있는 길이도 분석에 포함시켰다. 넓은등근의 경우, 근육면적도 중요하지만 넓은등근이 사라지는 위치와 딱지방이 발생하는 부위가 일치하기 때문에 향후 넓은등근의 길이도 삼겹살품질평가에 중요한 항목이 되어야할 것으로 판단된다. 또한 깊은홍근과 넓은등근의 삼겹살에서의 분포가 비슷한 양상을 띠고있기 때문에 삼겹살 전체 길이 중 깊은홍근과 넓은등근이 분포하고 있는 길이도 분석에 포함시켰다.

유전자형과 삼겹살관련 형질과의 연관성분석에 앞서 삼겹살관련 형질에 영향을 미칠 수 있는 요인을 알아보기 위하여 성별과 품종, 농장, 계절에 따른 삼겹살관련 형질들의 차이를 살펴 보았다. 총 8개 농장의 시험축을 조성하여 분석하였고 이렇게 분석된 축군은 Yorkshire 493두, Landrace 126두로 총 619두를 이용하였다. 평균 도축일령은 200.6일이며, 평균도체중은 87kg이며 표준편차가 0.47kg로 나타났다. 도체중이 삼겹살관련 형질에 영향을 미칠 것이라고 판단되어, 도체중을 공변량으로 설정하여 분석을 진행하였다. 성별을 살펴보았을 경우, 암컷이 113두, 거세돈이 506두, 비거세돈이 1두로 나타나 비거세돈은 분석에서 제외하여 분석을 실시하였다 (Table 3-21). 분석결과 삼겹살관련 형질에서는 삼겹살무게(Belly weight)와 삼겹살길이(Belly length)가 모두 거세돈이 유의적으로 더 큰 값을 가졌다. 또한, 근간지방(Intermuscular fat)도 거세돈에서 더 두껍게 나타났다. 삼겹살 세부근육 관련 형질에서는 대부분의 형질이 성별간의 차이를 보였고, 특히, 삼겹살 근육량(Total muscle), 삼겹살 지방량(Total fat)에서 강한 유의적인 차이가 나타났으며, 이는 도체장과 도체폭, 그리고 적육생산능력에서 유의적인 차이가 나타나기 때문이라고 추측할 수 있다.

Table 3-21. Difference of Least Square Means between female and castrated male

Classification	Sex		P-value
	Female (n=113)	Castrated Male (n=506)	
Belly weight (kg)	6.80 ^b (0.04)	7.19 ^a (0.03)	<.0001
Belly length (mm)	538.91 ^b (2.53)	548.02 ^a (1.80)	0.0003
Belly width (mm)	282.61 (1.26)	282.79 (0.90)	0.8846
Belly thickness (mm)	45.01 (0.63)	44.94 (0.45)	0.9008
Intermuscular fat (mm)	8.17 ^b (0.44)	10.30 ^a (0.31)	<.0001
Partial muscle traits by thoracic vertebra			
B6			
Total belly (cm ²)	167.77 ^b (1.32)	173.25 ^a (0.94)	<.0001
Total muscle (cm ²)	94.24 ^a (1.09)	89.54 ^b (0.78)	<.0001
Total fat (cm ²)	75.19 ^b (1.35)	85.04 ^a (0.97)	<.0001
Muscle percentage (%)	56.27 ^a (0.56)	51.66 ^b (0.40)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm ²)	14.44 (0.37)	14.12 (0.26)	0.3793
Latissimus dorsi m. (cm ²)	26.11 ^a (0.45)	24.16 ^b (0.32)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm ²)	6.59 (0.16)	6.48 (0.12)	0.4919
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.26 (0.37)	2.14 (0.26)	0.7561
External abdominal oblique m. (cm ²)	3.27 (0.31)	3.00 (0.22)	0.3797
length of sliced belly (cm)	29.90 (0.20)	30.27 (0.14)	0.0638
Cutaneous trunci m. length (cm)	17.96 (0.29)	18.11 (0.21)	0.5850
Fat length (cm)	6.68 (0.21)	6.74 (0.15)	0.7894
B11			
Total belly (cm ²)	136.32 ^b (0.99)	143.79 ^a (0.71)	<.0001
Total muscle (cm ²)	68.52 ^a (0.85)	63.45 ^b (0.60)	<.0001
Total fat (cm ²)	68.97 ^b (1.24)	81.27 ^a (0.89)	<.0001
Muscle percentage (%)	50.41 ^a (0.60)	44.25 ^b (0.43)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm ²)	2.01 ^a (0.16)	1.48 ^b (0.11)	0.0007
Latissimus dorsi m. (cm ²)	3.87 (0.27)	3.52 (0.20)	0.1953
Cutaneous trunci m. (cm ²)	15.30 ^a (0.25)	14.24 ^b (0.18)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	8.38 ^a (0.17)	7.90 ^b (0.12)	0.0065
External abdominal oblique m. (cm ²)	9.46 ^a (0.20)	8.94 ^b (0.14)	0.0094
length of sliced belly (cm)	29.92 (0.22)	30.04 (0.16)	0.5905
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.84 (0.26)	23.68 (0.18)	0.5293
Fat length (cm)	5.49 (0.19)	5.78 (0.14)	0.1297
B14			
Total belly (cm ²)	132.12 ^b (1.06)	138.33 ^a (0.76)	<.0001
Total muscle (cm ²)	71.47 ^a (0.96)	66.67 ^b (0.68)	<.0001
Total fat (cm ²)	62.01 ^b (1.25)	72.73 ^a (0.89)	<.0001
Muscle percentage (%)	54.16 ^a (0.66)	48.33 ^b (0.47)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm ²)	19.63 ^a (0.33)	18.18 ^b (0.24)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.93 (0.22)	6.61 (0.16)	0.1366
External abdominal oblique m. (cm ²)	17.33 ^a (0.36)	15.96 ^b (0.26)	0.0001
length of sliced belly (cm)	29.78 (0.23)	29.89 (0.17)	0.6451
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.58 (0.25)	23.43 (0.18)	0.5473
Fat length (cm)	5.65 (0.19)	5.86 (0.14)	0.2674

품종별로 삼겹살 관련형질의 차이도 분석을 실시하였다(Table 3-22). Landrace와 Yorkshire 품종에서는 대부분의 삼겹살 관련형질에서 차이가 났으며, 삼겹살중량(Belly weight) 및 삼겹살 길이(Belly length)는 Landrace에서 큰 값을 보였으며, 삼겹살너비(Belly width)와 삼겹살두께(Belly thickness) 및 근간지방(Intermuscular fat)은 Yorkshire에서 큰 값을 보였다. 슬라이스의 세부근육에 대한 부분을 살펴보면, 세부근육에서는 차이를 보이는데, 흉추6번과 11번에서의 지방면적에서는 차이가 나지 않았다. 삼겹살너비(Belly width)에서는 차이가 나타났으나, 슬라이스 별 길이에서는 차이가 나타나지 않았다.

우리나라는 사계절이 뚜렷하고, 여름이 고온다습하여 계절별로 돼지의 성장능력 및 육질 등의 형질에 차이가 나타나기 때문에 분석 시 여름과 여름이 아닌 계절을 요인으로 넣기도 한다(ref.). 따라서 도축계절이 여름일 경우와 여름이 아닐 경우 차이가 있는지 살펴보기 위하여 분석을 실시하였다(Table 3-23). 6, 7, 8월에 도축된 대상을 여름에 도축된 대상으로 설정하였으며, 여름에 도축된 개체는 총 102두였고, 여름이 아닌 계절에 도축된 두수는 517두였다. 품종과 성별에 따른 차이보다는 적은 차이를 나타냈으며, 삼겹살중량(Belly weight)과 삼겹살두께(Belly thickness)가 계절별로 차이가 나는 것으로 나타났으며, 흉추별로 삼겹살 면적과 근육단면적도 차이가 나타났다.

농장에 따라 사료나 사육조건, 도축장까지의 이동거리에 따른 수송스트레스 등의 외부환경이 영향을 미칠 수 있으므로 농장에 따른 차이 분석을 실시하였다(Table 3-24). 흉추6번에서의 몇몇의 세부근육을 제외하고 모든 형질에서 농장별 차이가 존재하였다.

이에 따라 유전자형과 측정형질의 연관성분석 시에 성별효과와 품종효과, 계절효과 및 농장효과를 통계모형에 넣어 분석을 실시하였다. SNP에 대해 측정형질과의 연관성 분석을 실시를 위해서 통계패키지 프로그램 SAS 9.2의 general linear model procedure를 이용하였다. 분석모델은 $y_{ijklm} = \mu + G_i + B_j + S_k + F_l + Se_m + e_{ijklm}$ 이며, y_{ijklm} 는 관측치, μ 는 평균, G_i 는 유전자형효과, B_j 는 품종에 따른 고정효과, S_k 는 성별에 따른 고정효과, F_l 는 농장에 따른 고정효과, Se_m 는 계절에 따른 고정효과, e_{ijklm} 는 잔차이다. 도체중이 삼겹살관련 형질에 영향을 미칠 것이라고 판단되어, 도체중을 공변량으로 설정하여 분석을 진행하였다. 또한 probability difference (PDIF) option을 이용하여 유전자형간의 통계적으로 유의한 차이가 유무를 구분하였다. 이러한 통계적 연관성분석을 통하여 유전자형에 따른 효과를 분석하였으며 이를 통해 각 SNP들의 기능을 확인했다.

Table 3-22. Difference of Least Square Means between Landrace and Yorkshire

Classification	Breed		P-value
	Landrace (n=126)	Yorkshire (n=493)	
Belly weight (kg)	7.25 ^a (0.05)	6.73 ^b (0.04)	<.0001
Belly length (mm)	552.16 ^a (2.71)	534.76 ^b (2.43)	<.0001
Belly width (mm)	279.05 ^b (1.35)	286.36 ^a (1.21)	<.0001
Belly thickness (mm)	43.58 ^b (0.67)	46.37 ^a (0.60)	0.0022
Intermuscular fat (mm)	8.07 ^b (0.47)	10.40 ^a (0.42)	0.0002
Partial muscle traits by thoracic vertebra			
6th			
Total belly (cm ²)	179.75 ^a (1.42)	161.27 ^b (1.27)	<.0001
Total muscle (cm ²)	101.37 ^a (1.17)	82.41 ^b (1.04)	<.0001
Total fat (cm ²)	79.30 (1.45)	80.93 (1.30)	0.4071
Muscle percentage (%)	56.51 ^a (0.60)	51.42 ^b (0.53)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm ²)	16.46 ^a (0.39)	12.09 ^b (0.35)	<.0001
Latissimus dorsi m. (cm ²)	26.68 ^a (0.48)	23.59 ^b (0.43)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm ²)	7.45 ^a (0.17)	5.62 ^b (0.15)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.59 (0.41)	1.81 (0.36)	0.1645
External abdominal oblique m. (cm ²)	3.80 ^a (0.34)	2.47 ^b (0.30)	0.0048
length of sliced belly (cm)	30.27 (0.21)	29.91 (0.19)	0.2136
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.79 ^a (0.31)	17.28 ^b (0.28)	0.0005
Fat length (cm)	6.11 ^b (0.23)	7.31 ^a (0.57)	0.0001
11th			
Total belly (cm ²)	143.00 ^a (1.06)	137.10 ^b (0.95)	<.0001
Total muscle (cm ²)	71.80 ^a (0.91)	60.18 ^b (0.81)	<.0001
Total fat (cm ²)	71.81 (1.33)	78.37 (1.19)	0.0521
Muscle percentage (%)	50.37 ^a (0.65)	44.30 ^b (0.58)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.85 (0.17)	1.65 (0.15)	0.3890
Latissimus dorsi m. (cm ²)	3.26 ^b (0.31)	4.13 ^a (0.25)	0.0339
Cutaneous trunci m. (cm ²)	16.51 ^a (0.27)	13.03 ^b (0.24)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	9.21 ^a (0.19)	7.07 ^b (0.17)	<.0001
External abdominal oblique m. (cm ²)	9.80 ^a (0.21)	8.61 ^b (0.19)	<.0001
length of sliced belly (cm)	29.86 (0.24)	30.11 (0.21)	0.4220
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.24 ^b (0.28)	24.28 ^a (0.25)	0.0056
Fat length (cm)	6.04 ^a (0.21)	5.23 ^b (0.19)	0.0043
14th			
Total belly (cm ²)	140.82 ^a (1.14)	129.64 ^b (1.02)	<.0001
Total muscle (cm ²)	75.95 ^a (1.03)	62.19 ^b (0.92)	<.0001
Total fat (cm ²)	65.61 ^b (1.34)	69.13 ^a (1.20)	<.0001
Muscle percentage (%)	54.10 ^a (0.70)	48.39 ^b (0.63)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm ²)	21.02 ^a (0.36)	16.79 ^b (0.32)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	7.59 ^a (0.23)	5.96 ^b (0.21)	<.0001
External abdominal oblique m. (cm ²)	18.52 ^a (0.38)	14.78 ^b (0.34)	<.0001
length of sliced belly (cm)	29.95 (0.25)	29.72 (0.22)	0.4989
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.24 (0.26)	23.78 (0.24)	0.1295
Fat length (cm)	6.32 ^a (0.20)	5.20 ^b (0.18)	<.0001

Table 3-23. Difference of Least Square Means between Non-summer and summer

Classification	Season		P-value
	Non-summer (n=517)	Summer (n=102)	
Belly weight (kg)	7.07 ^a (0.03)	6.92 ^b (0.06)	0.0255
Belly length (mm)	540.12 (1.67)	546.80 (3.42)	0.0952
Belly width (mm)	282.79 (0.83)	282.61 (1.70)	0.9273
Belly thickness (mm)	46.44 ^a (0.42)	43.51 ^b (0.85)	0.0034
Intermuscular fat (mm)	9.56 (0.29)	8.92 (0.59)	0.3533
Partial muscle traits by thoracic vertebra			
6th			
Total belly (cm ²)	174.35 ^a (0.87)	166.67 ^b (1.79)	0.0003
Total muscle (cm ²)	95.00 ^a (0.72)	88.78 ^b (1.47)	0.0003
Total fat (cm ²)	79.35 (0.89)	80.88 (1.83)	0.4761
Muscle percentage (%)	54.68 (0.37)	53.26 (0.75)	0.1071
Pectorales profundi m. (cm ²)	14.95 ^a (0.24)	13.60 ^b (0.49)	0.0190
Latissimus dorsi m. (cm ²)	25.71 (0.29)	24.56 (0.60)	0.1053
Cutaneous trunci m. (cm ²)	6.86 ^a (0.11)	6.21 ^b (0.22)	0.0102
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.77 (0.25)	1.63 (0.50)	0.0542
External abdominal oblique m. (cm ²)	3.49 (0.21)	2.77 (0.42)	0.1449
length of sliced belly (cm)	30.83 ^a (0.13)	29.34 ^b (0.27)	<.0001
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.68 ^a (0.19)	17.39 ^b (0.40)	0.0061
Fat length (cm)	6.64 (0.14)	6.79 (0.29)	0.6538
11th			
Total belly (cm ²)	143.66 ^a (0.65)	136.44 ^b (1.34)	<.0001
Total muscle (cm ²)	69.87 ^a (0.56)	62.11 ^b (1.15)	<.0001
Total fat (cm ²)	73.83 (0.82)	76.41 (1.68)	0.1891
Muscle percentage (%)	49.04 ^a (0.40)	45.63 ^b (0.82)	0.0004
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.87 (0.10)	1.62 (0.21)	0.3261
Latissimus dorsi m. (cm ²)	3.85 (0.19)	3.53 (0.36)	0.4540
Cutaneous trunci m. (cm ²)	15.79 ^a (0.17)	13.75 ^b (0.34)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	8.62 ^a (0.12)	7.67 ^b (0.24)	0.0006
External abdominal oblique m. (cm ²)	9.88 ^a (0.13)	8.52 ^b (0.27)	<.0001
length of sliced belly (cm)	30.54 ^a (0.15)	29.43 ^b (0.30)	0.0017
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.24 ^a (0.17)	23.27 ^b (0.35)	0.0195
Fat length (cm)	5.80 (0.13)	5.47 (0.27)	0.2892
14th			
Total belly (cm ²)	140.00 ^a (0.70)	130.45 ^b (1.44)	<.0001
Total muscle (cm ²)	73.34 ^a (0.63)	64.80 ^b (1.29)	<.0001
Total fat (cm ²)	66.67 (0.82)	68.08 (1.69)	0.4740
Muscle percentage (%)	52.72 ^a (0.43)	49.76 ^b (0.89)	0.0045
Cutaneous trunci m. (cm ²)	19.97 ^a (0.22)	17.84 ^b (0.45)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm ²)	7.19 ^a (0.14)	6.36 ^b (0.30)	0.0165
External abdominal oblique m. (cm ²)	18.08 ^a (0.24)	15.21 ^b (0.48)	<.0001
length of sliced belly (cm)	30.40 ^a (0.15)	29.27 ^b (0.32)	0.0025
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.07 ^a (0.16)	22.94 ^b (0.34)	0.0042
Fat length (cm)	5.83 (0.13)	5.69 (0.26)	0.6348

