

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ010170)

한우고기 맛 정보 관리 및 맛 계통 선발체계 확립

(Total genetic and management system for eating and sensory related quality in Hanwoo beef)

국립축산과학원

연구수행기간

2014.01 ~ 2016.12

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “한우고기 맛 정보 관리 및 맛 계통 선별체계 확립 연구”(개발기간 : 2014. 01. ~ 2016. 12.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 한우고기 맛정보 통합거래 시스템 개발

제2세부연구과제 : 한우고기 연도, 기능성 지방 연관 유전·비유전효과 규명 및 우량종 축선발체계 확립

제1협동연구과제 : 한우의 부위별 기초질감도 분포 정밀지도 작성

2017. 02. 28.

제1세부/협동연구기관명 : 국립축산과학원

제1세부/협동연구책임자 : 조 수 현

참 여 연 구 원 : 성 필 남, 강 근 호, 강 선 문, 박 경 미, 박 범 영, 김 영 춘

제2세부/협동연구기관명 : 국립축산과학원


제2세부/협동연구책임자 : 김 현 주

참 여 연 구 원 : 김 시 동, 김 형 철, 최 봉 환, 임 다 정, 이 승 환

제1세부/협동연구기관명 : 전북대학교

제1세부/협동연구책임자 : 황 인 호

참 여 연 구 원 : 이 지 숙, 비너이쿠마, 다쉬, 우딘엠디나짐, 진 송

주관연구책임자 : 김 현 주 

주관연구기관장 : 국립축산과학원장

「농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정」 제51조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

* 반드시 기관장 직인을 받아서 스캔 첨부

보고서 요약서

과제번호	PJ010170		연구기간	2014.01.01. ~ 2016.12.31	
연구사업명	단위사업명	농업공동연구			
	세부사업명	FTA대응경쟁력향상기술개발			
	내역사업명	축산경쟁력제고			
연구과제명	주관과제명	한우고기 맛 정보 관리 및 맛 계통 선발체계 확립 연구			
	세부(협동) 과제명	(1세부) 한우고기 맛정보 통합거래 시스템 개발 (2세부) 한우고기 연도, 기능성 지방연관 유전·비유전효과 규명 및 우량종축선발체계 확립 (1협동) 한우의 부위별 기초질감도 분포 정밀지도 작성			
연구책임자	구분	연구기관		소속	성명
	1세부	국립축산과학원		축산물이용과	조수현
	2세부	국립축산과학원		한우연구소	김현주
	1협동	전북대학교		동물자원과학과	황인호
	:				
총 연구기간 참여 연구원 수	총: 19 명 내부: 12 명 외부: 7 명		총 연구개발비	정부: 1,140,000천원 민간: 천원 계: 1,140,000천원	
위탁연구기관명 및 연구책임자			참여기업명		
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
요약				보고서 면수	
○연도관련 유전형질이 한우고기 품질특성에 미치는 영향 규명 ○개체별 연도, 맛 유전형질과 품질특성간의 상관관계 규명 ○맛정보관리 DB 구축 ○맛정보관리 프로그램 개발 ○맛 형질 연관 유전모수 추정 및 유전자 분석 ○맛형질 유전체 육종가 추정체계 구축 ○부위별 근육의 콜라겐 함량 및 타입(I,Ⅲ)의 비율 파악 ○부위별 근육의 기초질감도 지도 작성				115page	

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	○ 한우 개체별 맛관련 육질특성 및 유전자 정보를 활용한 한우고기 맛 정보 통합거래 시스템 구축 ○ 부위별 근육의 물리적, 화학적 한우 기초질감도 지도 작성				
연구개발성과	○ 연도관련 유전형질이 한우고기 품질특성에 미치는 영향 구명 ○ 개체별 연도, 맛 유전형질과 품질특성간의 상관관계 구명 ○ 맛정보관리 DB 구축 ○ 맛정보관리 프로그램 개발 ○ 맛 형질 연관 유전모수 추정 및 유전자 분석 ○ 맛형질 유전체 육종가 추정체계 구축 ○ 부위별 근육의 콜라겐 함량 및 타입(I,Ⅲ)의 비율 파악 ○ 부위별 근육의 기초질감도 지도 작성				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 맛관련 유전자 영향력을 반영한 한우고기 맛예측 기술개발로 다양한 입맛의 소비자 요구를 반영한 한우고기 생산에 활용 ○ 소비자가 원하는 한우고기 소비패턴변화에 선제적 대응 ○ 맛 형질 우량 씨수소 선발 및 한우시장 다변화에 기여 ○ 맛 형질 참조집단을 활용한 우량 씨수소(KPN) 선발에 활용 ○ 한우고기 결체조직의 영향력 분석 및 표준화를 통한 연도개선을 위한 개량 및 사양 관리 자료로의 활용 ○ 부드러운 한우고기 생산을 위한 숙성기술 개발에 활용				
중심어 (5개 이내)	한우	맛 정보	질감도	연도	맛 예측

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Establishment of palatability prediction system using the property of genetic and meat quality information ○ Mapping of base muscle of cuts about physical and chemical 				
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○ Effect of genetic information on meat quality attributes (tenderness, palatability) of Hanwoo beef ○ Correlation of meat quality attribute and genetic information for Hanwoo beef ○ Database of meat quality attribute and genetic information ○ Development of program for prediction of eating quality ○ Genetic parameter of sensory traits of Hanwoo ○ Estimates of genetic breeding value of sensory traits ○ Identification of collagen content and type(I,Ⅲ) of Hanwoo cuts ○ Mapping of base muscle of Hanwoo cuts 				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Prediction of eating quality utilized with the effect of genetic property on eating quality attributes of Hanwoo beef in Hanwoo production ○ Anticipation and response to the change of marketing strategy for consumer's pattern of beef consumption ○ Presentation and publication of research paper ○ Utilization in selection of good quality bull(KPN) using sensory reference group ○ Identify contribution of connective tissue to the toughness of cuts and utilization up to breeding scheme and beefing regime for tender meats ○ Utilization in the development of aging technology to produce soft Hanwoo meat 				
Keywords	Hanwoo	Information of palatability	Toughness	Tenderness	Palatability prediction

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의개요	8
제1절 연구 개발 목적	8
제2절 연구 개발의 필요성	8
제3절 연구 개발 범위	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	10
제1절 국내 기술 수준 및 시장 현황	10
제2절 국외 기술 수준 및 시장 현황	12
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	14
제1절 한우고기 맛정보 통합거래 시스템 개발	14
제2절 한우고기 연도, 기능성 지방연관 유전·비유전 효과 구명 및 우량종축선발체계 확립	44
제3절 한우 부위별 기초질감도 분포 정밀지도 작성	60
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	97
제1절 목표대비 달성도	97
제2절 정량적 성과	98
제 5 장 연구결과의 활용계획	99
제1절 연구개발결과의 활용 방안	99
제2절 기대 성과	99
제3절 경제적·산업적 측면	100
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	101
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	102
제 8 장 국가과학기술지식정보서비스에 등록된 연구시설·장비현황·	102
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적·	102
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적	105

제 11장 기타사항	107
------------------	-----

제 12장 참고문헌	108
------------------	-----

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제1절 연구 개발 목적

한우 개체별 맛관련 육질특성 및 유전자 정보를 활용한 한우고기 맛 정보 통합거래 시스템을 구축하고 부위별 근육을 분석하여 물리적·화학적 한우 기초질감도(Background Toughness) 지도를 작성한다.

제2절 연구 개발의 필요성

한우고기에 대한 기존 등급제(축산물품질평가원)와 연도(맛)관리시스템(국립축산과학원)과의 상호보완을 통한 한우고기 시장다변화 및 저지방 식감이 좋은 한우고기 생산에 필요한 씨수소 선발체계 확립이 시급히 필요함. 또한 한우고기에 대한 미래 잠재수요층의 요구를 반영하기 위하여 새로운 형질 개량을 위한 자료 확보, 유전모수(유전력 및 기존 도체형질과의 유전상관 등) 추정 필요하다.

가축개량을 위한 개체모형, BLUP방법의 도입으로 개체의 유전능력 추정과 더불어 선발의 정확도의 증가로 한우 개량의 효과가 점차 가속화 되고 있으나, 제한된 형질(4개형질)을 이용한 개량체계는 미래 잠재 수요층의 수요를 충족 할 수 없음. 한우고기 미래 잠재수요층을 위한 육종목표설정, 목표형질 측정, 육종가추정방법 등, 개량프로그램 설정에 선제적 대응이 필요. 최근 유전체 선발기법의 개발로, 개량이 어려운(유전력이 낮은 형질)에 대한 개량효과를 단기간에 얻을 수 있게 됨. 이를 위한 한우집단의 맛 형질(연도, 다즙 및 풍미)을 대표할 수 있는 참조집단이 시급히 필요하다.

수입 개방화에 대응하기 위한 한우고기 차별화 방안 모색과 한우산업의 지속적인 발전을 위해서는 미래지향적인 경쟁력 제고방안의 제시가 필요함. 한우고기는 맛이 좋고 마블링이 높아 고급육의 이미지를 가지고 있으나, 맛의 우수성에 대한 객관적이고 과학적으로 제시할 수 있는 근거자료는 부족한 실정이다.

국내에서 유통되고 있는 쇠고기 등급제가 육량등급은 도체중, 등지방두께, 등심단면적 등을 측정하여 판정하고 있으며 육질등급은 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도 등만을 측정하여 판정하고 있어 맛과 식감에 대한 기준을 추가하여 보완해야 한다는 소비자의 요구가 증가하고 있음. 국립축산과학원에서 근내지방도 위주의 현행등급제를 보완하기 위하여 연한정도, 다즙성, 향미 점수를 반영한 ‘연도관리시스템’을 개발하여 현장적용을 완료하였으며 구매한 소비자 96%가 상품에 만족 및 재구매를 희망하였다.(‘13, 축산원)

현재까지 한우고기와 연관되어 발굴한 marker들 중 맛과 관련된 DNA 마커의 효과검증을 통하여 한우고기 생산에 필요한 계통축군 선발에 기초자료 활용 및 소비자들의 다양한 입맛 충족을 위하여 한우고기 맛정보시스템 구축이 필요하다.

식육분야에서 지난 20년 동안 연도개선 연구는 근섬유조직분해 및 축적에 대한 연구가 주류를 이루었으나, 현재 근섬유 외에 고기물성(연도)에 약 40%를 차지하는 결체조직(Connective tissue)연구를 통한 고기의 조직특성 및 유전특성에 대한 연구가 필요함. 결체조

직은 지방세포 분화의 기저 조직으로 지방조직의 발달에 자극물질로 알려져 있어 한우 결체조직특성과 지방세포발달의 상호작용연구 필요하다.

제3절 연구 개발 범위

한우고기 맛 정보 통합거래시스템 구축 및 종축생산체계 확립을 위한 한우 개체별 맛관련 육질특성 및 유전자 정보를 활용한 한우고기 맛 정보 통합거래 시스템 구축과 유전체선발기법을 활용한 맛 형질 우량씨수소 선발체계 구축 및 한우 고기 연도 개선 육종목표 제시한다.

부위별 근육을 분석하여 물리적·화학적 한우 기초질김도 (Background Toughness) 지도 작성한다.

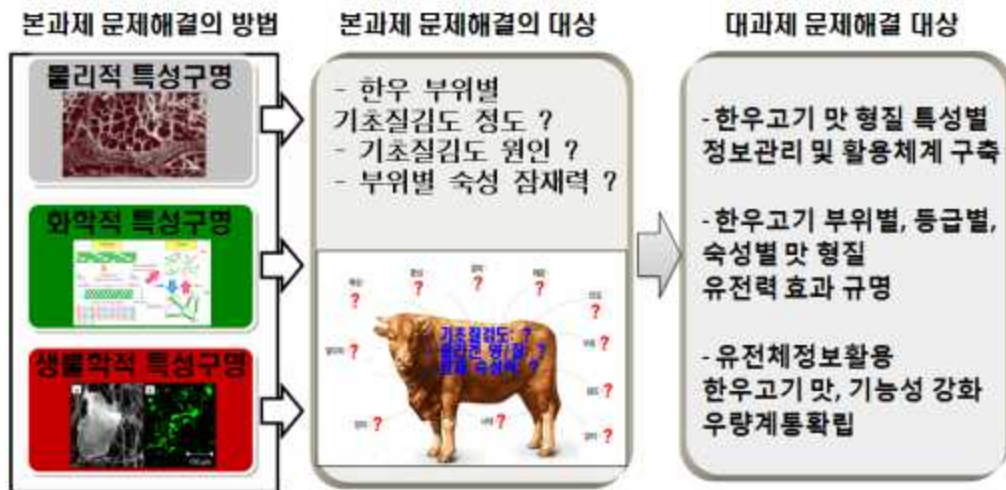


그림 3 문제 해결의 대안 및 문제해결 방법

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술 수준 및 시장 현황

한우 고급육 생산에 주력하여 출하 생체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도와 연관성 있는 유전형질 탐색연구가 진행되었다. 한우의 경제형질 연관 DNA 마커 개발과 관련하여 한우 일당증체량 및 근내지방도 관련 DNA 마커 개발 (여정수, 2000), 한우 경제형질 관련 유전체 정밀분석 및 SNP를 이용한 DNA 마커 개발(여정수 등, 2001, 2003), 상지대 (정의용 등, 2005), 한국생명공학 연구소 (박홍석 등, 2006), 축산과학원 (윤두학 등, 2007) 등에서 경제형질 연관 SNP가 발굴된 바 있다.

쇠고기 맛에 영향을 주는 요인에 대한 연구들도 수행되었음. 등급, 성별 및 근육부위에 따른 한우고기의 맛 관련 물질(유리아미노산 및 핵산물질), 이화학적 품질 및 관능적 기호도가 조사되었다(Cho 등, 2008; Han 등, 1996; Kim과 Lee, 2003; Lee 등, 2010). 한우 거세우고기의 최적 숙성조건을 구명하기 위해 숙성온도(0℃ 및 4℃) 및 숙성기간(2~49일)에 따른 이화학적 품질과 관능적 기호도가 조사되었다(Kim 등, 2007). 쇠고기의 숙성 중 발생하는 이화학적 변화와 숙성조건에 따른 쇠고기의 부위별(Loin, round 및 chuck) 향미성분들(nonanal, pentanal, hexanoic acid, 3-hydroxy- 2-butanone 등)의 함량 변화에 대해 조사되었다(Cho 등, 2012).

쇠고기 맛에 영향을 미치는 불포화지방산 및 근내지방도의 중요성이 부각됨에 따라 한우고기 맛과 관련하여 지방산 및 연도와 연관된 유전자 발굴에 대한 연구보고가 있었다. 여정수 등(2012)은 한우고기는 25-30개월에 특이적으로 유전자 발현이 일어나 지방산 합성 및 대사과정에 관여하는 총 7개(SCD, PPAR γ , THRSP, FABP4, FASN, SREBPs)의 유전자 및 307 개의 후보 SNPs 에 대한 보고가 있었다.

국내 소비자들로부터 한우고기는 수입육에 비해 높은 기호도를 가지고 있었으며(Hwang 등, 2004), 또한 한우고기의 맛을 평가할 때 부위 및 조리방법에 따른 관능요인별 가중치가 연도 55%, 다즙성 18% 및 향미 27%에 따라 산출됨(Cho 등, 2010)으로서 연도의 중요성이 확인되었다.

한우고기의 맛 관련 형질인 연도, 향미 및 다즙을 조절하는 DNA 마커를 개발 및 활용에 대한 기초연구가 수행된 바 있었다.(Cho와 Lee, 2013) 연도관련 DNA 마커는 기보고된 7종을 후보로 선발하였으며 이들이 맛(연도)에 미치는 효과는 7종 모두 유의함으로서 연관성이 확인되었다. 거세한우육의 맛(연도)에 미치는 영향력을 분석한 결과 CAST1 및 CAST 3가 다즙성에, CAPN1-2_T3는 연도 및 다즙성에 유의적인 연관성이 있는 것으로 나타남. CAST 유전자는 전단력과 유의적인 연관성이 있는 것으로 나타남. CAPN1 유전자는 전단력(+0.49) 및 연도(-0.19)와 유의적인 연관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 한우암소육의 맛(연도)에 미치는 영향력을 분석한 결과 CAPN1.3과 CAPN1.1 마커가 한우 암소의 전단력 및 연도점수와 유의적인 상관관계가 있었다.

국립축산과학원 한우시험장 (당 등, 2013년)은 한우고기 맛 형질 조절 유전마커 탐색을 위하여 Bovine 50K Beadchip을 이용한 전장유전체연관분석(Genome wide association study)을 수행하였다. 맛 형질 중 연도의 지표형질인 전단력에서 염색체 5번에서 1개의 유전변이, 염색체 11번에서 2개의 유전변이가 통계적으로 유의한 결과를 나타냈고, 연도에서는 염색체 7번, 17번 각 1개의 유전변이, 다즙에서는 염색체 4번, 21번, 8번 그리고 9번에서 각 1, 2, 2, 1개의 유전변이가 검출된바 있다.

당 등(2012-2013년)은 맛 형질 개량 모형개발 연구를 통하여, 한우에 있어서 맛 형질에 속한 다양한 형질의 유전모수, 유전상관 및 유전자효과 추정하여 맛 형질과 도체형질간 유전력 및 유전상관(당 등 2012)한우에서 맛형질(연도, 다즙 및 향미)의 유전력은 16-18%로 나타났으며, 근내지방 함량과의 유전상관은 65%에서 91%로 매우 높게 나타났고, 한우육량형질과 맛 형질간 유전상관은, 등심 단면적과 가장 낮은 36-69%의 부의 상관을 보임, 또한 도체중과 다즙은 98%의 부의 상관을 보였다. 아울러, 연도와 다즙은 98%의 높은 정의 유전상관을 나타낸 바 있다.

당 등(2012년)이 수행한 “한우 맛 형질 개량모형 개발”과제에서 한우고기의 맛 형질과 지방산조성을 측정하여 표현형 상관을 분석하여 연도, 다즙 및 향미에 있어서 지방산조성이 영향을 미치는 결과를 분석하여 맛 형질과 지방산조성간 표현형 상관(당 등 2012) 한우에서 맛 형질(연도, 다즙 및 향미)와 지방산조성과의 상관은, 스테아릭산(C18:0)과 맛 형질이 약 19-31% 부의 상관을 보였고, 단일불포화지방산의 함량과 풍미와의 상관이 15-16%로 높게 나타났다. 또한 불포화도(단일불포화지방산 :포화지방산)와 맛 형질간의 상관은 풍미에 있어서 16% 상관을 보였고, 다즙과는 8%의 표현형 상관을 보임을 밝힌 바 있다.

한우 연구에서 기초 질감도인 결체조직에 대한 연구는 제한적으로 이루어져 왔으며, 대부분 콜라겐 함량을 측정하는 정도에서 연구가 이루어져, 한우의 선발이나 맛과 관련된 부분과 종합적인 연구는 이루어지지 않았다. 아래의 연구는 현재까지 국내에서 이루어진 연구결과이다. 한우 m. gluteus medius(GM), longissimus thoracis(LT), semimembranosus(SM), semitendinosus(ST), psoas major(PM), and serratus ventralis(SV)의 총콜라겐 함량은 3.7에서 6.85 mg/g 정도의 범위를 보였으며, 가용성 콜라겐은 0.64~1.57mg/g 정도의 범위로 조사되었는데, SM근육은 총콜라겐 함량이 5.53으로 두번째로 높았던 반면 콜라겐 용해성이 가장 낮았다. 또한 육질등급이 낮아질수록 총 콜라겐 함량이 높아지는 경향을 보였으나, 콜라겐 용해성의 변화는 없었다(Moon, 2006). 한우 거세우 1++등급에서, 소분할 부위별 총콜라겐 함량은 부위별 위치에 따라 다르게 나타났으며, 불용성 콜라겐 함량이 비거세우에 비해 모든 부위에서 낮은 수준을 나타냈다(Cho등, 2008; Cho 등, 2007). 한우 거세우의 주요 소분할 부위(목심, 채끝, 우둔, 양지, 등심)에서 총 콜라겐함량과 가용성 콜라겐 함량을 조사한 결과 각 부위에 따라 콜라겐 함량은 달랐으나, 등급 차이에 의해 뚜렷한 증감의 경향을 보이지는 않았다(Lee등, 2009).

한편 쇠고기 선진국의 경우 쇠고기의 기초질감을 제공하는 콜라겐에 대한 국외의 연구는 국내 연구에 오랜 역사를 가지고 있으며, 이러한 정보는 가축의 선발, 사양 및 현수방법과 숙성등 도축후 처리방법에 적용되고 있다. 전단력은 크게 근섬유의 특성을 대부분 설명하는 경향이 있어(Harris과 Shorthose, 1988), 전단력과 소비자 관능검사 연도의 차이는 근육별로 차이가 있으며 이것은 결체조직이 근육별로 큰 차이가 나기 때문이다(예, 0.0 = GM, 0.73 = LD, Shackelford et al., 1995)

결체조직은 이론적으로 collagen과 elastin으로 구성되어 있으며, 기저막조직(proteoglycan matrix)으로 둘러싸여 있으며, 일반적으로 쇠고기의 total collagen 함량은 1-15% (건물기준) 정도이며, 그 중 elastin은 0.6~3.6% 정도이다 (Bendall, 1967). 일반적으로 근육의 결체조직은 근육에서 다음의 세 가지의 주요 구조적인 요소를 가지고 있다. endomysium에서 얇은 결

체조직 layer로 근섬유를 각각 분리하는 역할을 하며, 주로 근섬유의 길이 변화와 관련이 있다(Trotter, Richmond, & Purslow, 1995). Perimysium로 근속을 분리하고 있으며 근다발의 사이즈, 근육다발의 신장성과 관련이 있으며(Rowe, 1981), epimysium에서는 각각의 근육을 분리하는 역할을 함으로 골격에 부착될 때 부하를 받는 역할을 한다. 근내 결체조직에서는 Collagen I, III, IV, V, VI, XII, XIV등이 type들이 확인 되었는데, 이 중 collagen I and III는 endomysium, perimysium, epimysium을 구성하는 주요 collagen들이며, collagen VI는 근육세포막에 endomysium의 섬유층을 연결하는 basement membrane의 비섬유구조 요소이다. 또한 포유동물에서, collagen V는 myocommata의 주요결체조직이다(Sato et al., 1998).

근육의결체조직은 동일한 개체내에서도 근육의 종류, 위치에 따라 근막 두께의 차이를 보이는데, Brooks와 Savell (2004)는 소 흉두께 근육의 근막 두께가 안심보다 2.4배 두꺼웠다고 보고하였으며, Swatland 등(1995) 또한 동일 개체 내에서 가장 두꺼운 근막이 가장 얇은 근막에 비해 2.45배 두꺼웠다고 보고하였다. 쇠고기 안에 존재하는 total collagen과 elastin양은 근육에 의한 차이가 연령이 높아짐에 의한 차이보다 컸고(Cross 등, 1973), 송아지고기에 비해 성숙한 소의 고기에서는 전체적인 elastin 양은 줄어들지만 (Wilson등, 1954), 근육이 노화됨에 따라 elastin의 교차연결 수는 증가하였다 (David, 1984). 각기 다른 타입의 collagen type의 농도는 동물의 배아발달의 통해 달라지는데(Lawson & Purslow, 2001), 몇몇 proteoglycan components가 근육내 결체조직안에서 확인되었다(Nakano, Li, Sunwoo, & Sim, 1997).

Collagen type I과 III의 비율의 차이는 collagen fiber의 직경과 교차연결의 수에 의해 결정되며 collagen fiber의 안정성이 증가되어, 이것은 고기조직감의 근내 결체조직의 질감을 나타낸다고 할 수 있는데(Light 등, 1985), collagen I의 양이 III에 비해 줄어들었다 (Peter등, 1988). 몇몇 연구에 의하면 동물의 노화가 진행될 수록 근육의 질감과 근육 기능 감소는 collagen농도와 hydroxylxylpyridinoline cross-linking 정도와 관련이 있다고 보고하였다 (Ducomps 등, 2003; Willems 등, 2001).