Table 3-24. Difference of Least Square Means among farms

Classification	Farm								P-value
	A (n=46)	B (n=96)	C (n=68)	D (n=122)	E (n=77)	G (n=34)	H (n=104)	I (n=72)	
Belly weight (kg)	7.19 ^a (0.07)	7.01 ^b (0.05)	6.80 ^c (0.06)	7.04 ^b (0.05)	6.89 ^c (0.06)	6.83 ^c (0.09)	7.15 ^a (0.06)	7.05 ^b (0.05)	<.0001
Belly length (mm)	538.69 ^b (4.00)	556.77 ^a (3.12)	519.46 ^d (3.63)	550.61 ^a (2.96)	529.30 ^c (3.43)	558.31 ^a (5.07)	550.36 ^a (3.25)	544.20 ^b (2.70)	<.0001
Belly width (mm)	291.16 ^a (1.99)	267.34 ^d (1.55)	290.00 ^a (1.81)	274.67 ^c (1.47)	292.23 ^a (1.70)	275.79 ^c (2.52)	281.51 ^b (1.62)	288.93 ^a (1.34)	<.0001
Belly thickness (mm)	42.11 ^d (1.00)	47.54 ^d (0.78)	45.38 ^b (0.91)	47.51 ^d (0.74)	42.87 ^d (0.86)	45.07 ^b (1.26)	45.35 ^b (0.81)	43.98 ^a (0.67)	<.0001
Intermuscular fat (mm)	11.01 ^b (0.69)	8.06 ^c (0.54)	8.37 ^b (0.63)	8.94 ^b (0.51)	9.41 ^b (0.59)	8.89 ^b (0.87)	9.13 ^b (0.56)	10.08 ^a (0.47)	0.0009
Partial muscle traits by thoracic vertebra									
6th									
Total belly (cm)	173.01 ^{bc} (2.09)	170.49 ^{cd} (1.63)	171.17 ^{bc} (1.89)	168.33 ^{cd} (1.55)	166.61 ^d (1.80)	158.80 ^e (2.65)	180.67 ^a (1.70)	175.00 ^b (1.41)	<.0001
Total muscle (cm)	87.89 ^d (1.72)	93.95 ^b (1.34)	93.94 ^{abc} (1.56)	93.23 ^{bc} (1.27)	90.61 ^{cd} (1.48)	87.24 ^d (2.18)	97.77 ^a (1.40)	90.51 ^{cd} (1.16)	<.0001
Total fat (cm)	88.02 ^a (2.14)	77.48 ^b (1.67)	78.41 ^b (1.94)	76.65 ^b (1.59)	77.13 ^b (1.84)	73.59 ^b (2.71)	84.87 ^a (1.74)	84.76 ^a (1.45)	<.0001
Muscle percentage (%)	50.89 ^b (0.89)	55.19 ^a (0.69)	54.81 ^a (0.80)	55.40 ^a (0.65)	54.21 ^a (0.76)	55.37 ^a (1.12)	54.21 ^a (0.72)	51.69 ^b (0.59)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm)	15.16 (0.57)	13.75 (0.45)	14.40 (0.52)	13.36 (0.43)	15.13 (0.49)	12.26 (0.73)	15.75 (0.47)	14.40 (0.39)	0.3793
Latissimus dorsi m. (cm)	24.08 ^b (0.70)	25.51 ^b (0.55)	25.32 ^b (0.64)	25.37 ^b (0.52)	24.64 ^b (0.61)	24.45 ^b (0.89)	27.01 ^a (0.57)	24.71 ^b (0.48)	0.0154
Cutaneous trunci m. (cm)	6.32 (0.26)	6.52 (0.20)	6.71 (0.23)	6.41 (0.19)	6.71 (0.22)	6.25 (0.32)	6.80 (0.21)	6.57 (0.17)	0.7014
Rectus abdominis m. (cm)	2.84 (0.55)	2.60 (0.47)	2.85 (0.50)	1.58 (0.45)	2.26 (0.50)	0.44 (0.78)	2.83 (0.49)	2.19 (0.39)	0.2205
External abdominal oblique m. (cm)	3.17 (0.46)	3.71 (0.39)	3.79 (0.42)	2.92 (0.37)	3.14 (0.42)	2.01 (0.65)	3.49 (0.41)	2.83 (0.33)	0.2031
length of sliced belly (cm)	31.29 ^{bc} (0.31)	27.66 ^c (0.25)	31.70 ^b (0.29)	28.23 ^d (0.23)	32.34 ^a (0.27)	27.41 ^e (0.40)	31.12 ^{bc} (0.26)	30.94 ^a (0.22)	<.0001
Cutaneous trunci m. length (cm)	19.89 ^a (0.46)	15.39 ^a (0.36)	20.01 ^a (0.42)	15.79 ^a (0.35)	18.14 ^a (0.40)	16.17 ^{bc} (0.59)	19.14 ^{ab} (0.38)	19.73 ^a (0.32)	<.0001
Fat length (cm)	6.26 ^b (0.34)	6.96 ^a (0.27)	6.78 ^{ab} (0.31)	7.17 ^a (0.25)	7.12 ^a (0.29)	6.61 ^{ab} (0.43)	6.56 ^{ab} (0.28)	6.24 ^b (0.23)	0.0310
11th									
Total belly (cm)	142.92 ^{ab} (1.57)	142.66 ^{ab} (1.22)	136.23 ^c (1.42)	141.76 ^b (1.16)	133.60 ^c (1.34)	134.86 ^c (1.98)	143.67 ^a (1.27)	144.73 ^{ab} (1.06)	<.0001
Total muscle (cm)	61.59 ^d (1.34)	71.89 ^a (1.04)	64.42 ^c (1.22)	69.20 ^b (0.99)	64.62 ^c (1.15)	63.20 ^{cd} (1.70)	69.05 ^b (1.09)	63.94 ^{cd} (0.90)	<.0001
Total fat (cm)	83.57 ^e (1.97)	71.41 ^c (1.53)	72.63 ^{bc} (1.78)	73.62 ^{bc} (1.46)	69.77 ^c (1.68)	73.04 ^{bc} (2.49)	75.65 ^b (1.60)	80.97 ^a (1.33)	<.0001
Muscle percentage (%)	43.45 ^a (0.96)	50.65 ^a (0.75)	47.37 ^b (0.87)	48.91 ^b (0.71)	48.11 ^b (0.82)	47.41 ^b (0.82)	48.34 ^b (0.78)	44.43 ^a (0.65)	<.0001
Pectorales profundi m. (cm)	1.99 ^{ab} (0.25)	2.36 ^a (0.19)	0.90 ^c (0.22)	2.02 ^{ab} (0.18)	1.21 ^c (0.21)	2.01 ^{ab} (0.31)	1.75 ^{bc} (0.20)	1.75 ^{bc} (0.17)	<.0001
Latissimus dorsi m. (cm)	4.73 ^a (0.41)	3.79 ^b (0.34)	3.00 ^c (0.37)	3.53 ^b (0.31)	2.70 ^c (0.35)	4.23 ^{ab} (0.58)	3.57 ^b (0.35)	4.00 ^{ab} (0.29)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm)	14.24 ^{bc} (0.40)	15.30 ^a (0.31)	14.72 ^{ab} (0.36)	15.33 ^a (0.30)	15.34 ^a (0.34)	13.37 ^c (0.51)	15.55 ^a (0.33)	14.30 ^b (0.27)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm)	7.62 ^b (0.28)	8.62 ^a (0.22)	8.02 ^b (0.25)	8.64 ^a (0.20)	8.25 ^a (0.24)	7.96 ^a (0.35)	8.25 ^{ab} (0.22)	7.77 ^b (0.19)	<.0001
External abdominal oblique m. (cm)	8.45 ^d (0.31)	10.12 ^a (0.24)	9.25 ^{bc} (0.28)	9.38 ^{bc} (0.23)	9.19 ^c (0.27)	8.15 ^d (0.40)	10.05 ^{ab} (0.25)	9.03 ^{cd} (0.21)	<.0001
length of sliced belly (cm)	31.21 ^a (0.35)	27.58 ^c (0.27)	31.41 ^a (0.32)	28.83 ^b (0.26)	30.99 ^a (0.30)	28.21 ^{bc} (0.44)	30.90 ^a (0.28)	30.74 ^a (0.24)	<.0001
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.84 ^{ab} (0.41)	21.65 ^d (0.32)	25.17 ^a (0.37)	22.94 ^c (0.30)	24.22 ^b (0.35)	21.87 ^d (0.52)	24.50 ^{ab} (0.33)	24.86 ^{ab} (0.28)	<.0001
Fat length (cm)	5.80 (0.31)	5.48 (0.24)	5.76 (0.28)	5.32 (0.23)	5.61 (0.26)	5.63 (0.39)	6.04 (0.25)	5.41 (0.21)	0.3783
14th									
Total belly (cm)	138.50 ^{ab} (1.68)	136.54 ^{bc} (1.31)	133.99 ^c (1.52)	136.38 ^{bc} (1.24)	127.72 ^d (1.44)	128.22 ^d (2.13)	140.02 ^a (1.37)	140.44 ^a (1.13)	<.0001
Total muscle (cm)	62.16 ^d (1.51)	75.26 ^a (1.18)	70.33 ^{bc} (1.37)	72.70 ^{bd} (1.12)	68.07 ^{cd} (1.30)	64.55 ^d (1.92)	73.50 ^{ab} (1.23)	65.99 ^a (1.02)	<.0001
Total fat (cm)	78.68 ^a (1.97)	62.04 ^c (1.54)	64.66 ^{bc} (1.79)	64.94 ^{bc} (1.46)	60.59 ^c (1.69)	65.31 ^{bc} (2.50)	68.09 ^b (1.60)	74.67 ^a (1.33)	<.0001
Muscle percentage (%)	45.18 ^c (1.04)	55.36 ^a (0.81)	52.47 ^b (0.94)	53.30 ^b (0.77)	52.93 ^b (0.89)	50.80 ^b (1.32)	52.69 ^b (0.85)	47.20 ^b (0.70)	<.0001
Cutaneous trunci m. (cm)	18.08 ^{bc} (0.53)	19.98 ^a (0.41)	19.01 ^{ab} (0.48)	19.58 ^a (0.38)	19.14 ^{ab} (0.45)	16.72 ^c (0.67)	20.21 ^a (0.43)	18.49 ^b (0.36)	<.0001
Rectus abdominis m. (cm)	6.13 ^b (0.35)	7.40 ^a (0.27)	6.92 ^a (0.31)	7.19 ^a (0.26)	7.12 ^a (0.30)	6.51 ^{ab} (0.44)	6.65 ^{ab} (0.28)	6.25 ^b (0.23)	0.0010
External abdominal oblique m. (cm)	14.00 ^d (0.57)	18.95 ^a (0.44)	16.00 ^c (0.51)	17.34 ^{bc} (0.42)	16.91 ^c (0.49)	15.61 ^{cd} (0.72)	18.24 ^{ab} (0.46)	16.15 ^c (0.38)	<.0001
length of sliced belly (cm)	31.31 ^{ab} (0.36)	27.28 ^d (0.29)	31.33 ^a (0.33)	28.58 ^c (0.27)	30.64 ^b (0.31)	27.76 ^{cd} (0.46)	31.00 ^{ab} (0.30)	30.78 ^{ab} (0.25)	<.0001
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.75 ^a (0.39)	21.73 ^d (0.30)	24.63 ^a (0.35)	22.84 ^c (0.29)	23.71 ^b (0.33)	21.84 ^d (0.49)	24.11 ^{ab} (0.32)	24.44 ^{ab} (0.27)	<.0001
Fat length (cm)	5.98 (0.30)	5.44 (0.24)	5.86 (0.27)	5.49 (0.22)	5.81 (0.26)	5.61 (0.38)	6.15 (0.25)	5.72 (0.21)	0.3673

Table 3-25에 *TGFBI* 유전자의 3'downstream region내 *BsrI* 좌위에 대한 연관성분석결과가 나타나 있다. Landrace에서는 변이가 나타나지 않았기 때문에 분석에서 제외하였고, GG 유전자형은 나타나지 않았기 때문에 AA 유전자형과 GA 유전자형에 대해서만 분석을 실시하였다. 분석 결과 삼겹살관련 형질 중 유전자형간에 유의적인 차이를 가진 형질이 나타나지 않았다. 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흥추11번에서 AA type의 몸통피부근 단면길이(Cutaneous trunci m. length)가 GG type보다 크게 나타나는 경향을 보였으며($P = 0.0677$), 흥추14번에서 AA type을 가진 개체가 GG type을 가진 개체보다 더 큰 몸통피부근 단면길이(Cutaneous trunci m. length)와 더 작은 떡지방 단면길이(Fat length)를 갖고 있는 경향을 확인할 수 있었다. 전체적으로 분석해 본 결과, 유의적인 차이를 가지는 결과를 보이지 않았기 때문에 *TGFBI* 유전자는 마커로 사용하기에 적합하지 않다고 판단된다.

TNF 유전자의 intron1 내 SNP11이 형질에 미치는 영향은 Table 3-26에 나타나 있다. 앞선 *TGFBI* 유전자의 SNP7과는 다르게 *TNF* 유전자 내 SNP11에서는 삼겹살관련 형질 중 삼겹살너비(Belly width)에서 CC type이나 TC type보다 TT type이 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났다($P = 0.0383$). 또한 세부근육 형질에서 흥추6번의 깊은흉근 단면적이 TT type일 경우 더 큰 면적을 나타냈고($P = 0.0124$), 몸통피부근 단면길이에서 CC type과 TC type이 TT type에 비해 긴 면적을 나타냈다($P = 0.0477$). 흥추11번의 삼겹살 단면적(Total belly)이 TC type일 경우에 CC type이나 TT type일 때보다 유의적으로 넓은 것을 확인할 수 있었다($P = 0.0068$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흥추11번의 지방 단면적(Total fat)이 TC type일 경우 CC type이나 TC type보다 넓은 경향을 보였다($P = 0.654$). 전체적으로 분석해 본 결과, 흥추6번의 몸통피부근 단면길이는 줄어들지만 떡지방이 문제가 되는 흥추11번에서는 차이가 나타나지 않기 때문에, 삼겹살 너비와 흥추6번의 깊은흉근 단면적이 넓어지는 TT type이 *TNF* 유전자에서 좋은 유전자형이라고 할 수 있다. 소비자 조사 결과 시 깊은흉근이 넓을수록 소비자의 선호도가 높아지는 경향을 보였으므로, *TNF* 유전자의 마커는 세부근육 중 깊은흉근과 관련하여 유용한 마커로 판단된다.

WNT10B 유전자의 SNP17이 형질에 미치는 영향은 Table 3-27에 나타나 있다. *WNT10B* 유전자의 SNP17에서는 세부근육 형질 중 흥추14번의 몸통피부근 단면적(Cutaneous trunci m.)에서 AA type이 AG type보다 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났으며($P = 0.0210$), GG type은 AA, AG type과 차이가 없는 것으로 나타났다. 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 삼겹살너비(Belly width)가 AA type과 AG type이 GG type보다 큰 경향을 보였으며 흥추11번의 깊은흉근 단면적(Pectorales profundi m.)과 배곧은근 단면적(Rectus abdominis m.)은 AG type이 AA type과 GG type보다 큰 경향을 보였다. 또한 흥추14번의 근육면적(Total muscle)은 AA type으로 갈수록 높은 경향을 나타냈다.

Table 3-25. Association of SNP7 in *TGFBI* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=444)	GA (n=47)	GG (n=0)	
Belly weight (kg)	6.86 (0.04)	6.82 (0.07)		0.4345
Belly length (mm)	526.87 (2.62)	521.43 (4.40)		0.1348
Belly width (mm)	293.55 (1.14)	292.26 (1.91)		0.4109
Belly thickness (mm)	45.75 (0.61)	44.50 (1.03)		0.5287
Intermuscular fat (mm)	10.20 (0.47)	9.69 (0.78)		0.4230
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)	166.22 (1.32)	165.57 (2.21)		0.7237
Total muscle (cm ²)	82.60 (1.08)	175.25 (1.80)		0.2009
Total fat (cm ²)	86.25 (1.32)	86.82 (2.22)		0.7568
Muscle percentage (%)	49.98 (0.54)	49.12 (0.90)		0.2465
Pectorales profundi m. (cm ²)	12.96 (0.37)	12.88 (0.62)		0.8734
Latissimus dorsi m. (cm ²)	23.78 (0.43)	22.83 (0.71)		0.1057
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.59 (0.17)	5.40 (0.28)		0.4236
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.17 (0.39)	2.00 (0.69)		0.7608
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.83 (0.32)	2.73 (0.56)		0.8330
length of sliced belly (cm)	30.91 (0.23)	30.80 (0.38)		0.9271
Cutaneous trunci m. length (cm)	17.93 (0.31)	17.98 (0.53)		0.9153
Fat length (cm)	7.39 (0.22)	7.13 (0.38)		0.3892
11th				
Total belly (cm ²)	140.35 (0.10)	140.11 (1.67)		0.8637
Total muscle (cm ²)	60.08 (0.84)	59.11 (1.42)		0.4120
Total fat (cm ²)	82.11 (1.21)	82.34 (2.03)		0.8895
Muscle percentage (%)	43.14 (0.59)	42.64 (0.98)		0.5414
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.37 (0.14)	1.33 (0.23)		0.8338
Latissimus dorsi m. (cm ²)	4.40 (0.27)	4.53 (0.44)		0.7270
Cutaneous trunci m. (cm ²)	13.30 (0.25)	12.80 (0.42)		0.1464
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.95 (0.17)	6.74 (0.29)		0.3678
External abdominal oblique m. (cm ²)	8.52 (0.20)	8.81 (0.34)		0.2809
length of sliced belly (cm)	46.41 (1.82)	46.40 (0.89)		0.1945
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.04 (0.27)	24.36 (0.45)		0.0677
Fat length (cm)	5.21 (0.21)	5.68 (0.34)		0.1002
14th				
Total belly (cm ²)	133.96 (1.04)	134.03 (1.75)		0.9644
Total muscle (cm ²)	62.83 (0.98)	61.50 (1.64)		0.3254
Total fat (cm ²)	73.27 (1.23)	74.10 (2.06)		0.6251
Muscle percentage (%)	47.22 (0.66)	46.22 (1.10)		0.2689
Cutaneous trunci m. (cm ²)	17.21 (0.34)	16.94 (0.57)		0.5776
Rectus abdominis m. (cm ²)	5.83 (0.22)	5.47 (0.38)		0.2536
External abdominal oblique m. (cm ²)	14.29 (0.36)	14.14 (0.61)		0.7589
length of sliced belly (cm)	30.70 (0.24)	30.28 (0.40)		0.1945
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.48 (0.26)	23.86 (0.43)		0.0826
Fat length (cm)	5.25 (0.20)	5.74 (0.33)		0.0755

Table 3-26. Association of SNP11 in *TNF* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	CC (n=311)	TC (n=253)	TT (n=51)	
Belly weight (kg)	6.83 (0.05)	6.91 (0.05)	6.86 (0.08)	0.0881
Belly length (mm)	527.14 (2.87)	526.11 (2.90)	528.21 (4.66)	0.8389
Belly width (mm)	293.33 ^b (1.23)	293.12 ^b (1.24)	297.82 ^a (2.00)	0.0383
Belly thickness (mm)	45.26 (0.67)	46.15 (0.67)	45.90 (1.08)	0.2316
Intermuscular fat (mm)	10.30 (0.51)	10.08 (0.51)	10.14 (0.82)	0.8468
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)	166.50 (1.44)	166.45 (1.46)	164.27 (2.34)	0.5775
Total muscle (cm ²)	82.75 (1.18)	82.15 (1.19)	84.03 (1.91)	0.5322
Total fat (cm ²)	86.41 (1.43)	86.96 (1.45)	82.25 (2.33)	0.0952
Muscle percentage (%)	50.02 (0.58)	49.68 (0.59)	51.15 (0.94)	0.2391
Pectorales profundi m. (cm ²)	12.89 ^b (0.40)	12.76 ^b (0.40)	14.54 ^a (0.65)	0.0124
Latissimus dorsi m. (cm ²)	23.56 (0.46)	23.84 (0.47)	24.57 (0.75)	0.3250
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.49 (0.18)	5.67 (0.19)	5.66 (0.30)	0.4579
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.15 (0.42)	2.31 (0.42)	1.78 (0.66)	0.6571
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.98 (0.34)	2.75 (0.35)	2.51 (0.54)	0.5322
length of sliced belly (cm)	30.76 (0.23)	30.81 (0.23)	30.55 (0.37)	0.7606
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.08 ^a (0.34)	18.06 ^a (0.35)	16.81 ^b (0.56)	0.0477
Fat length (cm)	7.39 (0.25)	7.31 (0.25)	7.70 (0.40)	0.5804
11th				
Total belly (cm ²)	139.20 ^b (1.07)	141.82 ^a (1.08)	139.43 ^b (1.74)	0.0068
Total muscle (cm ²)	59.64 (0.92)	60.31 (0.93)	61.27 (1.49)	0.4085
Total fat (cm ²)	81.47 (1.31)	83.33 (1.32)	79.56 (2.12)	0.0654
Muscle percentage (%)	43.25 (0.63)	42.83 (0.64)	44.06 (1.03)	0.3912
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.29 (0.15)	1.51 (0.15)	1.18 (0.24)	0.1098
Latissimus dorsi m. (cm ²)	4.27 (0.29)	4.65 (0.29)	4.08 (0.46)	0.1520
Cutaneous trunci m. (cm ²)	13.21 (0.27)	13.34 (0.28)	13.65 (0.44)	0.5363
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.92 (0.19)	6.95 (0.19)	7.14 (0.30)	0.7347
External abdominal oblique m. (cm ²)	8.50 (0.22)	8.56 (0.22)	8.71 (0.35)	0.8037
length of sliced belly (cm)	30.96 (0.25)	30.92 (0.25)	30.68 (0.41)	0.7660
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.20 (0.29)	25.03 (0.30)	24.22 (0.48)	0.0903
Fat length (cm)	5.18 (0.23)	5.21 (0.23)	5.41 (0.37)	0.7970
14th				
Total belly (cm ²)	133.13 (1.14)	134.96 (1.15)	134.00 (1.84)	0.1240
Total muscle (cm ²)	62.72 (1.07)	62.71 (1.08)	64.30 (1.73)	0.5960
Total fat (cm ²)	72.66 (1.33)	74.33 (1.34)	71.35 (2.16)	0.1532
Muscle percentage (%)	47.50 (0.71)	46.76 (0.72)	47.99 (1.16)	0.3031
Cutaneous trunci m. (cm ²)	17.02 (0.37)	17.24 (0.37)	18.16 (0.60)	0.1191
Rectus abdominis m. (cm ²)	5.69 (0.24)	5.97 (0.25)	5.80 (0.40)	0.3385
External abdominal oblique m. (cm ²)	14.32 (0.40)	14.18 (0.40)	14.77 (0.65)	0.6151
length of sliced belly (cm)	30.69 (0.26)	30.73 (0.26)	30.55 (0.42)	0.9081
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.48 (0.28)	24.59 (0.28)	23.90 (0.46)	0.2841
Fat length (cm)	5.17 (0.22)	5.27 (0.22)	5.64 (0.36)	0.3638

Table 3-27. Association of SNP17 in *WNT10B* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=198)	AG (n=293)	GG (n=126)	
Belly weight (kg)	7.00 (0.04)	7.00 (0.04)	6.98 (0.04)	0.8885
Belly length (mm)	542.24 (2.21)	543.97 (2.18)	544.75 (2.53)	0.6113
Belly width (mm)	283.55 (1.09)	283.04 (1.08)	280.83 (1.25)	0.0945
Belly thickness (mm)	45.44 (0.55)	44.53 (0.54)	44.82 (0.63)	0.2602
Intermuscular fat (mm)	9.05 (0.38)	9.08 (0.38)	9.80 (0.43)	0.1780
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)	169.92 (1.15)	171.29 (1.14)	170.22 (1.32)	0.4524
Total muscle (cm ²)	91.66 (0.95)	92.01 (0.94)	92.03 (1.09)	0.9248
Total fat (cm ²)	79.67 (1.18)	80.72 (1.17)	79.92 (1.35)	0.6454
Muscle percentage (%)	54.00 (0.49)	53.76 (0.48)	54.22 (0.56)	0.6814
Pectorales profundi m. (cm ²)	14.11 (0.32)	14.27 (0.31)	14.58 (0.36)	0.4704
Latissimus dorsi m. (cm ²)	25.32 (0.39)	25.28 (0.38)	24.60 (0.45)	0.2271
Cutaneous trunci m. (cm ²)	6.68 (0.14)	6.42 (0.14)	6.45 (0.16)	0.1784
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.22 (0.32)	2.08 (0.32)	2.33 (0.36)	0.7370
External abdominal oblique m. (cm ²)	3.18 (0.27)	3.04 (0.26)	3.22 (0.31)	0.7743
length of sliced belly (cm)	30.21 (0.17)	29.97 (0.17)	30.05 (0.20)	0.3857
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.00 (0.26)	18.11 (0.25)	17.98 (0.29)	0.8588
Fat length (cm)	6.83 (0.19)	6.61 (0.19)	6.67 (0.21)	0.5232
11th				
Total belly (cm ²)	140.22 (0.83)	140.33 (0.85)	139.14 (0.99)	0.4343
Total muscle (cm ²)	66.29 (0.74)	66.19 (0.73)	65.17 (0.84)	0.3815
Total fat (cm ²)	74.95 (1.08)	75.13 (1.07)	75.18 (1.24)	0.9820
Muscle percentage (%)	47.50 (0.53)	47.33 (0.52)	47.12 (0.60)	0.8326
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.63 (0.14)	1.92 (0.13)	1.68 (0.16)	0.0836
Latissimus dorsi m. (cm ²)	3.91 (0.24)	3.63 (0.23)	3.48 (0.27)	0.2755
Cutaneous trunci m. (cm ²)	15.00 (0.22)	14.56 (0.22)	14.70 (0.25)	0.1522
Rectus abdominis m. (cm ²)	8.14 (0.15)	8.28 (0.15)	7.92 (0.17)	0.0979
External abdominal oblique m. (cm ²)	9.33 (0.17)	9.19 (0.17)	8.99 (0.20)	0.2624
length of sliced belly (cm)	30.09 (0.19)	30.01 (0.19)	29.76 (0.22)	0.3372
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.73 (0.23)	23.95 (0.22)	23.51 (0.26)	0.1851
Fat length (cm)	5.76 (0.17)	5.51 (0.17)	5.60 (0.19)	0.3212
14th				
Total belly (cm ²)	136.26 (0.92)	134.71 (0.91)	134.07 (1.06)	0.1125
Total muscle (cm ²)	70.15 (0.83)	68.68 (0.82)	67.85 (0.95)	0.0611
Total fat (cm ²)	67.30 (1.09)	67.21 (1.08)	67.55 (1.24)	0.9601
Muscle percentage (%)	51.63 (0.57)	51.07 (0.57)	50.91 (0.66)	0.5124
Cutaneous trunci m. (cm ²)	19.34 ^a (0.29)	18.52 ^b (0.29)	18.76 ^{ab} (0.33)	0.0210
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.82 (0.19)	6.80 (0.19)	6.65 (0.22)	0.7340
External abdominal oblique m. (cm ²)	16.82 (0.31)	16.56 (0.31)	16.51 (0.36)	0.6514
length of sliced belly (cm)	29.98 (0.20)	29.90 (0.20)	29.50 (0.23)	0.1089
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.55 (0.21)	23.61 (0.21)	23.28 (0.25)	0.3813
Fat length (cm)	5.85 (0.17)	5.57 (0.16)	5.89 (0.19)	0.1240

PPARGC1A 유전자의 SNP22가 형질에 미치는 영향은 Table 3-28에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP22에서는 삼겹살 형질 중 두께(Belly thickness)에서 AA type과 GA type이 GG type보다 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났다($P < 0.0001$). 세부근육 형질에서는 흉추6번의 떡지방 단면길이(Fat length)에서 GA type이 AA나 GG type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0195$), 흉추11번에서는 배곧은근 단면적(Rectus abdominis m.)에서 GG type이 가장 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0279$) 배바깥경사근 단면적(External abdominal oblique m.)에서는 GG type이 GA type보다 넓은 것으로 나타났으나($P = 0.0376$) AA type은 GG, GA type과 차이가 없었다. 흉추14번의 지방면적(Total fat)에서는 GA type이 가장 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0252$), 근육비율(Muscle percentage)은 AA, GG type이 GA type보다 높은 비율로 나타났다($P = 0.0206$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흉추11번의 지방면적(Total fat)에서는 GA type이 더 넓은 경향을 보였고 흉추 14번의 배곧은근 단면적(Rectus abdominis m.)은 GG type에서 높은 경향을 나타냈다. 전체적으로 분석해 본 결과, GG type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP22에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

PPARGC1A 유전자의 SNP23이 형질에 미치는 영향은 Table 3-29에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP23에서는 세부근육 형질 중 흉추6번의 떡지방 단면길이(Fat length)에서 GT type이 TT type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0123$), 흉추11번에서는 지방면적(Total fat)에서 GT type이 가장 넓은 것으로 나타났다($P = 0.0175$). 흉추14번의 지방면적(Total fat)에서는 GT type이 가장 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0066$), 근육비율(Muscle percentage)은 TT type이 GT type보다 높은 비율로 나타났다($P = 0.0107$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흉추11번의 삼겹살 단면적(Total belly)에서는 GT type이 더 넓은 경향을 보였고 근육비율(Muscle percentage)과 깊은흉근 단면적(Pectorales profundi m.)은 GG type이 더 높은 경향을 나타냈다. 흉추14번의 근육면적 (Total muscle)은 GG type에서 높은 경향을 나타냈다. 전체적으로 분석해 본 결과, GG type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP23에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

PPARGC1A 유전자의 SNP24가 형질에 미치는 영향은 Table 3-30에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP24에서는 세부근육 형질 중 흉추6번의 떡지방 단면길이(Fat length)에서 AT type이 AA type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0231$), 흉추11번에서는 지방면적(Total fat)에서 AT type이 가장 넓은 것으로 나타났다($P = 0.0328$). 흉추14번의 지방면적(Total fat)에서는 AT type이 가장 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0088$), 근육비율(Muscle percentage)은 AA type이 AT type보다 높은 비율로 나타났다($P = 0.0272$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흉추11번의 삼겹살 단면적(Total belly)에서는 AT type이 더 넓은 경향을 보였고 깊은흉근 단면적(Pectorales profundi m.)은 AA type이 더 높은 경향을 나타냈다. 전체적으로 분석해 본 결과, AA type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP24에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

Table 3-28. Association of SNP22 in *PPARGCIA* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=344)	GA (n=107)	GG (n=40)	
Belly weight (kg)	6.86 (0.05)	6.88 (0.06)	6.84 (0.08)	0.8272
Belly length (mm)	527.12 (2.73)	524.36 (3.36)	528.22 (4.68)	0.5168
Belly width (mm)	293.92 (1.18)	291.90 (1.45)	293.82 (2.02)	0.1985
Belly thickness (mm)	46.17 ^a (0.63)	46.33 ^a (0.77)	41.67 ^b (1.07)	<.0001
Intermuscular fat (mm)	10.30 (0.48)	10.44 (0.60)	9.10 (0.83)	0.2593
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
B6				
Total belly (cm ²)	166.35 (1.38)	165.98 (1.69)	166.05 (2.36)	0.9597
Total muscle (cm ²)	82.29 (1.13)	82.31 (1.39)	84.67 (1.94)	0.4189
Total fat (cm ²)	86.56 (1.37)	86.91 (1.70)	83.65 (2.36)	0.3736
Muscle percentage (%)	49.79 (0.56)	49.84 (0.69)	51.18 (0.96)	0.3001
Pectorales profundi m. (cm ²)	12.92 (0.38)	13.18 (0.48)	12.97 (0.66)	0.7833
Latissimus dorsi m. (cm ²)	22.66 (0.44)	23.48 (0.55)	24.86 (0.76)	0.1881
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.55 (0.17)	5.47 (0.22)	6.00 (0.30)	0.2015
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.21 (0.40)	1.95 (0.51)	2.37 (0.71)	0.7445
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.81 (0.33)	2.85 (0.42)	2.96 (0.58)	0.9664
length of sliced belly (cm)	30.76 (0.22)	30.68 (0.27)	30.93 (0.37)	0.7955
Cutaneous trunci m. length (cm)	17.90 (0.33)	17.88 (0.40)	18.36 (0.55)	0.6650
Fat length (cm)	7.31 ^b (0.23)	7.87 ^a (0.28)	7.05 ^b (0.39)	0.0195
B11				
Total belly (cm ²)	140.20 (1.03)	141.31 (1.28)	139.78 (1.78)	0.4882
Total muscle (cm ²)	59.97 (0.88)	59.45 (1.08)	61.60 (1.51)	0.3620
Total fat (cm ²)	81.95 (1.25)	84.21 (1.54)	79.80 (2.15)	0.0600
Muscle percentage (%)	43.14 (0.60)	42.37 (0.75)	44.31 (1.04)	0.1420
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.44 (0.15)	1.17 (0.18)	1.28 (0.24)	0.1341
Latissimus dorsi m. (cm ²)	4.40 (0.28)	4.72 (0.34)	4.01 (0.46)	0.2470
Cutaneous trunci m. (cm ²)	13.26 (0.26)	13.31 (0.32)	13.52 (0.45)	0.8243
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.92 ^b (0.18)	6.72 ^b (0.22)	7.53 ^a (0.30)	0.0279
External abdominal oblique m. (cm ²)	8.52 ^{ab} (0.21)	8.24 ^b (0.26)	9.13 ^a (0.36)	0.0376
length of sliced belly (cm)	30.85 (0.24)	30.92 (0.29)	31.39 (0.40)	0.3685
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.05 (0.28)	24.66 (0.34)	25.49 (0.47)	0.1477
Fat length (cm)	5.17 (0.21)	5.50 (0.26)	5.15 (0.36)	0.2443
B14				
Total belly (cm ²)	133.95 (1.09)	134.41 (1.34)	133.56 (1.87)	0.8667
Total muscle (cm ²)	62.88 (1.01)	61.31 (1.25)	64.93 (1.74)	0.0768
Total fat (cm ²)	73.11 ^b (1.27)	75.67 ^a (1.56)	70.48 ^b (2.17)	0.0252
Muscle percentage (%)	47.28 ^a (0.68)	45.92 ^b (0.84)	48.85 ^a (1.17)	0.0206
Cutaneous trunci m. (cm ²)	17.15 (0.35)	17.10 (0.44)	17.79 (0.61)	0.5017
Rectus abdominis m. (cm ²)	5.79 (0.23)	5.53 (0.29)	6.45 (0.40)	0.0645
External abdominal oblique m. (cm ²)	14.33 (0.38)	13.87 (0.47)	14.84 (0.65)	0.2534
length of sliced belly (cm)	30.63 (0.25)	30.67 (0.31)	31.13 (0.42)	0.4491
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.46 (0.27)	24.24 (0.33)	24.90 (0.45)	0.3217
Fat length (cm)	5.20 (0.21)	5.58 (0.26)	5.13 (0.35)	0.1342

Table 3-29. Association of SNP23 in *PPAGRG1A* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	GG (n=0)	GT (n=97)	TT (n=385)	
Belly weight (kg)		6.90 (0.05)	6.84 (0.04)	0.1414
Belly length (mm)		524.15 (3.40)	527.45 (2.73)	0.2215
Belly width (mm)		292.56 (1.47)	293.95 (1.18)	0.2352
Belly thickness (mm)		45.93 (0.80)	45.64 (0.64)	0.6386
Intermuscular fat (mm)		10.41 (0.61)	10.08 (0.49)	0.5005
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)		166.39 (1.70)	165.96 (1.36)	0.7515
Total muscle (cm ²)		82.44 (1.41)	82.60 (1.13)	0.8916
Total fat (cm ²)		87.31 (1.71)	85.90 (1.37)	0.3020
Muscle percentage (%)		49.78 (0.70)	50.10 (0.56)	0.5689
Pectorales profundi m. (cm ²)		13.20 (0.48)	12.89 (0.38)	0.4193
Latissimus dorsi m. (cm ²)		23.28 (0.55)	23.84 (0.44)	0.2037
Cutaneous trunci m. (cm ²)		5.59 (0.22)	5.61 (0.18)	0.8887
Rectus abdominis m. (cm ²)		2.00 (0.52)	2.24 (0.40)	0.5539
External abdominal oblique m. (cm ²)		2.95 (0.42)	2.86 (0.33)	0.7917
length of sliced belly (cm)		30.84 (0.27)	30.83 (0.22)	0.9653
Cutaneous trunci m. length (cm)		18.03 (0.40)	17.88 (0.33)	0.6425
Fat length (cm)		7.85^a (0.29)	7.28^b (0.23)	0.0123
11th				
Total belly (cm ²)		141.50 (1.28)	139.72 (1.03)	0.0803
Total muscle (cm ²)		59.76 (1.10)	60.20 (0.88)	0.6109
Total fat (cm ²)		84.19^a (1.55)	81.26^b (1.25)	0.0175
Muscle percentage (%)		42.48 (0.76)	43.47 (0.61)	0.0985
Pectorales profundi m. (cm ²)		1.18 (0.18)	1.45 (0.15)	0.0547
Latissimus dorsi m. (cm ²)		4.65 (0.34)	4.36 (0.28)	0.2851
Cutaneous trunci m. (cm ²)		13.38 (0.32)	13.26 (0.26)	0.6397
Rectus abdominis m. (cm ²)		6.74 (0.22)	6.99 (0.18)	0.1593
External abdominal oblique m. (cm ²)		8.33 (0.26)	8.56 (0.21)	0.2580
length of sliced belly (cm)		30.80 (0.30)	30.91 (0.24)	0.6291
Cutaneous trunci m. length (cm)		24.67 (0.35)	25.12 (0.28)	0.1026
Fat length (cm)		5.45 (0.27)	5.15 (0.21)	0.1480
14th				
Total belly (cm ²)		134.72 (1.34)	133.61 (1.07)	0.2956
Total muscle (cm ²)		61.67 (1.26)	63.35 (1.01)	0.0950
Total fat (cm ²)		75.72^a (1.56)	72.35^b (1.25)	0.0066
Muscle percentage (%)		46.05^b (0.84)	47.76^a (0.68)	0.0107
Cutaneous trunci m. (cm ²)		17.21 (0.44)	17.19 (0.35)	0.9683
Rectus abdominis m. (cm ²)		14.01 (0.47)	14.44 (0.38)	0.4539
External abdominal oblique m. (cm ²)		14.01 (0.47)	14.44 (0.38)	0.2567
length of sliced belly (cm)		30.56 (0.31)	30.67 (0.25)	0.6323
Cutaneous trunci m. length (cm)		24.18 (0.33)	24.52 (0.27)	0.1878
Fat length (cm)		5.49 (0.26)	5.18 (0.21)	0.1318

Table 3-30. Association of SNP24 in *PPAGRG1A* gene and belly related traits

Classification	Genotype		P-value
	AA (n=388)	AT (n=95)	
Belly weight (kg)	6.84 (0.04)	6.90 (0.06)	0.1993
Belly length (mm)	527.41 (2.72)	524.00 (3.44)	0.2079
Belly width (mm)	293.90 (1.18)	292.64 (1.49)	0.2816
Belly thickness (mm)	7.05 (0.18)	7.24 (0.09)	0.5939
Intermuscular fat (mm)	10.10 (0.48)	10.36 (0.61)	0.5930
Partial muscle traits by thoracic vertebra			
6th			
Total belly (cm ²)	165.86 (1.36)	166.61 (1.72)	0.5807
Total muscle (cm ²)	82.51 (1.12)	82.74 (1.42)	0.8370
Total fat (cm ²)	85.91 (1.37)	87.25 (1.73)	0.3258
Muscle percentage (%)	50.07 (0.56)	49.89 (0.70)	0.7422
Pectorales profundi m. (cm ²)	12.88 (0.38)	13.23 (0.48)	0.3608
Latissimus dorsi m. (cm ²)	23.84 (0.44)	23.22 (0.56)	0.1576
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.61 (0.18)	5.61 (0.22)	0.9881
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.24 (0.40)	1.95 (0.52)	0.4624
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.87 (0.32)	2.92 (0.42)	0.8827
length of sliced belly (cm)	30.87 (0.22)	30.67 (0.27)	0.3431
Cutaneous trunci m. length (cm)	17.95 (0.32)	17.76 (0.41)	0.5511
Fat length (cm)	7.30^b (0.23)	7.81^a (0.29)	0.0231
11th			
Total belly (cm ²)	139.74 (1.02)	141.48 (1.29)	0.0861
Total muscle (cm ²)	60.13 (0.88)	59.95 (1.11)	0.8346
Total fat (cm ²)	81.36^b (1.24)	84.01^a (1.57)	0.0328
Muscle percentage (%)	43.41 (0.60)	42.61 (0.76)	0.1835
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.44 (0.15)	1.18 (0.18)	0.0584
Latissimus dorsi m. (cm ²)	4.33 (0.27)	4.76 (0.34)	0.1123
Cutaneous trunci m. (cm ²)	13.27 (0.26)	13.38 (0.32)	0.6699
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.99 (0.18)	6.71 (0.22)	0.1140
External abdominal oblique m. (cm ²)	8.55 (0.21)	8.34 (0.26)	0.3012
length of sliced belly (cm)	30.88 (0.24)	30.88 (0.30)	0.9970
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.10 (0.28)	24.71 (0.35)	0.1512
Fat length (cm)	5.15 (0.21)	5.45 (0.27)	0.1566
14th			
Total belly (cm ²)	133.54 (1.07)	134.97 (1.35)	0.1773
Total muscle (cm ²)	63.23 (1.01)	61.98 (1.28)	0.2171
Total fat (cm ²)	72.40^b (1.25)	75.68^a (1.58)	0.0088
Muscle percentage (%)	47.69^a (0.67)	42.60^b (0.76)	0.0272
Cutaneous trunci m. (cm ²)	17.20 (0.35)	17.20 (0.44)	0.9939
Rectus abdominis m. (cm ²)	5.86 (0.23)	5.63 (0.29)	0.3053
External abdominal oblique m. (cm ²)	14.41 (0.38)	14.06 (0.48)	0.3606
length of sliced belly (cm)	30.65 (0.25)	30.65 (0.31)	0.9839
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.49 (0.27)	24.27 (0.34)	0.4114
Fat length (cm)	5.19 (0.21)	5.48 (0.26)	0.1511

PPARGC1A 유전자의 SNP25가 형질에 미치는 영향은 Table 3-31에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP25에서는 세부근육 형질 중 흉추6번의 근육비율(Muscle percentage)에서 TA type이 AA type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0286$), TT type은 TA, AA type과 차이가 나지 않았다. 흉추11번에서는 삼겹살 단면적(Total belly)에서 TT type이 가장 넓은 것으로 나타났으며($P = 0.0206$), 근육면적(Total muscle)에서는 TA type이 AA type보다 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0433$) TT type은 TA, AA type과 차이가 나지 않았다. 몸통피부근 단면적(Cutaneous trunci m.)도 마찬가지로 TA type이 AA type보다 넓은 것으로 나타났고($P = 0.0201$) TT type은 TA, AA type과 차이가 나지 않았다. 흉추14번의 삼겹살 단면적(Total belly)에서는 TT type이 AA, TA type보다 넓은 것으로 나타났다($P = 0.0187$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흉추6번의 근육면적(Total muscle)에서는 TT type으로 갈수록 더 높은 경향을 보였고 넓은등근 단면적(Latissimus dorsi m.) 또한 TT type이 더 높은 경향을 나타냈다. 흉추11번의 배바깥경사근(External abdominal oblique m.)은 TT type으로 갈수록 높은 경향을 보였으며 몸통피부근 단면길이(Cutaneous trunci m. length)는 AA type이 높은 경향을 보였다. 전체적으로 분석해 본 결과, TT type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP25에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

MYOD1 유전자의 SNP26이 형질에 미치는 영향은 Table 3-32에 나타나 있다. *MYOD1* 유전자의 SNP29에서는 삼겹살 형질 중 너비(Belly width)에서 AC type와 CC type이 AA type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0057$), 삼겹살두께(Belly thickness)에서는 반대로 AA type이 AC, CC type보다 큰 값을 나타냈다($P = 0.0203$). 세부근육 형질 중 흉추6번에서는 삼겹살 단면적(Total belly)에서 CC type이 AA type보다 큰 값을 가졌으며($P = 0.0431$), AC type은 CC, AA type과 차이가 나지 않았다. 흉추11번에서는 몸통피부근 단면길이(Cutaneous trunci m. length)의 AC type이 CC, AA type보다 넓은 것으로 나타났다($P = 0.0476$). 흉추14번의 몸통피부근 단면적(Cutaneous trunci m.)에서는 AC, CC type이 AA type보다 넓은 것으로 나타났다($P = 0.0234$). 유전자형간에 유의적인 차이는 없었지만 흉추11번의 배바깥경사근(External abdominal oblique m.)은 CC type으로 갈수록 높은 경향을 보였다. 전체적으로 분석해 본 결과, CC type이 *MYOD1* 유전자의 SNP29에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