제2절 국외 기술 수준 및 시장 현황

국외에서도 가축 육종분야에서 유전체상 다형성을 가진 DNA marker 발굴 및 이를 이용한 경제형질의 개량이 시도되고 있으며, 경제형질에 발굴된 DNA marker를 활용한 DNA 효과 검증에 대한 연구가 수행되었다. 호주의 Beef CRC의 SMART GENE project를 통한 쇠고기의 연도, 근내지방을 조절하는 유전자 및 DNA마커 개발연구가 활발히 진행되었으며(AGBU, 2009), 연도관련 4개 마커(GeneSTAR tenderness), 근내지방 3개의 DNA 마커(GeneSTAR marbling)가 개발되었다(Beef CRC, 2009; Smart gene report).

현재 쇠고기 연도와 연관된 Caplain과 Calpastatin 유전자 마커로서 GeneSTAR Elite Tender (화이자, igenity), 근내지방도, 연도, 사료효율과 관련된 56-marker panel 마커로서 Gene STAR MVP(화이자), 근내지방도, 육량, 도체중, 등지방두께와 관련성이 입증된 Leptin과 IGENITY Carcass Traits (igenity) 등이 DNA검사를 위한 유전자 상품으로 개발하여 상업적으로 시판하고 있다.

쇠고기 맛과 관련하여 지방산 및 연도와 연관된 유전자 발굴에 대한 연구보고에서 불포화지방산을 단일불포화지방산으로 바꾸어 주는 SCD 유전자 역할 및 SNP와의 관련성에 대한 보고(Hoashi 등, 2008; Mannen 등 2011)가 있었고, 쇠고기 연도와 밀접한 관련성이 있는 CAPN1은 소가 도축된 후 myofibrillar 단백질을 분해하고 쇠고기의 연화과정에 있어 최초로 나타나는 효소로서(Beltan 등, 1997; Koohmaraie 등, 1992; Koohmaraie 등, 1994; Koohmaraie 등, 1996), CAPN1 유전자의 활성은 많은 연구에서 보고된 바 있다(Geesink등., 1997; Smith등., 2000; Casas 등., 2003). 호주 Beef CRC에서는 자국 쇠고기를 대상으로 연도, 다즙성, 향미를 기준으로 소비자 맛평가결과를 반영한 맛등급제(Meat Standard Australia)를 개발하여 산업화에 성공하였으며 최근에는 맛등급 프로그램에 연도 보증 마커 등 유전적 마커의 기능정보를 추가로 반영하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(Thompson 등, 2013)

영국 Scottish Agricultural College (SAC)는 쇠고기의 식감(eating quality)를 개선시키기 위하여 표현형 측정기술 개발 및 육종프로그램 개발 연구 수행하여 소비자 중심형 쇠고기 생산을 위한 표현형은 맛 보증 패널(taste panel), 지방산조성 및 X-ray computer tomography(CT)기술과 같은 정교한 기술을 이용하여 측정하였다.

또한 쇠고기 연도개선연구 중 유전적 요인과 더불어 비 유전적 요인, 즉 성장에 따른 연도와 연관된 유전자 발현분석 연구가 프랑스 농업 연구청 Dr. BERNARD와 HOCQUETTE에 의해서 시도되었고(EAAP, 2008) 쇠고기의 연도와 연관된 유전자 발현 및 단백질 발현분석을 통하여 패널 테스트에 의해서 측정된 연도(Tenderness score)와 연관된 DNAJA1유전자와 전단력과 연관된 HSBP1유전자를 검출 하였다.

Japanese black cattle에서 longissimus dorsi근육은 비육기간이 길어짐에 따라(18개월~32개월) total collagen 양이 유의적으로 줄어든 반면 semitendinosus근육에서는 차이를 보이지 않았던 반면, collagen solubility는 일정 비육기간동안(18개월~24개월) 감소하다가 이후에 유의적으로 증가하였다. 또한 semitendinosus근육의 intramuscular connective tissue의 전단력은 비육기간이 길어짐에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보인 반면 longissimus dorsi 근육은 24개월까지 증가하다 이후 감소하는 경향을 보였다(Nishimura 등, 1999). Nishimura 등 (1998)은 쇠고기가 숙성이 진행될 수록 결체조직도 숙성에 의해 연해진다고 보고하였는데, Japaness black cattle의 semitendinosus근육 결체조직의 전단력이 숙성기간동안 유의적으로 감소하였으며, 동일 근육의 perimysial fraction의 collagen양 또한 숙성이 진행되면서 감소되었다고 보고하였다.

제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

제1절 한우고기 맛정보 통합거래시스템 개발(제1세부과제)

1. 연구수행내용

< 1년차(2014년) : 근내지방형 축군의 표현형질 발현 특성 및 영향력 조사 >

□ 우량 유전형질 스크리닝 및 대상축군 선정

○ 개체별 마블링형 우량마커(육종가)에 의한 시험축 선발

- 대조구 10두, 근내지방형 증진 유전형질 보유축 20두(거세우 20두)

□ 개체별 우량 유전자 마커(육종가)가 예측 표현형질에 미치는 영향력 및 유효성 조사

○ 부위별 처리조건에 따른 이화학적 육질특성 분석

- 부위 : 등심, 채끝, 목심, 꾸리, 안심, 설도, 우둔, 홍두깨, 업진, 양지, 보섭, 부채

- 처리조건 : 숙성기간(0, 7, 14, 21일), 요리방법(구이, 탕)

- 조사항목 : 근내지방함량, 전단력, 근질길이, 보수력, 가열감량, 유리아미노산, 단백질분해효소활성, 결체조직 함량, 관능특성

○ 통계분석

< 2년차(2015년) : 연도관련 유전자가 거세우의 표현형 품질특성에 미치는 영향 >

□ 선발된 연도관련 유전형질이 한우육의 표현형 품질특성에 미치는 영향 조사

○ 조사두수 : 거세우 100두(평창축협 및 한우시에서 구입)

○ 품질특성 분석

- 조사부위 : 등심, 설도

- 조사항목

· 일반성분 : 단백질, 지방, 수분, 콜라겐

· 육질특성 : 전단력, 보수력, 가열감량

· 맛성분 특성 : 유리아미노산, 지방산

· 관능특성 : 연도, 다즙성, 향미, 전체기호도

○ 선발된 유전형질 유형이 표현형 품질특성과의 연관성 분석

< 3년차(2016년) : 맛관련 유전자가 거세우의 표현형 품질특성에 미치는 영향 >

□ 선발된 맛관련 유전형질이 한우육의 표현형 품질특성에 미치는 영향 조사

※ 맛관련 유전형질은 근내지방, 전단력, 올레인산 관련 종합 형질로 선발

○ 조사두수 : 거세우 100두(평창축협 및 한우시에서 구입)

○ 품질특성 분석

- 조사부위 : 등심, 설도

- 조사항목

· 일반성분 : 단백질, 지방, 수분, 콜라겐

· 육질특성 : 전단력, 보수력, 가열감량

· 맛성분 특성 : 유리아미노산, 지방산

· 관능특성 : 연도, 다즙성, 향미, 전체기호도

○ 선발된 유전형질 유형이 표현형 품질특성과의 연관성 분석

□ 맛정보 관리 DB 구축 및 현장활용 프로그램 개발

※ 연구설계 변경 사유

- (변경하게 된 배경) 본 연구는 1년차에 선발축으로 한우연에서 제공받은 수소 10두를 대조구로 활용함에 있어 문제가 없었으나 근내지방형 증진 유전형질 보유축 20두분 시료는 확보하는데 상당한 어려움이 있었다. 이러한 애로사항으로 인하여 수행일정이 지연되는 과정에서 과제협의회를 추진한 결과 당초 설계내용에 따라 근내지방형 유전형질 축군 20두만 선발하여 검증하는 경우 연 20두는 유전력 조사 축군 규모로 너무 적어 대표성에 문제가 있다는 의견이 있었다. 이는 맛관련 유전자 정보 검증시 조사두수 및 표현형 시료 샘플수가 충분하지 못하면 결과를 인정받기 어렵기 때문에 조사항목을 줄이더라도 시료수 범위는 대폭 늘려야 한다는 것이었다. 이러한 의견을 반영하여 협의회에서 설계변경 필요성을 동의받았고 수행내용 일부를 변경하였다 (근거: 메모보고, '15.1.21; 메모보고, '15.12.15).
- (변경내용) 변경된 연구내용에 따라 조사대상축을 근내지방도를 고려한 육질등급별(1++, 1+, 1, 2등급)로 2년간 거세한우 총 200두로 확대하였고, 각 개체들로부터 등심과 설도육을 채취한 다음 이들에 대한 육질분석과 함께 근내지방도, 전단력 및 관능특성과 연관도가 높은 맛 관련 유전자를 선발하였다. 현장활용 프로그램 개발은 한우연에서 계통축군 1,000두 중 1등급 이상 거세우 707두와 본 과제 공시축 158두를 포함하여 총 865두의 거세한우 도체정보를 활용하였다.
- (변경결과) 총 865두분은 기 개발된 연도관리시스템을 활용하여 개체별 맛예측 점수를 분석하였고 동시에 유전정보를 분석한 다음 맛예측 점수와 유전정보간의 연관성 및 유전정보를 활용한 맛점수 예측 회귀식을 개발하였다. 또한 개체별 맛 유전정보 시스템을 개발하여 개체별 맛유전자 보유력을 4개 단계로 표시할 수 있는 맛유전정보 프로그램을 개발하였다. 결론적으로 요약하면 본 세부과제는 당초 설계된 연구내용과 비교했을 때 시료수와 대상은 대폭 확대되었고 조사항목은 일부 축소되었으나 당초 연구목적과 내용, 최종 도출성과에는 차질없이 수행 완료하였다.

2. 재료 및 분석방법

가. 공시축

1년차에는 시험축 선발축은 대조구로 한우연에서 제공받은 수소 10두를 국립축산과학원 도축가공장에서 도축하여 12개 부위를 채취하여 활용하였다. 각 부위들은 2℃에서 0, 7, 14, 21일간 숙성후 육질 및 관능특성을 분석하였다. 한우연구소에서 근내지방증진 유전형질 보유축 20두 선발축 계획설계는 과제협의회에서 200두로 확대됨에 따라 대조구 10두분만 분석하였고 그에 대한 결과는 다음과 같았다.

나. 일반성분

단백질, 수분, 지방 및 콜라겐 함량 분석은 AOAC(2010)에 승인된 근적외선분광기 (Food ScanTMLab, Fossstecator, DK)측정법을 이용하여 측정하였다.

다. 이화학적 육질 분석

(1) 육색

근육을 절단하여 공기 중에 30분 정도 노출시킨 후 Chromameter (CR301, Minolta Co., Germany)로 백색도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE (Commision Internationale de Leclairage)

값으로 3반복 측정하여 평균값을 적용하였으며 이때 사용한 기준색인 표준판은 Y=92.40, x=0.3136, y=0.3196의 백색타일을 이용하였다.

(2) 가열감량 (Cooking loss; CL)

부위별 근육을 2.5 cm 두께의 스테이크 모양으로 절단하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C에 도달할 때까지 가열한 후 가열 전후 중량 차를 백분율로 계산하였다(Honikel, 1998).

(3) 보수력(Water holding capacity; WHC)

원심분리법 (Ryoichi et al., 1993)으로 측정하였다. 보수력은 미세한 구멍이 있는 2 ml filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막(힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.5 g을 원심분리관의 상부 filter관에 넣고 무게를 측정하였다. filter관을 80 °C의 water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨 다음 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 4 °C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 Filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{보수력 (\%)} &= \frac{\text{전수분(\%)} - \text{유리수분(\%)}}{\text{전수분(\%)}} \times 100 \\ \text{유리수분 (\%)} &= \frac{\text{원심분리 전 무게(g)} - \text{원심분리 후 무게(g)}}{\text{시료무게(g)} \times \text{지방계수}} \times 100 \\ \text{지방계수} &= \frac{\text{지방(\%)}}{100} \end{aligned}$$

(4) 전단력

전단력(Warner Bratzler shear force; WBSF)은 Wheeler 등 (2000)의 방법으로 시료를 3 cm두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 전단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 10분간 방냉하였다. 방냉한 시료에서 직경 1.27 cm 코아(core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Univeral Testing Machine(Model 5543, USA)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 5회 반복 측정하였다.

(5) 근절길이 측정

근절길이는 Cross 등(1980)의 방법에 따라 수행하였으며 시료를 일정한 크기(3×3×3 cm)로 자르고 A 용액(0.1 M KCl, 0.039 M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5 mM EDTA)에서 2시간 방치한 후, B용액(0.25 M KCl, 0.29 M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5 mM EDTA)에서 17-19 시

간 방치한 다음 5,000 rpm에서 10-15초 동안 균질하였다. (IKA ULTRA-TURRAX T-25., Germany). 균질한 sample을 슬라이드 글라스에 몇 방울을 떨어뜨린 후 커버 글라스로 고정시킨 다음 헬륨네온레이저(Spectra-physics, Model No. 212-2., USA)를 사용하여 측정된 다음 아래의 공식을 이용하여 근절 길이를 산출하였다.

$$\text{근절길이}(\mu\text{m}) = \frac{632.8 \times 10^{-3} \times D \times (T/D)^2 + 1}{T}$$

D: Stage와 Screen거리(100 mm), T: 근절길이의 반지름

마. 지방산 분석

Folch 등(1957)의 방법으로 methanol:chloroform (1:2, v/v)로 지방을 추출하였으며 가수분해는 Morrison과 Smith(1964)의 방법으로 분석하였다. 지방산 조성은 Gas Chromatography (Varian 3800, Varian, USA)을 사용하여 분석하였으며 Gas Chromatography (GC) 조건은 silica capillary column (Omegawax 205, 30 m × 0.32 mm I.D., 0.25 μm film thickness)을 이용하였고 Injection port 온도는 250°C이었으며 검출기 온도는 260°C로 유지하였다. 분석결과는 전체 피크면적에 대한 비율(%)로 계산하였다.

바. 유리아미노산 분석

유리아미노산 함량은 Fiechter 등(2013)의 방법에 의해 분석하였다. 시료와 perchloric acid를 균질하고, 2°C/5,000 g에서 10분 동안 원심분리한 후 상등액을 Whatman filter paper No. 1으로 여과하였다. 여액을 KOH와 K₂CO₃를 이용하여 중화하고, 원심분리한 후 0.2 μm syringe filter로 여과하였다. 여액은 AccQ-Tag Ultra Derivatization Kit와 1 : 9의 비율로 혼합한 후 55°C에서 10분 동안 유도체화하였다. 유도체화된 시료는 AccQ-Tag Ultra column이 장착된 ultra performance liquid chromatography(UPLC; Waters Corporation, USA)에 주입하여 분석하였다.

사. 관능평가

관능검사는 훈련된 7명의 평가요원들로 구성하여 실시하였다. 각 시료들은 구이, 스테이크, 탕 형태로 조리하여 평가하였고 항목척도는 다음과 같이 구성되었다. 연도 : 1=매우 질기다, 6=매우 연하다; 다즙성 : 1=매우 건조하다, 6=매우 다즙하다; 향미 : 1=대단히 싫어한다, 6=대단히 좋아한다; 전반적인 기호도 : 1=대단히 싫어한다, 6=대단히 만족한다. 요리형태별로 구이는 구이용 시료들을 일정한 크기로 슬라이스 한 strip(75×20×4 mm) 형태로 준비하였으며 각 strip 등은 water jacket(ca. 245-255°C)이 부착되어 있는 tin plate 불판에 올려놓은 쇠고기 strip의 표면에 물기가 올라오면서 수축(shrinkage) 되기 시작하는 시점에서 뒤집어 준 다음 붉은 빛이 없어진 시점까지 구운 후 각 평가요원들에게 서빙하였다.

아. 통계분석

분석결과는 SAS(2012) program을 이용하여 Student-Newman-Keul's 다중 검정법으로 각 요인간의 유의성(P<0.05)을 비교하였다.

3. 연구결과

가.. 개체별 유량유전자 마커가 표현형질에 미치는 영향력 조사

(1). 부위별 숙성처리 조건에 따른 이화학적 육질특성 분석

일반성분 분석결과 12개 부위 일반성분 조성은 단백질함량은 19.17~22.50%, 지방함량은 2.79~8.39%, 수분함량은 68.58~73.55%, 콜라겐 함량은 1.48~2.04% 범위였음. 지방함량은 등심, 안심, 채끝육이 높았고 콜라겐함량은 목심, 꾸리, 업진육이 높았다($p<0.05$)(표 1)

표 1. 한우 수소육 12개부위의 일반성분(%)

부위	단백질 (%)	수분 (%)	지방 (%)	콜라겐 (%)
안심	21.72±0.18 ^{ab}	70.20±0.58 ^e	6.64±0.30 ^b	1.57±0.17 ^{bc}
등심	21.97±0.30 ^a	70.03±0.42 ^e	6.16±0.34 ^{bc}	1.52±0.0 ^{bc}
채끝등심	22.07±0.33 ^a	70.36±0.42 ^{de}	6.09±0.27 ^{bc}	1.48±0.07 ^c
목심	20.33±0.38 ^c	70.82±0.62 ^{de}	5.25±0.25 ^{bc}	2.04±0.09 ^a
꾸리	20.66±0.35 ^b	72.23±0.20 ^{bcd}	5.19±0.46 ^{bc}	1.97±0.13 ^a
부채	20.39±0.24 ^c	71.44±0.25 ^{abc}	4.64±0.36 ^c	1.66±0.10 ^{abc}
업진	19.17±0.21 ^d	68.55±0.60 ^f	8.39±0.38 ^a	1.99±0.08 ^a
보섭	21.64±0.32 ^{ab}	71.44±0.25 ^{cde}	5.21±0.36 ^{bc}	1.66±0.10 ^{abc}
우둔	22.07±0.3 ^a	71.34±0.32 ^{cde}	5.13±0.32 ^{bc}	1.63±0.09 ^{abc}
홍두깨	22.50±0.40 ^a	73.40±0.34 ^{ab}	2.79±0.27 ^d	1.74±0.09 ^{abc}
설깃	22.12±0.4 ^a	73.98±0.23 ^a	2.40±0.26 ^d	1.92±0.07 ^{ab}
양지	21.31±0.27 ^{abc}	71.48±0.70 ^{cde}	5.62±0.83 ^{bc}	1.92±0.09 ^{ab}

*평균±표준오차.

^{a-b}동일한 분석항목에서 동일한 부위내에서 4개의 숙성일간 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p<0.05$).

육색에서 백색도(CIE L*)값은 안심, 등심, 목심, 부채살, 업진, 보섭, 홍두깨육의 경우 숙성기간이 증가함에 따라 증가하는 경향이었고($p<0.05$), 적색도와 황색도값은 숙성기간동안 업진육을 제외한 나머지 부위들의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았음(표 2).

표 2. 2℃에서 21일간 숙성처리한 한우 수소육 12개부위의 육색(CIE L*, a*, b*) 특성 변화

부위	숙성기간(일)	육색		
		백색도(L*)	적색도(a*)	황색도(b*)
안심	0	34.07±0.76 ^{bAB}	17.08±0.60	7.16±0.50
	7	38.02±0.98 ^{aAB}	21.55±3.07	8.08±0.32 ^{AB}

	14	37.28±0.41 ^{aAB}	18.61±0.40	7.76±0.23
	21	36.77±0.85 ^a	18.45±0.47	7.85±0.31
등 심	0	33.12±0.83 ^{bAB}	16.46±0.75	6.37±0.72
	7	36.00±1.07 ^{aB}	17.97±0.93	7.31±0.74 ^{AB}
	14	36.41±1.28 ^{aAB}	18.11±0.96	7.20±0.83
	21	36.17±1.41 ^a	18.09±0.98	7.31±0.79
채 끝 등 심	0	32.06±1.01 ^B	16.69±0.96	6.581±0.94
	7	35.08±0.74 ^B	17.79±0.81	7.17±0.73 ^{AB}
	14	35.43±1.23 ^{AB}	18.64±1.02	7.91±0.85
	21	35.93±1.17	18.23±0.70	7.65±0.77
목 심	0	33.38±0.61 ^{bAB}	18.37±0.60	7.78±0.65
	7	36.41±0.61 ^{aB}	19.32±0.45	8.64±0.28 ^{AB}
	14	36.11±0.61 ^{aAB}	18.92±0.69	7.51±0.36
	21	36.19±0.65 ^a	19.15±0.42	7.79±0.37
꾸리	0	33.40±0.63 ^{AB}	18.46±0.74	7.88±0.59
	7	36.14±0.81 ^B	19.36±0.52	7.87±0.38 ^{AB}
	14	35.14±0.58 ^B	18.72±0.22	7.02±0.19
	21	35.03±0.84	18.63±0.62	7.05±0.50
부 채	0	32.63±0.40 ^{bAB}	17.88±0.38	6.49±0.29
	7	34.37±0.68 ^{aB}	18.59±0.59	6.96±0.39 ^B
	14	36.32±0.51 ^{aAB}	19.37±0.46	7.54±0.41
	21	35.52±0.67 ^a	19.39±0.24	7.70±0.27
업 진	0	33.74±0.85 ^{bAB}	16.99±0.50 ^b	5.69±0.58 ^b
	7	36.98±0.98 ^{aB}	18.74±0.57 ^a	7.70±0.54 ^{aAB}
	14	37.39±0.45 ^{aAB}	19.62±0.47 ^a	7.89±0.33 ^a
	21	37.80±0.89 ^a	19.05±0.48 ^a	8.06±0.48 ^a
보 섭	0	32.01±0.62 ^{bB}	16.95±0.98	6.59±0.73
	7	35.36±1.22 ^{aB}	18.59±0.91	8.35±0.82 ^{AB}
	14	36.09±0.81 ^{aAB}	18.81±0.85	8.10±0.65
	21	35.08±0.92 ^a	17.93±0.68	7.14±0.65
우 둔	0	34.09±0.70 ^{AB}	17.74±0.44	7.55±0.61
	7	35.07±0.75 ^B	19.00±0.66	7.93±0.77 ^{AB}
	14	36.22±1.16 ^{AB}	19.98±0.91	8.59±0.82
	21	34.94±1.22	18.64±0.90	7.66±0.78
홍 두 깨	0	35.86±1.07 ^A	17.45±0.91	8.29±0.83
	7	40.48±1.52 ^A	17.78±0.55	9.12±0.69 ^{AB}
	14	39.42±1.12 ^A	18.53±0.88	8.48±0.72
	21	38.85±1.28	18.34±0.82	9.07±0.9
설 깃	0	34.21±1.06 ^{AB}	18.10±0.89	8.28±0.85
	7	37.51±1.01 ^{AB}	19.39±0.57	8.90±0.51 ^{AB}
	14	36.34±0.98 ^{AB}	18.37±0.50	8.35±0.52
	21	34.62±1.04	18.34±0.75	7.55±0.65
양 지	0	34.17±0.68 ^{AB}	19.24±0.48	8.77±0.39
	7	36.23±0.83 ^B	21.19±0.45	9.78±0.37 ^A
	14	36.30±0.54 ^{AB}	20.10±0.92	8.98±0.52

21

35.57±0.85

20.88±0.36

9.39±0.26

*평균±표준오차.

^{a-b}동일한 분석항목에서 동일한 부위내에서 4개의 숙성일간 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p<0.05$).

^{A-B}동일한 분석항목에서 동일한 숙성일내에서 부위별 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p<0.05$).