Table 3-31. Association of SNP25 in *PPARGCIA* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=235)	TA (n=215)	TT (n=42)	
Belly weight (kg)	6.86 (0.05)	6.85 (0.05)	6.98 (0.07)	0.1586
Belly length (mm)	527.40 (2.86)	526.33 (2.87)	524.98 (4.43)	0.7899
Belly width (mm)	293.53 (1.24)	293.19 (1.24)	295.64 (1.92)	0.3738
Belly thickness (mm)	45.42 (0.67)	45.92 (0.67)	46.15 (1.03)	0.5442
Intermuscular fat (mm)	10.59 (0.50)	9.80 (0.51)	10.05 (0.78)	0.1252
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)	166.03 (1.43)	166.02 (1.44)	168.45 (2.25)	0.4731
Total muscle (cm ²)	81.54 (1.18)	83.32 (1.18)	84.12 (1.85)	0.0857
Total fat (cm ²)	86.82 (1.44)	85.71 (1.45)	86.37 (2.26)	0.6101
Muscle percentage (%)	49.49 (0.58)	50.39 (0.59)	50.20 (0.92)	0.1325
Pectorales profundi m. (cm ²)	12.55^b (0.40)	13.31^a (0.40)	13.49^{ab} (0.62)	0.0286
Latissimus dorsi m. (cm ²)	23.39 (0.46)	24.01 (0.46)	24.54 (0.73)	0.0921
Cutaneous trunci m. (cm ²)	5.58 (0.18)	5.62 (0.18)	5.34 (0.29)	0.5698
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.44 (0.41)	1.92 (0.43)	1.68 (0.68)	0.1754
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.97 (0.34)	2.64 (0.35)	2.93 (0.56)	0.4280
length of sliced belly (cm)	30.87 (0.23)	30.63 (0.23)	30.84 (0.36)	0.3784
Cutaneous trunci m. length (cm)	18.06 (0.34)	17.88 (0.35)	17.58 (0.53)	0.5441
Fat length (cm)	7.27 (0.24)	7.42 (0.25)	7.90 (0.38)	0.1729
11th				
Total belly (cm ²)	139.75^b (1.07)	140.33^b (1.08)	143.97^a (1.67)	0.0206
Total muscle (cm ²)	59.13^b (0.91)	60.83^a (0.92)	60.88^{ab} (1.42)	0.0433
Total fat (cm ²)	82.21 (1.31)	81.62 (1.32)	84.50 (2.03)	0.2967
Muscle percentage (%)	42.74 (0.63)	43.60 (0.63)	42.60 (0.98)	0.1752
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.35 (0.16)	1.43 (0.15)	1.14 (0.23)	0.3810
Latissimus dorsi m. (cm ²)	4.21 (0.29)	4.61 (0.29)	4.36 (0.45)	0.2014
Cutaneous trunci m. (cm ²)	13.00^b (0.27)	13.56^a (0.27)	13.54^{ab} (0.42)	0.0201
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.89 (0.19)	6.97 (0.19)	7.14 (0.29)	0.5956
External abdominal oblique m. (cm ²)	8.42 (0.22)	8.54 (0.22)	9.15 (0.34)	0.0581
length of sliced belly (cm)	31.06 (0.25)	30.79 (0.25)	30.76 (0.39)	0.3261
Cutaneous trunci m. length (cm)	25.28 (0.29)	24.79 (0.29)	24.84 (0.45)	0.0873
Fat length (cm)	5.16 (0.22)	5.28 (0.23)	5.28 (0.35)	0.7652
14th				
Total belly (cm ²)	133.18^b (1.13)	134.14^b (1.13)	137.63^a (1.75)	0.0187
Total muscle (cm ²)	62.25 (1.06)	63.24 (1.07)	63.70 (1.65)	0.3887
Total fat (cm ²)	72.82 (1.33)	73.35 (1.34)	75.61 (2.07)	0.3265
Muscle percentage (%)	47.11 (0.72)	47.40 (0.72)	46.62 (1.11)	0.7066
Cutaneous trunci m. (cm ²)	16.92 (0.37)	17.45 (0.37)	17.48 (0.57)	0.1483
Rectus abdominis m. (cm ²)	5.81 (0.24)	5.81 (0.24)	5.89 (0.38)	0.9712
External abdominal oblique m. (cm ²)	14.09 (0.40)	14.46 (0.40)	14.58 (0.62)	0.3992
length of sliced belly (cm)	30.80 (0.26)	30.57 (0.26)	30.69 (0.40)	0.4826
Cutaneous trunci m. length (cm)	24.61 (0.28)	24.31 (0.28)	24.54 (0.43)	0.3723
Fat length (cm)	5.23 (0.22)	5.27 (0.22)	5.41 (0.34)	0.8336

Table 3-32. Association of SNP29 in *MYOD1* gene and belly related traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=281)	AC (n=237)	CC (n=79)	
Belly weight (kg)	7.00 (0.04)	7.01 (0.04)	7.03 (0.05)	0.7418
Belly length (mm)	543.73 (2.07)	543.64 (2.17)	541.02 (3.07)	0.6321
Belly width (mm)	281.20 ^b (1.02)	284.11 ^a (1.07)	284.35 ^a (1.51)	0.0057
Belly thickness (mm)	45.75 ^a (0.51)	44.46 ^b (0.53)	44.46 ^b (0.75)	0.0203
Intermuscular fat (mm)	9.09 (0.36)	9.35 (0.38)	9.14 (0.53)	0.7462
Partial muscle traits by thoracic vertebra				
6th				
Total belly (cm ²)	169.66 ^b (1.08)	171.02 ^{ab} (1.13)	173.43 ^a (1.60)	0.0431
Total muscle (cm ²)	91.44 (0.89)	92.42 (0.93)	92.88 (1.31)	0.3760
Total fat (cm ²)	79.97 (1.12)	80.14 (1.17)	81.18 (1.65)	0.7458
Muscle percentage (%)	53.97 (0.46)	54.16 (0.48)	53.57 (0.67)	0.6591
Pectorales profundi m. (cm ²)	14.07 (0.30)	14.43 (0.31)	14.85 (0.44)	0.1474
Latissimus dorsi m. (cm ²)	25.08 (0.36)	25.16 (0.38)	25.33 (0.54)	0.8891
Cutaneous trunci m. (cm ²)	6.51 (0.13)	6.57 (0.14)	6.71 (0.19)	0.5287
Rectus abdominis m. (cm ²)	2.18 (0.30)	2.27 (0.32)	2.12 (0.45)	0.9164
External abdominal oblique m. (cm ²)	2.88 (0.20)	2.98 (0.21)	3.05 (0.29)	0.7728
length of sliced belly (cm)	30.02 (0.16)	30.17 (0.17)	30.22 (0.24)	0.5300
Cutaneous trunci m. length (cm)	17.95 (0.24)	18.16 (0.25)	17.88 (0.36)	0.5627
Fat length (cm)	6.80 (0.18)	6.77 (0.18)	6.67 (0.26)	0.8613
11th				
Total belly (cm ²)	139.94 (0.82)	140.43 (0.85)	140.77 (1.21)	0.7086
Total muscle (cm ²)	65.50 (0.69)	66.27 (0.27)	67.45 (1.02)	0.1202
Total fat (cm ²)	75.70 (1.02)	75.22 (1.07)	73.74 (1.52)	0.4026
Muscle percentage (%)	47.06 (0.50)	47.43 (0.52)	48.01 (0.73)	0.3785
Pectorales profundi m. (cm ²)	1.74 (0.13)	1.74 (0.14)	1.87 (0.19)	0.7619
Latissimus dorsi m. (cm ²)	3.66 (0.23)	3.78 (0.24)	3.64 (0.32)	0.8236
Cutaneous trunci m. (cm ²)	14.72 (0.21)	14.75 (0.22)	15.23 (0.31)	0.2114
Rectus abdominis m. (cm ²)	8.11 (0.14)	8.17 (0.15)	8.37 (0.21)	0.4468
External abdominal oblique m. (cm ²)	9.11 (0.16)	9.26 (0.17)	9.62 (0.24)	0.0849
length of sliced belly (cm)	29.90 (0.18)	30.19 (0.19)	29.84 (0.26)	0.1775
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.62 ^b (0.21)	24.07 ^a (0.22)	23.55 ^b (0.31)	0.0476
Fat length (cm)	5.71 (0.16)	5.52 (0.17)	5.69 (0.24)	0.4606
14th				
Total belly (cm ²)	135.09 (0.87)	135.43 (0.92)	135.52 (1.30)	0.9003
Total muscle (cm ²)	68.63 (0.78)	69.29 (0.82)	70.00 (1.16)	0.4162
Total fat (cm ²)	67.88 (1.03)	67.40 (1.07)	66.03 (1.52)	0.4486
Muscle percentage (%)	51.02 (0.54)	51.31 (0.56)	51.69 (0.80)	0.6483
Cutaneous trunci m. (cm ²)	18.56 ^b (0.27)	19.20 ^a (0.29)	19.36 ^a (0.41)	0.0234
Rectus abdominis m. (cm ²)	6.88 (0.18)	6.66 (0.19)	6.54 (0.27)	0.2984
External abdominal oblique m. (cm ²)	16.73 (0.29)	16.64 (0.31)	16.51 (0.43)	0.8626
length of sliced belly (cm)	29.69 (0.19)	30.04 (0.20)	29.90 (0.28)	0.1603
Cutaneous trunci m. length (cm)	23.39 (0.20)	23.75 (0.21)	23.30 (0.29)	0.1090
Fat length (cm)	5.77 (0.16)	5.68 (0.16)	6.05 (0.23)	0.2705

다. 유전자형에 따른 mRNA와 단백질발현양상 분석 및

유전자발현패턴과 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석

유전자형의 차이는 유전자의 발현에 차이를 줄 가능성이 있을 것으로 판단된다. 이러한 mRNA의 발현차이가 단백질발현량에 영향을 미쳐, 최종적으로 삼겹살 품질에 변화를 줄 수 있는 요인이 된다. 따라서 real-time PCR등을 통하여 유전자형에 따른 mRNA차등발현패턴을 분석한다. 또한, western blot 등의 방법을 이용하여 실험돈군 내에서 후보유전자들이 코딩하고 있는 단백질의 발현량을 측정하고 유전자형에 따른 차이를 확인하고자 하였다.

첫 번째로 유전자형에 따라 mRNA 발현양상을 분석하기 위하여 TRIzol®을 이용하여 사후 45분 등심근 시료에서 total RNA를 추출하였다. SNP의 각 유전자형마다 5두씩의 시료를 실험에 사용하였고, total RNA의 농도를 Nanodrop을 이용하여 정량을 하고 순도를 측정하였다. 정량한 RNA를 사용하여 농도를 통일화하였고, DNase를 처리하여 DNA contamination을 제거하였다. RNA를 Denaturation한 후에 M-MLV를 이용하여 역전사반응(reverse transcription)을 통하여 cDNA를 합성하였다. 제작된 cDNA를 이용하여 real-time PCR를 실시했다. real-time PCR에 사용한 Primer는 Primer3를 이용하여 제작하였고, Table 3-33에 나타내었다.

Table 3-33. Primer sets for real-time PCR

Gene	Primer name	Primer sequence
<i>TGFBI</i>	TGF_F	5'-TTACAACAGTACCCGCGACC-3'
	TGF_R	5'-CCGCTTTCCACCATTAGCAC-3'
<i>TNF</i>	TNF_F	5'-CTCTGCCATCAAGAGCCCTT-3'
	TNF_R	5'-AGGTTGATCTCGGCACTGAG-3'
<i>WNT10B</i>	WNT_F	5'-GGGAATGGGGTGGCTGTAA-3'
	WNT_R	5'-CCCTGTTGTTGTGGATTCGC-3'
<i>PPARGC1A</i>	PPARGC1A_F	5'-CCTGCATGAGTGTGTGCTCT-3'
	PPARGC1A_R	5'-CTCAGAGTCCTGGTTGCACA-3'
<i>MYOD1</i>	MYOD1_F	5'-CACTACAGCGGTGACTCAGACGCA-3'
	MYOD1_R	5'-GCCGGGGTTCGCTGGGCGCCTCGCT-3'
<i>GapDH</i>	Gap_F	5'-TGTTGCTGTAGCCAAATTCA-3'
	Gap_R	5'-TCACTCTTCCACTTTTGATGC-3'

Real-time PCR은 Bio-rad사의 iQ™ SYBR® Green Supermix를 이용하여 진행하였으며, SYBR Green 10 μ l에 Forward Primer 및 Reverse Primer가 각각 1 μ l씩 첨가되었으며, cDNA 1 μ l를 반응에 사용하였고, Total volume이 20 μ l이 되도록 Nuclease Free water를 채워줘 반응을 진행하였다. 반응은 Hot start로 95 $^{\circ}$ C에서 3분을 반응시켰고, Denaturation 반응으로 95 $^{\circ}$ C 15초, Annealing 반응으로 61 $^{\circ}$ C에서 10초, Extension 반응으로 72 $^{\circ}$ C에서 15초를 40 cycles로 반복하여 cycle이 종료될 때 마다 형광반응을 detection하였다. Primer set의 적절성을 판단하기 위하여 PCR 반응이 종료된 후 60 $^{\circ}$ C에서 90 $^{\circ}$ C까지 온도를 0.5 $^{\circ}$ C 올리면서 형광반응을 detection하여 melting curve를 조사하였다(Figure 3-15).

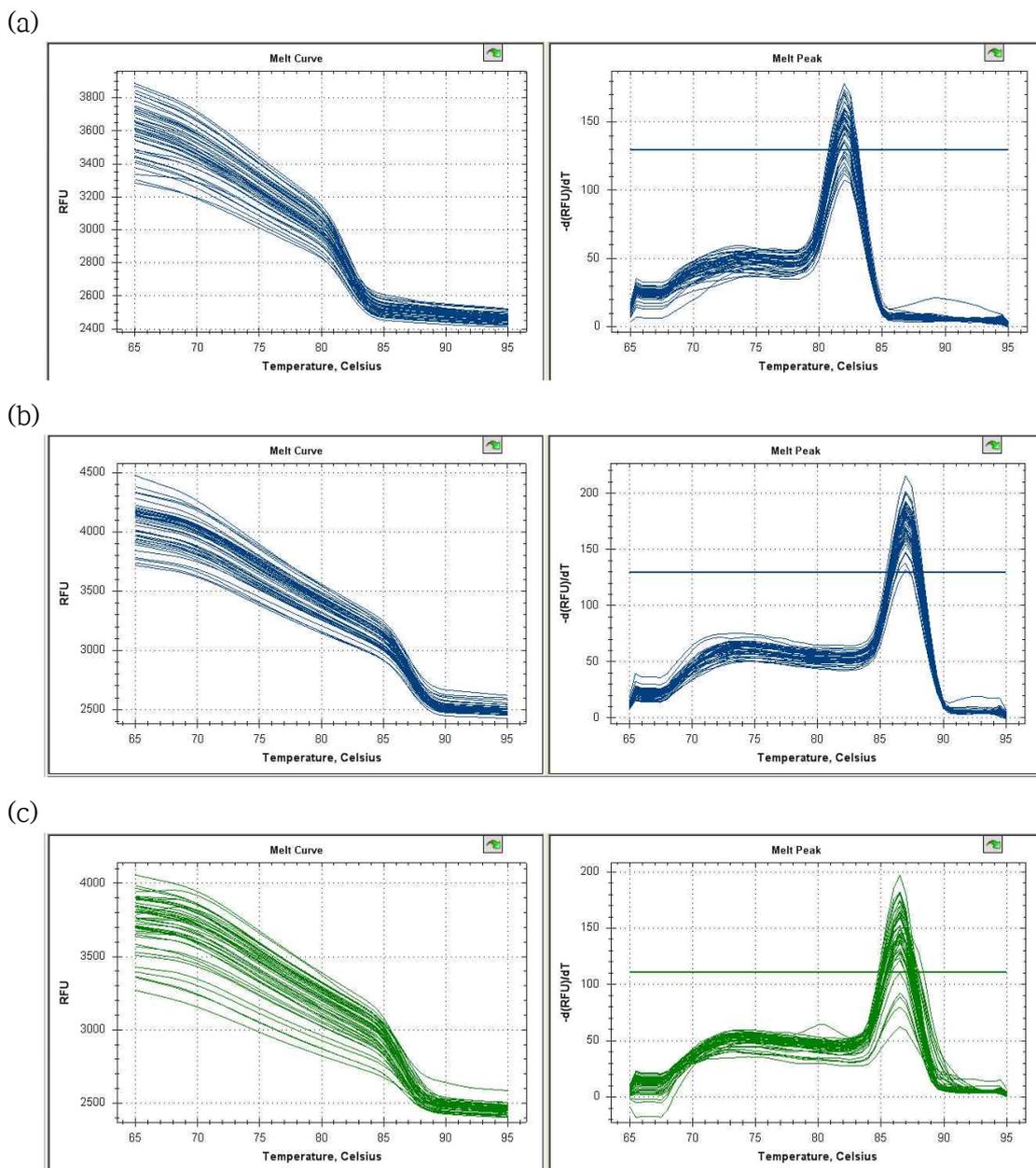
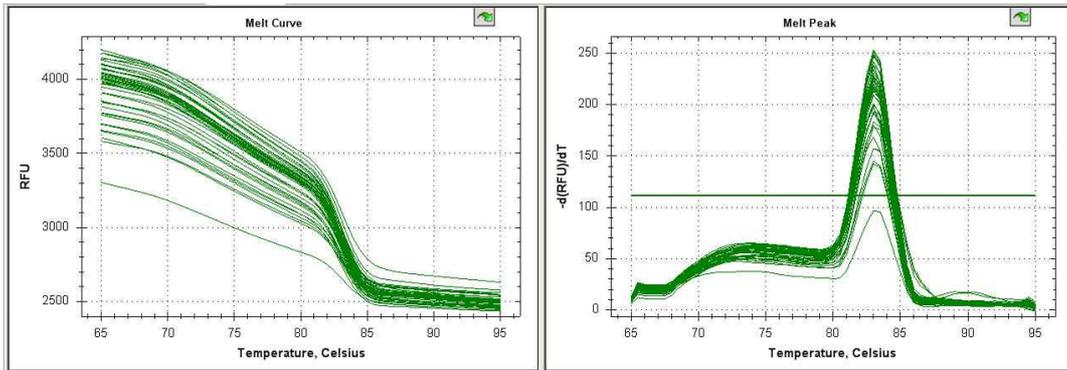
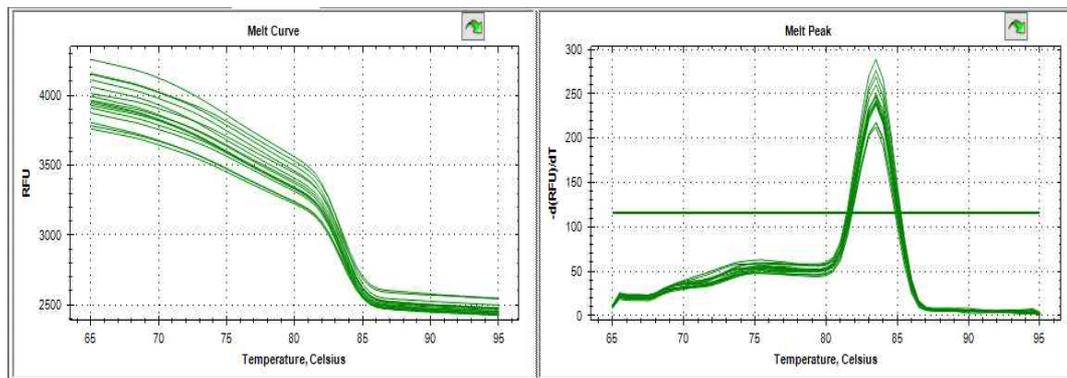


Figure 3-15. Melt Curve and Melt Peak. (a) *GapDH* ; (b) *TGFB1* ; (c) *TNF*

(d)



(e)



(f)

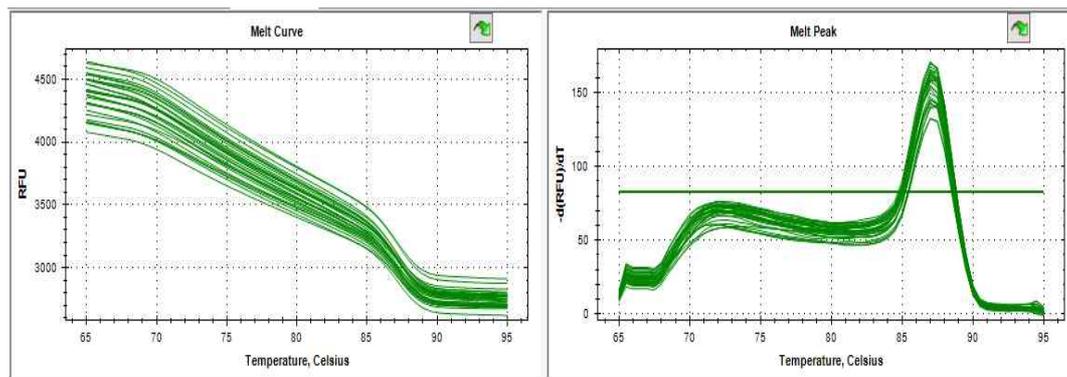


Figure 3-15. Continued (d) *WNT10B* ; (e) *PPARGC1A* ; (f) *MYOD1*

Melt Curve와 Melt Peak가 하나의 온도에서 나타나는 것을 보아 Primer set이 각 유전자마다 적절하게 제작되었음을 확인할 수 있다. 제작한 Primer를 이용하여 각 유전자별로 real-time PCR을 실시한 결과를 유전자형에 따라 살펴보면 Figure 3-16과 같다.

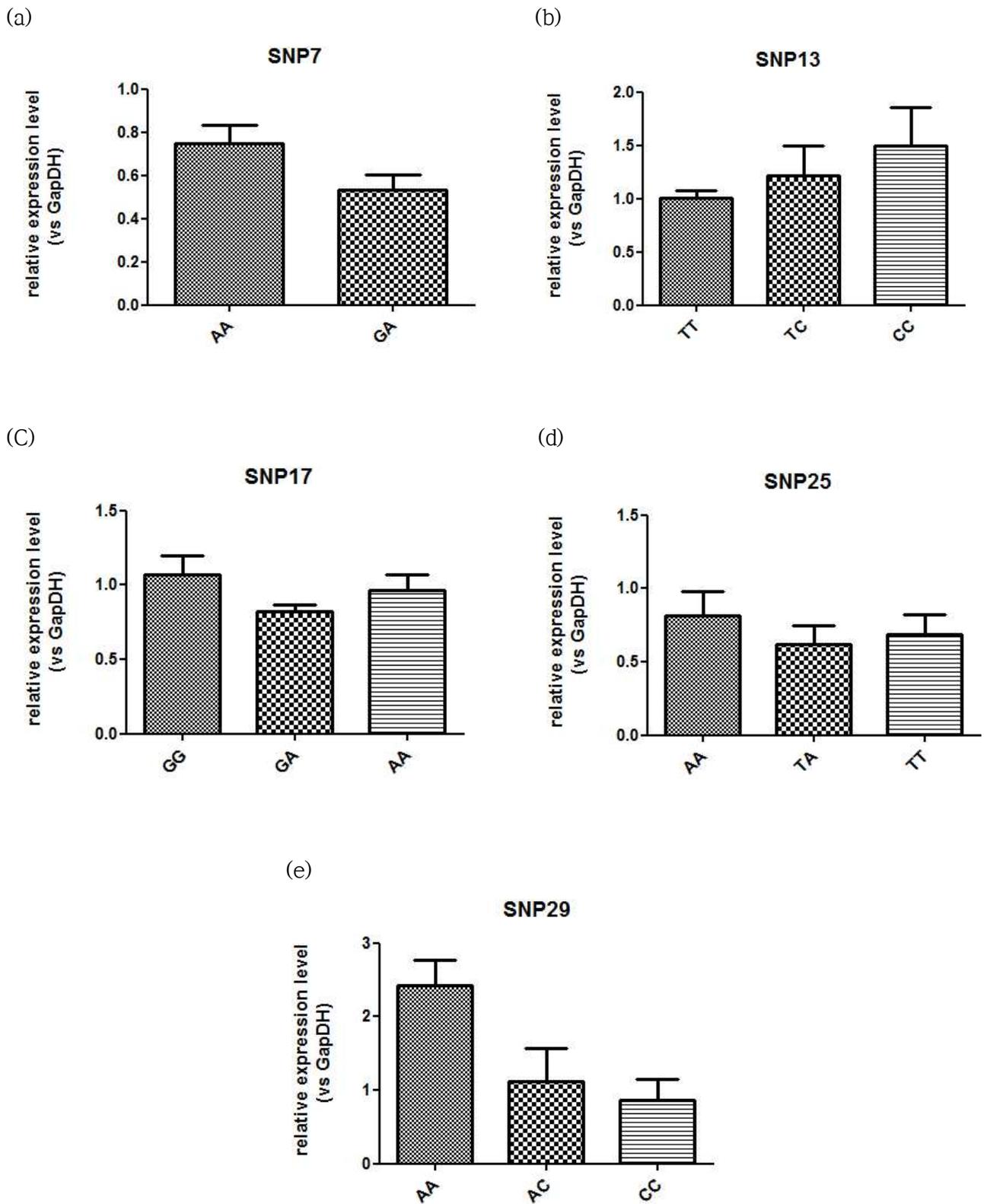


Figure 3-16. Relative expression level among genotypes. (a) SNP7 in *TGFBI* gene; (b) SNP11 in *TNF* gene; (c) SNP17 in *WNT10B* gene ; (d) SNP25 in *PPARGCIA* gene ; (e) SNP29 in *MYOD1* gene

SNP7은 유전자의 발현조절영역인 3' UTR에 존재하고 있기 때문에 유전자발현량에 영향을 미칠 것이라고 예상하였으나, 경향치를 보았을 때 AA 유전자형을 가진 개체가 GA 유전자형을 가진 개체보다 발현량이 높게 나타났을 뿐 유전자형간에 유의적인 발현량 차이는 나타나지 않았다($P = 0.3092$). 연관성분석에서 *TGFBI* 유전자형에 의한 형질의 변화가 없었음을 감안할 때, *TGFBI*은 삼겹살과 관련한 후보유전자로 적절하지 않은 유전자로 사료된다.

SNP11은 *TNF* 유전자의 intron1 영역에 존재하는데 유전자형간에 유의적인 발현량 차이가 나타나지 않았고($P = 0.4829$). SNP11이 intron1 영역에 존재하므로 발현량차이에는 영향을 미치지 않을 수도 있지만, 최근 intron영역도 mRNA 발현 및 단백질발현에 영향을 미친다는 보고가 되고 있다. 따라서 mRNA 발현량에는 영향을 미치지 않았지만 단백질발현에 영향을 미칠 수도 있기 때문에 단백질발현량 차이를 분석하는 실험이 후속되어야 할 것이다.

WNT10B 유전자에 존재하는 SNP17에서는 GG와 AA 유전자형을 가진 개체보다 GA 유전자형을 가진 개체가 발현량이 적은 경향을 보였지만 유전자형에 따른 발현량 차이는 유의하지 않았다($P = 0.3851$). GA 유전자형을 가진 개체가 GG와 AA 유전자형을 가진 개체보다 흉추14번에서 몸통피부근단면적의 값이 낮게 나타나는 것을 감안할 때, 유전자발현량의 조사가 충분한 두수로 이뤄진다면 그 연결고리를 찾을 수 있지 않을까 판단된다.

연관성분석에서 가장 많은 형질에서 유의적인 차이가 나타난 *PPARGCIA* 유전자에 대해서도 mRNA 발현량 분석을 실시하였고, 4개의 변이 중 exon 8번에 존재하는 SNP25에 대해서 유전자형간 발현량차이를 조사하였다. 그 결과 AA type이 다른 유전자형들보다 조금 높은 발현량을 보이거나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P = 0.6259$).

MYOD1 유전자에서 분석한 SNP29에 대한 발현량조사에서는 AA 유전자형이 다른 유전자형에 비해 높은 발현량을 보였다($P = 0.0103$). *MYOD1* 유전자는 몸통하측근의 발달에 영향을 미치므로 삼겹살의 두께나 너비 등에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 유전자발현량 분석을 통해 *MYOD1* 유전자의 변이에 따라 유전자발현량이 증감하며, 그로 인해 삼겹살관련 형질이 영향을 받은 것임을 추측할 수 있다.

Western blot 방법이 단백질을 크기 별로 분리한 후 항원-항체 반응을 이용하여 전체 단백질에서 특정 단백질만을 Detection하는 원리이다. 따라서 western blot 방법을 이용하여 단백질발현량을 측정하기 위해 유전자형과 형질 및 mRNA발현량의 연관성 분석을 통해 유용유전자라고 판단된 *MYOD1* 유전자에 대한 항원인 abcam사의 Anti-MyoD1 antibody (ab64159)를 확보하였다. 사후 45분 등심근 시료에서 Total protein을 추출한 후(PRO-PREP™ Protein Extraction Solution, Intronbio) 추출된 protein은 SMART™ BCA Protein Assay Kit(intronbio)를 이용하여 정량하였고, western blot을 실시하여 바이오이미지 분석 시스템(Biomolecular imaging system, LAS 4000mini, GE Healthcare)를 이용하여 gel 사진을 얻었고, Figure 3-17과 같다.

3. DNA분석을 통한 생체단계에서의 삼겹살 품질예측 및 평가기반 마련

가. 성장능력 및 육질, 면역관련 형질과의 상호연관성 분석

개발한 마커가 다른 성장능력이나 육질, 면역관련 형질에 부의 영향을 미치면 안되므로 마커의 효용성 검증을 위하여 성장능력 및 육질, 면역관련 형질과 유전자형간의 연관성분석을 실시하였다. 그에 앞서, 형질에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인을 알아보기 위해 성별과 품종, 계절, 농장과 성장, 육질관련 형질들과의 관계를 알아보았다.

분석 결과, 성별에서는 성장형질에서 전부 차이를 나타냈으며 육질형질에서는 명도(Lightness)와 전단력(Shear force)에서 차이를 나타냈다(Table 3-34).

Table 3-34. Difference of Least Square Means between female and castrated male in growth traits and meat quality traits

Classification	Sex		P-value
	Female (n=113)	Castrated Male (n=506)	
Growth traits			
Length (mm)	844.34 ^a (2.29)	834.74 ^b (1.63)	<.0001
Width (mm)	299.84 ^a (1.93)	294.84 ^b (1.37)	0.0090
Loin eye area (cm ²)	40.50 ^a (0.47)	37.36 ^b (0.34)	<.0001
Backfat thickness (mm)	17.79 ^b (0.44)	20.43 ^a (0.31)	<.0001
Meat quality traits			
ph45min	6.10 (0.03)	6.11 (0.02)	0.8703
Lightness	44.38 ^b (0.27)	45.94 ^a (0.19)	<.0001
Temp45	28.19 (0.34)	27.82 (0.24)	0.2643
Drip loss	3.29 (0.18)	2.93 (0.13)	0.0501
Shear force (N)	59.71 ^a (1.38)	56.42 ^b (0.99)	0.0165

품종에서는 성장형질 중 도체폭(Width)과 등지방두께(Backfat thickness)에서 차이를 나타냈으며 육질형질에서는 45분 도체온도(Temp45)와 육즙감량(Drip loss)에서 차이를 보였다 (Table 3-35). Landrace 품종이 육즙감량이 더 높은 값을 가져($P = 0.0149$) 육질이 좋지 않을 수도 있을 것으로 판단되나, 등지방두께는 작게 나타나($P = 0.0011$) 적육생산능력은 더 우수할 것으로 예측된다.

Table 3-35. Difference of Least Square Means between Landrace and Yorkshire in growth traits and meat quality traits

Classification	Breed		P-value
	Landrace (n=126)	Yorkshire (n=493)	
Growth traits			
Length (mm)	842.07 (2.45)	837.01 (2.19)	0.1257
Width (mm)	293.42 ^b (2.06)	301.26 ^a (1.84)	0.0049
Loin eye area (cm ²)	38.84 (0.51)	39.03 (0.45)	0.7832
Backfat thickness (mm)	18.07 ^b (0.47)	20.15 ^a (0.42)	0.0011
Meat quality traits			
ph45min	6.12 (0.03)	6.09 (0.03)	0.5840
Lightness	44.97 (0.29)	45.35 (0.26)	0.3263
Temp45	26.81 ^b (0.35)	29.20 ^a (0.32)	<.0001
Drip loss (%)	3.43 ^a (0.19)	2.79 ^b (0.17)	0.0149
Shear force (N)	59.66 (1.48)	56.47 (1.33)	0.1112

Table 3-36. Difference of Least Square Means among season in growth traits and meat quality traits

Classification	Season		P-value
	Non-summer (n=517)	Summer (n=102)	
Growth traits			
Length (mm)	842.16 (1.51)	836.92 (3.10)	0.1477
Width (mm)	300.40 ^a (1.27)	294.27 ^b (2.61)	0.0444
Loin eye area (cm ²)	38.11 ^b (0.31)	39.75 ^a (0.64)	0.0283
Backfat thickness (mm)	20.25 ^a (0.29)	17.97 ^b (0.59)	0.0011
Meat quality traits			
ph45min	6.11 (0.02)	6.10 (0.04)	0.7304
Lightness	45.67 ^a (0.18)	44.65 ^b (0.37)	0.0177
Temp45	27.02 ^b (0.22)	28.99 ^a (0.45)	0.0002
Drip loss (%)	3.57 ^a (0.12)	2.66 ^b (0.25)	0.0016
Shear force (N)	59.12 (0.91)	57.01 (1.87)	0.3366

계절에 따른 구분에서는 성장형질 중 도체폭(Width)과 등지방두께(Backfat thickness), 등심근 단면적(Loin eye area)에서 차이를 보였고 육질형질 중에는 명도(Lightness)와 45분 도체온도(Temo45), 육즙감량(Drip loss)에서 차이를 보였다(Table 3-36).

농장에서는 성장형질과 육질형질관련 모든 형질에서 유의적 차이가 나타났다(Table 3-37).

Table 3-37. Difference of Least Square Means among farms in growth traits and meat quality traits

Classification	Farm								P-value
	A (n=46)	B (n=96)	C (n=68)	D (n=122)	E (n=77)	G (n=34)	H (n=104)	I (n=72)	
Growth traits									
Length (mm)	832.34 ^{cd} (3.62)	858.95 ^a (2.82)	830.96 ^d (3.29)	838.87 ^c (2.68)	823.07 ^e (3.10)	845.50 ^{bc} (4.58)	847.73 ^b (2.94)	838.91 ^c (2.45)	<.0001
Width (mm)	289.61 ^c (3.05)	295.48 ^{bc} (2.38)	291.93 ^c (2.77)	292.06 ^c (2.25)	298.21 ^b (2.61)	309.29 ^a (3.85)	292.41 ^{bc} (2.48)	309.70 ^a (2.06)	<.0001
Loin eye area (cm ²)	30.65 ^b (0.75)	39.51 ^b (0.58)	40.16 ^b (0.68)	36.95 ^c (0.56)	41.68 ^a (0.64)	36.72 ^c (0.95)	39.66 ^b (0.61)	37.11 ^c (0.51)	<.0001
Backfat thickness (mm)	21.35 ^a (0.69)	17.54 ^d (0.54)	18.50 ^{cd} (0.63)	18.82 ^c (0.51)	18.21 ^{cd} (0.59)	18.31 ^{cd} (0.88)	19.71 ^{bc} (0.56)	20.43 ^{ab} (0.47)	<.0001
Meat quality traits									
ph45min	5.97 ^d (0.05)	6.17 ^b (0.04)	6.13 ^{bc} (0.04)	6.04 ^{cd} (0.04)	6.32 ^a (0.04)	6.32 ^{bcd} (0.04)	6.03 ^{bcd} (0.06)	6.07 ^{bc} (0.04)	<.0001
Lightness	43.99 ^{cd} (0.43)	44.79 ^c (0.33)	43.94 ^d (0.39)	45.94 ^b (0.32)	42.97 ^e (0.37)	45.59 ^{bc} (0.54)	47.59 ^a (0.35)	46.47 ^b (0.29)	<.0001
Temp45	25.43 ^d (0.52)	29.67 ^b (0.42)	26.85 ^c (0.49)	29.90 ^b (0.39)	22.68 ^e (0.45)	32.99 ^a (0.66)	27.27 ^c (0.43)	29.23 ^b (0.35)	<.0001
Drip loss (%)	3.48 ^a (0.29)	2.30 ^e (0.22)	3.86 ^a (0.26)	2.84 ^b (0.21)	2.41 ^{bc} (0.25)	2.52 ^{bc} (0.36)	3.84 ^a (2.23)	3.64 ^a (0.19)	<.0001
Shear force (N)	58.73 ^{bc} (2.18)	64.05 ^a (1.70)	57.30 ^{bc} (1.98)	60.37 ^{ab} (1.62)	60.08 ^b (1.87)	57.03 ^{bcd} (2.77)	54.69 ^{cd} (1.78)	52.27 ^d (1.47)	<.0001

Table 3-38에 *TGFBI* 유전자의 3'downstream region 내 A/wNI 좌위에 대한 연관성분석결과가 나타나 있다. 성장 및 육질형질에서는 등심근 단면적(Loin eye area)에서 AA type이 AG type보다 유의적으로 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났다($P = 0.0113$). 삼겹살 관련 형질에서는 연관성이 나타나지 않은 site이나 적응생산능력과 관련하여 AA 유전자형이 우수한 것으로 판단된다.

Table 3-38. Association of SNP6 in *TGFBI* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=444)	GA (n=47)	GG (n=0)	
Growth traits				
Length (mm)	831.85 (2.33)	830.43 (3.92)		0.6616
Width (mm)	299.79 (2.03)	295.66 (3.40)		0.1424
Loin eye area (cm ²)	40.61 ^a (0.47)	38.96 ^b (0.78)		0.0113
Backfat thickness (mm)	20.86 (0.46)	20.58 (0.77)		0.6610
Meat quality traits				
ph45min	6.10 (0.03)	6.11 (0.05)		0.7161
Lightness	45.05 (0.28)	45.03 (0.48)		0.9679
Temp45	27.02 (0.30)	27.18 (0.50)		0.6979
Drip loss (%)	3.03 (0.18)	2.77 (0.31)		0.3109
Shear force (N)	55.59 (1.40)	55.66 (2.39)		0.9717

Table 3-39. Association of SNP11 in *TNF* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	CC (n=311)	TC (n=253)	TT (n=51)	
Growth traits				
Length (mm)	832.82 (2.55)	831.15 (2.57)	830.89 (4.14)	0.6741
Width (mm)	297.70 ^b (2.20)	302.24 ^a (2.22)	297.46 ^{ab} (3.57)	0.0245
Loin eye area (cm ²)	40.57 (0.51)	40.54 (0.52)	40.81 (0.83)	0.9390
Backfat thickness (mm)	20.83 (0.50)	20.90 (0.50)	20.65 (0.81)	0.9414
Meat quality traits				
ph45min	6.12 (0.03)	6.08 (0.03)	6.13 (0.05)	0.2481
Lightness	45.08 (0.31)	45.01 (0.31)	45.05 (0.50)	0.9609
Temp45	26.94 (0.33)	27.17 (0.33)	26.69 (0.52)	0.5001
Drip loss (%)	3.07 (0.20)	2.95 (0.20)	3.12 (0.32)	0.7262
Shear force (N)	55.41 (1.53)	55.47 (1.54)	57.04 (2.50)	0.7781

TNF 유전자의 intron1 내 SNP11이 형질에 미치는 영향은 Table 3-39에 나타나 있다. 성장 및 육질형질에서는 도체 너비(Width)에서 TC type이 CC type보다 큰 값을 가지는 것으로 나타났으며 TT type은 CC, TC type과 차이가 없었다. 분석 결과, TC type이 *TNF* 유전자에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

WNT10B 유전자의 SNP17이 형질에 미치는 영향은 Table 3-40에 나타나 있다. *WNT10B* 유전자의 SNP17에서는 성장 및 육질형질에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 성장 및 육질형질 내에서 유의차를 보이지 않았기에 *WNT10B* 유전자의 SNP17에서 성장 및 육질형질관련 우수 genotype은 찾을 수 없었다.

Table 3-40. Association of SNP17 in *WNT10B* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=198)	AG (n=293)	GG (n=126)	
Growth traits				
Length (mm)	837.50 (1.99)	840.21 (1.97)	841.51 (2.28)	0.2170
Width (mm)	297.72 (1.68)	297.68 (1.66)	296.08 (1.92)	0.6493
Loin eye area (cm ²)	39.08 (0.41)	38.81 (0.41)	38.80 (0.47)	0.7923
Backfat thickness (mm)	19.31 (0.38)	19.10 (0.38)	18.78 (0.44)	0.5194
Meat quality traits				
ph45min	6.10 (0.03)	6.11 (0.03)	6.09 (0.03)	0.8615
Lightness	45.18 (0.24)	45.11 (0.23)	45.16 (0.27)	0.9491
Temp45	27.66 (0.29)	28.17 (0.29)	28.36 (0.33)	0.1013
Drip loss (%)	3.09 (0.16)	3.01 (0.16)	3.28 (0.18)	0.3046
Shear force (N)	57.29 (1.20)	59.20 (1.19)	57.47 (1.37)	0.2146

PPARGC1A 유전자의 SNP22가 형질에 미치는 영향은 Table 3-41에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP22에서는 성장 및 육질형질 중 도체 너비(Width)에서 AA type이 GG type보다 큰 값을 가지는 것으로 나타났으며($P = 0.0249$) AG type은 AA, GG type과 차이가 없었다. 45분 도체온도(Temp45)에서는 유전자형간 뚜렷한 차이를 보이며 GG type으로 갈수록 온도가 높아지는 것으로 나타났다($P = <.0001$). 전단력(Shear force)에서는 GG type이 가장 큰 값을 가지는 것으로 나타났다($P = 0.0008$). 분석 결과, AA type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP22에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

Table 3-41. Association of SNP22 in *PPARGC1A* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=344)	GA (n=107)	GG (n=40)	
Growth traits				
Length (mm)	831.76 (2.42)	892.64 (2.98)	836.35 (4.16)	0.2594
Width (mm)	301.22 ^a (2.10)	297.95 ^{ab} (2.58)	292.79 ^b (3.60)	0.0249
Loin eye area (cm ²)	40.88 (0.49)	40.10 (0.60)	39.25 (0.83)	0.0542
Backfat thickness (mm)	20.88 (0.47)	21.04 (0.59)	20.34 (0.82)	0.6935
Meat quality traits				
ph45min	6.11 (0.03)	6.07 (0.04)	6.10 (0.06)	0.3699
Lightness	45.13 (0.29)	44.89 (0.36)	44.79 (0.51)	0.5966
Temp45	26.66 ^c (0.30)	27.37 ^b (0.37)	28.96 ^a (0.53)	<.0001
Drip loss (%)	3.04 (0.19)	2.85 (0.23)	3.21 (0.33)	0.4398
Shear force (N)	54.26 ^b (1.43)	56.54 ^b (1.77)	63.00 ^a (2.50)	0.0008

PPARGC1A 유전자의 SNP23, 24가 형질에 미치는 영향은 Table 3-42, 43에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP23, 24에서는 성장 및 육질형질에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP23, 24는 삼겹살 관련 형질에는 영향을 미치나 성장 및 육질관련 형질에는 영향을 미치지 않아 삼겹살 관련 마커로 사용가능 할 것이라고 생각된다.