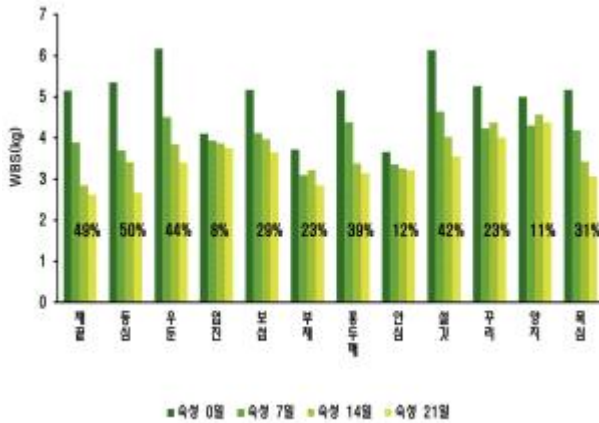


그림 2. 한우수소육의 숙성기간에 따른 부위별 전단력(kg) 변화

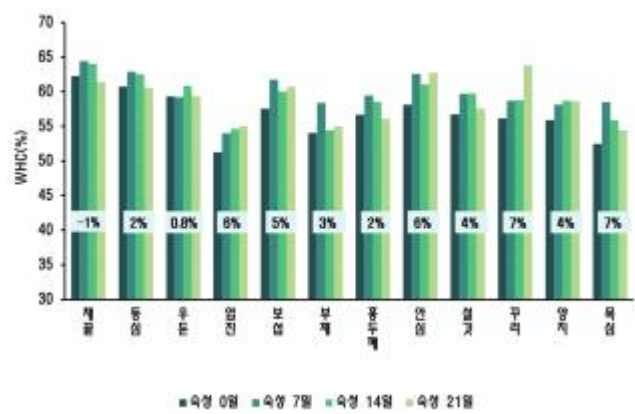


그림 3. 한우수소육의 숙성기간에 따른 부위별 보수력(%) 변화

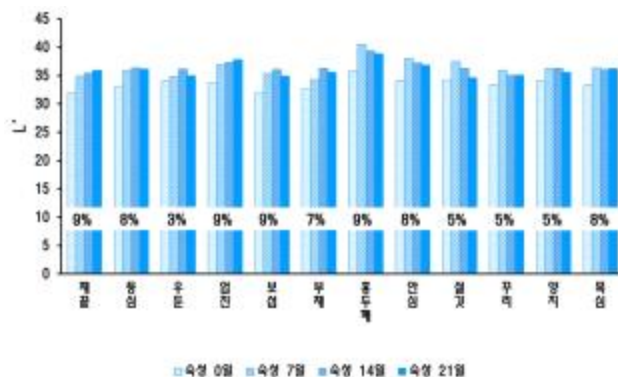


그림 4. 한우수소육의 숙성기간에 따른 부위별 육색 (백색도) 변화

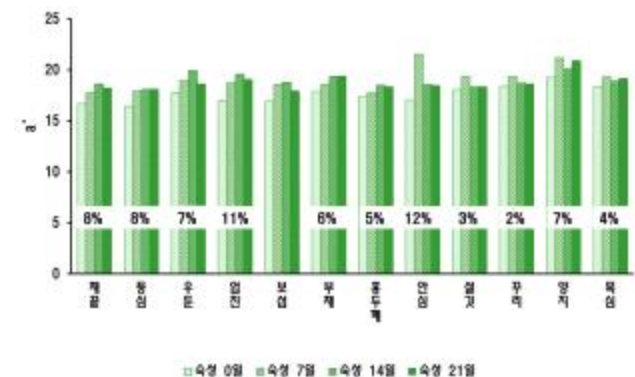


그림 5. 한우수소육의 숙성기간에 따른 부위별 육색 (적색도) 변화

숙성기간에 따른 부위별 육질특성을 분석한 결과 숙성 0일째 안심 및 부채육 전단력 수치가 각각 3.67, 3.73kg으로 가장 연한 반면 우둔, 설깃육은 6.17, 6.14kg 수준으로 가장 질졌다(그림 1). 숙성기간이 증가할수록 모두 연해졌고 숙성 21일 경과 후 (숙성 0일 대비) 연도가 약 12~50% 향상되었다. 업진, 안심 및 양지는 숙성을 통한 연도 향상율이 약 6~12% 수준으로 낮은 반면 채끝, 등심, 우둔 및 설깃육은 연도 향상율이 약 33.7~40.2%로 높았다.

숙성기간에 따라 12개 부위의 보수력, 전단력, 가열감량 및 근질길이 변화를 분석한 결과는 표 3과 같았다. 보수력(water holding capacity)은 안심, 등심, 채끝육(58.60 - 62.06%)이 목심과 업진육(53.80-57.07%)보다 유의적으로 높았다($p<0.05$). 전단력(Warner- Bratzler shear force)값은 숙성기간이 증가함에 따라 안심을 제외한 나머지 부위들이 유의적으로 감소하는 경향이였다($p<0.05$), 안심육은 숙성기간동안 3.67에서 3.21kg 수준으로 감소하였으나 유의적인 차이가 없었음($p<0.05$). 숙성 0일째 안심 및 부채육 전단력 수치가 각각 3.67, 3.73kg으로 가장 연한 반면 우둔, 설깃육은 6.17, 6.14kg 수준으로 가장 질졌으나 숙성기간이 증가할수록 12개 부위는 모두

연해졌다. 가열감량은 꾸리육이 가장 높았던 반면 안심육은 가장 낮았다($p<0.05$). 근절길이는 안심이 가장 길었고($3.67 - 3.86\mu\text{m}$) 설깃육이 가장 짧은($2.21 - 2.35 \mu\text{m}$) 것으로 분석되었다($p<0.05$).

표 3. 2℃에서 21일간 숙성처리한 한우 수소육 12개부위의 보수력, 전단력, 가열감량 및 근절길이 특성변화

부위	숙성기간 (일)	보수력 (%)	전단력 (kg)	가열감량(%)	근절길이 (μm)
안심	0	58.60±0.85 ^{bA}	3.67±0.09 ^B	29.98±0.52 ^E	3.67±0.08 ^A
	7	59.98±0.24 ^{abAB}	3.36±0.10 ^{BC}	30.37±0.52 ^D	3.67±0.06 ^A
	14	59.94±0.80 ^{abABC}	3.25±0.20 ^{CD}	30.28±0.61 ^E	3.79±0.09 ^A
	21	61.11±0.50 ^{aA}	3.21±0.13 ^{CDE}	30.67±0.54 ^D	3.86±0.06 ^A
등심	0	57.01±1.11 ^{AB}	5.36±0.75 ^{aAB}	32.58±1.90 ^{CDE}	2.99±0.03 ^{bCD}
	7	61.97±1.53 ^A	4.23±0.17 ^{abAB}	30.10±2.01 ^D	2.98±0.06 ^{bC}
	14	61.94±1.14 ^A	3.15±0.20 ^{bcCD}	31.84±1.07 ^{DE}	3.17±0.07 ^{abBC}
	21	61.27±1.44 ^A	2.79±0.15 ^{cDE}	30.59±1.61 ^D	3.37±0.11 ^{aB}
채끝 등심	0	57.80±0.84 ^{bAB}	5.15±0.78 ^{aAB}	30.69±1.88 ^{DE}	3.02±0.09 ^{bCD}
	7	62.05±0.92 ^{aA}	3.90±0.37 ^{abABC}	33.09±1.35 ^{BCD}	3.38±0.04 ^{aAB}
	14	61.41±0.75 ^{abAB}	2.85±0.28 ^{bD}	32.34±1.35 ^{CDE}	3.38±0.04 ^{aAB}
	21	60.37±1.51 ^{abA}	2.62±0.25 ^{bE}	31.71±1.61 ^{CD}	3.51±0.08 ^{aB}
목심	0	54.13±1.14 ^B	5.18±0.18 ^{aAB}	34.88±0.77 ^{ABCD}	2.78±0.06 ^{aCDE}
	7	55.85±0.75 ^C	4.20±0.21 ^{bAB}	35.37±0.93 ^{BC}	2.52±0.05 ^{bDE}
	14	56.26±1.04 ^C	3.52±0.17 ^{cCD}	34.22±1.18 ^{BCD}	2.71±0.05 ^{aDE}
	21	56.47±0.76 ^{BC}	3.06±0.17 ^{cCDE}	35.57±0.66 ^B	2.72±0.06 ^{aCD}
꾸리	0	55.50±0.70 ^{AB}	5.27±0.28 ^{aAB}	38.08±0.76 ^A	2.70±0.08 ^{DEF}
	7	55.70±0.96 ^C	4.24±0.26 ^{bAB}	39.61±0.61 ^A	2.57±0.06 ^{DE}
	14	57.97±0.65 ^{AB}	4.38±0.26 ^{bAB}	40.23±0.83 ^A	2.67±0.12 ^{DE}
	21	57.77±0.50 ^{ABC}	4.01±0.23 ^{bAB}	40.20±0.48 ^A	2.56±0.09 ^{DE}
부채	0	55.04±0.80 ^{AB}	3.73±0.23 ^{aB}	32.17±1.46 ^{bCDE}	3.41±0.20 ^{AB}
	7	57.40±1.05 ^{BC}	3.10±0.12 ^{bC}	32.35±1.00 ^{bCD}	3.38±0.18 ^{AB}
	14	57.70±0.40 ^{BC}	3.22±0.09 ^{bCD}	35.37±0.19 ^{abBC}	3.26±0.11 ^{BC}
	21	56.35±0.45 ^C	2.85±0.13 ^{bDE}	36.29±0.62 ^{aB}	3.26±0.09 ^B
엽진	0	53.80±0.80 ^B	4.30±0.15 ^{aB}	30.37±1.34 ^{bDE}	3.16±0.25 ^{BC}
	7	55.26±0.99 ^C	3.94±0.15 ^{abABC}	30.96±0.80 ^{abD}	3.07±0.20 ^{BC}
	14	57.07±0.89 ^C	3.88±0.12 ^{abABC}	30.94±0.82 ^{abE}	3.17±0.23 ^{BC}
	21	56.65±1.15 ^{BC}	3.75±0.14 ^{bBC}	34.06±0.68 ^{aBCD}	3.37±0.21 ^B
보첩	0	57.26±0.86 ^{bAB}	5.18±0.26 ^{aAB}	34.98±0.07 ^{ABCD}	2.28±0.07 ^{cF}

	7	59.60±0.46 ^{abAB}	4.12±0.27 ^{bAB}	34.85±0.57 ^{BC}	2.37±0.07 ^{cE}
	14	59.17±0.82 ^{abABC}	3.97±0.19 ^{bABC}	36.49±0.75 ^B	2.62±0.09 ^{bDE}
	21	60.68±0.48 ^{aA}	3.26±0.10 ^{cCDE}	34.82±0.85 ^{BC}	2.84±0.06 ^{aCD}
우둔	0	57.82±0.72 ^{AB}	6.18±0.44 ^{aA}	38.93±0.074 ^{aA}	2.48±0.07 ^{EF}
	7	58.78±0.53 ^{ABC}	4.52±0.27 ^{bA}	36.48±0.48 ^{bAB}	2.31±0.04 ^E
	14	59.87±0.73 ^{ABC}	3.85±0.21 ^{bcABC}	34.40±0.64 ^{bBCD}	2.42±0.10 ^{EF}
	21	60.11±0.57 ^{AB}	3.40±0.11 ^{cBCDE}	34.65±1.17 ^{bBC}	2.52±0.08 ^{DE}
홍두깨	0	56.16±1.47 ^{AB}	5.17±0.31 ^{aAB}	36.13±1.29 ^{ABC}	2.48±0.06 ^{bED}
	7	58.67±0.84 ^{AB}	4.38±0.25 ^{bAB}	35.95±1.07 ^{ABC}	2.50±0.05 ^{abDE}
	14	57.54±1.18 ^{BC}	3.39±0.22 ^{cCD}	35.63±0.91 ^{BC}	3.03±0.08 ^{aCD}
	21	58.36±0.79 ^{ABC}	3.14±0.18 ^{cCDE}	35.86±1.29 ^B	2.97±0.10 ^{aC}
설깃	0	53.91±1.15 ^{bB}	6.14±0.30 ^{aA}	37.26±0.58 ^{AB}	2.33±0.02 ^{EF}
	7	58.26±0.64 ^{aBC}	4.74±0.44 ^{bA}	37.01±0.46 ^{AB}	2.21±0.07 ^E
	14	57.51±1.47 ^{aABC}	4.03±0.36 ^{bABC}	37.06±0.73 ^B	2.22±0.08 ^F
	21	59.93±0.64 ^{aABC}	3.55±0.34 ^{bBCD}	35.97±0.12 ^B	2.35±0.12 ^E
양지	0	56.25±0.79 ^{AB}	5.01±0.16 ^{aAB}	37.04±0.06 ^{AB}	2.42±0.06 ^{EF}
	7	58.12±0.71 ^{BC}	4.61±0.13 ^{bA}	36.67±0.71 ^{AB}	2.80±0.09 ^{CD}
	14	58.15±0.83 ^{ABC}	4.47±0.14 ^{bA}	36.73±0.53 ^B	2.76±0.05 ^{DE}
	21	58.63±0.54 ^{ABC}	4.38±0.09 ^{bA}	37.58±0.10 ^{AB}	2.85±0.10 ^{CD}

*평균±표준오차.

^{a-b}동일한 분석항목에서 동일한 부위내에서 4개의 숙성일간 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p<0.05$).

^{A-B}동일한 분석항목에서 동일한 숙성일내에서 부위별 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p<0.05$).

(2). 부위별 숙성처리 조건에 따른 관능특성 분석

관능특성을 분석한 결과 대부분의 근육들은 연도와 전체기호도 점수가 숙성일수가 증가함에 따라 증가하였다($p<0.05$)(표 4). 숙성기간별로 비교한 결과 안심과 부채살이 다른 부위들과 비교했을 때 연도와 전체기호도 점수가 더 높은 것으로 평가되었다. 다즙성과 향미기호도 점수는 부위별 숙성기간내에서는 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$)

표 4. 2℃에서 21일간 숙성처리한 한우 수소육 10개부위의 관능특성변화

부위	숙성기간(일)	연도	다즙성	향미기호도	전체기호도
안심	0	5.28±0.09 ^A	3.94±0.21 ^{BC}	4.43±0.13 ^A	4.33±0.09 ^A
	7	5.20±0.17 ^A	3.89±0.26 ^{ABC}	4.69±0.16 ^A	4.49±0.14 ^A

		가		가	
	14	5.07±0.12 ^A	3.85±0.16 ^{ABC}	4.47±0.13 ^A	4.36±0.14 ^A
	21	5.19±0.08 ^A	3.95±0.18 ^{CDE}	4.56±0.13 ^A	4.54±0.11 ^A
등 심	0	3.15±0.33 ^{cCD}	4.04±0.34 ^{BC}	4.31±0.19 ^{ABC}	3.30±0.16 ^{cBC}
	7	3.90±0.31 ^{bcB}	4.09±0.38 ^{ABC}	4.34±0.18 ^{ABC}	3.87±0.19 ^{bB}
	14	4.34±0.24 ^{abB}	4.39±0.25 ^A	4.43±0.23 ^A	4.33±0.16 ^{abA}
	21	5.08±0.14 ^{aAB}	4.64±0.17 ^A	4.57±0.15 ^A	4.69±0.14 ^{aA}
채 끝 등 심	0	3.58±0.34 ^{bC}	4.21±0.18 ^{AB}	4.14±0.18 ^{ABC}	3.44±0.15 ^{bB}
	7	3.63±0.25 ^{bBC}	4.22±0.23 ^{AB}	4.24±0.19 ^{ABC}	3.78±0.16 ^{abB}
	14	4.44±0.20 ^{abAB}	4.21±0.20 ^{AB}	4.29±0.19 ^{AB}	4.07±0.17 ^{aAB}
	21	4.58±0.19 ^{aB}	4.42±0.13 ^{AB}	4.24±0.20 ^{AB}	4.23±0.19 ^{aAB}
꾸 리	0	2.89±0.16 ^{bCD}	3.51±0.14 ^C	3.61±0.14 ^C	3.04±0.14 ^{abBCD}
	7	2.38±0.08 ^{aE}	3.18±0.22 ^C	3.59±0.13 ^D	2.74±0.07 ^{bE}
	14	3.17±0.19 ^{aC}	3.65±0.14 ^{BC}	3.86±0.11 ^B	3.37±0.17 ^{aCD}
	21	3.39±0.18 ^{aC}	3.31±0.16 ^D	3.61±0.16 ^{BC}	3.27±0.10 ^{aD}
부 채	0	4.64±0.20 ^B	4.63±0.11 ^A	4.31±0.16 ^{AB}	4.47±0.12 ^A
	7	4.72±0.15 ^A	4.56±0.18 ^A	4.53±0.09 ^{AB}	4.53±0.12 ^A
	14	4.49±0.16 ^{AB}	4.43±0.13 ^A	4.18±0.16 ^{AB}	4.24±0.16 ^{AB}
	21	4.80±0.11 ^{AB}	4.54±0.12 ^A	4.26±0.16 ^{AB}	4.22±0.18 ^{AB}
보 섭	0	3.00±0.19 ^{bCD}	3.81±0.16 ^C	3.95±0.08 ^{ABC}	3.22±0.14 ^{bBCD}
	7	3.35±0.24 ^{abBCD}	3.64±0.24 ^{BC}	4.00±0.15 ^{BCD}	3.49±0.20 ^{abBC}
	14	3.62±0.18 ^{abC}	3.89±0.14 ^{ABC}	4.20±0.17 ^{AB}	3.70±0.15 ^{abBC}
	21	4.02±0.18 ^{aC}	4.21±0.14 ^{ABC}	4.17±0.09 ^{ABC}	3.97±0.11 ^{aBC}
우 둔	0	2.37±0.22 ^{bD}	3.52±0.17 ^{BC}	3.83±0.13 ^{BC}	2.78±0.13 ^{bCD}
	7	2.90±0.18 ^{bCDE}	3.28±0.19 ^C	3.71±0.11 ^{CD}	3.00±0.11 ^{abCDE}
	14	3.26±0.21 ^{aC}	3.74±0.14 ^{BC}	3.80±0.12 ^B	3.36±0.15 ^{aCD}
	21	3.43±0.17 ^{aC}	3.43±0.17 ^D	3.63±0.11 ^C	3.28±0.16 ^{aD}
홍 두 깨	0	3.36±0.24 ^C	3.68±0.21 ^{BC}	3.92±0.16 ^{ABC}	3.40±0.19 ^B
	7	3.35±0.21 ^{BCD}	3.50±0.11 ^{BC}	3.89±0.14 ^{CD}	3.41±0.12 ^{BCD}
	14	3.43±0.17 ^C	3.49±0.20 ^C	3.80±0.11 ^B	3.42±0.13 ^{CD}
	21	3.91±0.19 ^C	3.72±0.15 ^{CD}	4.00±0.14 ^{ABC}	3.71±0.12 ^{BCD}
설 도	0	2.42±0.12 ^{bD}	3.64±0.15 ^{BC}	3.76±0.10 ^{B^C}	2.74±0.12 ^{bD}
	7	2.72±0.18 ^{bDE}	3.39±0.21 ^{BC}	3.78±0.11 ^{CD}	2.91±0.14 ^{bDE}
	14	2.96±0.30 ^{bC}	3.35±0.24 ^C	3.58±0.14 ^B	3.09±0.22 ^{abD}

21

 3.45 ± 0.15^{aC} 3.61 ± 0.16^D $3.85 \pm 0.14B^C$ 3.46 ± 0.15^{aCD}

*평균±표준오차.

^{a-b}동일한 분석항목에서 동일한 부위내에서 4개의 숙성일간 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p < 0.05$).

^{A-B}동일한 분석항목에서 동일한 숙성일내에서 부위별 평균치간의 서로다른 알파벳은 유의적 차이가 있는 것임($p < 0.05$).

나. 연도와 맛관련 유전자가 거세우의 표현형 품질특성에 미치는 영향

공시축 시료 200두로부터 등심과 설도육을 채취한 다음 이들에 대한 육질분석과 함께 근내지방도, 전단력 및 관능특성과 연관도가 높은 맛 관련 유전자를 선발하였다. 유전력 검증을 위하여 육질등급 분포가 1++, 1+, 1, 2등급육이 각각 50, 49, 59, 42두로 구성된 200두분의 성적을 분석하여 활용하였다(표 5).

표 5. 공시축 200두에 대한 육질등급 분포

등급	1 ⁺⁺	1 ⁺	1	2	합계
두수	50	49	59	42	200

표 6. 공시축 200두의 평균 성분조성 및 육질특성

		단백질 (%)	지방 (%)	수분 (%)	콜라겐 (%)	전단력 (kg)	보수력 (%)	가열감량 (%)
등 심 육	평균값	21.34	16.84	60.77	2.44	2.54	55.80	26.52
	최대값	16.71	6.21	51.35	1.49	1.08	43.70	20.18
	최소값	26.48	33.48	70.52	3.38	6.18	63.14	31.60
설 도 육	평균값	21.67	13.45	67.90	2.29	5.23	53.42	35.62
	최대값	18.72	2.24	59.13	1.37	2.27	42.28	29.35
	최소값	27.27	14.45	74.30	6.34	8.99	64.05	40.57

육질등급별 총 200두분 등심 및 설도육의 일반성분 및 육질 분석 결과, 등심육의 평균 단백질, 지방, 수분, 콜라겐 함량은 각각 21.34, 16.84, 60.77, 2.44%이었고 설도육은 각각 21.67, 13.45, 67.90, 2.29%이었다(표 6). 등심육의 평균 전단력, 보수력, 가열감량은 각각 2.54, 55.80, 26.52%이었고 설도육은 각각 5.23, 53.42, 35.62%이었다(표 6)

표 7. 관능특성

부위	구분	연도	다즙성	향미	기호도
등심	평균값	4.18	4.40	4.39	4.30
	최대값	5.50	5.41	5.30	5.44
	최소값	1.94	2.93	3.23	2.67

	평균값	2.78	3.10	3.53	2.92
설도	최대값	4.50	4.33	4.37	4.31
	최소값	1.43	1.76	2.31	1.67

등심육의 평균 연도, 다즙성, 향미, 기호도 점수는 각각 4.18, 4.40, 4.39, 4.30점이었고 설도육은 각각 2.78, 3.10, 3.53, 2.92점이었다(표 7). 등심육의 평균 지방산 조성은 올레인산, 총포화지방산, 총단가불포화지방산, 총다가불포화지방산 함량은 46.70, 46.78, 51.71, 0.09%이었고 설도육은 각각 48.34, 42.76, 53.56, 0.11%이었다(표 8)

표 8. 지방산특성

지방산	등심			설도		
	평균값	최대값	최소값	평균값	최대값	최소값
C14:0	3.46	27.44	1.88	2.49	4.86	0.68
C16:0	29.57	47.56	21.38	28.42	45.66	20.53
C16:1n7	4.27	7.19	0.43	4.26	9.82	2.31
C18:0	13.05	19.91	8.76	11.84	21.28	6.77
C18:1n7	0.54	1.47	0.24	0.54	1.47	0.06
C18:1n9	46.70	55.31	19.69	48.34	59.38	2.56
C18:2n6	1.98	4.34	0.03	2.98	15.74	0.02
C18:3n3	0.08	0.21	0.02	0.09	0.66	0.03
C18:3n6	0.04	0.08	0.02	0.05	0.24	0.02
C20:1n9	0.20	0.78	0.00	0.18	0.73	0.00
C20:4n6	0.07	0.29	0.00	0.57	9.23	0.00
C20:5n3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00
C22:4n6	0.03	0.08	0.00	0.10	1.31	0.00
C22:6n3	0.00	0.03	0.00	0.02	0.25	0.00
SFA	46.08	68.80	36.42	42.76	67.62	32.19
MUFA	51.71	61.84	26.42	53.56	64.45	28.98
PUFA	0.09	0.21	0.03	0.11	0.66	0.03
MUFA/SFA	1.14	1.70	0.38	1.28	2.00	0.43
PUFA/SFA	0.05	0.00	0.09	0.09	0.77	0.00
n3	0.09	0.21	0.03	0.09	0.77	0.00
n6	2.13	4.59	0.15	3.69	0.68	0.15
n6/n3	27.15	44.14	2.49	35.81	135.43	2.49

등심육의 평균 연도, 다즙성, 향미, 기호도 점수는 각각 4.18, 4.40, 4.39, 4.30점이었고 설도육은 각각 2.78, 3.10, 3.53, 2.92점이었다(표 7). 등심육의 평균 지방산 조성은 올레인산, 총포화지방산,

총단가불포화지방산, 총다가불포화지방산 함량은 46.70, 46.78, 51.71, 0.09%이었고 설도육은 각각 48.34, 42.76, 53.56, 0.11%이었다(표 8)

표 9. 유리아미노산 함량 비교

Items ¹⁾	등심			설도		
	평균값	최대값	최소값	평균값	최대값	최소값
HIS	1.19	2.06	0.32	1.71	6.26	0.62
ASN	0.38	0.82	0.16	0.43	0.95	0.18
SER	5.73	10.39	3.06	20.46	31.10	9.22
GLN	53.18	60.78	33.00	41.40	56.62	17.37
ARG	3.43	5.47	1.21	3.71	5.60	1.97
GLY	10.05	13.51	5.96	7.18	10.00	4.54
ASP	0.30	0.49	0.10	0.31	0.57	0.13
GLU	2.70	5.77	1.47	2.98	7.81	0.41
THR	1.39	3.59	0.70	1.25	3.72	0.68
ALA	9.85	12.23	7.73	9.99	14.71	6.29
PRO	0.81	1.65	0.52	0.80	1.55	0.53
ORN	0.44	1.67	0.17	0.86	2.68	0.19
CYS	0.29	0.51	0.18	0.38	0.67	0.02
LYS	2.54	6.26	0.17	2.27	5.55	0.56
TYR	0.95	2.51	0.44	0.78	4.64	0.36
MET	0.67	2.05	0.17	0.57	2.20	0.19
VAL	1.79	5.26	0.82	1.38	4.63	0.71
ILE	0.35	0.84	0.10	0.39	0.84	0.07
LEU	1.18	3.36	0.53	0.94	3.35	0.45
PHE	2.18	6.40	0.66	1.73	5.81	0.75
TRP	1.12	3.28	0.47	0.94	3.07	0.40

¹⁾HIS: histamine; ASN: asparagine; SER: serine; GLN: glutamine; ARG: arginine; GLY: glycine; ASP: aspartic acid; GLU: glutamic acid; THR: threonine; ALA: alanine; PRO: proline; ORN: ornithine; CYS: cysteine; LYS: lysine; TYR: tyrosine; MET: methionine; VAL: valine; ILE: isoleucine; LEU: leucine; PHE: phenylalanine; TRP: tryptophan.