Table 3-42. Association of SNP23 in *PPARGC1A* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype		P-value
	GT (n=97)	TT (n=385)	
Growth traits			
Length (mm)	830.29 (2.94)	833.05 (2.36)	0.2362
Width (mm)	297.53 (2.62)	300.88 (2.10)	0.1073
Loin eye area (cm ²)	40.37 (0.61)	40.77 (0.49)	0.4081
Backfat thickness (mm)	21.00 (0.59)	20.80 (0.48)	0.6659
Meat quality traits			
ph45min	6.07 (0.04)	6.11 (0.03)	0.1869
Lightness	44.71 (0.36)	45.03 (0.29)	0.2604
Temp45	27.30 (0.38)	26.93 (0.31)	0.2092
Drip loss (%)	2.93 (0.24)	3.06 (0.19)	0.4919
Shear force (N)	56.99 (1.80)	55.18 (1.45)	0.2055

Table 3-43. Association of SNP24 in *PPARGC1A* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype		P-value
	AA (n=388)	AT (n=95)	
Growth traits			
Length (mm)	833.09 (2.35)	829.71 (2.97)	0.1493
Width (mm)	300.76 (2.09)	297.45 (2.65)	0.1124
Loin eye area (cm ²)	40.76 (0.49)	40.37 (0.61)	0.4148
Backfat thickness (mm)	20.81 (0.47)	20.91 (0.60)	0.8290
Meat quality traits			
ph45min	6.11 (0.03)	6.07 (0.04)	0.2201
Lightness	45.00 (0.29)	44.75 (0.37)	0.3799
Temp45	26.92 (0.31)	27.34 (0.38)	0.1592
Drip loss (%)	3.05 (0.19)	2.93 (0.24)	0.5082
Shear force (N)	55.12 (1.44)	57.47 (1.82)	0.1014

PPARGC1A 유전자의 SNP25가 형질에 미치는 영향은 Table 3-44에 나타나 있다. *PPARGC1A* 유전자의 SNP25에서는 성장 및 육질형질 중 도체 길이(Length)에서 AA type이 높은 값을 가지는 것으로 나타났다($P = 0.0096$). 전단력(Shear force)에서는 TT type이 가장 높은 값을 나타냈다($P = 0.0153$). 분석 결과, AA type이 *PPARGC1A* 유전자의 SNP25에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

Table 3-44. Association of SNP25 in *PPARGC1A* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=235)	TA (n=215)	TT (n=42)	
Growth traits				
Length (mm)	834.35 ^a (2.52)	830.50 ^b (2.53)	824.52 ^b (3.90)	0.0096
Width (mm)	300.39 (2.20)	299.99 (2.21)	293.30 (3.41)	0.0681
Loin eye area (cm ²)	40.65 (0.51)	40.47 (0.52)	40.44 (0.79)	0.8920
Backfat thickness (mm)	20.91 (0.50)	20.66 (0.50)	21.52 (0.77)	0.4463
Meat quality traits				
ph45min	6.12 (0.03)	6.09 (0.03)	6.09 (0.05)	0.6409
Lightness	45.09 (0.31)	45.04 (0.31)	44.79 (0.48)	0.7964
Temp45	26.88 (0.32)	27.07 (0.33)	27.60 (0.50)	0.2637
Drip loss (%)	3.09 (0.20)	2.99 (0.20)	2.77 (0.31)	0.4838
Shear force (N)	54.51 ^b (1.51)	55.83 ^b (1.52)	60.62 ^a (2.34)	0.0153

MYOD1 유전자의 SNP29가 형질에 미치는 영향은 Table 3-45에 나타나 있다. *MYOD1* 유전자의 SNP26에서는 성장 및 육질형질에서는 도체 길이(Length)에서 AA type이 큰 값을 가지는 것으로 나타났다($P = 0.0136$). pH45분(pH45min)에서는 유의적인 차이가 나타난것은 아니지만 CC type으로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 분석 결과, AA type이 *MYOD1* 유전자의 SNP26에서 좋은 genotype이라 할 수 있다.

Table 3-45. Association of SNP26 in *MYOD1* gene and growth traits and meat quality traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=281)	AC (n=237)	CC (n=79)	
Growth traits				
Length (mm)	842.17 ^a (1.87)	838.06 ^b (1.96)	835.51 ^b (2.77)	0.0136
Width (mm)	297.95 (1.57)	297.01 (1.64)	294.07 (2.32)	0.2212
Loin eye area (cm ²)	38.94 (0.39)	39.00 (0.41)	38.91 (0.58)	0.9813
Backfat thickness (mm)	19.23 (0.36)	19.03 (0.38)	19.59 (0.53)	0.5516
Meat quality traits				
ph45min	6.07 (0.02)	6.13 (0.03)	6.13 (0.04)	0.0526
Lightness	45.18 (0.22)	45.21 (0.23)	44.78 (0.33)	0.3779
Temp45	28.24 (0.27)	28.02 (0.28)	27.73 (0.40)	0.3870
Drip loss (%)	3.17 (0.15)	3.05 (0.15)	2.82 (0.22)	0.2520
Shear force (N)	57.91 (1.14)	58.68 (1.19)	57.03 (1.68)	0.5637

유전자형에 따라 면역형질에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 혈구분석 결과를 이용하여 유전자형과 연관성분석을 실시하였다. 도축 시 방혈장에서 채취한 혈액샘플을 Hemavet 950 (Drew Scientific Inc.)을 이용하여 혈액형질에 대하여 측정하였고, 측정된 혈액형질은 WBC (White blood cell), NE (Neutrophils) LY (Lymphocytes), MO (Monocytes), EO (Eosinophils), BA (Basophils), NEP (Percentage of Neutrophils), LYP(Percentage of Lymphocytes), MOP (Percentage of Monocytes), EOP (Percentage of Eosinophils) BAP (Percentage of Basophils), RBC (Red blood cell), HB (Hemoglobin), HCT (Hematocrit), MCV (Mean corpuscular volume), MCH (Mean corpuscular hemoglobin), MCHC (Mean corpuscular hemoglobin concentration), RDW (Red blood cell distribution width), PLT (Platelet), MPV (Mean platelet volume)로 총 20 개의 형질자료를 수집하였다.

삼겹살 관련 형질 및 성장, 육질형질에 영향을 미쳤던 고정요인들이 면역형질에도 영향을 미치는지 알아보기 위해 분석을 실시하였다.

성별에서는 MO, LYP, MOP, HCT, MCV, MPV에서 차이를 나타냈다(Table 3-46).

Table 3-46. Difference of Least Square Means between female and castrated male in immune traits

Classification	Sex		P-value
	Female (n=113)	Castrated Male (n=506)	
Immune traits			
WBC ¹	18.55 (0.67)	18.82 (0.48)	0.6932
NE ²	13.07 (7.29)	14.77 (5.18)	0.8189
LY ³	9.38 (0.34)	8.80 (0.24)	0.0994
MO ⁴	0.51 ^a (0.03)	0.38 ^b (0.02)	<.0001
EO ⁵	0.54 (0.06)	0.56 (0.04)	0.8273
BA ⁶	0.10 (0.011)	0.12 (0.008)	0.2042
NEP ⁷	42.53 (2.89)	47.90 (2.05)	0.0675
LYP ⁸	50.82 ^a (1.24)	47.72 ^b (0.88)	0.0146
MOP ⁹	2.78 ^a (0.13)	2.07 ^b (0.09)	<.0001
EOP ¹⁰	3.29 (0.50)	3.23 (0.36)	0.9063
BAP ¹¹	0.57 (0.05)	0.61 (0.04)	0.4469
RBC ¹²	7.83 (0.13)	7.70 (0.09)	0.3385
HB ¹³	12.58 (0.21)	12.41 (0.15)	0.4200
HCT ¹⁴	43.95 ^a (0.75)	42.22 ^b (0.53)	0.0237
MCV ¹⁵	56.21 ^a (0.42)	54.71 ^b (0.30)	0.0005
MCH ¹⁶	16.31 (0.19)	16.14 (0.13)	0.3655
MCHC ¹⁷	30.22 (1.59)	30.37 (1.13)	0.9291
RDW ¹⁸	21.16 (0.25)	21.45 (0.18)	0.2647
PLT ¹⁹	239.60 (15.22)	231.80 (10.81)	0.6141
MPV ²⁰	9.77 ^a (0.14)	9.21 ^b (0.10)	0.0001

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils

⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,

¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin

¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width

¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

품종에서는 LY, MO, NEP, LYP, MOP, BAP, HB, PLT, MPV에서 차이를 나타냈다(Table 3-47).

Table 3-47. Difference of Least Square Means between landrace and yorkshire in immune traits

Classification	Breed		P-value
	Landrace (n=126)	Yorkshire (n=493)	
Immune traits			
WBC ¹	17.74 (0.73)	19.63 (0.63)	0.0530
NE ²	12.97 (7.87)	14.86 (6.83)	0.8582
LY ³	6.93 ^b (0.37)	11.25 ^a (0.32)	<.0001
MO ⁴	0.37 ^b (0.033)	0.52 ^a (0.053)	0.0006
EO ⁵	0.53 (0.061)	0.57 (0.053)	0.6019
BA ⁶	0.12 (0.013)	0.09 (0.011)	0.0779
NEP ⁷	53.67 ^a (3.12)	36.76 ^b (2.71)	<.0001
LYP ⁸	41.23 ^b (1.34)	57.31 ^a (1.17)	<.0001
MOP ⁹	2.18 ^b (0.14)	2.67 ^a (0.12)	0.0098
EOP ¹⁰	3.13 (0.54)	3.39 (0.47)	0.7214
BAP ¹¹	0.69 ^a (0.06)	0.49 ^b (0.05)	0.0093
RBC ¹²	7.78 (0.14)	7.65 (0.12)	0.2296
HB ¹³	12.90 ^a (0.22)	12.08 ^b (0.19)	0.0065
HCT ¹⁴	44.01 (0.81)	42.16 (0.70)	0.0899
MCV ¹⁵	55.85 (0.45)	55.06 (0.40)	0.1995
MCH ¹⁶	16.53 ^a (0.20)	15.91 ^b (0.18)	0.0272
MCHC ¹⁷	30.17 (1.71)	30.42 (1.49)	0.9130
RDW ¹⁸	21.36 (0.27)	21.24 (0.24)	0.7446
PLT ¹⁹	206.00 ^b (16.41)	265.40 ^a (14.26)	0.0074
MPV ²⁰	9.24 ^b (0.15)	9.75 ^a (0.13)	0.0134

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

계절에서는 WBC, LY, BA, NEP, LYP, BAP, MPV에서 차이를 보였고(Table 3-48), 농장에서는 WBC, NE, MCHC를 제외한 면역형질 모두 농장에 따른 차이가 나타났다(Table 3-49).

Table 3-48. Difference of Least Square Means among season in immune traits

Classification	Season		P-value
	Non-summer (n=517)	Summer (n=102)	
Immune traits			
WBC ¹	19.81 ^a (0.45)	17.56 ^b (0.88)	0.0298
NE ²	8.88 (4.85)	18.95 (9.55)	0.3666
LY ³	7.92 ^b (0.23)	10.26 ^a (0.45)	<.0001
MO ⁴	0.47 (0.02)	0.42 (0.04)	0.2655
EO ⁵	0.63 (0.04)	0.47 (0.07)	0.0593
BA ⁶	0.13 ^a (0.008)	0.08 ^b (0.015)	0.0051
NEP ⁷	53.24 ^a (1.92)	37.19 ^b (3.79)	0.0003
LYP ⁸	41.14 ^b (0.83)	57.39 ^a (1.63)	<.0001
MOP ⁹	2.42 (0.09)	2.42 (0.17)	0.9879
EOP ¹⁰	3.05 (0.33)	3.47 (0.66)	0.5862
BAP ¹¹	0.67 ^a (0.03)	0.51 ^b (0.07)	0.0425
RBC ¹²	7.93 (0.09)	7.60 (0.17)	0.0993
HB ¹³	12.67 (0.14)	12.31 (0.27)	0.2517
HCT ¹⁴	44.01 (0.50)	42.16 (0.98)	0.1063
MCV ¹⁵	55.53 (0.28)	55.38 (0.55)	0.8044
MCH ¹⁶	16.09 (0.13)	16.36 (0.25)	0.3536
MCHC ¹⁷	28.80 (1.05)	31.79 (2.08)	0.2185
RDW ¹⁸	21.24 (0.17)	21.36 (0.33)	0.7597
PLT ¹⁹	221.69 (10.12)	249.71 (19.92)	0.2285
MPV ²⁰	9.04 ^b (0.09)	9.94 ^a (0.19)	<.0001

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils

⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,

¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin

¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width

¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-49. Difference of Least Square Means among farms in Immune traits

Classification	Farm								P-value
	A (n=46)	B (n=96)	C (n=68)	D (n=122)	E (n=77)	G (n=34)	H (n=104)	I (n=72)	
Immune traits									
WBC ¹	17.65 (1.02)	18.39 (0.89)	19.28 (0.94)	19.62 (0.76)	18.19 (0.89)	16.68 (1.49)	20.16 (0.84)	19.51 (0.75)	0.1403
NE ²	11.62 (11.05)	14.52 (9.64)	14.50 (10.13)	15.28 (8.27)	13.85 (9.68)	14.42 (16.10)	18.08 (9.10)	9.08 (8.11)	0.9975
LY ³	10.28 ^a (0.52)	6.67 ^d (0.45)	9.88 ^a (0.48)	9.44 ^{abc} (0.39)	8.75 ^{bc} (0.46)	10.11 ^{ab} (0.76)	8.10 ^c (0.43)	9.50 ^{ab} (0.38)	<.0001
MO ⁴	0.52 ^{abc} (0.05)	0.29 ^d (0.04)	0.46 ^{bc} (0.04)	0.38 ^c (0.03)	0.60 ^a (0.04)	0.37 ^{cd} (0.07)	0.42 ^c (0.04)	0.55 ^{ab} (0.03)	<.0001
EO ⁵	0.74 ^a (0.86)	0.40 ^b (0.08)	0.77 ^a (0.08)	0.40 ^b (0.06)	0.72 ^a (0.08)	0.32 ^b (0.13)	0.43 ^b (0.07)	0.62 ^a (0.06)	<.0001
BA ⁶	0.04 ^c (0.02)	0.14 ^a (0.02)	0.10 ^b (0.02)	0.12 ^{ab} (0.01)	0.14 ^a (0.02)	0.07 ^{bc} (0.03)	0.14 ^a (0.01)	0.11 ^{ab} (0.01)	<.0001
NEP ⁷	34.33 ^d (4.38)	64.67 ^a (3.82)	39.69 ^{cd} (4.02)	46.48 ^{bc} (3.28)	41.03 ^{cd} (3.84)	38.07 ^{bcd} (6.38)	52.61 ^b (3.61)	44.86 ^{bc} (3.21)	<.0001
LYP ⁸	57.70 ^a (1.89)	38.04 ^d (1.65)	52.29 ^{bc} (1.73)	48.39 ^c (1.41)	50.10 ^{bc} (1.65)	46.97 ^{ab} (2.75)	42.21 ^d (1.55)	48.42 ^{bc} (1.38)	<.0001
MOP ⁹	2.98 ^{ab} (0.20)	1.68 ^d (0.17)	2.47 ^{bc} (0.18)	1.98 ^{cd} (0.15)	3.30 ^a (0.18)	2.09 ^{bcd} (0.29)	2.17 ^c (0.17)	2.72 ^{abc} (0.15)	<.0001
EOP ¹⁰	4.43 ^a (0.76)	2.46 ^c (0.66)	4.36 ^a (0.70)	2.44 ^c (0.57)	4.16 ^{ab} (0.66)	2.47 ^{abc} (1.11)	2.54 ^{bc} (0.62)	3.20 ^{abc} (0.56)	0.0309
BAP ¹¹	0.27 ^d (0.08)	0.77 ^a (0.07)	0.49 ^c (0.07)	0.62 ^{bc} (0.06)	0.79 ^a (0.07)	0.46 ^{abcd} (0.11)	0.70 ^{ab} (0.06)	0.59 ^{bc} (0.06)	<.0001
RBC ¹²	7.94 ^b (0.19)	7.72 ^b (0.17)	8.43 ^a (0.18)	7.85 ^b (0.15)	7.08 ^c (0.17)	7.79 ^{ab} (0.28)	7.73 ^b (0.16)	7.57 ^b (0.14)	<.0001
HB ¹³	13.41 ^a (0.31)	12.65 ^b (0.27)	13.84 ^a (0.29)	11.95 ^{bcd} (0.23)	11.87 ^{cd} (0.27)	11.11 ^d (0.46)	12.60 ^{bc} (0.26)	12.53 ^{bc} (0.23)	<.0001
HCT ¹⁴	45.02 ^b (1.14)	41.33 ^c (0.99)	49.96 ^a (1.04)	43.23 ^{bc} (0.85)	42.62 ^c (1.00)	43.28 ^{bc} (1.66)	40.70 ^{cd} (0.94)	38.56 ^d (0.84)	<.0001
MCV ¹⁵	56.65 ^b (0.64)	53.41 ^d (0.56)	59.44 ^a (0.59)	55.09 ^c (0.48)	59.83 ^a (0.56)	55.55 ^{bc} (0.93)	52.73 ^d (0.53)	50.95 ^c (0.47)	<.0001
MCH ¹⁶	17.04 ^a (0.29)	16.45 ^a (0.25)	16.62 ^a (0.26)	15.36 ^b (0.21)	16.94 ^a (0.25)	14.35 ^c (0.42)	16.41 ^a (0.24)	16.60 ^a (0.21)	<.0001
MCHC ¹⁷	30.71 (2.40)	31.83 (2.10)	28.22 (2.20)	29.45 (1.80)	28.22 (2.11)	27.85 (3.50)	33.54 (1.98)	32.54 (1.76)	0.4694
RDW ¹⁸	21.42 ^{bc} (0.38)	20.69 ^c (0.33)	21.89 ^b (0.35)	20.81 ^c (0.29)	22.67 ^a (0.34)	20.75 ^{bc} (0.56)	21.36 ^{bc} (0.32)	20.84 ^c (0.28)	<.0001
PLT ¹⁹	178.62 ^d (23.05)	360.50 ^a (20.12)	188.85 ^d (21.13)	315.01 ^b (17.26)	186.55 ^d (20.20)	225.12 ^{cd} (33.59)	264.60 ^{bc} (18.99)	166.35 ^d (16.92)	<.0001
MPV ²⁰	9.41 ^{bc} (0.22)	9.16 ^c (0.19)	9.37 ^c (0.20)	9.82 ^{ab} (0.16)	10.11 ^a (0.19)	9.75 ^{abc} (0.31)	9.04 ^c (0.18)	9.27 ^c (0.16)	<.0001

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils, ⁷NEP : Percentage of Neutrophils

⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes, ¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin ¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration

¹⁸RDW : Red blood cell distribution width ¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

유전자형과 면역형질과의 연관성분석 결과는 Table 3-50~57에 나타내었다.

대부분의 유전자들이 면역형질에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 *PPARGC1A* 유전자의 SNP23, 24와 *MYOD1* 유전자의 SNP26에서 유의적인 차이를 보였다.

*PPARGC1A*의 23번과 24번 SNP에서의 유전자형은 면역관련 형질 중 적혈구크기분포 (RDW; Red cell Distribution Width)와, 적혈구당평균혈색소량(MCHC; Mean Cell Hemoglobin Concentration)에서 유전자형간의 유의적인 차이를 나타냈다. 적혈구크기분포는 정상수치가 12~27 (%)이며 이보다 높을 경우 적혈구 크기가 고르지 않아 빈혈이 생기거나, 피로도에 민감해지게 된다. 두 SNP에서의 적혈구크기분포 수치는 모두 정상범위 였지만, SNP24의 GT유전자형과 TT유전자형, SNP24의 AA유전자형과 AT유전자형이 서로 유의적인 차이를 보였다. 이는 SNP23의 TT유전자형과, SNP24의 AA유전자형이 피로도에 더 민감한 것으로 생각된다.

적혈구당평균혈색소량은 정상수치가 30~34 (g/dl)이며 이보다 높은 수치일 경우 용혈증상을 보이게 된다. 용혈증상은 고지혈증을 보일 때 나타나거나 감염증상을 보일 때 나타나게 된다. SNP23의 GT유전자형과 TT유전자형, SNP24의 AA유전자형과 AT유전자형이 서로 유의적인 차이를 보였다. SNP23의 TT유전자형과 SNP24의 AA유전자형은 정상수치를 나타내고 있으며 SNP23의 GT유전자형과, SNP24의 AT유전자형은 정상수치보다 높은 수치를 나타내고 있다. 이는 GT유전자형과 AT유전자형이 감염증상에 더 민감한 집단이거나 고지혈증 발생이 더 잘되는 집단인 것으로 생각된다.

MYOD1 유전자의 SNP29는 면역관련 형질인 호중구(Neutrophil)수치에서 유의적인 차이를 보였다. 호중구 수치는 돼지에서 3.1~11.2 (K/ μ l) 정도가 정상범위로 나타나며 임신, 격렬한운동, 세균성감염, 출혈, 염증, 악성종양일 때 높은 수치를 나타내게 된다. 분석한 집단의 호중구 수치와 유전자형 연관성분석 결과, AA유전자형이 정상범위의 호중구 수치를 나타내며 AC유전자형에서는 정상보다 약간 높은수치, CC유전자형에서는 높은 수치를 보이고 있다. AA유전자형과 AC유전자형은 수치에서 서로 유의적인 차이를 보이지 않았고, 두 유전자형은 CC유전자형과 유의적인 차이를 나타냈다. 따라서 CC유전자형이 다른 유전자형보다 염증이나, 세균성감염에 민감한 것으로 생각된다.

Table 3-50. Association of SNP6 in *TGFBI* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=444)	GA (n=47)	GG (n=0)	
Immune traits				
WBC ¹	19.97 (0.67)	20.88 (1.12)		0.3283
NE ²	16.30 (7.75)	13.54 (12.97)		0.7975
LY ³	11.55 (0.34)	12.32 (0.57)		0.1059
MO ⁴	0.55 (0.03)	0.56 (0.05)		0.8253
EO ⁵	0.62 (0.06)	0.62 (0.10)		0.9459
BA ⁶	0.08 (0.01)	0.08 (0.02)		0.8417
NEP ⁷	35.93 (3.01)	34.01 (5.04)		0.6460
LYP ⁸	57.88 (1.19)	59.07 (1.99)		0.4736
MOP ⁹	2.77 (0.13)	2.77 (0.21)		0.9836
EOP ¹⁰	3.65 (0.53)	3.45 (0.88)		0.7838
BAP ¹¹	0.41 (0.05)	0.38 (0.08)		0.5539
RBC ¹²	7.59 (0.13)	7.69 (0.22)		0.6058
HB ¹³	12.33 (0.21)	12.43 (0.35)		0.7128
HCT ¹⁴	41.70 (0.77)	42.49 (1.29)		0.4601
MCV ¹⁵	54.96 (0.41)	55.34 (0.69)		0.5071
MCH ¹⁶	16.38 (0.18)	16.29 (0.31)		0.7228
MCHC ¹⁷	31.87 (1.68)	31.16 (2.81)		0.7623
RDW ¹⁸	21.29 (0.26)	21.18 (0.44)		0.7526
PLT ¹⁹	257.47 (14.93)	257.16 (24.99)		0.9882
MPV ²⁰	9.94 (0.14)	10.13 (0.23)		0.3211

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils

⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,

¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin

¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width

¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-51. Association of SNP11 in *TNF* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	CC (n=311)	TC (n=253)	TT (n=51)	
Immune traits				
WBC ¹	20.68 (0.73)	19.56 (0.73)	18.87 (1.26)	0.0887
NE ²	13.11 (8.56)	19.94 (8.53)	12.06 (14.70)	0.5760
LY ³	11.82 (0.38)	11.33 (0.38)	11.68 (0.65)	0.2675
MO ⁴	0.57 (0.03)	0.54 (0.03)	0.57 (0.06)	0.6436
EO ⁵	0.61 (0.06)	0.65 (0.06)	0.56 (0.11)	0.6146
BA ⁶	0.08 (0.01)	0.08 (0.01)	0.06 (0.02)	0.5062
NEP ⁷	38.05 (3.32)	34.43 (3.31)	32.34 (5.71)	0.2973
LYP ⁸	57.29 (1.31)	57.93 (1.30)	60.89 (2.25)	0.2360
MOP ⁹	2.73 (0.14)	2.77 (0.14)	3.03 (0.24)	0.3907
EOP ¹⁰	3.74 (0.58)	3.60 (0.58)	3.46 (1.00)	0.9288
BAP ¹¹	0.40 (0.05)	0.45 (0.05)	0.34 (0.09)	0.3116
RBC ¹²	7.60 (0.15)	7.53 (0.14)	7.92 (0.25)	0.2534
HB ¹³	12.39 (0.23)	12.19 (0.23)	12.84 (0.40)	0.1782
HCT ¹⁴	41.58 (0.85)	41.58 (0.84)	43.35 (1.46)	0.4187
MCV ¹⁵	54.76 (0.45)	55.17 (0.45)	54.88 (0.78)	0.5164
MCH ¹⁶	16.47 (2.20)	16.30 (2.20)	16.34 (0.35)	0.5647
MCHC ¹⁷	33.02 (1.85)	30.81 (1.85)	31.37 (3.18)	0.3203
RDW ¹⁸	21.16 (0.29)	21.43 (0.29)	21.26 (0.50)	0.5136
PLT ¹⁹	253.11 (16.50)	259.51 (16.42)	271.88 (28.31)	0.7413
MPV ²⁰	9.95 (0.15)	10.03 (0.15)	9.47 (0.26)	0.0815

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-52. Association of SNP17 in *WNT10B* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=198)	AG (n=293)	GG (n=126)	
Immune traits				
WBC ¹	18.90 (0.58)	18.42 (0.57)	18.66 (0.66)	0.7184
NE ²	11.77 (6.32)	16.89 (6.16)	11.20 (7.16)	0.6117
LY ³	9.25 (0.30)	8.92 (0.29)	9.10 (0.34)	0.5374
MO ⁴	0.45 (0.03)	0.42 (0.03)	0.48 (0.03)	0.0807
EO ⁵	0.59 (0.05)	0.54 (0.05)	0.52 (0.06)	0.4363
BA ⁶	0.11 (0.01)	0.10 (0.01)	0.11 (0.01)	0.6033
NEP ⁷	44.29 (2.50)	44.20 (2.44)	48.57 (2.83)	0.2349
LYP ⁸	49.19 (1.08)	49.43 (1.05)	49.22 (1.22)	0.9709
MOP ⁹	2.38 (0.11)	2.35 (0.11)	2.60 (0.13)	0.1190
EOP ¹⁰	3.73 (0.43)	2.98 (0.42)	2.85 (0.49)	0.1646
BAP ¹¹	0.60 (0.04)	0.58 (0.04)	0.61 (0.05)	0.8595
RBC ¹²	7.71 (0.11)	7.79 (0.11)	7.76 (0.13)	0.7862
HB ¹³	12.52 (0.18)	12.59 (0.17)	12.30 (0.20)	0.3229
HCT ¹⁴	42.84 (0.65)	43.35 (0.64)	42.82 (0.74)	0.6543
MCV ¹⁵	55.57 (0.37)	55.56 (0.36)	55.21 (0.41)	0.6381
MCH ¹⁶	16.35 (0.16)	16.29 (0.16)	15.99 (0.19)	0.1443
MCHC ¹⁷	30.08 (1.37)	29.75 (1.34)	32.17 (1.56)	0.2534
RDW ¹⁸	21.14 (0.22)	21.37 (0.21)	21.35 (0.25)	0.5902
PLT ¹⁹	236.85 (13.22)	237.60 (12.88)	235.59 (14.97)	0.9901
MPV ²⁰	9.57 (0.12)	9.49 (0.12)	9.44 (0.14)	0.6814

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils

⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,

¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin

¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width

¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-53. Association of SNP22 in *PPARGCIA* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=344)	GA (n=107)	GG (n=40)	
Immune traits				
WBC ¹	19.89 (0.70)	20.04 (0.86)	20.77 (1.28)	0.7710
NE ²	16.97 (8.09)	14.60 (9.99)	14.18 (14.79)	0.9477
LY ³	11.64 (0.36)	11.31 (0.44)	11.72 (0.65)	0.6230
MO ⁴	0.56 (0.03)	0.53 (0.04)	0.56 (0.06)	0.6833
EO ⁵	0.64 (0.06)	0.57 (0.08)	0.64 (0.08)	0.4704
BA ⁶	0.08 (0.012)	0.08 (0.014)	0.12 (0.021)	0.1214
NEP ⁷	35.71 (3.15)	35.54 (3.88)	37.58 (5.75)	0.9375
LYP ⁸	58.54 (1.24)	56.48 (1.53)	56.35 (2.27)	0.1930
MOP ⁹	2.81 (0.13)	2.65 (0.16)	2.73 (0.24)	0.4423
EOP ¹⁰	3.80 (0.55)	3.24 (0.68)	3.42 (1.00)	0.5741
BAP ¹¹	0.40 (0.05)	0.39 (0.06)	0.56 (0.09)	0.1761
RBC ¹²	7.54 (0.14)	7.59 (0.17)	7.99 (0.25)	0.1819
HB ¹³	12.28 (0.22)	12.32 (0.27)	12.71 (0.40)	0.5379
HCT ¹⁴	41.41 (0.80)	41.69 (0.99)	44.11 (1.45)	0.1633
MCV ¹⁵	55.01 (0.43)	55.02 (0.53)	54.69 (0.79)	0.9096
MCH ¹⁶	16.44 (0.19)	16.37 (0.24)	15.92 (0.35)	0.3030
MCHC ¹⁷	31.22 (1.75)	34.81 (2.16)	30.38 (3.20)	0.0923
RDW ¹⁸	21.40 (0.27)	20.84 (0.34)	21.39 (0.50)	0.1038
PLT ¹⁹	259.54 (15.58)	261.47 (19.22)	235.41 (28.47)	0.6495
MPV ²⁰	9.93 (0.15)	9.98 (0.18)	10.00 (0.27)	0.9118

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-54. Association of SNP23 in *PPARGCIA* gene and Immune traits

Classification	Genotype		P-value
	GT (n=97)	TT (n=385)	
Immune traits			
WBC ¹	19.91 (0.87)	19.97 (0.69)	0.9365
NE ²	14.65 (10.10)	17.15 (8.08)	0.7606
LY ³	11.32 (0.44)	11.85 (0.35)	0.3665
MO ⁴	0.54 (0.04)	0.56 (0.03)	0.4549
EO ⁵	0.58 (0.08)	0.63 (0.06)	0.4331
BA ⁶	0.07 (0.014)	0.08 (0.012)	0.5738
NEP ⁷	35.04 (3.93)	35.94 (3.14)	0.7789
LYP ⁸	57.02 (1.54)	58.30 (1.23)	0.3055
MOP ⁹	2.70 (0.16)	2.82 (0.13)	0.3565
EOP ¹⁰	3.38 (0.68)	3.74 (0.55)	0.5117
BAP ¹¹	0.39 (0.06)	0.41 (0.05)	0.6521
RBC ¹²	7.64 (0.17)	7.58 (0.14)	0.6792
HB ¹³	12.37 (0.27)	12.32 (0.22)	0.8083
HCT ¹⁴	42.07 (1.00)	41.57 (0.80)	0.5347
MCV ¹⁵	55.13 (0.54)	54.88 (0.43)	0.5576
MCH ¹⁶	16.35 (0.24)	16.40 (0.19)	0.7800
MCHC ¹⁷	34.91 ^a (2.18)	31.14 ^b (1.74)	0.0334
RDW ¹⁸	20.87 ^b (0.34)	21.42 ^a (0.27)	0.0454
PLT ¹⁹	262.24 (19.46)	256.37 (15.56)	0.7097
MPV ²⁰	9.96 (0.18)	9.94 (0.15)	0.8996

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-55. Association of SNP24 in *PPARGCIA* gene and Immune traits

Classification	Genotype		P-value
	AA (n=388)	AT (n=95)	
Immune traits			
WBC ¹	19.91 (0.69)	20.06 (0.88)	0.8356
NE ²	17.10 (8.03)	14.57 (10.24)	0.7594
LY ³	11.60 (0.35)	11.45 (0.45)	0.6878
MO ⁴	0.56 (0.03)	0.54 (0.04)	0.5594
EO ⁵	0.63 (0.06)	0.57 (0.08)	0.3422
BA ⁶	0.081 (0.011)	0.074 (0.015)	0.5530
NEP ⁷	35.97 (3.12)	34.86 (3.98)	0.7288
LYP ⁸	58.19 (1.23)	57.27 (1.56)	0.4658
MOP ⁹	2.82 (0.13)	2.69 (0.16)	0.3077
EOP ¹⁰	3.75 (0.54)	3.29 (0.69)	0.4054
BAP ¹¹	0.42 (0.048)	0.38 (0.062)	0.5087
RBC ¹²	7.58 (0.14)	7.63 (0.17)	0.7574
HB ¹³	12.32 (0.22)	12.39 (0.28)	0.7566
HCT ¹⁴	41.59 (0.79)	42.00 (1.01)	0.6147
MCV ¹⁵	54.89 (0.43)	55.11 (0.54)	0.6118
MCH ¹⁶	16.39 (0.19)	16.39 (0.24)	0.9967
MCHC ¹⁷	31.19 ^b (1.73)	35.12 ^a (2.21)	0.0275
RDW ¹⁸	21.41 ^a (0.27)	20.85 ^b (0.34)	0.0445
PLT ¹⁹	256.45 (15.47)	262.17 (19.72)	0.7186
MPV ²⁰	9.95 (0.14)	9.96 (0.18)	0.9600

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils

⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,

¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin

¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin

¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width

¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-56. Association of SNP25 in *PPARGCIA* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=235)	TA (n=215)	TT (n=42)	
Immune traits				
WBC ¹	19.99 (0.73)	19.90 (0.73)	20.74 (1.17)	0.7337
NE ²	12.35 (8.46)	20.19 (8.47)	15.47 (13.57)	0.5066
LY ³	11.69 (0.37)	11.51 (0.37)	11.22 (0.60)	0.6407
MO ⁴	0.55 (0.032)	0.56 (0.032)	0.54 (0.051)	0.9157
EO ⁵	0.61 (0.06)	0.63 (0.06)	0.62 (0.10)	0.9424
BA ⁶	0.08 (0.012)	0.08 (0.012)	0.09 (0.020)	0.8819
NEP ⁷	37.10 (3.29)	34.54 (3.30)	36.70 (5.28)	0.6075
LYP ⁸	58.49 (1.30)	57.78 (1.30)	54.70 (2.08)	0.1374
MOP ⁹	2.76 (0.14)	2.80 (0.14)	2.65 (0.22)	0.7452
EOP ¹⁰	3.83 (0.57)	3.49 (0.58)	3.47 (0.92)	0.7336
BAP ¹¹	0.40 (0.05)	0.43 (0.05)	0.43 (0.08)	0.8087
RBC ¹²	7.53 (0.14)	7.63 (0.14)	7.80 (0.23)	0.3056
HB ¹³	12.32 (0.23)	12.35 (0.23)	12.26 (0.37)	0.9580
HCT ¹⁴	41.55 (0.84)	41.82 (0.84)	42.46 (1.35)	0.7439
MCV ¹⁵	55.27 (0.45)	54.74 (0.45)	54.49 (0.72)	0.2373
MCH ¹⁶	16.49 (0.20)	16.34 (0.20)	15.87 (0.32)	0.1060
MCHC ¹⁷	31.20 (1.84)	32.58 (1.84)	31.26 (2.95)	0.6200
RDW ¹⁸	21.33 (0.29)	21.31 (0.29)	20.84 (0.46)	0.4949
PLT ¹⁹	251.02 (16.25)	268.68 (16.26)	223.57 (26.06)	0.1143
MPV ²⁰	10.02 (0.15)	9.84 (0.15)	10.23 (0.24)	0.1227

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

Table 3-57. Association of SNP26 in *MYOD1* gene and Immune traits

Classification	Genotype			P-value
	AA (n=281)	AC (n=237)	CC (n=79)	
Immune traits				
WBC ¹	18.18 (0.54)	19.11 (0.56)	19.40 (0.79)	0.1251
NE ²	10.67 ^b (5.93)	12.28 ^b (6.17)	31.10 ^a (8.66)	0.0414
LY ³	8.92 (0.28)	9.04 (0.29)	9.76 (0.40)	0.0932
MO ⁴	0.45 (0.02)	0.44 (0.03)	0.45 (0.04)	0.8898
EO ⁵	0.57 (0.05)	0.53 (0.05)	0.54 (0.07)	0.6155
BA ⁶	0.11 (0.01)	0.11 (0.01)	0.10 (0.01)	0.7487
NEP ⁷	44.00 (2.35)	47.73 (2.45)	44.09 (3.44)	0.2425
LYP ⁸	49.26 (1.00)	48.34 (1.04)	50.32 (1.46)	0.3465
MOP ⁹	2.47 (0.11)	2.36 (0.11)	2.36 (0.16)	0.5475
EOP ¹⁰	3.26 (0.41)	3.01 (0.42)	4.05 (0.60)	0.2037
BAP ¹¹	0.61 (0.04)	0.60 (0.04)	0.52 (0.06)	0.3335
RBC ¹²	7.78 (0.10)	7.64 (0.11)	7.91 (0.15)	0.1500
HB ¹³	12.55 (0.17)	12.35 (0.17)	12.65 (0.25)	0.3359
HCT ¹⁴	43.28 (0.61)	42.36 (0.64)	43.75 (0.89)	0.1740
MCV ¹⁵	55.65 (0.34)	55.34 (0.36)	55.34 (0.50)	0.6261
MCH ¹⁶	16.25 (0.15)	16.31 (0.16)	16.09 (0.22)	0.5991
MCHC ¹⁷	31.03 (1.30)	30.00 (1.35)	29.74 (1.90)	0.6461
RDW ¹⁸	21.30 (0.21)	21.25 (0.22)	21.22 (0.30)	0.9482
PLT ¹⁹	233.32 (12.26)	239.16 (12.75)	228.98 (17.89)	0.8106
MPV ²⁰	9.47 (0.11)	9.65 (0.12)	9.36 (0.17)	0.1295

¹WBC : White blood cell, ²NE : Neutrophils ³LY : Lymphocytes, ⁴MO : Monocytes, ⁵EO : Eosinophils, ⁶BA : Basophils
⁷NEP : Percentage of Neutrophils ⁸LYP : Percentage of Lymphocytes, ⁹MOP : Percentage of Monocytes,
¹⁰EOP : Percentage of Eosinophils, ¹¹BAP : Percentage of Basophils ¹²RBC : Red blood cell, ¹³HB : Hemoglobin
¹⁴HCT : Hematocrit, ¹⁵MCV : Mean corpuscular volume, ¹⁶MCH : Mean corpuscular hemoglobin
¹⁷MCHC : Mean corpuscular hemoglobin concentration ¹⁸RDW : Red blood cell distribution width
¹⁹PLT : Platelet ²⁰MPV : Mean platelet volume

나. 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 빈도조사

제 1협동과제에서 소비자 선호도 조사를 통해 표준형 삼겹살을 설정하였고, 세부근육을 포함한 10개의 형질에 대하여 표준형 삼겹살의 군집범위를 설정한 바 있다. 이에 따라 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 8개 SNP의 유전자형별 표준형 군집 내 개체 출현률을 구했으며, 결과는 Table 3-58에 나타나 있다.

유전자형별 표준형군집개체 출현빈도가 최대빈도와 최소빈도가 10% 이상 차이가 나는 형질은 파란색, 20%이상 차이가 나는 형질은 빨간색으로 표시했으며, 특히 4개의 SNP에서 표준형 군집내 개체 출현률이 유전자형에 따라 20%이상 차이가 나는 형질이 1개 또는 2개가 발견되었다.

표준형삼겹살의 삼겹살단면적에 대한 군집을 설정했을 때 8개 SNP 모두에서 유전자형에 따른 군집내 개체 출현률이 차이가 나지 않았다.

근육단면적에 대한 군집을 설정했을 때 *TGFBI*, *PPARGCIA*의 *NspI*, *ApaI*, *AluI* SNP에서는 유전자형에 따른 군집내 개체 출현률이 차이가 나지 않았으며, *TNF* 유전자의 TT유전자형이 CC유전자형에 비해 출현률이 15% 낮게, *WNT10B*의 GG유전자형이 AA유전자형에 비해 출현률이 16% 높게, *MYOD1*의 CC유전자형이 AA, AC유전자형에 비해 출현률이 10%가량 낮게, *PPARGCIA*의 *PshAI* site의 GG유전자형이 AA, GA유전자형에 비해 12%가량 높게 나타났다.

*TNF*의 TT 유전자형은 표준형 삼겹살의 근육비율 군집내 출현률이 CC, TC유전자형에 비해 20%가량 낮게 나타났다. *WNT10B*의 GG유전자형은 표준형 삼겹살의 AA유전자형에 비해 24%, AG유전자형에 비해 14% 출현률이 높게 나타났다.

깊은흉근단면적의 경우 *MYOD1*의 AA유전자형이 CC유전자형에 비해 18% 높게 출현했으며, *PPARGCIA*의 *PshAI* site에서의 GG유전자형이 AA에 비해 30% 높게 나타나서, GG유전자형이 많을 경우 깊은흉근이 표준형 삼겹살에 가깝게 나타날 것으로 예상된다.

*WNT10B*의 GG 유전자형은 AA유전자형에 비해서 몸통피부근단면적이 표준형인 개체가 25% 높게 나타났다.

삼겹살단면길이에 대한 표준형 군집을 설정했을 때, *PPARGCIA*의 *PshAI* site에서 GG유전자형이 AA유전자형보다 25% 더 낮은 비율로 나타나, 삼겹살 단면길이에 따른 군집분류에서는 GG유전자형이 불리할 것으로 예상된다.