등심육의 평균 유리아미노산 함량 조성을 비교한 결과 등심육과 설도육 모두 GLN이 각각 53.18, 41.40%로 가장 많았다. 등심육의 경우 GLN 다음으로 GLY, ALA, SER, ARG, GLU, LYS 함량이 각각 10.05, 9.85, 5.73, 3.43, 2.70, 2.54% 순으로 많았던 반면에 설도육의 경우 SER, ALA, ARG, GLU, LYS 함량이 각각 20.46, 9.99, 3.71, 2.98, 2.27% 순으로 많은 것으로 분석되었다(표 9).

등심 및 설도육의 근내지방과 전단력에 대하여 선발된 유전형질(SNP)들의 유전능력 또는 육종가(Estimated breeding value, Ebv)는 200두를 대상으로 조사한 결과 대체적으로 실제 표현형질과 높은 유의적 상관관계를 나타냈다. R-square값이 각각 0.73, 0.71, 0.49, 0.45이었으며 근내지방이 전단력보다 상관도값이 높았다(그림 5과 6)

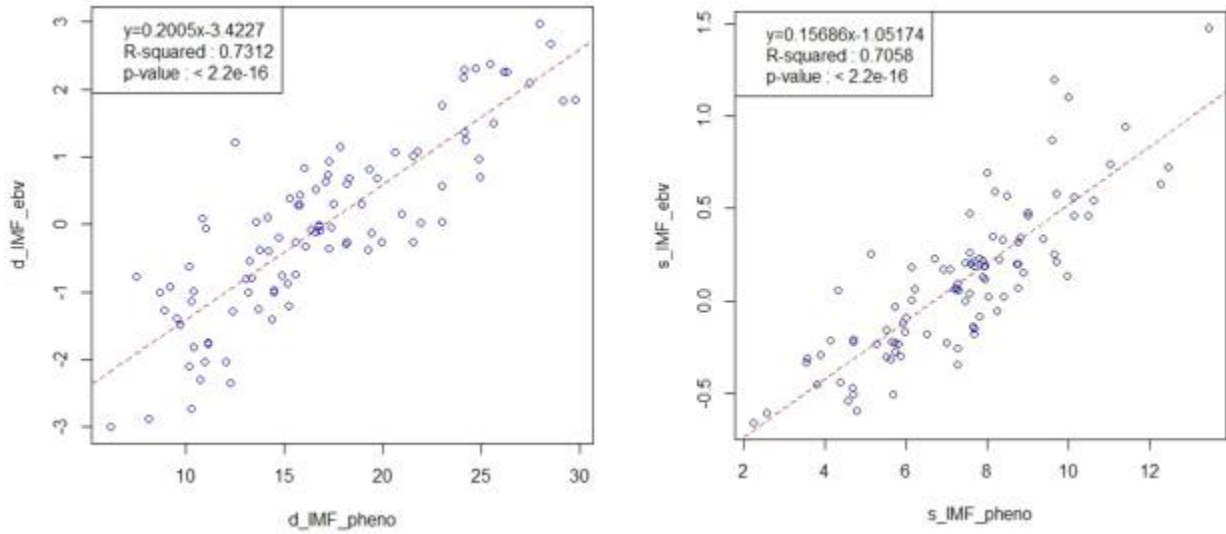


그림 6. 등심육(좌)과 설도육(우)의 근내지방 ebv값과 실제 표현형의 상관관계

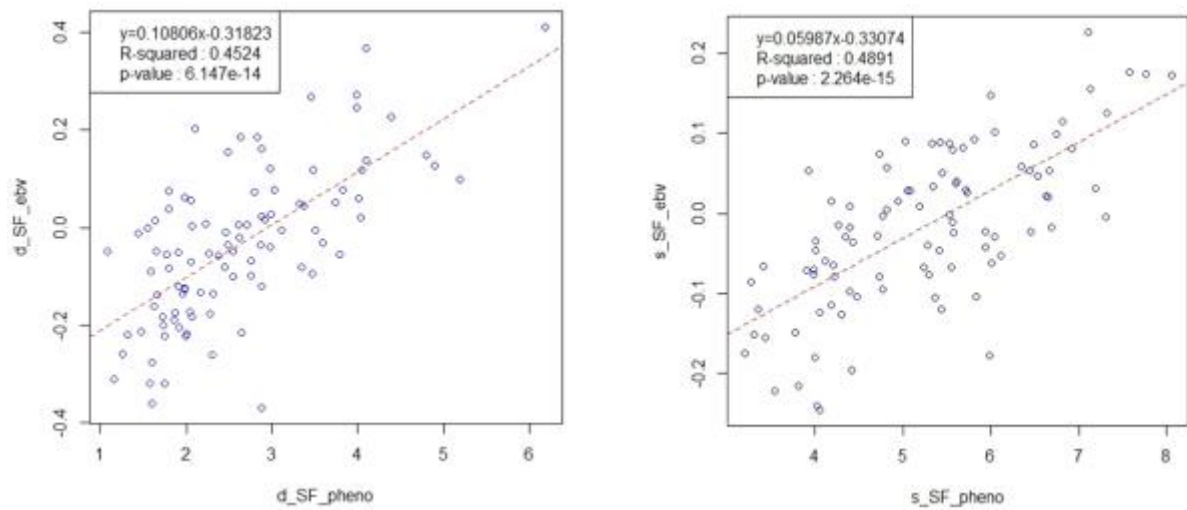


그림 7. 등심육(좌)과 설도육(우)의 전단력 ebv값과 실제 표현형의 상관관계

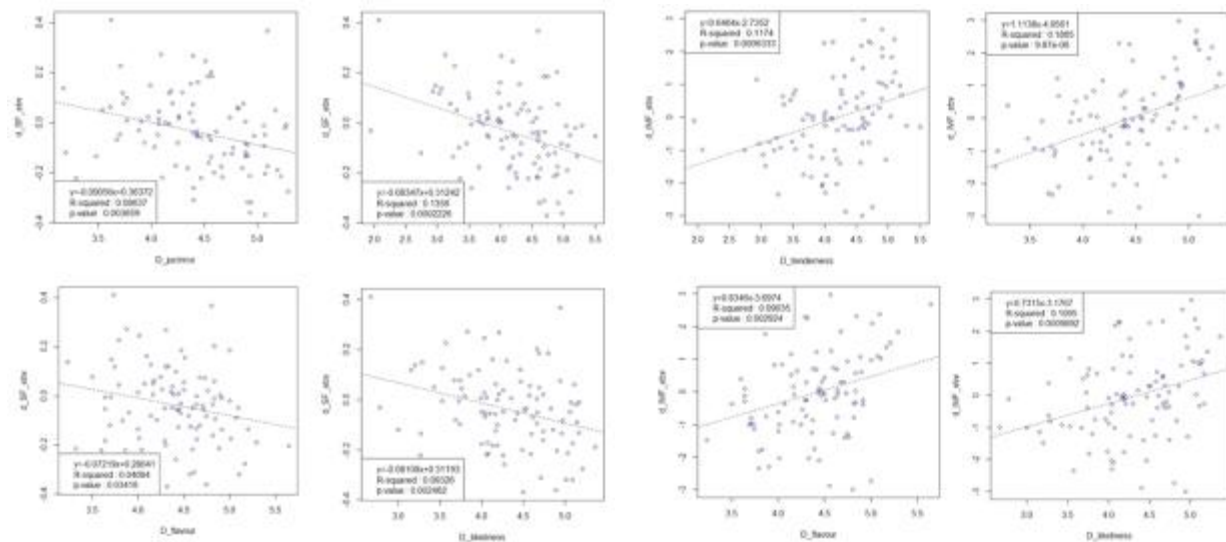


그림 8. 등심육의 전단력 ebv값과 관능특성 상관관계

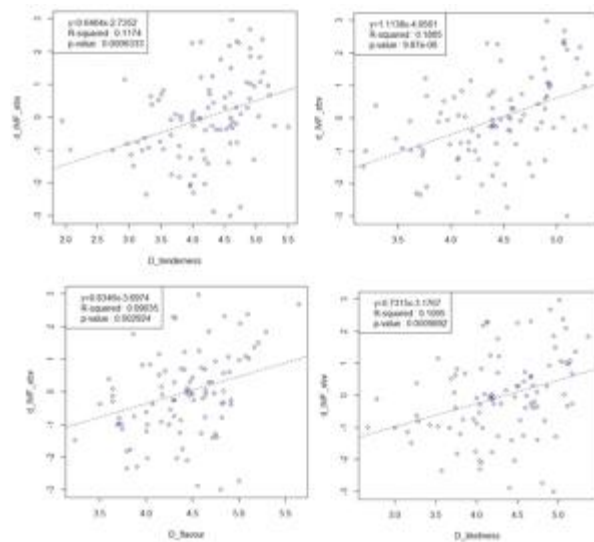


그림 9. 등심육의 근내지방도 ebv값과 관능특성 상관관계

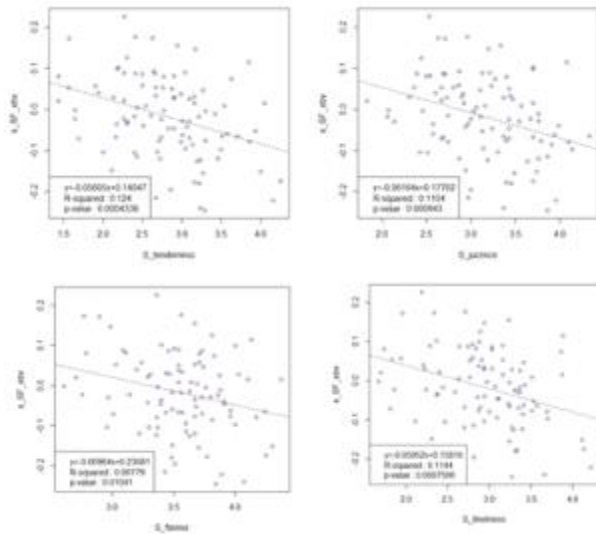


그림 10. 설도육의 전단력 ebv값과 관능특성 상관계

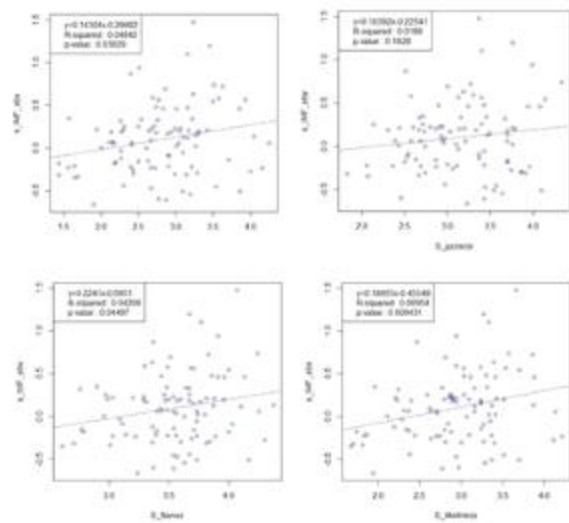


그림 11. 설도육의 근내지방도 ebv값과 관능특성 상관계

등심육의 전단력 ebv값과 관능특성(연도, 다즙성, 향미, 기호도)의 상관관계 분석결과 부의 상관관계를 나타낸 반면 근내지방도 ebv값과는 관능특성(연도, 다즙성, 향미, 기호도)은 정의 상관관계를 나타냈다(그림 7과 8). 설도육의 전단력 ebv값과 관능특성(연도, 다즙성, 향미, 기호도)의 상관관계 분석결과 등심육과 동일한 경향인 부의 상관관계를 나타낸 반면 근내지방도 ebv값과 관능특성(연도, 다즙성, 향미, 기호도)은 정의 상관관계를 나타냄(그림 9와 10)

다. 맛 연관 유전형질 탐색 및 유전정보활용 맛예측 회귀식 개발

(1). 근내지방, 전단력 및 관능특성 연관 유전형질 분석

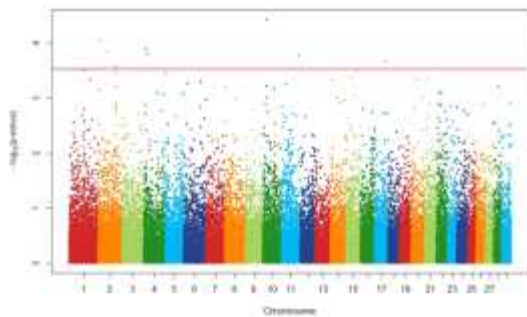
전장유전체연관분석(Genome wide association study)을 수행한 결과 등심 및 설도육의 표현형 근내지방에 대하여 약 20~40개의 연관 유전형질후보를 선발하였다($p < 0.01$)(그림 12,13, 표 10)

표 10. 근내지방 연관 유전형질(SNP)*

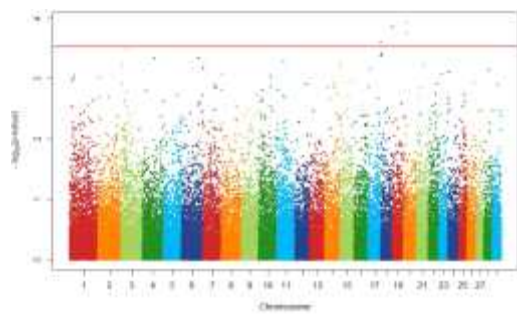
번호	등심육	설도육
1	Hapmap40040-BTA-104644	BTB-00018513
2	BTB-01568926	ARS-BFGL-NGS-31442
3	ARS-BFGL-NGS-39460	ARS-BFGL-NGS-115811
4	BTB-00086860	ARS-BFGL-NGS-87361
5	ARS-BFGL-NGS-118058	ARS-BFGL-NGS-119019
6	ARS-BFGL-NGS-28193	BTB-00352779
7	ARS-BFGL-NGS-38248	Hapmap39984-BTA-21408
8	Hapmap32868-BTA-161473	Hapmap57917-rs29025299
9	BTA-71054-no-rs	Hapmap33362-BTA-136433
10	ARS-BFGL-NGS-56909	ARS-BFGL-NGS-116352
11	Hapmap48075-BTA-75442	ARS-BFGL-NGS-109691
12	Hapmap23860-BTC-065677	ARS-BFGL-NGS-115789
13	Hapmap22982-BTC-057971	ARS-BFGL-NGS-93247
14	ARS-BFGL-NGS-44467	BTB-01506184
15	BTB-01148986	ARS-BFGL-NGS-18223
16	BTB-00238128	ARS-BFGL-BAC-27352
17	Hapmap24270-BTA-54317	ARS-BFGL-NGS-95736

18	BTB-01916334	Hapmap51101-BTA-97588
19	ARS-BFGL-NGS-1203	BTB-01154553
20	Hapmap25793-BTA-125304	Hapmap26091-BTA-109412
21	Hapmap44291-BTA-81405	
22	ARS-BFGL-NGS-46705	
23	BTA-32746-no-rs	
24	ARS-BFGL-NGS-16050	
25	Hapmap39166-BTA-101760	
26	Hapmap32631-BTA-156665	
27	ARS-BFGL-NGS-116031	
28	UA-IFASA-5697	
29	ARS-BFGL-NGS-42962	
30	ARS-BFGL-NGS-20863	
31	ARS-BFGL-NGS-84901	
32	ARS-BFGL-NGS-33650	
33	Hapmap48667-BTA-16502	
34	BTB-01480099	
35	ARS-BFGL-NGS-29558	
36	BTB-00834995	

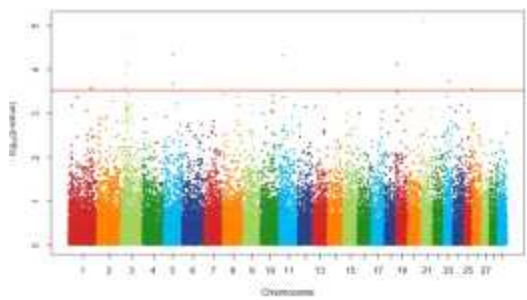
*선발된 유전형질들은 최종이 아닌 1차 후보로서 정확도를 높이기 위한 추가검증 예정



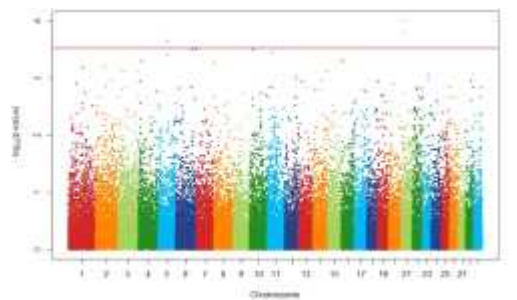
연도



다즙성



향미



기호도

그림 12. 등심육의 맛관련 SNP에 대한 GWAS 분석결과

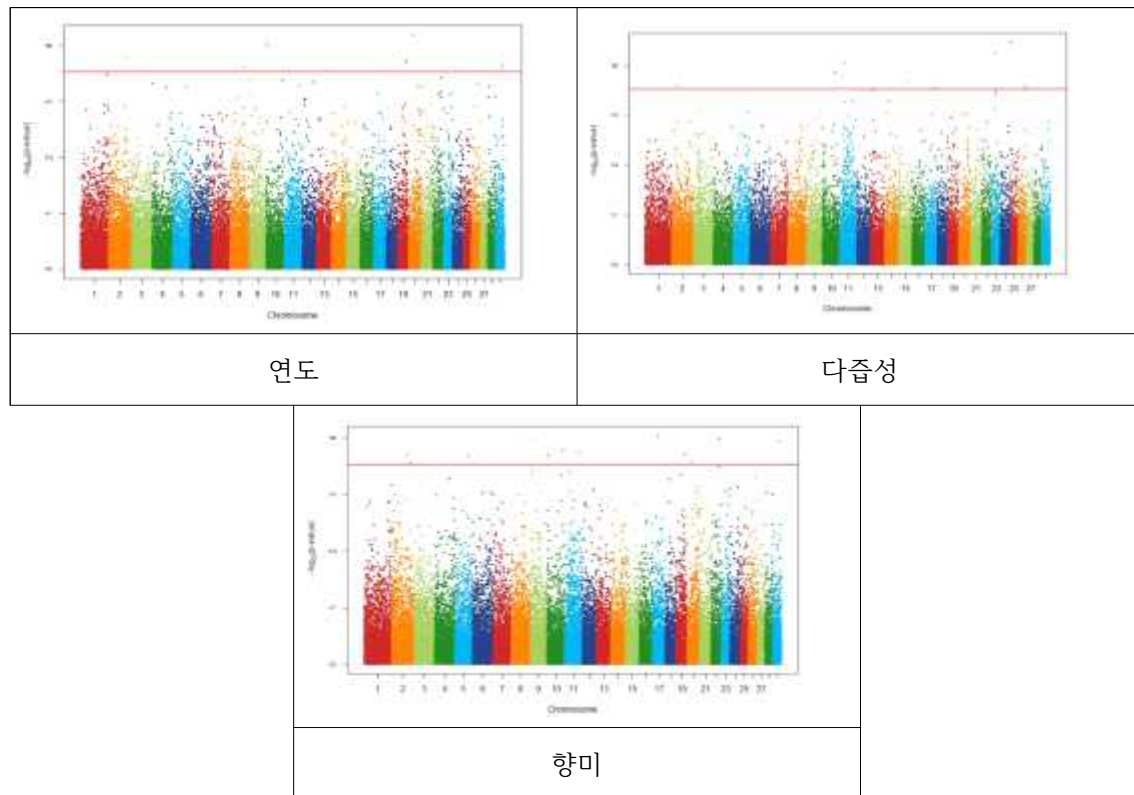


그림 13. 설도육의 맛관련 SNP에 대한 GWAS 분석결과

표 11. 한우육의 맛관련 연관 유전형질 후보($p < 0.001$)

Chr	SNP	A1	A2	Freq	se	p
1	연도					
2	BTA-27415-no-rs	G	A	0.385417	0.103339	8.85E-05
2	BTB-01266966	A	G	0.0104167	0.495138	0.000145997
2	ARS-BFGL-NGS-4394	A	G	0.442708	0.100284	0.000270488
2	ARS-BFGL-NGS-102003	G	A	0.354167	0.101984	0.000164622
4	Hapmap36194-SCAFFOLD221336_1415	G	A	0.203125	0.128402	0.000125351
4	BTB-01108785	G	A	0.494792	0.105744	0.000157141
8	Hapmap54924-ss46526008	G	A	0.0989583	0.130188	0.000252126
10	ARS-BFGL-NGS-58299	A	C	0.479167	0.100152	9.58E-05
10	ARS-BFGL-NGS-28483	G	A	0.416667	0.116554	3.82E-05
11	ARS-BFGL-NGS-119018	G	A	0.0572917	0.202196	0.000167452
17	BTB-00681839	A	G	0.270833	0.107168	0.000216128
19	ARS-BFGL-NGS-114192	A	G	0.234375	0.110748	0.000190795
20	BTA-106532-no-rs	A	G	0.421875	0.0851282	6.44E-05
29	Hapmap34333-BES2_Contig145_646	A	G	0.348958	0.0925581	0.000233226
2	다즙성					
2	ARS-BFGL-BAC-33169	A	G	0.234375	0.0913159	0.000262175
10	UA-IFASA-4740	A	G	0.130208	0.11212	0.000138402
11	ARS-BFGL-NGS-115357	A	C	0.489583	0.0799131	9.19E-05
15	ARS-BFGL-BAC-2207	G	A	0.213542	0.0918682	0.000206519
17	BTB-00680348	A	G	0.182292	0.100133	0.000275457
17	ARS-BFGL-NGS-117653	A	C	0.328125	0.0723188	0.000248449
19	ARS-BFGL-BAC-32502	G	A	0.109375	0.125801	0.000140201