Table 3-58. Genotype prevalence of belly standard traits

Traits	Range	<i>TGFBI</i>			<i>TNF</i>			<i>WNT10B</i>			<i>MYOD1</i>		
		AA	GA	GG	CC	TC	TT	AA	AG	GG	AA	AC	CC
Total belly area(cm ²)	164~202	0.56	0.55	.	0.60	0.58	0.61	0.57	0.63	0.56	0.58	0.62	0.58
Total muscle area(cm ²)	77~103	0.74	0.79	.	0.74	0.68	0.59	0.63	0.73	0.79	0.70	0.73	0.63
Total fat area(cm ²)	76~109	0.64	0.62	.	0.62	0.62	0.49	0.55	0.68	0.55	0.58	0.60	0.68
Muscle percentage(%)	43~56	0.82	0.81	.	0.74	0.78	0.57	0.66	0.80	0.73	0.74	0.72	0.76
Pectorales profundi m. (cm ²)	11~19	0.57	0.60	.	0.59	0.64	0.71	0.59	0.62	0.67	0.62	0.67	0.44
Latissimus dorsi m. (cm ²)	21~29	0.71	0.57	.	0.70	0.67	0.61	0.69	0.66	0.71	0.64	0.73	0.63
Cutaneous trunci m. (cm ²)	4~7	0.75	0.81	.	0.69	0.68	0.63	0.58	0.69	0.83	0.71	0.66	0.58
length of sliced belly (cm)	28~33	0.70	0.60	.	0.76	0.73	0.67	0.82	0.68	0.77	0.74	0.72	0.72
Cutaneous trunci m. length (cm)	15~21	0.67	0.72	.	0.70	0.76	0.71	0.78	0.72	0.67	0.75	0.70	0.67
Fat length (cm)	4~8	0.54	0.60	.	0.57	0.65	0.59	0.61	0.58	0.65	0.62	0.59	0.49

Traits	Range	<i>PPARGCIA</i>											
		<i>PshAI</i>			<i>Nspl</i>			<i>Apol</i>			<i>Alul</i>		
		AA	GA	GG	GG	GT	TT	AA	AT	TT	AA	TA	TT
Total belly area(cm ²)	164~202	0.56	0.54	0.63	.	0.55	0.56	0.56	0.54	.	0.55	0.57	0.57
Total muscle area(cm ²)	77~103	0.75	0.70	0.85	.	0.68	0.76	0.76	0.69	.	0.76	0.73	0.76
Total fat area(cm ²)	76~109	0.65	0.58	0.75	.	0.61	0.65	0.65	0.61	.	0.68	0.60	0.62
Muscle percentage(%)	43~56	0.83	0.79	0.83	.	0.79	0.83	0.83	0.79	.	0.84	0.82	0.71
Pectorales profundi m. (cm ²)	11~19	0.53	0.64	0.83	.	0.62	0.56	0.55	0.63	.	0.57	0.56	0.69
Latissimus dorsi m. (cm ²)	21~29	0.69	0.66	0.78	.	0.64	0.71	0.71	0.64	.	0.70	0.69	0.67
Cutaneous trunci m. (cm ²)	4~7	0.75	0.79	0.73	.	0.79	0.75	0.75	0.80	.	0.77	0.75	0.79
length of sliced belly (cm)	28~33	0.73	0.66	0.48	.	0.66	0.71	0.71	0.65	.	0.69	0.72	0.57
Cutaneous trunci m. length (cm)	15~21	0.65	0.70	0.80	.	0.72	0.66	0.66	0.73	.	0.65	0.68	0.76
Fat length (cm)	4~8	0.57	0.46	0.60	.	0.47	0.57	0.57	0.47	.	0.55	0.55	0.52

다. 최적유전자형 선정에 따른 DNA마커 개발

발굴된 염기변이의 개발된 마커의 효과를 통합하여 최적유전자형을 선정하고자 한다. *TNF*의 마커 효과를 살펴보았을 때, TT유전자형이 삼겹살두께가 두껍고, 흉추6번에서의 깊은흉근의 단면적이 크나, 흉추6번에서의 몸통피부근 단면길이가 짧고, 흉추11번에서의 삼겹살단면적이 작은 것으로 나타났다. 성장형질 및 육질, 면역관련 형질에서는 마커별로 차이가 없어 삼겹살 두께와 깊은흉근을 개량하는데에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

*PPARGC1A*의 SNP22에서는 AA유전자형이 삼겹살의 두께는 두껍고, 흉추6번에서의 떡지방 길이가 짧으며, 흉추14번에서의 지방면적이 작고, 근육비율이 높게 나타나 지방침착이 덜 된 삼겹살 개량에 적합한 마커로 판단되며, 또한 육질관련형질 중 전단력과 사후 45도 온도가 다른 유전자형에 비해 낮게 나타나 육질이 좋을 것으로 판단되어 삼겹살 품질을 향상시키면서 육질도 증가시킬 수 있는 마커로 판단된다.

*PPARGC1A*의 SNP23에서는 TT유전자형이 흉추6번에서의 떡지방길이와 흉추14번에서의 지방면적이 더 작은 값을 가졌지만, 근육비율에서는 GT유전자형이 더 큰 값을 갖는 것으로 나타나 근육비율이 소비자 선호도에 영향을 미치는 점을 감안하였을 경우, GT유전자형이 우수한 것으로 판단되며, 혈구분석 결과 TT유전자형이 적혈구당평균혈색소량이 많아 피로도에 더 민감할 것으로 판단되어, GT유전자형이 우수 유전자형이라고 판단되어진다. *PPARGC1A*의 SNP24는 SNP23과 비슷한 경향을 나타내었으며, AT유전자형이 우수 유전자형으로 판단된다.

*PPARGC1A*의 SNP25는 흉추6번의 깊은흉근단면적, 흉추11번의 삼겹살 단면적 및 근육단면적, 몸통피부근 단면적, 흉추14번의 삼겹살 단면적에서 유의적인 차이가 나타나 가장 많은 형질에 대한 연관성을 나타내었고, TT유전자형이 SNP25에서 삼겹살 개량이 우수한 마커로 판단할 수 있다. 하지만 전단력에서 TT유전자형이 더 높은 값을 가지므로, 식감과 관련한 마커로는 적합하지 않을 수 있다.

*MYOD1*의 SNP29에서는 CC type이 흉추11번에서는 몸통피부근 단면길이가 길게 짧게 나타나고, 흉추14번의 몸통피부근 단면적은 더 작은 값을 가져, 삼겹살 개량에 유리할 것으로 판단되며, 또한 CC유전자형이 유의적으로 높은 호중구 수치를 가져, 염증이나 세균성감염에 민감한 것으로 판단된다. 따라서, CC유전자형을 제거하는 방향이 삼겹살 형질 및 면역관련형질 개량에 좋을 것으로 판단된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

1. 삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발

구분	연구개발 목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	삼겹살 품질평가를 위한 객관적 지표 개발	100	매우 크다
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표 : 소비자가 원하는 한국형 삼겹살 표준 설정 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 도체외관 평가 및 삼겹살, 등심 생산량 평가 - 삼겹살, 등심부위의 근육 조성 비율 조사 - 삼겹살에 대한 관능검사 - 근육조성비율과 관능평가 결과의 상관관계 분석 	100	매우 크다
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표 : 객관적이고 정확한 삼겹살 품질평가 방법 개발 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 기준안에 의한 도체평가 및 검증 - 삼겹살의 대표 평가부위 설정 - 품질평가방법의 객관화 방안 마련 	100	매우 크다
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표 : 삼겹살의 근육 측성에 의한 소매단계 ‘소분할 부위’ 구분 연구 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 소분할 부위 생산량에 따른 경제성 분석 - 소분할 부위에 대한 소비자 만족도 조사 - 소매단계 소분할 부위 구분 타당성 검증 	100	크다

2. 삼겹살 관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정

구분	연구개발 목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	삼겹살 관련 형질개량을 위한 종돈선발모형 설정	100	매우 크다
1차 년도	<p>◎ 연구목표 : 시험축 설정 및 삼겹살 관련형질과 검정성적 간의 연관관계 구명</p> <p>◎ 평가착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시험집단의 혈연관계 및 기존 검정성적 조사 - 삼겹살관련 형질과 검정성적(체장, 체고, 등지방두께 및 일당증체량) 간의 상관분석을 통한 표현형적 연관성 구명 	100	크다
2차 년도	<p>◎ 연구목표: 삼겹살 관련 형질의 유전특성 구명</p> <p>◎ 평가착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> - DF_REML 방법을 이용하여 혈연관계와 시험성적을 기반으로 삼겹살관련 형질의 유전모수 추정 - 삼겹살관련 형질과 검정성적간의 유전상관 추정 - BLUP Animal Model을 이용한 삼겹살관련 형질의 육종가 추정 	100	매우 크다
3차 년도	<p>◎ 연구목표: 삼겹살 품질개량 및 증대를 위한 육종모형 개발</p> <p>◎ 평가착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 삼겹살 개량을 위한 선발지수 추정 - 삼겹살의 양과 품질을 개량하기 위한 종돈개량모형 제시 - 삼겹살관련 형질 관련 유전정보의 활용한 MAS(marker assisted selection) 모형 제시 	100	매우 크다

3. 삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발

구분	연구개발 목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	삼겹살 품질진단 및 예측용 DNA마커 개발	100	매우 크다
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표: 삼겹살 관련 후보유전자 탐색 및 다형성 발굴 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 지방 및 근육형성 관련 QTL 내 후보유전자 탐색 - 후보유전자 발현영역 및 발현조절영역 염기서열구조 분석 - 품종간, 품종내 유전자 다형성 발굴 - 유전자 다형성에 따른 유전자형 분석기법 마련 	100	매우 크다
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표: 삼겹살 관련 DNA마커 개발 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 유전자형에 따른 mRNA 및 단백질발현양상 분석 - 유전자형과 유전자발현패턴 및 삼겹살관련형질과의 다중 연관성분석 - 최적후보유전자 및 유전자형 선정에 따른 DNA마커 개발 	100	매우 크다
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구목표: DNA마커 효용성 검증과 현장적용기반 마련 ● 평가착안점 <ul style="list-style-type: none"> - 성장능력 및 면역, 기존 육질관련 형질과의 상호연관성 분석 - 한국형 삼겹살 평가표준에 따른 DNA마커 빈도조사 - DNA분석을 통한 생체단계에서의 삼겹살 품질예측 및 평가기반 마련 	100	크다

제 2 절 관련분야 기술발전예의 기여도

1. 기술적 측면

- 삼겹살의 한국형 표준 설정
- 삼겹살의 객관적이고 합리적인 품질평가체제 개발
- 생체 삼겹살 특성의 분석기법 기반 확립
- 삼겹살 개량대상형질 선정 및 선발지수 개발
- 생체단계에서의 삼겹살 품질진단 및 예측기법 개발
- 고품질 삼겹살을 가진 한국형 종돈 개량기반 마련
- 학·연·산간 협동체제의 확립에 의한 연구의 질적 향상

2. 경제적·산업적 측면

- 독점지식 및 기술력 확보에 의한 국내 식육산업의 부가가치 제고
- 고품질 돈육 생산 기반 및 지적 know-how 축적
- 우수 비육돈 선발로 인한 농가의 수익성 증대
- 축적 연구결과물을 국제전문학술지에 투고하여 학술 경쟁력 이바지
- 한우 및 기타 축종에의 고품질 식육생산 응용방안 제시
- 연관 산업의 창조 및 고용 창출

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

1. 기술적 연구성과

- 삼겹살의 한국형 표준 확립
- 삼겹살의 객관적이고 합리적인 품질평가체제 개발
- 생체 삼겹살 특성의 분석기법 기반 확립
- 삼겹살 개량대상형질 선정 및 선발지수 개발
- 생체단계에서의 삼겹살 품질진단 및 예측기법 개발
- 고품질 삼겹살을 가진 한국형 종돈 개량기반 마련

2. 산업·지식재산권 및 유전자원등록

- 국내특허등록
돼지 MYF5 유전자의 SNP를 이용한 육질향상 확인용 DNA 표지인자 (등록번호 : 10-1438524)
- 유전자원등록 25건 (NCBI)

3. 학술적 성과

- 국제학술대회 1편 발표
Lee *et al.*, New SNPs in porcine MYF5 gene and associations with the muscle fiber characteristics and economic traits, International Society for Animal Genetics, 33rd Conference, Proceedings of the 33rd International Conference on Animal Genetics, Cairns 2012/ 104p.
- 국내학술대회 2편 발표
강현성 외, 국내 소비자 기호에 적합한 삼겹살 표준설정 및 세부근육별 유전적 특성 구명, Proceedings of 2013 Annual Congress of KSAST, 2013/proceeding vol.2/31
Hur, M.H., E.A. Lee, H.S. Kim, J.S. Baeg, J.W. Park and K.C. Hong. 2014.
Prediction of belly traits in live pig using computed tomography. Proceedings vol II. PA 14104. 2014 Annual congress of Korean Society of Animal Sciences and Technology. Hongcheon, Korea

4. 우수 인력의 양성

- 석사 1명, 학사 1명

5. 홍보

- 소비자 선호 최고의 삼겹살 규격 (축산신문, 2012.11.28.)
- 농장의 생산성 향상은 종돈개량을 통한 우수 유전자 호가보가 선행되어야 한다 (피그엔포크, 2013.04.23.)
- 삼겹살이라고 다 같은 삼겹살 아니다 (축산신문, 2014.07.04.)

제 2 절 성과 활용계획

1. SCI 국외학술지에 4편의 논문 투고

- Consumers' preference for different appearance of sliced pork bellies in South Korea
- Analysis of Pork belly composed muscle characteristics and their phenotypic and Genetic relationships
- Effect of intermuscular-fat thickness measurement in pig carcass on Pork Carcass traits, Belly Composition Characteristics
- Effects of SNPs in the porcine *TGFBI*, *TNF*, *WNT10B*, *PPARGC1A*, and *MYOD1* genes on pork belly traits

2. 국내 특허 출원 3건 준비

- 돼지 *TNF* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 중량증가 및 깊은흉근 증대용 DNA표지인자
- 돼지 *WNT10B* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 몸통피부근 증대용 DNA 표지인자
- 돼지 *PPARGC1A* 유전자 내 SNP를 이용한 삼겹살 떡지방 감소 및 근육비율증대용 DNA 표지인자

3. 교육자료제작

- 삼겹살 화보집 제작 배부

4. 정책자료

- 삼겹살 품질등급을 반영한 돼지등급제도 개선방안 마련

5. 후속연구진행

- 한국형 산식 개발(AutoFom)에 삼겹살 측정 기준 설정
- 삼겹살 세부근육 후보유전자 대량발굴을 위한 SNP chip 분석 및 상용 chip 제작

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

저 자	년도	내 용	출 처
Bennett, Ross, <i>et al.</i>	2002	Regulation of Wnt signaling during adipogenesis	Journal of Biological Chemistry 277(34): 30998-31004.
Gilde and Van Bilsen	2010	Peroxisome proliferator-activated receptors (PPARS): regulators of gene expression in heart and skeletal muscle	Acta physiologica scandinavica 178(4): 425-434.
Lin, Wu, <i>et al.</i>	2002	Transcriptional co-activator PGC-1 α drives the formation of slow-twitch muscle fibres	Nature 418(6899): 797-801.
Puigserver, P.	2005	Tissue-specific regulation of metabolic pathways through the transcriptional coactivator PGC1- α	International journal of obesity 29: S5-S9.
Spiegelman, B., P. Puigserver, <i>et al.</i>	2000	Regulation of adipogenesis and energy balance by PPAR γ and PGC-1	Journal of the International Association for the Study of Obesity 24: S8.
Tontonoz, P., L. Nagy, <i>et al.</i>	1998	PPAR [gamma] promotes monocyte/macrophage differentiation and uptake of oxidized LDL	Cell 93(2): 241-252.
Vertino, Taylor-Jones, <i>et al.</i>	2005	Wnt10b Deficiency Promotes Coexpression of Myogenic and Adipogenic Programs in Myoblasts.	Molecular Biology of the Cell 16(4): 2039-2048

제 7 장 참고문헌

Bendall, J. and H. Swatland (1988). "A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality." *Meat Science*24(2): 85-126.

Bennett, C. N., S. E. Ross, et al. (2002). "Regulation of Wnt signaling during adipogenesis." *Journal of Biological Chemistry* 277(34): 30998-31004.

Birchmeier, C. and H. Brohmann (2000). "Genes that control the development of migrating muscle precursor cells." *Current opinion in cell biology* 12(6): 725-730.

Block, H. and Marschak, J. (1960). *Random Orderings and Stochastic Theories of Response*, In: I. Olkin (ed.) *Contributions to Probability and Statistics*. Stanford Univ. Press, Stanford.

Brack, A. S., M. J. Conboy, et al. (2007). "Increased Wnt signaling during aging alters muscle stem cell fate and increases fibrosis." *Science's STKE* 317(5839): 807.

Brooke, M. H. and K. K. Kaiser (1970). "Muscle fiber types: how many and what kind?" *Archives of neurology* 23(4): 369-379.

Buckingham, M. (2001). "Skeletal muscle formation in vertebrates." *Current opinion in genetics & development* 11(4): 440-448.

Carson, J. A. and F. Booth (1998). "Myogenin mRNA is elevated during rapid, slow, and maintenance phases of stretch-induced hypertrophy in chicken slow-tonic muscle." *Pflügers Archiv*435(6): 850-858.

Čepica, S., et al. (1999). "Regional localization of porcine MYOD1, MYF5, LEP, UCP3 and LCN1 genes." *Animal genetics*30(6): 462-478.

Cusella-De Angelis, M., S. Molinari, et al. (1994). "Differential response of embryonic and fetal myoblasts to TGF beta: a possible regulatory mechanism of skeletal muscle histogenesis." *Development* 120(4): 925-933.

De Jong, G., Daly, A., Pieters, M., & Van der Hoorn, T. (2007). "The logsum as an evaluation measure: review of the literature and new results," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(9), pp. 874-889.

Folch, J., et al. (1957). "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues." *J. Biol. Chem* 226(1): 497-509.

Gilde, A. and M. Van Bilsen (2003). "Peroxisome proliferator-activated receptors (PPARS): regulators of gene expression in heart and skeletal muscle." *Acta physiologica scandinavica* 178(4): 425-434.

Gregoire, F. M., C. M. Smas, et al. (1998). "Understanding adipocyte differentiation." *Physiological reviews* 78(3): 783-809.

Hermesch, S. (2008). "Genetic relationships between composition of pork bellies and performance, carcass and meat quality traits."

Kablar, B., et al. (2003). "< i> Myf5</i> and< i> MyoD</i> activation define independent myogenic compartments during embryonic development." *Developmental biology* 258(2): 307-318.

Kim, J., et al. (2010). "Effects of p. C430S polymorphism in the PPARGC1A gene on muscle fibre type composition and meat quality in Yorkshire pigs." *Animal genetics* 41(6): 642-645.

Kliwer, S. A., J. M. Lenhard, et al. (1995). "A prostaglandin J2 metabolite binds peroxisome proliferator-activated receptor γ and promotes adipocyte differentiation." *Cell* 83(5): 813-819.

Kollias, H. D. and J. C. McDermott (2008). "Transforming growth factor- β and myostatin signaling in skeletal muscle." *Journal of Applied Physiology* 104(3): 579-587.

Kondaiah, P., et al. (1988). "cDNA cloning of porcine transforming growth factor-beta 1 mRNAs. Evidence for alternate splicing and polyadenylation." *Journal of Biological Chemistry* 263(34): 18313-18317.

Kunej, T., et al. (2005). "Frequency distribution of a Cys430Ser polymorphism in peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1 (PPARGC1) gene sequence in Chinese and Western pig breeds." *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122(1): 7-11.

Larzul, C., et al. (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(12): 3126-3137.

Lee, E., et al. (2012). "Effects of variation in porcine MYOD1 gene on muscle fiber characteristics, lean meat production, and meat quality traits." *Meat Science* 92(1): 36-43.

Li, X. and S. Velleman (2009). "Effect of transforming growth factor- β 1 on decorin expression and muscle morphology during chicken embryonic and posthatch growth and development." *Poultry science* 88(2): 387-397.

Lin, J., et al. (2002). "Transcriptional co-activator PGC-1 α drives the formation of slow-twitch muscle fibres." *Nature* 418(6899): 797-801.

Marschak, J. (1960). Binary choice constraints on random utility indications, In: K. Arrow (ed). *Stanford Symposium on Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 312-329.

McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. *Frontiers in Econometrics*, pp. 105-142.

Monin, G. and P. Sellier (1985). "Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed." *Meat Science* 13(1): 49-63.

Morrison, W. R. and L. M. Smith (1964). "Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol." *Journal of lipid research* 5(4): 600-608.

Murray, A., et al. (1989). "The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition." *Canadian Journal of Animal Science* 69(1): 83-91.

Person, R., et al. (2005). "Benchmarking value in the pork supply chain: Processing characteristics and consumer evaluations of pork bellies of different thicknesses when manufactured into bacon." *Meat Science* 70(1): 121-131.

Ross, S. E., N. Hemati, et al. (2000). "Inhibition of adipogenesis by Wnt signaling." *Science's STKE* 289(5481): 950.

Rudnicki, M. A., et al. (1992). "Inactivation of *MyoD* in mice leads to up-regulation of the myogenic HLH gene *Myf-5* and results in apparently normal muscle development." *Cell* 71(3): 383-390.

Ryu, Y. and B. Kim (2005). "The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle." *Meat Science* 71(2): 351-357.

Small, K. A. and Rosen, H. S. (1981). "Applied welfare economics with discrete choice Models," *Econometrica*. 49, pp. 105-130.

Spiegelman, B., et al. (2000). "Regulation of adipogenesis and energy balance by PPAR gamma and PGC-1." *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity* 24: S8-10.

Stephens, M. and P. Donnelly (2003). "A comparison of bayesian methods for haplotype reconstruction from population genotype data." *The American Journal of Human Genetics* 73(5): 1162-1169.

Teye, G., et al. (2006). "Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality." *Meat Science* 73(1): 157-165.

Tontonoz, P., L. Nagy, et al. (1998). "PPAR [gamma] promotes monocyte/macrophage differentiation and uptake of oxidized LDL." *Cell* 93(2): 241-252.

Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.

Trayhurn, P. and I. S. Wood (2004). "Adipokines: inflammation and the pleiotropic role of white adipose tissue." *British Journal of Nutrition* 92(03): 347-355.

Vertino, A. M., J. M. Taylor-Jones, et al. (2005). "Wnt10b Deficiency Promotes Coexpression of Myogenic and Adipogenic Programs in Myoblasts." *Molecular Biology of the Cell* 16(4): 2039-2048.

Vykoukalova, Z., et al. (2006). "New SNPs in the IGF2 gene and association between this gene and backfat thickness and lean meat content in Large White pigs." *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123(3): 204-207.

Williams, H.C.W.L. (1977). "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit," *Environment and Planning A*, 9 (3), pp. 285-344.

Yerle, M., et al. (1990). "Localization of the PGD and TGF β -1 loci to pig chromosome 6q." *Animal genetics* 21(4): 411-417.

Yoon, J. C., et al. (2001). "Control of hepatic gluconeogenesis through the transcriptional coactivator PGC-1." *Nature* 413(6852): 131-138.

Zentella, A. and J. Massague (1992). "Transforming growth factor beta induces myoblast differentiation in the presence of mitogens." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89(11): 5176-5180.

김민경 외. (2009). 양돈선진국의 실태와 경쟁력 비교조사. 대한양돈협회. 양돈자조활동자금 관리위원회.

박만중, et al. (2013). "성장생물학: 비육돈의 출하체중 증가가 등지방두께, "떡지방" 삼겹살 발생률, 도체등급 및 도체의 품질특성에 미치는 영향." *한국동물자원과학회지* 55(3): 195-202.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.