20	BTB-00771463	G	A	0.302083	0.0760354	0.000174639
20	ARS-BFGL-NGS-20481	G	A	0.395833	0.0788242	0.000115926
23	ARS-BFGL-NGS-30039	G	A	0.427083	0.0886109	5.70E-05
25	ARS-BFGL-NGS-3562	A	G	0.182292	0.103705	3.37E-05
26	ARS-BFGL-NGS-103038	G	A	0.40625	0.0762188	0.000270599
3	향미					
1	Hapmap51248-BTA-51337	G	A	0.125	0.10622	0.000265974
3	BTA-67261-no-rs	G	A	0.5	0.0677498	0.000263139
3	ARS-BFGL-NGS-25216	A	G	0.0729167	0.133683	0.000125353
3	ARS-BFGL-NGS-85575	A	G	0.1875	0.0817181	2.10E-05
3	ARS-BFGL-NGS-110776	A	C	0.416667	0.0709118	7.83E-05
5	Hapmap40437-BTA-49726	A	G	0.302083	0.0760885	0.000216254
5	ARS-BFGL-NGS-31540	A	G	0.338542	0.0723225	4.48E-05
11	BTB-01805609	G	A	0.270833	0.0768987	4.86E-05
19	ARS-BFGL-BAC-32502	G	A	0.109375	0.116104	7.54E-05
21	ARS-BFGL-NGS-42615	G	A	0.421875	0.0750622	7.63E-06
23	ARS-BFGL-BAC-46073	A	T	0.146739	0.0952011	0.00018829
26	ARS-BFGL-NGS-73431	A	G	0.114583	0.105016	0.000273465
4	기호도					
5	Hapmap40437-BTA-49726	A	G	0.302083	0.0859871	0.000226937
2	ARS-BFGL-NGS-115142	C	A	0.348958	0.0848166	0.000202204
2	ARS-BFGL-NGS-102003	G	A	0.354167	0.0930639	0.000279637
5	ARS-BFGL-NGS-19623	A	G	0.268421	0.0822595	0.000213927
9	ARS-BFGL-NGS-13958	C	A	0.0638298	0.158834	0.00011154
10	ARS-BFGL-NGS-58299	A	C	0.479167	0.0935693	0.000209231
10	ARS-BFGL-NGS-19558	G	A	0.453125	0.0885338	0.000169133
11	BTA-110370-no-rs	A	G	0.229167	0.103188	0.00018479
17	Hapmap34151-BES4_Conti g331_734	A	G	0.286458	0.101503	9.21E-05
19	ARS-BFGL-NGS-114192	A	G	0.234375	0.100992	0.000197672
20	BTA-106532-no-rs	A	G	0.421875	0.0784275	0.00026538
21	ARS-BFGL-NGS-42615	G	A	0.421875	0.0881017	0.000100016
21	ARS-BFGL-BAC-29118	A	G	0.09375	0.144393	0.000158372
22	Hapmap49652-BTA-54737	G	A	0.458333	0.085844	0.000105899
29	Hapmap34333-BES2_Conti g145_646	A	G	0.348958	0.0850982	0.000117915

맛요인별 연관유전형질 후보를 선발한 결과 등심 및 설도육의 전장유전체 연관분석(Genome wide association study)을 수행한 결과 등심 및 설도육의 표현형 관능특성(연도, 다즙성, 향미 및 기호도)에 대하여 약 47개의 연관유전형질 후보를 선발하였다(표 11)

(2). 맛정보 통합거래시스템 현장활용 프로그램 개발

(가). 맛정보 DB 구축

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
number	animals	sample ID	off	d_1MF_sbu	d_1MF_phen	d_1SF_sbu	d_1SF_phen	d_1MF_sbu	d_1MF_phen	d_1SF_sbu	d_1SF_phen	d_1MF_sbu	d_1MF_phen	d_1SF_sbu	d_1SF_phen	D_1MF_sbu	D_1MF_phen	D_1SF_sbu	D_1SF_phen	D_1MF_sbu	D_1MF_phen	D_1SF_sbu	D_1SF_phen
2	3001	22040079	1	5	-0.303	13.82	-0.1213	1.91	0.0641	0.0217	8.41	-0.0271	4.73	4.86	4.00	4.67	4.86	2.18	27.55	1.61	2.78	1.80	3.13
3	3002	22040080	2	6	-0.752	11.37	0.00979	2.81	-0.1863	-0.2884	5.87	-0.1145	4.18	4.67	4.18	4.38	4.80	2.18	22.00	2.43	3.86	1.80	2.85
4	3003	22040090	3	9	2.263	26.33	-0.1702	2.88	0.2837	0.0095	11.42	-0.0972	5.28	6.72	5.07	4.71	4.50	1.79	53.15	2.51	2.98	1.81	2.94
5	3004	22040091	4	12	-1.85	10.41	0.0488	3.17	-0.0509	-0.1648	5.98	0.1058	6.04	5.79	4.07	3.79	3.76	2.15	53.02	2.29	2.70	1.40	2.37
6	3005	22040092	5	15	-0.0715	16.89	-0.1763	2.28	-0.0186	0.4624	8.99	-0.0126	8.03	3.86	4.46	4.64	4.00	1.95	52.78	3.01	3.94	1.96	3.45
7	3006	22040093	6	18	0.6248	19.54	-0.2812	2.2	0.0077	-0.1751	7.69	-0.0299	8.92	2.54	4.40	3.96	3.76	2.37	58.58	1.43	2.50	2.79	1.74
8	3007	22040094	7	21	-0.8898	13.09	0.148	4.79	-0.0808	0.01316	6.14	-0.1094	5.81	1.97	3.99	3.71	3.29	1.44	54.65	2.00	2.43	2.80	2.11
9	3008	22040095	8	24	-0.9906	8.74	-0.1206	2.88	-0.0422	-0.3466	7.28	-0.02023	5.51	2.74	3.18	3.68	3.60	1.75	50.68	1.64	2.07	2.81	1.67
10	3009	22040096	9	27	1.255	17.88	0.127	4.9	0.1556	0.349	8.34	0.1729	8.05	2.83	4.19	4.14	3.63	2.08	58.62	1.57	2.71	2.90	1.98
11	3010	22040097	10	30	-0.345	12.27	0.1275	4.39	-0.2307	-0.1981	5.82	0.0200	8.65	3.27	3.71	3.78	3.57	1.84	53.84	1.43	2.83	2.71	1.70
12	3011	22040098	11	33	-0.9705	14.5	-0.08013	3.5	-0.1492	-0.2111	4.71	-0.0232	5.94	3.54	4.17	3.71	3.51	3.05	60.62	1.64	3.00	3.24	1.88
13	3012	22040099	12	36	1.78	27.01	-0.2222	3.99	0.137	0.101	7.8	-0.07679	3.99	4.44	4.47	3.88	4.26	1.98	55.41	1.30	3.79	1.86	3.51
14	3013	22040100	13	39	-1.892	9.78	0.1479	4.1	-0.124	-0.116	4.13	-0.0882	5.45	3.07	3.17	3.13	3.20	1.62	49.88	1.90	3.43	1.39	3.10
15	3014	22040101	14	42	-0.123	19.44	-0.1819	2.00	0.0262	0.5403	30.63	-0.0739	4.4	4.82	4.86	3.64	4.29	1.79	53.73	1.50	4.14	4.00	3.70
16	3015	22040102	15	45	-1.708	13.37	-0.3304	2.54	0.0908	0.1829	9.33	-0.08897	5.34	4.63	4.71	3.83	4.29	2.09	49.80	2.74	3.70	1.57	2.89
17	3016	22040103	16	48	0.08607	10.85	-0.05699	3.11	0.0934	0.2562	5.13	-0.029	6.08	2.73	4.07	3.64	3.71	1.58	50.68	2.11	2.14	2.87	2.38
18	3017	22040104	17	51	-0.2998	18.13	0.0528	2.28	-0.0637	0.285	8.93	-0.0404	7.23	3.50	4.97	3.64	4.04	2.02	58.21	1.30	3.01	1.76	3.24
19	3018	22040105	18	54	-0.1829	13.78	0.0796	3.81	-0.0434	-0.2381	4.7	-0.0171	6.68	3.37	4.20	3.50	4.04	2.02	58.21	1.30	3.01	1.76	3.24
20	3019	22040106	19	57	-0.3752	19.27	0.04818	3.32	-0.02178	0.13	7.9	0.02336	5.73	4.44	5.17	4.07	3.74	2.11	55.48	1.21	3.13	1.98	3.38
21	3020	22040107	20	60	2.18	24.32	-0.1564	2.64	0.2382	1.397	9.64	-0.1189	5.44	3.38	3.22	3.32	4.89	2.04	58.34	1.30	3.47	1.87	3.37
22	3021	22040108	21	63	-0.7808	14.88	0.2736	3.88	-0.114	0.06107	7.18	-0.08722	5.55	3.13	4.08	3.67	4.08	2.07	52.27	1.48	1.78	1.87	3.27
23	3022	22040109	22	66	-1.253	13.73	0.01818	2.81	-0.1488	-0.3032	4.71	-0.02959	4.35	3.97	4.28	4.18	3.81	1.60	54.48	2.38	2.88	1.44	2.70
24	3023	22040110	23	69	-0.1884	18.09	0.08999	4.81	-0.07475	0.4786	9.03	-0.0421	3.96	4.41	4.81	4.01	4.37	1.80	53.04	1.09	3.54	3.73	3.37
25	3024	22040111	24	72	0.6807	18.1	-0.1328	2.58	0.1666	0.2539	7.68	0.124	7.52	5.21	4.81	4.63	3.21	1.87	52.29	2.74	3.43	1.88	3.30
26	3025	22040112	25	75	-0.2898	15.56	0.2894	3.40	0.00388	0.2893	7.45	0.1482	6.42	4.38	4.30	4.30	3.17	1.98	58.18	2.90	2.44	1.81	2.88
27	3026	22040113	26	78	-0.03213	16.79	-0.01797	2.87	0.01828	-0.4881	4.67	0.01934	5.34	4.10	4.47	4.43	4.21	2.08	51.32	1.27	3.20	2.89	2.94
28	3027	22040114	27	81	-1.543	10.31	0.1192	4.85	-0.04741	-0.1526	5.51	0.0874	8.05	3.03	3.71	3.74	4.58	2.32	52.88	2.67	3.44	1.57	2.94
29	3028	22040115	28	84	-0.394	11.05	0.1401	3.99	-0.131	-0.08474	7.82	-0.0824	5.68	4.19	4.13	4.01	3.16	1.95	51.08	2.90	2.88	1.71	2.80
30	3029	22040116	29	87	-0.05408	13.59	-0.01687	1.3	0.1	-0.1748	5.99	0.0341	4.34	4.44	4.44	4.44	4.01	2.15	52.50	2.90	2.54	1.31	2.84
31	3030	22040117	30	90	0.6932	19.75	0.09446	5.39	0.1617	0.257	7.56	-0.07609	5.3	3.50	3.77	4.41	4.30	2.05	52.31	1.39	3.40	1.77	3.11
32	3031	22040118	31	93	0.092	27.44	-0.1744	1.87	0.2944	0.1894	30.34	0.0788	3.96	3.90	3.10	3.00	3.80	1.78	58.58	2.71	3.40	1.87	2.87
33	3032	22040119	32	96	-0.252	19.89	-0.01813	2.46	-0.06188	-0.1336	7.65	-0.08931	3.43	3.29	3.27	4.01	3.90	1.78	58.58	2.71	3.40	1.87	2.87
34	3033	22040120	33	99	2.254	26.32	0.1818	2.80	0.2299	0.1301	9.38	0.08218	5.19	3.99	4.44	4.00	3.90	1.88	58.58	2.77	3.40	1.71	3.09
35	3034	22040121	34	102	-1.025	21.85	-0.12	1.75	0.1898	0.1413	8.8	-0.1788	4.45	4.11	4.96	3.13	3.17	1.68	58.29	3.71	3.97	1.54	3.24
36	3035	22040122	35	105	0.9703	24.81	-0.01843	2.62	0.0248	0.08896	8.78	-0.1481	3.77	3.29	5.28	3.08	4.53	2.18	57.72	2.54	3.18	1.84	2.77
37	3036	22040123	36	108	0.5896	25.62	0.2017	2.1	0.1029	0.2008	8.77	0.09318	5.03	4.89	4.76	4.03	5.00	2.25	57.82	1.22	3.45	1.48	3.01
38	3037	22040124	37	111	0.6423	17.13	-0.08912	2.75	0.08863	0.0805	8.06	-0.1959	4.42	3.44	4.03	4.20	5.11	2.04	52.78	2.31	2.94	1.49	2.91
39	3038	22040125	38	114	-1.7405	15.61	-0.1192	3.48	-0.175	0.1803	8.72	-0.09510	4.17	3.49	4.17	4.30	4.66	1.88	55.75	2.64	2.67	1.50	2.80
40	3039	22040126	39	117	0.9278	17.5	-0.3804	3.6	0.1118	0.2116	8.7	-0.04174	3.94	4.97	4.91	4.74	5.14	2.14	51.32	2.88	1.60	3.51	2.85
41	3040	22040127	40	120	0.5285	16.82	-0.08125	3.34	0.09873	0.1815	9.71	-0.05678	3.11	3.85	3.93	4.14	3.86	1.85	52.50	3.64	3.14	1.60	3.08

그림 14. 맛정보 관리 DB

맛정보 DB는 그림 14와 같이 구성되었다. 865두에 대한 개체별 이력번호, 시료 ID, 등심 및 설도육에 대한 QTL, 근내지방, 전단력, 마블링수준, 콜라겐 함량, 보수력 및 관능특성(연도, 다즙성, 향미, 기호도) 분석결과인 표현형질 특성과 근내지방, 전단력, 관능특성에 대한 유전형질특성(육종가) 값이 포함되어 있다

(나) 등심육 유전정보를 활용한 맛점수예측 회귀식 개발

한우연에서 계통축군 1,000두 중 1등급 이상 거세우 707두와 본 과제 공시축 158두를 포함하여 총 865두의 거세한우 도체정보를 활용하여 기 개발된 연도관리시스템을 활용하여 맛예측 점수를 분석하였다. 또한 865두에 대한 유전정보를 분석하고 맛점수와 유전정보간의 연관성 및 연관 회귀식을 개발하였다. 최종적으로 이러한 유전정보 분석결과를 실용적으로 활용할 수 있도록 맛유전정보 및 연도관리 프로그램을 개발하였다. 한우 865두 데이터의 기초 통계량은 <그림 13>과 같았다.

MEANS 프로시저

변수	레이블	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
x1	도체중	865	430.2462	44.2856	281.0000	589.0000
x2	등지방두께	865	13.2358	5.2623	4.0000	48.0000
x3	근내지방	865	5.6451	1.2445	4.0000	9.0000
sirloin7	sirloin7	865	0.0083	0.3617	-1.8570	1.3110
suldo7s		865	-0.0158	6.1085	-23.0600	18.2500
sirTaste	등심 구이7 점수	865	84.5340	4.6260	76.5000	93.4600
suldoTaste	설도 구이7 점수	865	59.9207	8.4664	39.8455	82.6600

그림 15. 변수들의 기초통계량

- 상관분석결과

CORR 프로시저

2 개의 With 변수:	sirTaste suldoTaste
5 개의 변수:	x1 x2 x3 sirloin7 suldo7s

단순 통계량							
변수	N	평균	표준편차	합	최솟값	최댓값	레이블
sirTaste	865	84.53399	4.62596	73122	76.50000	93.46000	등심 구이7 점수
suldoTaste	865	59.92073	8.46637	51831	39.84550	82.66000	설도 구이7 점수
x1	865	430.24624	44.28557	372163	281.00000	589.00000	도체중
x2	865	13.23584	5.26232	11449	4.00000	48.00000	등지방두께
x3	865	5.64509	1.24445	4883	4.00000	9.00000	근내지방
sirloin7	865	0.00828	0.36168	7.15822	-1.85700	1.31100	sirloin7
suldo7s	865	-0.01583	6.10851	-13.69259	-23.06000	18.25000	

피어슨 상관 계수, N = 865 H0: Rho=0 가정하에서 Prob > r					
	x1	x2	x3	sirloin7	suldo7s
sirTaste 등심 구이7 점수	0.10829 0.0014	0.29465 <.0001	0.63553 <.0001	0.40119 <.0001	0.16683 <.0001
suldoTaste 설도 구이7 점수	-0.10570 0.0019	-0.01856 0.5857	0.37928 <.0001	0.08521 0.0122	0.46424 <.0001

그림 16. 변수 간 상관 분석 결과

각 변수 간 상관 분석을 실시한 결과 등심육 맛점수는 도체중, 등지방두께, 근내지방과 각각의 유전형질(SNP)들의 유전능력 또는 육종가(Estimated breeding value, Ebv) 점수와의 관계에서 상관 정도가 매우 높은 것으로 나타났다. 반면, 설도육의 맛점수는 등지방두께와의 상관 정도가 낮았으나 도체중, 근내지방과 각각의 유전 형질 점수와 상관 정도가 높게 나타났다(그림 14).

① 등심 맛점수와 도체중, 등지방두께, 근내 지방, 유전점수의 회귀분석

㉔ 등심부위의 맛점수 회귀 모형식

총 865두 (한우연 계통축군 1,000두 중 1등급 이상 거세우 707두와 시험축 158두)에 대하여 회귀 분석 결과, 등심 부위의 맛 점수는 아래 식과 같이 모형을 설계할 수 있다.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Y = 등심육 맛예측 점수, X_1 = 도체중, X_2 = 등지방두께, X_3 = 근내지방, X_4 =등심육 맛점수연관 유전형질(육종가, ebv값)

회귀분석 결과 도체중, 등지방두께, 근내지방 그리고 등심육 육종가에서 모든 변수가 유의하게 작용함을 알 수 있었다. 한편 회귀식의 설명력을 나타내는 수정된 R^2 (Adj R-sq)의 값이 0.5039로 나타났다(그림 16).

$$\begin{aligned} \text{등심부위의 맛 점수} &= 72.10 - 0.005 \times \text{도체중} + 0.2 \times \text{등지방두께} + 2.13 \times \text{근내지방} + 2.52 \\ &\quad \times \text{등심육 유전형질 육종가} \end{aligned}$$

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: sirTaste 등심 구이7 점수

Number of Observations Read	865
Number of Observations Used	865

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	9358.28719	2339.57180	220.35	<.0001
Error	860	9130.91781	10.61735		
Corrected Total	864	18489			

Root MSE	3.25843	R-Square	0.5061
Dependent Mean	84.53399	Adj R-Sq	0.5039
Coeff Var	3.85458		

Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	72.09814	1.15597	62.37	<.0001
x1	도체중	1	-0.00537	0.00271	-1.98	0.0481
x2	등지방두께	1	0.20467	0.02317	8.83	<.0001
x3	근내지방	1	2.12861	0.09334	22.80	<.0001
sirloin7	sirloin7	1	2.52459	0.32657	7.73	<.0001

그림 17. 등심육의 맛점수 회귀분석 결과

② 설도육 유전정보를 활용한 맛점수예측 회귀식 개발

㉔ 연도관리프로그램 활용 맛점수 산출

총 865두 (한우연 계통축군 1,000두 중 1등급 이상 거세우 707두와 시험축 158두)에 대하여 설도육의 맛 점수는 아래 식과 같이 모형을 설계할 수 있다.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Y = 설도육 맛예측점수, X_1 = 도체중, X_2 = 등지방두께, X_3 = 근내 지방, X_4 =7일숙성 설도육 맛점수연관 유전형질(육증가)

도체중, 근내지방 그리고 설도육이 모형에 유의하게 작용함을 알 수 있었으나 등지방두께의 경우 유의수준($Pr>|t|$)이 0.6208로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 한편 회귀식의 설명력을 나타내는 수정된 R^2 (Adj R-sq)의 값이 0.3077로 등심육을 활용하여 산출한 회귀식보다 낮게 나타났다(그림 17).

$$\begin{aligned} \text{설도부위의 맛 점수} &= 54.94 - 0.016 \times \text{도체중} - 0.02 \times \text{등지방두께} + 2.15 \times \text{근내지방} + 0.54 \\ &\quad \times \text{suldo7s} \quad (\text{단, suldo7s}=\text{suldo7} \times 10^7) \end{aligned}$$

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: suldoTaste 설도 구이7 점수

Number of Observations Read	865
Number of Observations Used	865

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	19256	4814.12347	97.02	<.0001
Error	860	42674	49.62150		
Corrected Total	864	61931			

Root MSE	7.04425	R-Square	0.3109
Dependent Mean	59.92073	Adj R-Sq	0.3077
Coeff Var	11.75595		

Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	54.94342	2.49714	22.00	<.0001
x1	도채중	1	-0.01586	0.00594	-2.67	0.0077
x2	등지방두께	1	-0.02423	0.04897	-0.49	0.6208
x3	근내지방	1	2.14893	0.19864	10.82	<.0001
suldo7	suldo7	1	5436133	406685	13.37	<.0001

그림 18. 설도육의 맛점수 회귀분석 결과

(다) 등심 및 설도육의 맛점수 연관 유전력(육종가) 점수 및 분포

등심육과 설도육의 맛점수 연관 유전력점수(ebv값) 분포를 분석한 결과 차이가 있었다(그림 19와 20). 파란색 선은 정규 분포로 근사한 곡선을 히스토그램 위에 그린 것으로 등심 및 설도육의 히스토그램과 정규 분포로 근사한 그래프를 비교해볼 수 있다. 그림 18은 등심육 유전 점수의 분포를 살펴본 결과이며 0 근처로 값들이 많이 분포한다는 점을 알 수 있다. 파란색 선은 정규 분포로 근사한 곡선을 히스토그램 위에 그린 것으로 sirloin7의 히스토그램과 정규 분포로 근사한 그래프를 비교해볼 수 있다. 그림 19는 설도육 유전 점수의 분포를 살펴본 결과이다. 0 근처로 값들이 많이 분포한다는 점을 알 수 있다. 특히 정규분포와 비슷한 형태를 띄고 있다는 것을 알 수 있다. 파란색 선은 정규 분포로 근사한 곡선을 히스토그램 위에 그린 것으로 suldo7s의 분포와 정규 분포로 근사한 곡선을 비교해 볼 수 있다.

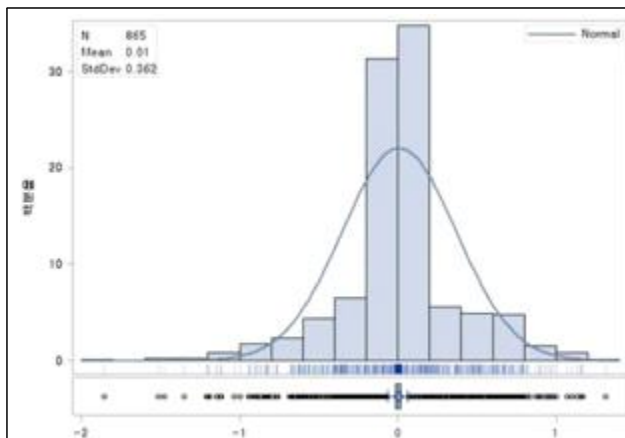


그림 19. 등심육 맛점수 연관 유전력점수 분포

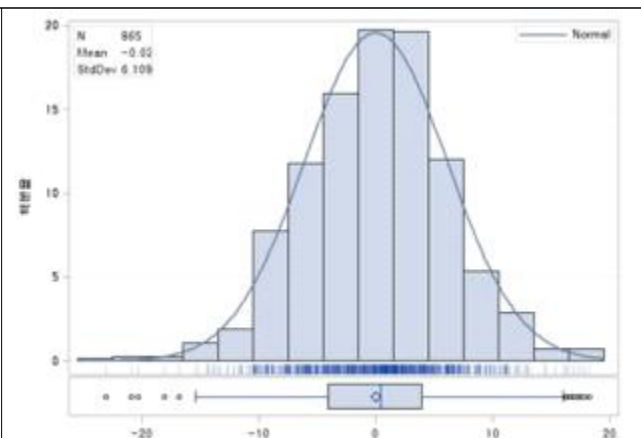


그림 20. 설도육 맛점수 연관 유전력점수 분포

(라) 등심 및 설도육의 맛등급과 유전점수의 등급별 빈도표

등심육의 맛등급과 유전점수의 등급별 빈도표는 그림 19와 그림 20과 같다.

빈도 행 백분율	테이블:sirGrade * sir7Grade					
	sirGrade	sir7Grade				합계
		A	B	C	D	
3		150	137	55	45	387
		38.76	35.40	14.21	11.63	
4		66	79	162	171	478
		13.81	16.53	33.89	35.77	
합계		216	216	217	216	865

그림 21. 등심육의 등급별 빈도 분석

분위수(정의 5)	
레벨	분위수
100% 최댓값	1.3110000
99%	0.9849000
95%	0.6761000
90%	0.4834000
75% Q3	0.0176600
50% 중위수	0.0008105
25% Q1	-0.0146700
10%	-0.3976000
5%	-0.6202000
1%	-1.1440000
0% 최솟값	-1.8570000

그림 22. 등심육의 유전점수 분위수

표 12. 등심육의 유전점수 등급별 기준값

유전 점수의 등급 별 기준 값	25%	50%	75%
sirloin7 값	-0.01467	0.0008105	0.01766

범 위	<-0.01467	-0.01467 이상 0.0008105 미만	0.0008105 이상 0.01766 미만	>=0.01766
Sirloin 등급	A	B	C	D

등심육의 경우 한우 데이터 내에서 1(등외)와 2(보통)에 해당하는 등급이 없음을 알 수 있다. 등심육의 경우 4개의 등급(A, B, C, D)으로 구분하였다. 등급 분류는 등심육의 유전력 값 중 25%, 50%, 75%에 해당하는 값을 기준으로 등급을 나누었다(표 12)

설도육의 맛등급과 유전점수의 등급별 빈도표는 아래와 같다(그림 21과 그림 22)

빈도 행 백분율	데이터: sulGrade * sul7Grade				
	sulGrade	sul7Grade			
		A	B	C	D
1	32 66.67	12 25.00	4 8.33	0 0.00	48
2	178 24.15	192 26.05	191 25.92	176 23.88	737
3	6 7.50	13 16.25	21 26.25	40 50.00	80
합계	216	217	216	216	865

그림 23. 설도육의 유전점수 등급별 빈도표

분위수(정의 5)	
레벨	분위수
100% 최댓값	18.2500
99%	15.9600
95%	9.7600
90%	7.4030
75% Q3	3.9600
50% 중위수	0.3858
25% Q1	-4.0690
10%	-7.7400
5%	-10.0300
1%	-14.4400
0% 최솟값	-23.0600

그림 24. 등심육의 유전점수 분위수

표 13. 설도육의 유전점수 등급별 기준값

유전 점수의 등급 별 기준 값	25%	50%	75%
suldo7s 값	-4.0690	0.3858	3.9600

범위	<-4.0690	-4.0690 이상 0.3858 미만	0.3858 이상 3.9600 미만	>=3.9600
sul7Grade등급	A	B	C	D

설도육의 경우 한우 데이터 내에서 4(매우 우수)에 해당하는 등급이 없음을 알 수 있다. 설도육의 경우 4개의 등급(A, B, C, D)으로 구분하였으며 등급 분류는 등심육의 유전력 값 중 25%, 50%, 75%에 해당하는 값을 기준으로 등급을 나누었다(표 13).

라. 맛점수 연관 유전정보활용 프로그램 개발

(1) 한우 맛형질 유전체 육종가 추정

(가) 공시축의 DNA 추출

공시축의 genomic DNA는 개체로부터 혈액을 채취하여 Miller등의 salting out방법을 수정 보완하여 분리 정제 하였으며, Nano Drop 100를 이용하여 DNA 농도를 측정한 후 TE buffer(10mM, Tris-HCL, Ph 7.4; 1mM EDTA)에 용해하여 냉동고에 보존하면서 실험에 이용하였다. 본 연구에 있어서 한우 도체형질은 한우 후대검정에 포함된 후보 종모우의 후대 도체자료를 이용하였다.

(나) 한우 50K chip 분석

추출된 한우 DNA 시료를 이용하여, 미국 Illumina사에서 제공하고 있는 Bovine 50K chip을 이용하여 개체의 유전자형을 결정하였다. 결정된 유전자형은 총 53,629개의 전체 소의 유전체에 흩어져 있는 유전변이이며, 이들 변이에 대한 SNP 정도 관리를 통하여 quality가 낮은 유전변이를 제거하고 유전체육종가를 추정한다.

(다) 유전체육종가 추정 모델을 이용한 유전능력 추정

유전자형관계행렬(G)는 VanRaden (2008)이 제시한대로 아래와 같이 설정하였다.

$$G = \frac{(M-P)(M-P)'}{2 \sum_{j=1}^m p_j(1-p_j)}$$

여기서, M 은 총 마커수를 m으로 하고 유전자형 결정된 개체수를 n으로 하는 대립유전자 공유 행렬(allele sharing matrix)이고, P는 두 번째 대립유전자(pj)의 빈도를 포함하는 행렬이다. M_{ij} 는 만약 개체의 유전자형 i 및 j가 동형접합(homozygous)이면 0, 만약 이형접합(heterozygous)이면 1 그리고, 또 다른 대립유전자가 동형접합(homozygous) 이면 2인 행렬이다. 유전자형의 빈도는 선발되지 않은 기초집단(unselected based population)의 빈도를 이용해야하나 현실적으로 불가능하다. 따라서, 실제 참조집단과 선발집단의 유전자형 빈도를 이용하여 계산한다. 본 연구에서 사용한 유전자형관계행렬은 참조집단 및 선발집단의 유전자형 빈도를 이용한 유전자형 관계 행렬(G)이다.

한우 도체형질 표현형과 유전체형관계행렬(Genotype Relationship Matrix; GRM)을 이용한 유전체 육종가 추정의 모델식은 아래와 같이 개체모형을 이용하여 ASREML(Gilmour 등, 2006)에서 분석하였다.

$$Y = Xb + Zu + e$$

여기서, Y 는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도이며, Xb 는 평균값과 또다른 고정효과(출생년도·계절, 후대검정 차수 및 출하시 연령)이고, Z 는 개체의 유전자형을 나타내는 incidence matrix이고, u 는 각 개체의 유전자형의 상가적 효과를 나타낸다. 그러므로, Zu 는 육종가를 의미한다.

선발집단의 육종가는 아래와 같은 혼합선형모형식으로 계산 하였다.

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + G^{-1}\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ \hat{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

여기서, Xb 는 평균값과 또 다른 고정효과(출생년도·계절, 후대검정 차수 및 출하시 연령)이고, Z 는 총 마커수를 m 으로 하고 유전자형 결정된 개체수를 n 으로 하는 행렬이고, G 는 VanRaden의 수식으로 유도한 개체의 유전자형관계행렬(GRM)이다. 이들 개체의 유전자형 행렬식을 통하여 개체의 유전체육종가(\hat{g})를 추정한다. 위의 수식을 통하여 추정한 개체의 유전체육종가는 개체가 가지고 있는 모든 유전자효과의 총합으로 추정된다.

추정된 유전체 육종가의 정확도는 아래와 같이, 선발집단의 추정육종가의 prediction error variance(PEV)와 REML에서 추정된 전체 상가적유전효과를 이용하여 계산 하였다.

$$r = \frac{\sqrt{1 - PEV}}{\sigma_a^2}$$

(2) 프로그램 설치

(가) 아래 설치파일을 마우스 우측 관리자권한으로 설치합니다.



(3) 사용방법

1. 바탕화면에 아래 단축아이콘을 마우스 우측 관리자권한으로 실행합니다.



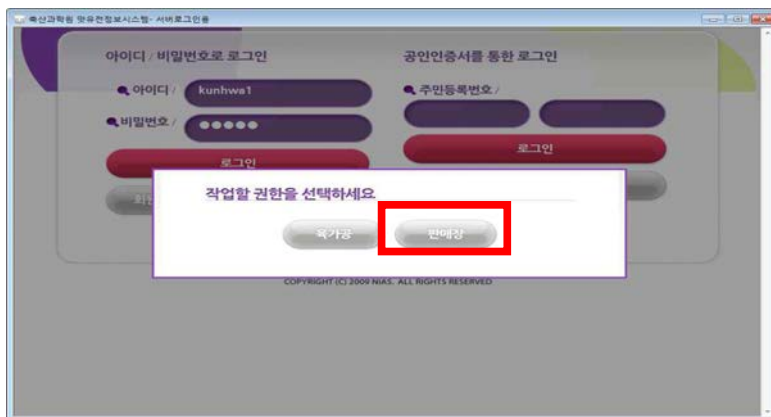
2. 부여받은 아이디와 비밀번호를 입력하고 로그인 버튼을 누릅니다.



3. 권한선택

3-1. 각 권한에 따라 표시되는 내용이 달라집니다.

3-2. 유전정보활용관련해서 조회 및 출력을 할 때는 판매장을 선택합니다.



4. 개체정보

- 4-1. 개체정보 수동 다운로드

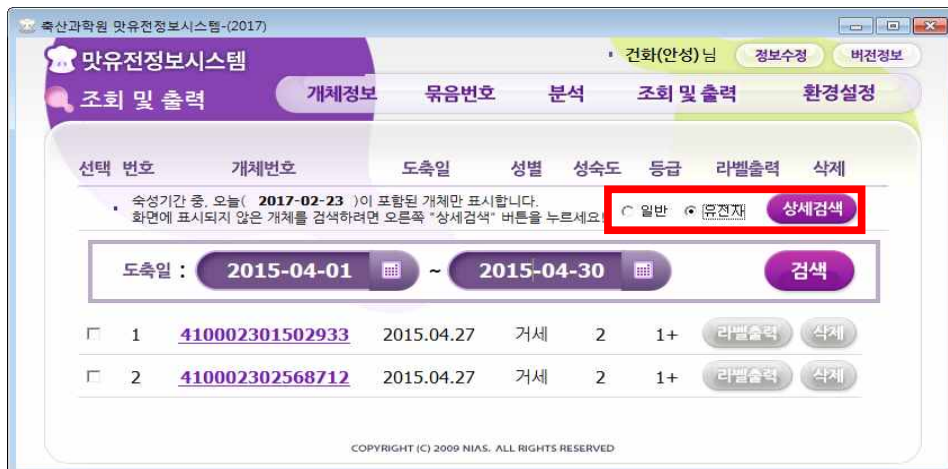
- ① 개체번호입력란에 개체번호를 입력합니다.
- ② 개체수만큼 입력란에 모두 넣어줍니다.
- ③ 입력이 끝나면 개체정보 다운로드를 누릅니다.
- ④ 개체별로 다운로드 상태가 하단부에 표시됩니다.

4-2. 개체정보 자동 다운로드

- ① 서버에 등록되어 있는 개체를 다운로드할 때 사용합니다.
- ② 개체정보 자동 다운로드를 누릅니다.



5. 조회 및 출력



5-1. 일반검색

- ① 전체 개체에 대한 검색을 할 때 사용합니다.
- ② 옵션에서 일반을 선택합니다.
- ③ 도축일 시작일자와 종료일자를 순서대로 선택합니다.
- ④ 검색을 누르면 해당 개체들이 조회됩니다.

5-2. 유전자검색

- ① 유전자분석이 된 개체들을 검색할 때 사용합니다.
- ② 옵션에서 유전자를 선택합니다.
- ③ 도축일 시작일자와 종료일자를 순서대로 선택합니다.
- ④ 검색을 누르면 해당 개체들이 조회됩니다.

5-3. 출력하기 (유전자)

- ① 유전자 분석이 된 개체를 출력할 때 사용합니다.
- ② 검색후에 라벨출력을 누릅니다.
- ③ 등심과 설도의 유전자 점수가 별로 표시됩니다.
- ④ 등심과 설도중에 높은 값으로 하단 차트에 값이 표시됩니다.
- ⑤ 출력을 누르면 설정된 바코드용지에 개체정보가 나옵니다.



5-4. 출력하기 (연도관리)

- ① 개체를 연도관리라벨로 출력할 때 사용합니다.
- ② 검색후에 라벨출력을 누릅니다.
- ③ 판매예정일을 지정하고, 부위 및 요리법을 순서대로 선택합니다.
- ④ 중량을 입력합니다.
- ⑤ 여러장 출력할 때는 3번,4번을 반복해서 입력합니다.
- ⑥ 출력을 누르면 연도관리라벨로 출력됩니다.

- ⑤ 업로드가 진행되면서 해당개체가 자동으로 업로드되면서 분석을 통해 연도관리점수를 계산합니다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		개체번호	사업자번호	회사명	도축일자	성별	근내지방	도체중	등지방두께	성숙도	등급
2	1	2302568712	2248202406	국립축산과학원	20150427	3	6	435	13	2	1
3	2	2301502933	2248202406	국립축산과학원	20150427	3	9	400	10	2	1

7. 라벨출력

7-1. 유전정보시스템 적용상품 라벨

- ① 개체번호 : 해당개체의 고유번호
- ② 맛유전보유 : 평가된 점수를 별로 표시
- ③ 바코드 : 개체번호를 바코드로 표시



7-2. 연도관리시스템 적용상품 라벨

- ① 용도 : 요리방법 및 부위
- ② 개체번호 : 해당개체의 고유번호
- ③ 판매기간 : 판매기간
- ④ 맛유전보유 : 평가된 점수를 별로 표시
- ⑤ 바코드 : 개체번호를 바코드로 표시



제2절 한우고기 연도, 기능성 지방연관 유전·비 유전효과 구명 및 우량종축선발체계 확립(제2세부과제)

1. 연구수행내용

< 1년차(2014년) : 한우 맛형질 연관 유전모수 추정 및 유전자 분석 >

○ 한우 맛형질 참조집단 구축 및 유전모수 추정

- 한우고기 맛 형질을 조절하는 상가적유전효과와 이를 이용한 종축선발체계 구축을 위한 참조집단 구축(n=1,000) 및 표현형, 대용량 유전자형 생산
 - 강원 평창영월정선축협조합에서 생산된 한우고기로부터 등심, 설도시료 구매
 - DNA 추출 및 대용량 유전자형(Bovine 50K illumina chip) 분석
 - 한우고기 등심, 설도로부터 맛형질 연관 표현형 분석(연도, 근섬유관련형질, 이화학적 성분 및 지방산조성)

- 한우고기 맛형질 연관 유전모수 추정

- 유전모수추정을 위해, 개체정보, 표현형정보 및 혈통정보를 통합하여 REML분석을 통한 유전력 및 유전상관 분석

○ 한우고기 맛형질 조절 후보 유전자분석

- 기 보고된 SCD유전자 엑손 5번 및 FASN 유전자의 원인유전자변이 유전자형결정 및 지방산조성과 연관성 분석(올레인산, 단일불포화지방산 등)

< 2년차(2015년) : 한우 맛형질 유전체 육종가 추정체계 구축 >

○ 재료: 한우연구소, 평창축협 출하 거세우 참조축군(1000두)

○ 조사항목 : 일단도체등급형질, 등심(strip loin, SL) 및 설도(round, R)에 대한 전단력, 근내지방함량 및 지방산 조성 등

- 전장유전체 연관분석, 전단력 상하그룹을 이용한 전장 유전자발현분석, 한우 근육 부위별 유전자별형 맵핑, 혈통오류 조사 및 수정, 유전자정보 이용 유전연관행렬(GRM) 구성, 각 형질의 유전력 및 형질간 유전상관 분석
- 일반성분(수분, 지방, 단백질), 전단력, 지방산 조성 분석
- 일반도체성적 : 도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도, 육질등급, 최종등급
- 등심, 설도 분석 형질 : 육색(CIE L, a, b, Hunter L, a, b), 가열감량(%), 전단력(kg/0.5inch²), 수분(%), 지방(%), 단백질(%), 조희분(%)
- 지방산 조성(등심) : Myristicacid(C14:0), Palmiticacid(C16:0), Palmitoleicacid(C16:1n7), Stearicacid(C18:0), Oleicacid(C18:1n9), Vaccenicacid(C18:1n7), Linoleicacid(C18:2n6), γ-Linoleicacid(C18:3n6), Linolenicacid(C18:3n3), Eicosenoicacid(C20:1n9), Arachidonicacid(C20:4n6), Eicosapentaenoicacid(EPA)(C20:5n3), Docosatetraenoicacid(C22:4n6), Docosahexaenoicacid(DHA)(C22:6n3), 포화지방산 합계, 불포화지방산(단가, 다가) 합계

* 시료(등심 및 설도), 개체정보(혈통, 도축성적, 체중측정 정보) 는 평창축협에서 협조

○ 한우 맛 형질 유전체육종가 추정체계 구축

- 지방함량, 전단력, 지방산 함량에 대한 유전모수 및 육종가 추정
- * 유전모수 및 육종가 추정은 VanRaden이 제안한 GBLUP 통계모형을 적용하고, ASREML을 이용하여 추정
- * 유전체 혈연 행렬(GRM) 추정 : Allele Frequency Method (GOF, VanRaden, 2008)

$$G = \frac{(M-P)(M-P)'}{2 \sum_{j=1}^m p_j(1-p_j)}$$

* 통계모형

$$y = Xb + Zu + e$$

여기서, Y는 형질에 대한 관측치 벡터, X는 고정효과(성별, 유전적그룹, 도축월령(공변량))에 대한 벡터, Z는 개체에 대한 임의효과(개체육종가) 벡터, b는 고정효과에 대한 추정치 벡터, u는 개체에 대한 추정치 벡터, e는 임의 오차. $\text{Var}(u) = G = \text{GRM}\sigma_a^2$, $\text{Var}(e) = R = I\sigma_e^2$

< 3년차(2016년) : 맛 관련 유전자 탐색 및 유전변이 탐색 >

○ 한우고기 연도 관련 유전자 탐색

- 참조집단(1,000두) 활용 전장유전체 연관분석 및 맛 형질 조절 유전자 탐색

· 한우 맛 형질연관 상가적유전효과를 보이는 DNA 마커 확보

○ 한우고기 맛 형질을 조절하는 유전자의 발현가를 활용한 전장유전체연관분석(Expression QTL 분석 및 Genetical Genome wide association analysis)을 통한 비유전효과에 영향을 미치는 유전변이 탐색연구

- 한우연구소 및 평창영월정선축산조합에서 출하된 거세우로 구성된 참조축군(1,000두) 및 전단력 상·하 그룹(각 20두, 총 40두)

- 1) 참조집단을 이용한 전장유전체 연관분석을 통한 통계적으로 유의한 유전변이 탐색
- 2) 전단력 상·하 그룹(40두)를 활용한 차등발현유전자 탐색 3) 전단력연관 유전변이와 전단력 연관 유전자발현간 발현 양적형질좌위 탐색 연구(Expression QTL analysis; eQTL)

2. 연구결과

가. 한우 맛형질 연관 유전모수 추정 및 유전자 분석

(1). 한우 맛형질 유전자탐색을 위한 참조집단(reference population) 구축

한우참조집단 표현형, Bovine 50K chip 분석하였다.

표 14. 도체형질 조사 결과(n=300)

	BF	EMA	CW	MYI	MS	MC	FC	Texture	Mature
min	4	60	283	44.65	2	4	2	1	2
max	42	121	571	72.54	9	6	4	2	3
mean	13.64	86.11	418.39	64.04	5.05	4.93	3.13	1.25	2.40
var	39.60	70.95	1711.00	20.81	2.72	0.11	0.25	0.19	0.24
sd	6.29	8.42	41.36	4.56	1.65	0.33	0.50	0.44	0.49

표 15. 근내 지방(IMF) 조사 결과

	Myristic acid	Palmic acid	Palmic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linoleic acid	Linoleic acid	Eicosanoic acid	Arachidonic acid	Total	SF	USF	Mono	Poly
min	1.66	21.30	2.16	8.00	42.25	0.05	0.01	0.03	0.09	0.05	100.00	35.67	50.77	46.95	0.72
max	5.02	31.88	6.80	15.70	57.97	8.87	1.92	0.44	0.71	3.52	100.00	49.23	64.33	62.32	12.82
mean	3.35	27.47	4.24	11.46	50.34	1.89	0.05	0.10	0.44	0.20	100.00	42.28	57.72	55.49	2.24
var	0.35	3.66	0.62	1.78	6.01	0.47	0.02	0.00	0.01	0.06	0.00	5.80	5.80	5.73	0.86
sd	0.59	1.91	0.79	1.33	2.45	0.69	0.13	0.06	0.12	0.25	0.00	2.41	2.41	2.39	0.93

표 16. 등심(LD), 설도(SM) 조사 결과

	LD_He atloss	LD_SF	LD_W ater	LD_IML D_Pr F	LD_Pr otein	LD_As h	SM_H eatloss	SM_SF	SM_W ater	SM_I MF	SM_Pr otein	SM_As h
min	18.33	2.22	53.51	5.59	17.07	0.68	24.10	3.40	64.65	1.97	18.94	0.74
max	29.52	5.99	69.84	27.57	22.88	1.04	39.88	8.63	75.07	14.42	23.29	1.08
mean	24.74	3.95	62.94	14.79	20.15	0.84	33.81	6.22	72.03	4.74	21.19	0.95
var	4.79	0.55	7.79	13.33	1.12	0.00	6.39	0.77	2.46	3.08	0.54	0.00
sd	2.19	0.74	2.79	3.65	1.06	0.06	2.53	0.88	1.57	1.75	0.74	0.05

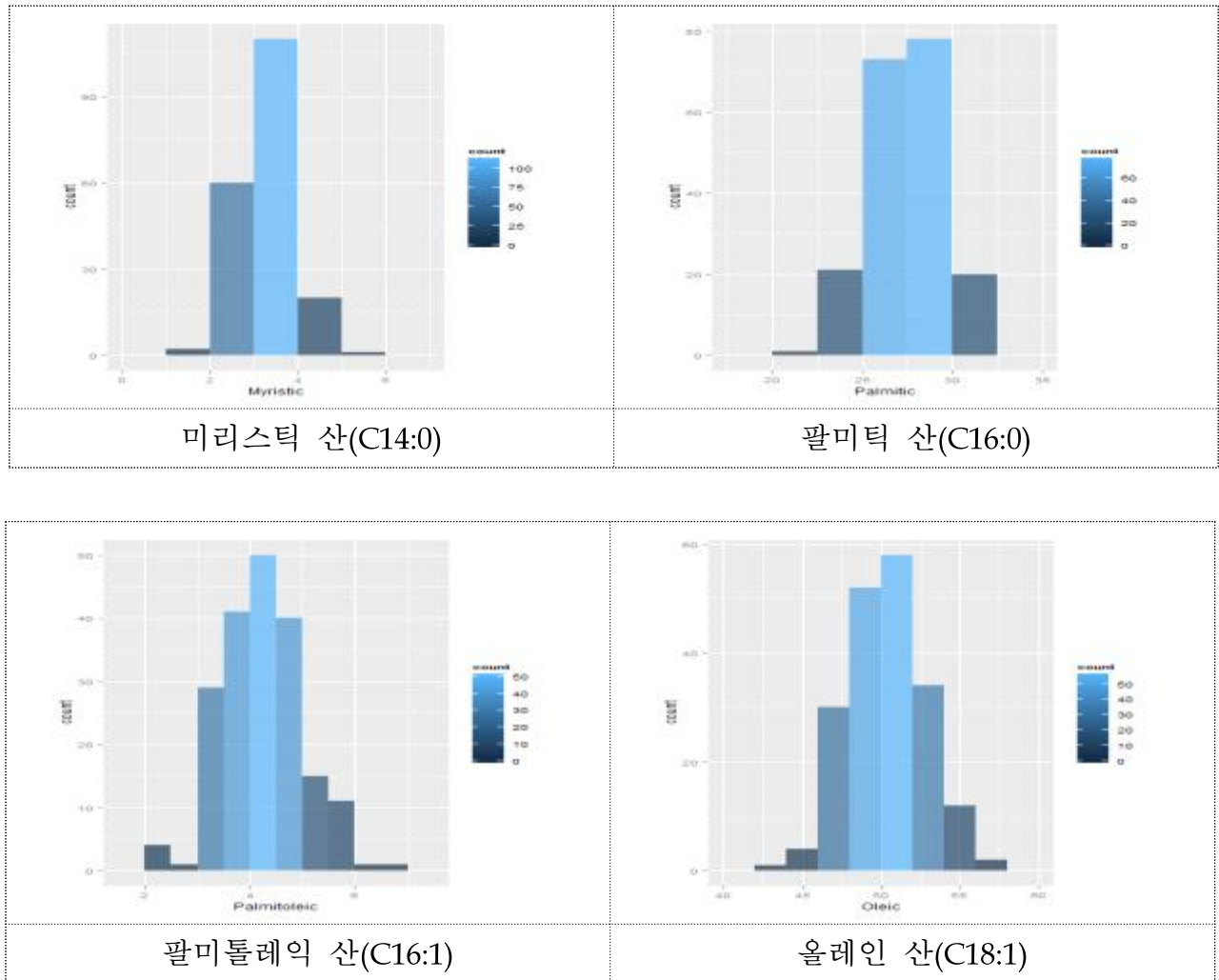


그림 25. 참조집단의 주요 지방산 분석 결과(n=300)

한우 맛형질 참조집단 300두를 이용하여 탐색적 분석을 수행한 결과, 한우 등심의 올레인산 함량은 평균 50이었고, 최소값은 42, 그리고 최대값은 57로 분석되었다.

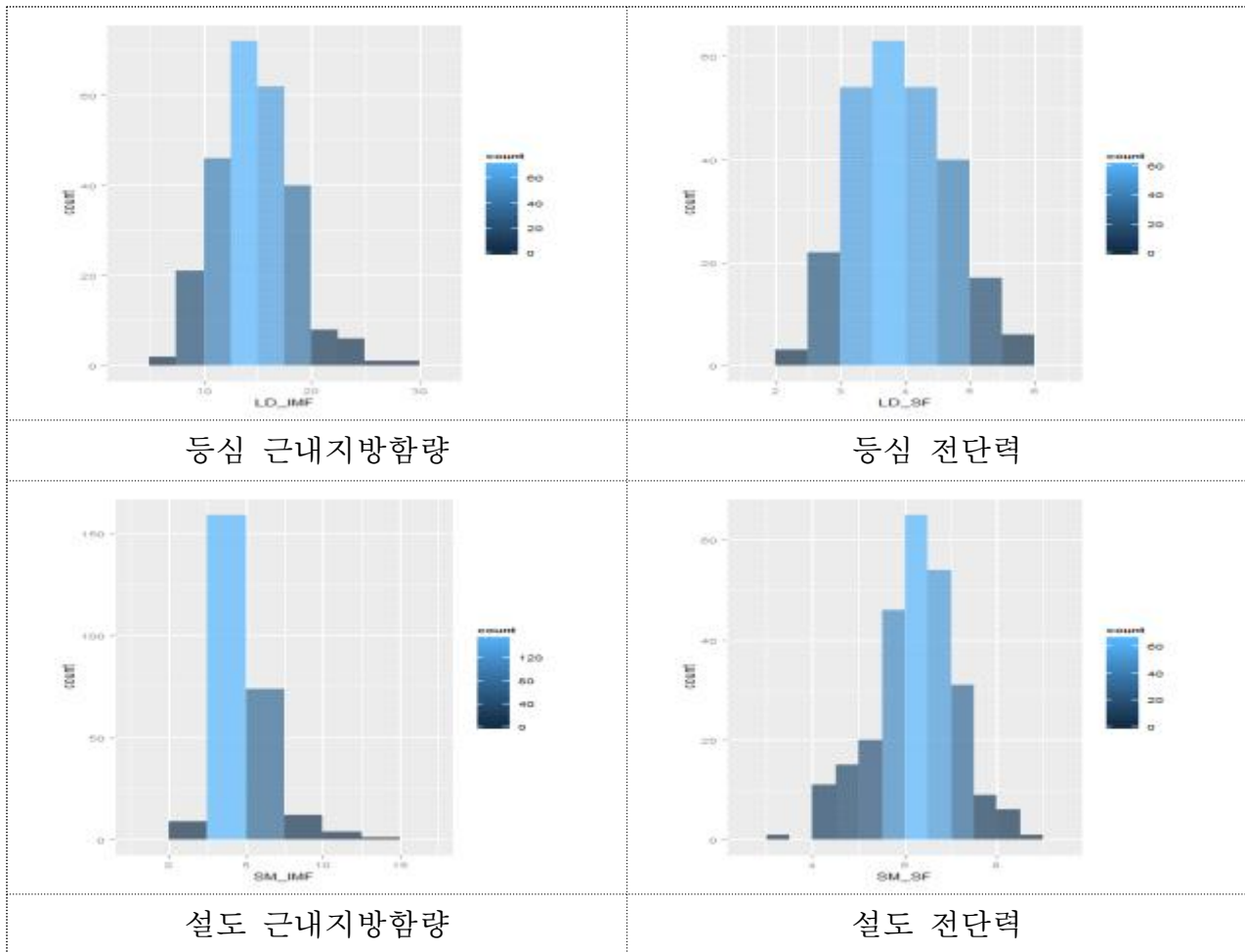
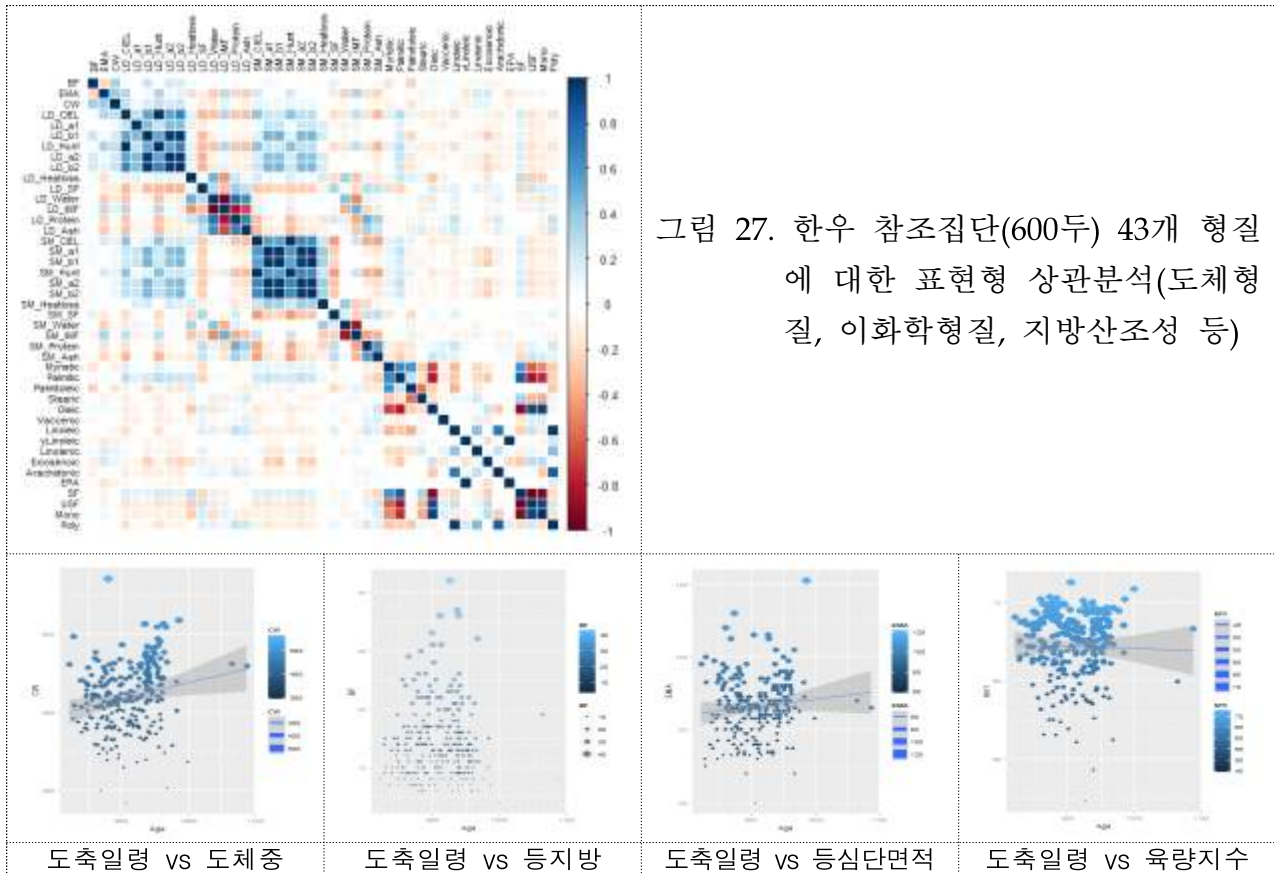


그림 26. 참조집단의 등심, 설도 근육의 근내지방 및 전단력 분석 결과(n=300)

한우 맛형질 참조집단 300두를 분석한 결과, 등심의 근내지방함량은 평균 14.7%이었고, 설도의 근내지방함량은 평균 4.7%로 분석되었다. 또한 등심의 전단력은 평균 3.95였으나, 설도의 전단력은 6.22로 두배 높게 분석되었다.



한우 참조집단 43개 형질에 대한 표현형 분석결과, 등심시료의 육색간 표현형 상관은 60%로 매우 높게 분석됨. 그러나 등심시료의 육색과 설도시료의 육색간 표현형 상관은 40%로 분석됨

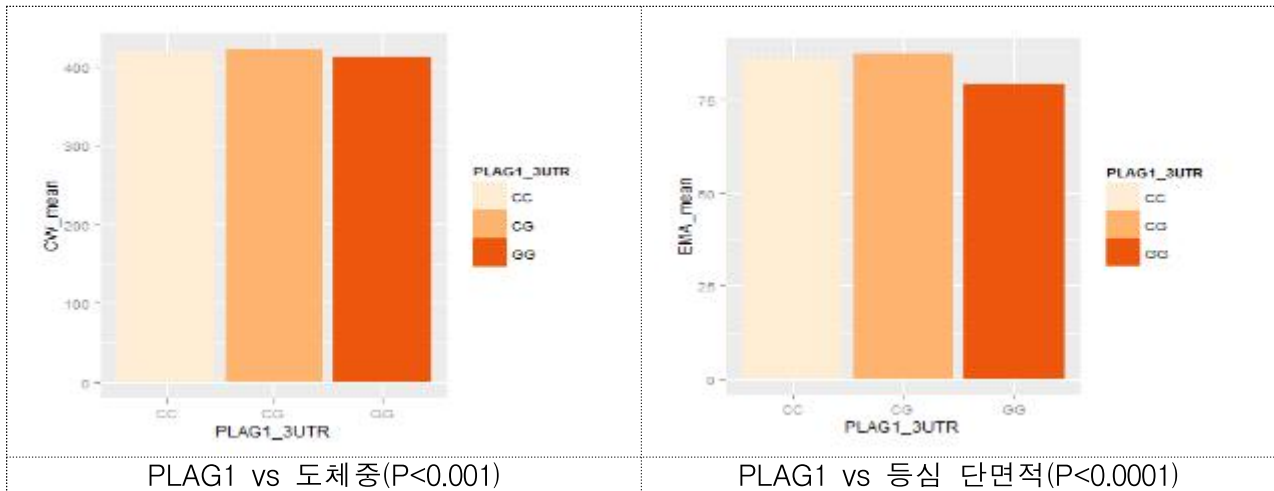
한우고기 등심의 근내지방함량과 설도의 근내지방함량간 표현형 상관은 30%로 분석되었으며, 등심의 전단력과 설도의 전단력도 약 30%로 분석되었다.

등심의 근내지방과 등심의 전단력간 표현형 상관을 분석한 결과 부의 상관(-30%)를 보였으며, 설도에 있어서 전단력은 등심에서보다 약 10% 낮은 -20%의 부의 상관을 보였다.

(2). 한우맛 형질 연관 후보유전자 분석

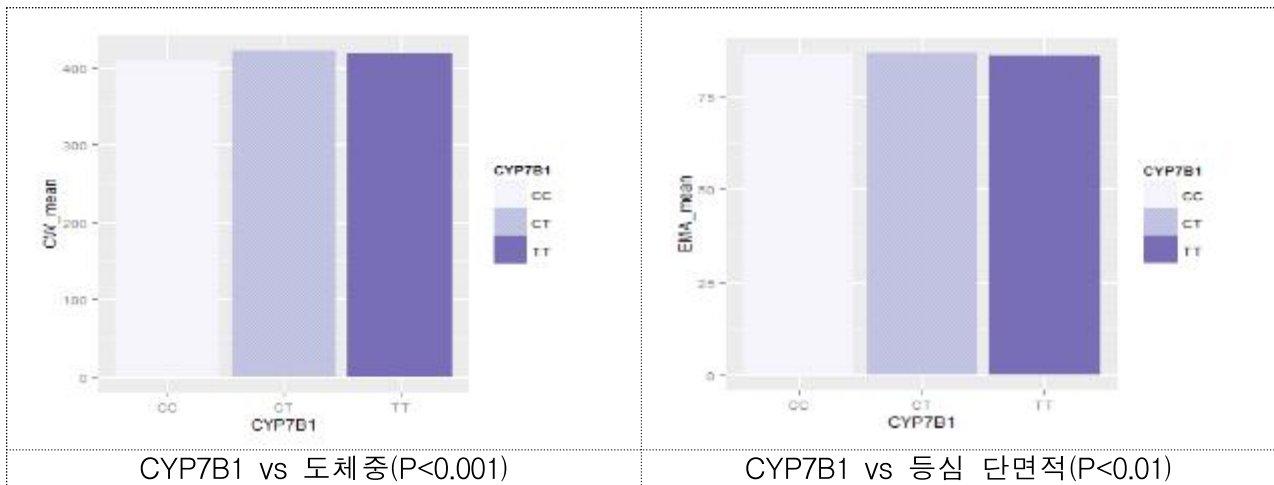
한우 참조집단에 대해서 기보고된 후보유전자(육량 유전자 2종, 지방산조성 연관 유전자 2종)에 대한 유전자형 분석 및 유전자형, 표현형간 상관 분석

그림 28. 육량 유전자(PLAG1, CYP1A), 지방산 조성(SCD, FASN)

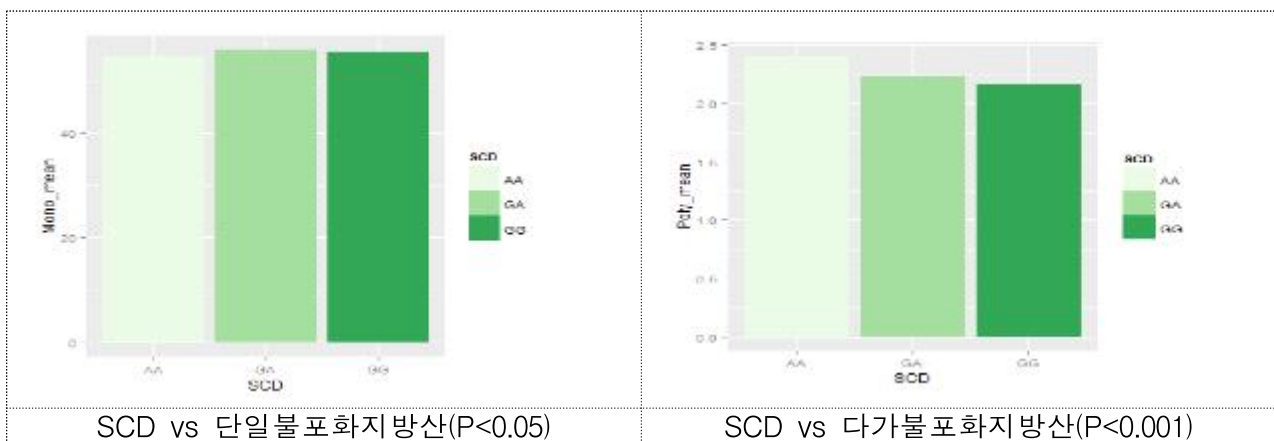


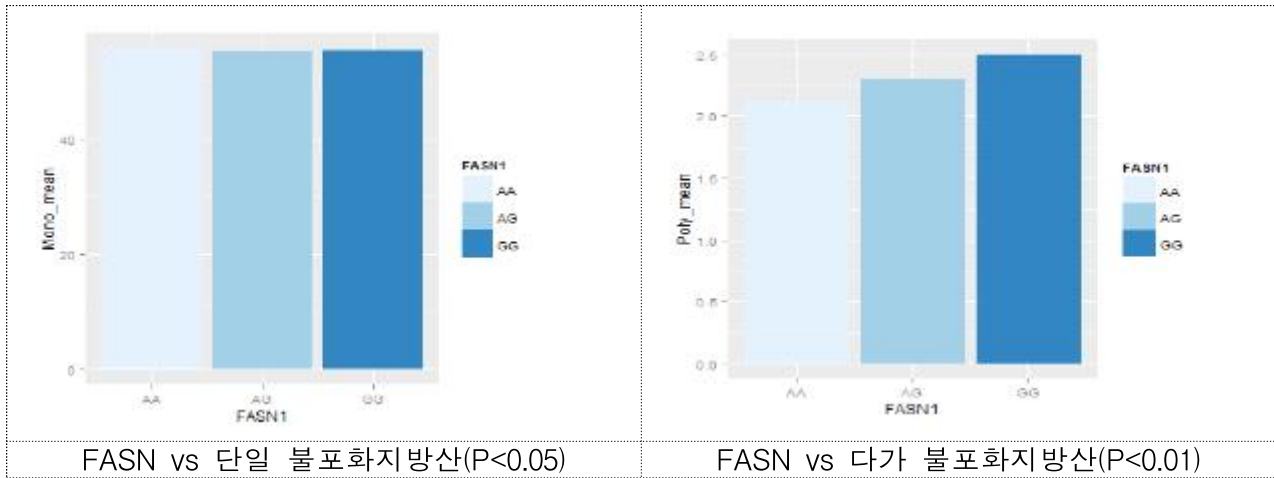
한우에 있어서 PLAG1유전자와 도체중, 등심단면적 유전자 통계적 유의차 보였다.

※ CC 유전자형이 GG 유전자형 대비 10kg 높게 분석됨



- CYP7B1 유전자의 CC 타입이 TT 타입보다 도체중 10kg 높게 분석됨





한우고기 지방산조성과 유전자간 상관에 있어서, SCD, FASN유전자가 단일, 다가 불포화지방산에 있어서 통계적 유의차를 보였다.

나. 한우 맛형질 유전체 육종가 추정체계 구축

(1). 참조집단에 대한 기초 분석

쇠고기 1000두에 대한 등심의 가열감량, 전단력, 수분, 지방, 단백질, 조회분 분석결과에서 평균, 표준편차 등 기초통계를 표3에 표시하였다.

표 17. 등심(Strip loin)의 가열감량, 전단력, 수분, 지방, 단백질, 조회분 분석결과

구분	가열감량(%)	전단력(kg/0.5inch ²)	수분(%)	지방(%)	단백질(%)	조회분(%)
Mean	23.59	3.96	62.20	15.82	19.92	0.80
STD	2.55	0.86	3.22	4.26	1.20	0.10
Min	14.89	2.15	51.37	4.82	16.40	0.31
MAx	30.63	6.92	71.91	29.34	23.41	1.13

(2). 근내 지방 및 지방산의 유전력 추정

표 18. 등심(LD)의 지방산 성분별 분석결과

Trait	Mean	STD	Min	Max
Myristicacid(C14:0)	3.341	0.574	1.660	5.184
Palmiticacid(C16:0)	27.334	1.929	20.557	32.667
Palmitoleicacid(C16:1n7)	4.750	0.867	2.161	7.282
Stearicacid(C18:0)	10.962	1.370	3.822	16.753
Oleicacid(C18:1n9)	50.691	2.534	42.251	58.344
Vaccenicacid(C18:1n7)	0.286	0.289	0.000	1.818
Linoleicacid(C18:2n6)	1.825	0.495	0.049	8.873
γ -Linoleicacid(C18:3n6)	0.041	0.061	0.000	1.918
Linolenicacid(C18:3n3)	0.085	0.044	0.024	0.492
Eicosenoicacid(C20:1n9)	0.509	0.121	0.047	1.046

Arachidonicacid(C20:4n6)	0.176	0.136	0.000	3.517
Eicosapentaenoicacid(EPA)(C20:5n3)	0.000	0.008	0.000	0.185
Docosatetraenoicacid(C22:4n6)	0.000	0.000	0.000	0.000
Docosaheptaenoicacid(DHA)(C22:6n3)	0.000	0.000	0.000	0.000
포화지방산	100.000	0.000	100.000	100.000
불포화지방산	41.637	2.582	33.937	49.228
-단가	58.363	2.582	50.772	66.063
-다가	56.236	2.560	46.951	64.314

등심 및 설도의 전단력과 근내지방함량에 대한 유전모수(분산성분 및 유전력)는 표 5와 같았다. 이는 국가단위 유전능력평가에서 사용하는 유전력(0.4~0.5) 보다는 약간 높게 추정되었다.

표 19. 등심 및 설도의 전단력과 근내지방함량에 대한 유전력 추정치

Trait	Genetic variance	Residual variance	Heritability
Strip loin Shear Force (SL_SF)	0.6791	0.4869	0.58
Strip loin IMF (SL_IMF)	16.2632	11.7360	0.58
Round SF (R_SF)	1.1859	1.0280	0.54
Round IMF (R_IMF)	3.3293	2.7791	0.55

주요 지방산 형질에 대한 유전력 추정치는 표 6에 표시했다. 지방산의 유전력이 0.52~0.68 사이로 전반적으로 약간 높게 추정되었다.

표 20. 주요 지방산 형질에 대한 유전력 추정치

Fatty acid	Genetic variance	Residual variance	Heritability
Myristic	0.2780	0.1939	0.59
Palmitic	3.1237	1.4778	0.68
Palmitoleic	0.5203	0.3227	0.62
Stearic	1.6014	1.1104	0.59
Oleic	5.4537	3.3153	0.62
Linoleic	0.1835	0.1582	0.54
Eicosenoic	0.0121	0.0080	0.60
SFA	5.6880	3.3472	0.63
UFA	5.6880	3.3472	0.63
Mono	5.6582	3.5366	0.62
PUFA	0.2968	0.2701	0.52

등심 및 설도의 전단력과 근내지방함량 형질간 유전상관을 표 7에 표시 하였다. 등심의 근내지방도와 전단력 사이에는 -0.53의 유전상관을 보여 근내지방도가 높을수록 고기가 연함을 나타냄

반면 설도의 근내지방도와 전단력간에는 0.06의 상관을 보여 설도에서는 근내지방도가 연도에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 분석됨

표 21. 등심 및 설도의 전단력과 근내지방함량 형질간 유전상관

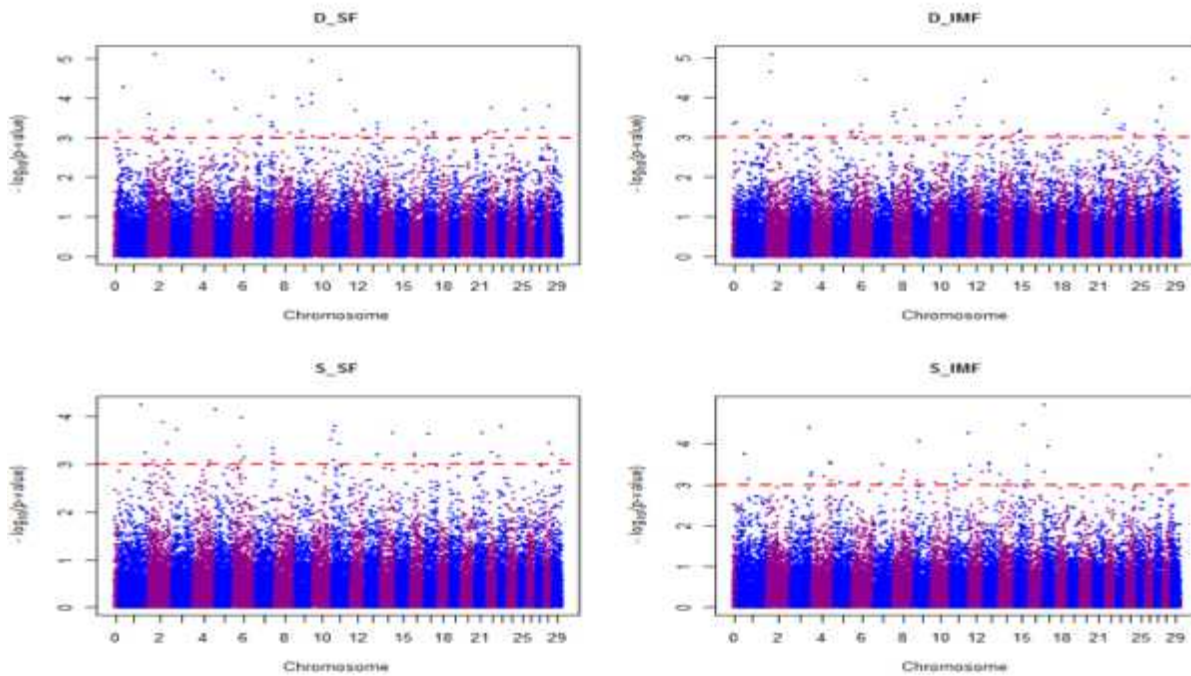
Trait	SL_IMF	R_SF	R_IMF
Strip loin Shear Force (SL_SF)	-0.53	0.12	-0.09
Strip loin IMF (SL_IMF)		0.15	0.48
Round SF (R_SF)			0.06

표 22. 주요 지방산 형질간 유전상관

Fatty acid	Palmitoleic	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic	Eicosenoic	Arachidonic	γ -Linoleic	SFA	UFA	Mono	PUFA
Myristic	0.06	0.26	-0.04	-0.33	-0.02	0.00	-0.01			0.30	-0.30	-0.29	-0.01
Palmitoleic			-0.20	-0.22	-0.01	0.00	-0.01		0.00	0.02	-0.02	-0.03	0.00
Palmitic	0.15		-0.12		-0.12		-0.05			2.05			-0.10
Stearic				-0.09	-0.01	0.00	0.00		0.00	0.32	-0.32	-0.30	-0.02
Oleic					0.12	0.01	0.07						0.10
Linoleic						0.00	0.00	0.00	0.00	-0.14	0.14	0.13	
Linolenic							0.00	0.00		-0.01	0.01	0.00	0.00
Eicosenoic										-0.06	0.06	0.06	0.00
Arachidonic										0.00	0.00	0.00	0.00
γ -Linoleic						0.00							0.00
SFA													-0.13
UFA													0.13
Mono													0.11

(3). 맛 관련 형질인 근내 지방 및 전단력에 대한 유전후보 선발

전장유전체연관분석(Genome wide association study)을 수행한 결과 등심 및 설도육의 표현형 근내지방 및 전단력 특성에 대하여 약 20~40개의 연관 유전형질후보를 선발하였음 ($p < 0.01$)(그림 22)



Note: 1, $p < 0.5$; 2, $p < 0.1$; 3, $p < 0.01$; 4, $p < 0.001$

그림 29. 등심육과 설도육의 근내지방 및 전단력에 대한 전장유전체 연관분석결과

근내지방 연관 유전자 마커 검증결과 등심육 및 설도육의 근내지방 연관 유전자 마커 탐색 (GWAS) 분석 하였다.(표9)

표 23. 근내지방 연관 유전자 마커(SNP)*

번호	등심육	설도육
1	Hapmap40040-BTA-104644	BTB-00018513
2	BTB-01568926	ARS-BFGL-NGS-31442
3	ARS-BFGL-NGS-39460	ARS-BFGL-NGS-115811
4	BTB-00086860	ARS-BFGL-NGS-87361
5	ARS-BFGL-NGS-118058	ARS-BFGL-NGS-119019
6	ARS-BFGL-NGS-28193	BTB-00352779
7	ARS-BFGL-NGS-38248	Hapmap39984-BTA-21408
8	Hapmap32868-BTA-161473	Hapmap57917-rs29025299
9	BTA-71054-no-rs	Hapmap33362-BTA-136433
10	ARS-BFGL-NGS-56909	ARS-BFGL-NGS-116352
11	Hapmap48075-BTA-75442	ARS-BFGL-NGS-109691
12	Hapmap23860-BTC-065677	ARS-BFGL-NGS-115789
13	Hapmap22982-BTC-057971	ARS-BFGL-NGS-93247
14	ARS-BFGL-NGS-44467	BTB-01506184
15	BTB-01148986	ARS-BFGL-NGS-18223
16	BTB-00238128	ARS-BFGL-BAC-27352
17	Hapmap24270-BTA-54317	ARS-BFGL-NGS-95736
18	BTB-01916334	Hapmap51101-BTA-97588
19	ARS-BFGL-NGS-1203	BTB-01154553
20	Hapmap25793-BTA-125304	Hapmap26091-BTA-109412
21	Hapmap44291-BTA-81405	
22	ARS-BFGL-NGS-46705	
23	BTA-32746-no-rs	
24	ARS-BFGL-NGS-16050	

25 Hapmap39166-BTA-101760
 26 Hapmap32631-BTA-156665
 27 ARS-BFGL-NGS-116031
 28 UA-IFASA-5697
 29 ARS-BFGL-NGS-42962
 30 ARS-BFGL-NGS-20863
 31 ARS-BFGL-NGS-84901
 32 ARS-BFGL-NGS-33650
 33 Hapmap48667-BTA-16502
 34 BTB-01480099
 35 ARS-BFGL-NGS-29558
 36 BTB-00834995

표 24. 진단력 연관 유전형질(SNP)*

번호	등심육	설도육
1	Hapmap598795-rs29016849	ARS-BFGL-NGS-107861
2	ARS-BFGL10-BAC-2817	Hapmap25090-BTA-157559
3	Hapmap4588115-BTA-63051	UA-IFASA-4825
4	ARS-BFGL-NGS-106738	BTA-90312-no-rs
5	ARS-BFGL-NGS-43056	ARS-BFGL-NGS-22578
6	ARS-BFGL-NGS-96600	Hapmap56325-rs29017678
7	BTB-01123885	Hapmap33430-BTC-037618
8	ARS-BFGL-NGS-6108	ARS-USMARC-670
9	BTB-01380534	ARS-BFGL-NGS-57304
10	ARS-BFGL-NGS-43901	ARS-BFGL-NGS-41117
11	BTB-00327062	Hapmap29803-BTA-126260
12	ARS-BFGL-NGS-78051	BTB-01427085
13	ARS-BFGL-NGS-103721	BTB-00574687
14	Hapmap52146-ss46526966	ARS-BFGL-BAC-35968
15	Hapmap38532-BTA-84823	BTB-01240966
16	ARS-BFGL-NGS-64973	Hapmap45569-BTA-55944
17	BTA-100635-no-rs	Hapmap58649-rs29011010
18	ARS-BFGL-BAC-15012	
19	ARS-BFGL-NGS-32910	
20	BTA-86115-no-rs	
21	BTA-74763-no-rs	
22	ARS-BFGL-NGS-79609	
23	ARS-BFGL-NGS-102370	

다. 맛 관련 유전자 탐색 및 유전변이 탐색

(1). 전단력 관련 유전자(CANP1-CAST) 탐색

Traits	<i>Longissimus dorsi</i> (n=1,000)		<i>Semimembranosus</i> (n=1,000)				Min	Max
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD		
IMF (%)	15.82	4.26	4.82	29.34	4.89	1.86	1.5	15.61
WBSF (kg)	3.97	0.89	2.15	6.92	6.65	1.14	3.4	9.88

표 25. 등심, 설도에서 근내 지방(IMF)과 전단력(WBSF)의 통계 분석

근내 지방 평균은 등심에서 15.82, 설도에서 4.89, 전단력은 각각 3.97, 6.65로 나타남

표 26. CAPN1-CAST 유전자 7개의 SNP에 대한 유전자형 및 발생 빈도

Marker	Genotype	No. of Animals (n=1,000)	Frequency
CAST:c.182G>A (rs109727850)	GG	342	0.342
	AG	495	0.495
	AA	163	0.163
	A		0.411
CAST:c.1526A>G (rs109384915)	AA	349	0.349
	AG	477	0.477
	GG	174	0.174
	G		0.413
CAST:c.1985G>C (rs110914810)	GG	849	0.849
	CG	142	0.142
	CC	9	0.009
	C		0.08
CAPN1:c.580T>C (rs17872079)	TT	360	0.36
	CT	473	0.473
	CC	167	0.167
	C		0.404
CAPN1:c.658T>C (rs17872093)	TT	448	0.448
	CC	433	0.433
	CC	119	0.119
	C		0.336
CAPN1:c.948G>C (rs17872000)	GG	407	0.407
	CG	462	0.462
	CC	131	0.131
	C		0.362
CAPN1:c.1589T>C (rs17871051)	TT	564	0.564
	CT	353	0.353
	CC	83	0.083
	C		0.259

그림 30. Linkage disequilibrium 양상(A)과 hyplotype 빈도(B)

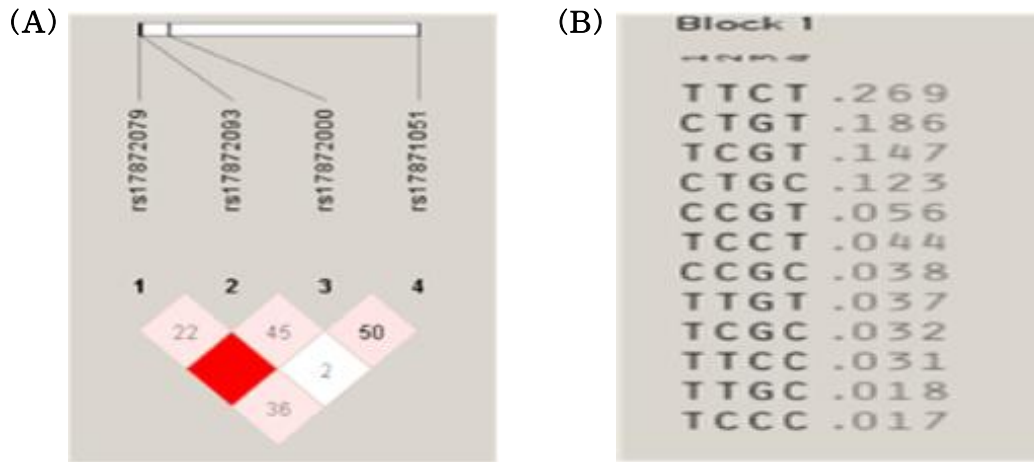
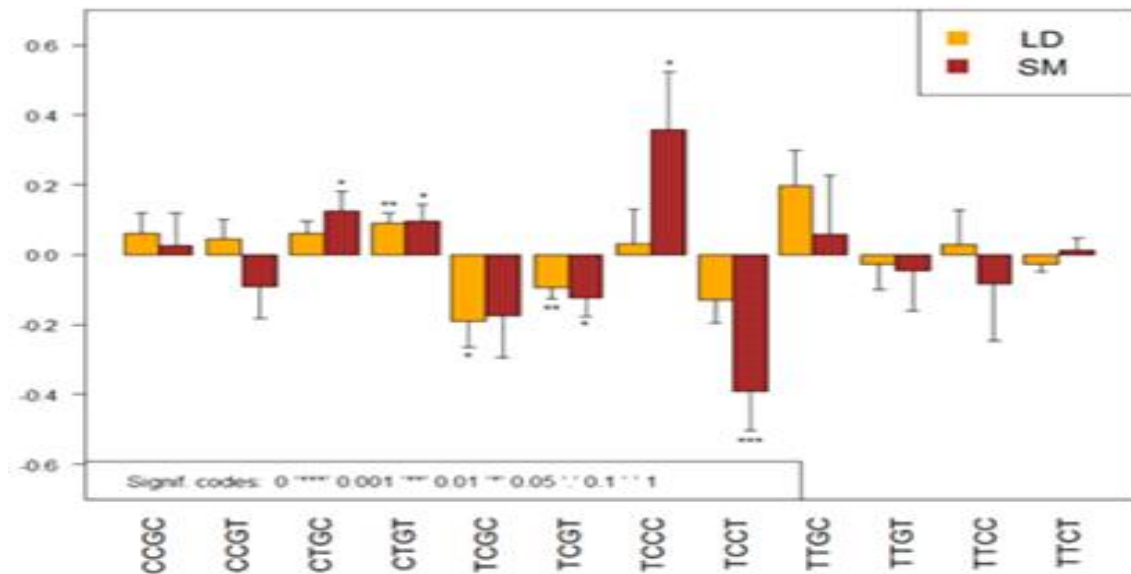


그림 31. 등심과 설도의 전단력과 CAPN1 유전자 4개의 SNP 간 hyplotype effect



빈도가 두 번째로 높은 CTGT(19%)가 등심, 설도에서 각각 0.09($p<0.01$), 0.10kg($p<0.05$)만큼 전단력을 증가시켰다. TCGT(15% frequency)는 전단력을 감소시키는데 영향

표 27. 등심에서 7개의 SNP와 전단력의 연관

Markers	Allele	MAF	WBSF (kg) in <i>Longissimusdorsi</i> at 7days			
			effects	F-stat	p-val	%Var
CAST:c.182G>A (rs109727850)	A	0.41	-0.02 ± 0.04	0	0.96	0.13
CAST:c.1526A>G (rs109384915)	G	0.41	-0.07 ± 0.05	1.38	0.24	1.64
CAST:c.1985G>C (rs110914810)	C	0.08	0.09 ± 0.07	0.01	0.91	0.82
CAPN1:c.580T>C (rs17872079)	C	0.4	0.19 ± 0.06	25.74	<.001**	12
CAPN1:c.658T>C	C	0.34	-0.06 ± 0.06	4.79	0.03*	1.11

(rs17872093) CAPN1:c.948G>C	C	0.36	0.002 ± 0.06	0.1	0.74	0.002
(rs17872000) CAPN1:c.1589T>C	C	0.26	-0.004 ± 0.05	4.25	0.04*	0.006

CAST polymorphism에서는 유의적인 차이가 없었고 CAPN1 유전자 중 3개(CAPN1:c.580T>C, CAPN1:c.658T>C, CAPN1:c.1589T>C)에서 유의성 발견하였다.

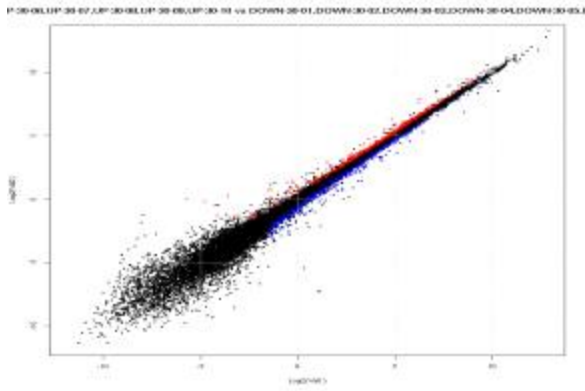
표 28. 설도에서 7개의 SNP와 전단력의 연관

Markers	Allele	MAF	WBSF (kg) in <i>Semimembranosus</i> at 7 days			
			effects	F-stat	p-val	%Var
CAST:c.182G>A (rs109727850)	A	0.41	-0.05 ± 0.06	0	0.968	0.83
CAST:c.1526A>G (rs109384915)	G	0.41	-0.1 ± 0.07	2.91	0.09	3.34
CAST:c.1985G>C (rs110914810)	C	0.08	0.18 ± 0.1	1.56	0.215	3.29
CAPN1:c.580T>C (rs17872079)	C	0.4	0.12 ± 0.08	9.39	0.002**	4.78
CAPN1:c.658T>C (rs17872093)	C	0.34	-0.12 ± 0.08	8.32	0.004 **	4.43
CAPN1:c.948G>C (rs17872000)	C	0.36	0.01 ± 0.08	0.16	0.686	0.03
CAPN1:c.1589T>C (rs17871051)	C	0.26	0.07 ± 0.06	7.89	0.005 **	1.3

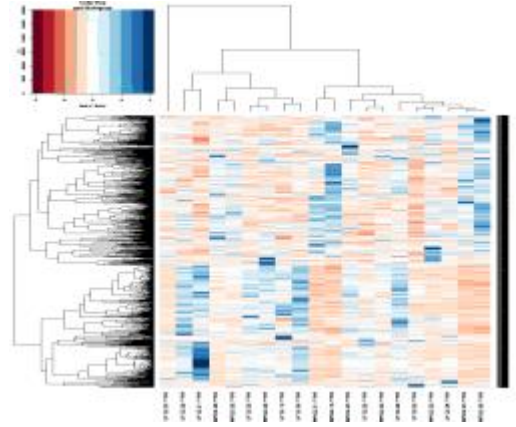
CAST polymorphism에서는 유의적인 차이가 없었고 CAPN1 유전자 중 3개(CAPN1:c.580T>C, CAPN1:c.658T>C, CAPN1:c.1589T>C)에서 유의성을 발견하였다.

(2). 비유전효과에 영향을 미치는 유전 요인 탐색

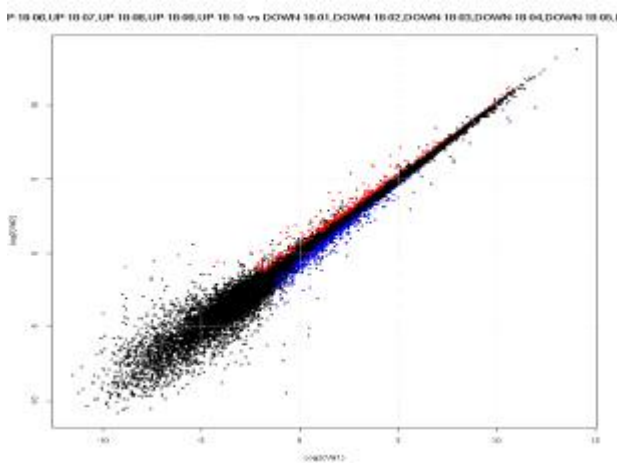
전단력 차이에 따른 등심근육 대용량 발현유전자 분석은 전단력을 기준으로 상.하 그룹을 나누어 그룹 별 각 10두씩(총 20두)을 선발 후 각 개체의 18개월, 30개월의 등심 근육에서 샘플 채취하여 18개월령 한우수소 20두의 등심근육(biopsy)과 30개월령 한우수소 20두의 등심 근육을 이용하여 대용량 RNAseq를 분석하였다.



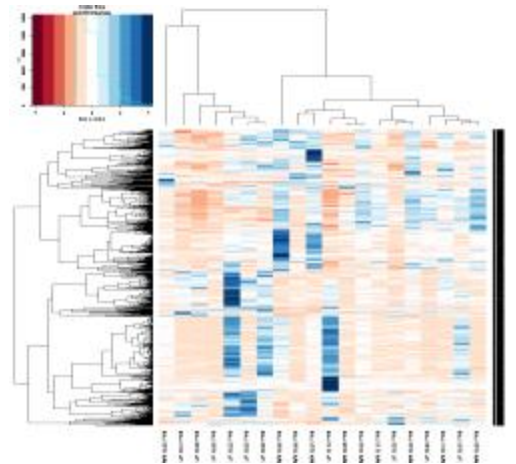
<그림 32. 30개월 상.하 그룹의 transcript를 비교후 분석>



<그림 33. 30개월 상.하 그룹의 개체별 발현 유전자(Heatmap)>

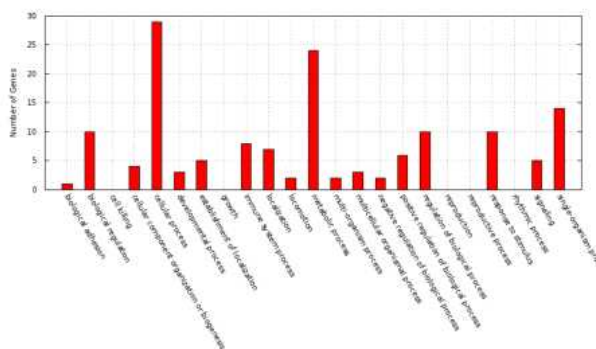


<그림 34. 18개월 상.하 그룹의 transcript를 비교후 분석>

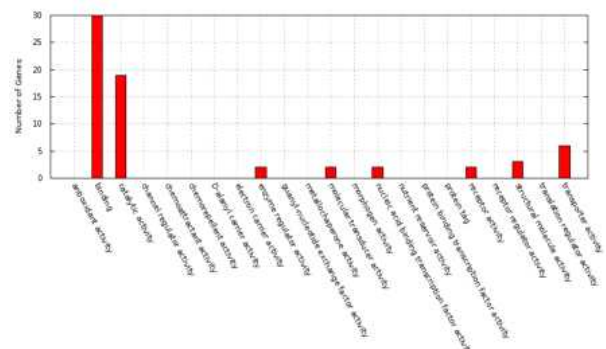


<그림 35. 30개월 상.하 그룹의 개체별 발현 유전자(Heatmap)>

- 40개 근육조직을 이용하여 119,735개 transcript의 변화를 바탕으로 통계분석함



<18개월-생물학적 기능관련 유전자 발현>



<30개월-분자학적 기능관련 유전자 발현>

그림 36. GO분석을 통한 그룹 간 유전자 발현

18개월 그룹 간 등심조직내 성장, 세포분화, 대사관련 유전자 발현이 나타났고, 30개월 그룹 간의 등심근육에서 촉매 활성, 운송체 관련 변화가 나타남

제3절 한우 부위별 기초질검도 분포 정밀지도 작성(제1협동과제)

1. 연구수행내용

< 1년차(2014년) : 한우 결체조직 분석 및 fibroblast 성장 및 분화 특성 조사 >

- 실험설계 및 시료채취: 농촌진흥청 한우연구소에서 사육한 비거세우 10두와 강원도 지역에서 상업적으로 사육된 거세우 10두를 공시하여 2차에 걸친 실험으로 수행하였음. 연구의 특성과 자료의 복합적 활용을 위해서 세부과제간 시료를 공유한 결과로 근육시료의 편차가 있었으나, 시료의 허용량에 따라 시료를 분석하였음.

표 29. 분석 근육 및 시험 설계

근육명	영문명	부위	대체근육	전단력	탄성검사	인장강도	관능검사	콜라겐양	콜라겐타입	SD Spage	pH	육색	가열감량
안심	TL(PM)			o		o	o	o	o	o	o	o	o
등심	LO(LT)	아랫등심		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
채끝	SL(LL)			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
목심	NE(TB)	목심살		o		o	o	o	o	o	o	o	o
앞다리	FL(SS)	꾸리살/부채살		o		o	o	o	o	o	o	o	o
우둔	SM	우둔살		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
설도	BF	설깃살		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
사태	SN	뒷사태	ST(홍두깨)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
갈비	RI	사잇살	GM/KN(보첩살)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
양지	FR(DP)	엽진살		x		o	o	o	o	o	o	o	x

< 2년차(2015년) : 세포환경이 fibroblast 콜라겐 생성에 미치는 영향구명 >

- 실험설계 및 시료채취: 농촌진흥청 한우시험장에서 사육한 한우 15두를 전라북도 소재 국립축산과학원 연구용 도축장에서 2회에 걸쳐(각각 8두와 9두) 도축
- 도축다음날 좌도체에 대해서 등급판정우 우도체의 대분할 10개 부위(등심, 채끝, 안심, 우둔, 설도, 양지, 갈비, 앞다리, 목심, 사태)을 채취하여 사용시료로 사용
- 한우근육 fibroblast는 등심과 우둔 근육에서 채취하여 primary cell line 형태로 분리하여 사용. 근육별 시료의 크기 및 무게의 차이로 인해 실험설계는 이에 따라 실시하였음. 시료분석은 아래의 표 28과 같이 하였음.

표 30. 한우의 부위별 기초질검도 분포 분석을 위한 시험설계

근육	영문명	부위	대체근육	전단력	탄성검사	인장강도	콜라겐양	콜라겐타입	SD Spage	pH	육색	가열감량	콜라겐 발현특성
안심	PM			o	o	o	o	o	o	o	o	o	
등심	LT	아랫등심		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
채끝	LL			o	o	o	o	o	o	o	o	o	
목심	TB	목심살		o		o	o	o	o	o	o	o	
앞다리	SS	꾸리살/부채살		o		o	o	o	o	o	o	o	
우둔	SM	우둔살		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

설도	BF	설깃살		0	0	0	0	0	0	0	0
홍두께	ST		SN(사태)			0	0	0	0	0	0
보섭살	GM	사잇살	RI(갈비)			0	0	0	0	0	0
양지	DP	업진살				0	0	0	0	0	0

< 3년차(2016년) : 콜라겐조직형성에 서 단백질 분해효소와 HSP의 기능구명 >

- 한우 대분할 10개 부위(등심, 채끝, 안심, 우둔, 설도, 양지, 갈비, 앞다리, 목심, 사태)의 조직감, 결체조직 양과 질, 콜라겐 조직의 타입(type 1과 3)에 물리적 및 화학적 특성구명
- 한우 결체조직 fibroblast의 성장 및 환경특성이 콜라겐 조직에 미치는 영향 구명
- 국립축산과학원 대관령 한우연구소에서 사육하는 한우 15두를 국립축산과학원 연구용 도축장에서 도축하여 대분할 10개 부위(등심, 채끝, 안심, 우둔, 설도, 양지, 홍두께, 앞다리, 목심, 보섭)을 채취하여 분석에 사용한다. 한우근육 fibroblast는 등심과 홍두께 근육에서 채취하여 primary cell line 형태로 분리하여 분석에 사용
- 한우 대분할 10개 부위의 조직감, 결체조직 양과 질, 콜라겐 조직의 타입에 물리적 및 화학적 특성구명

표 31. 분석 근육 및 시험 설계

근육	영문명	부위	대체 근육	전단력	탄성검사	인장강도	콜라겐 양	콜라겐 타입	SDSpag e	pH	육색	가열감량	콜라겐 특발현성
안심	PM			0	0	0	0	0	0	0	0	0	
등심	LT	아랫등심		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
채끝	LL			0	0	0	0	0	0	0	0	0	
목심	TB	목심살		0		0	0	0	0	0	0	0	
앞다리	SS	꾸리살 / 부채살		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
우둔	SM	우둔살		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
설도	BF	설깃살		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
홍두께	ST		SN(사태)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
보섭살	GM	사잇살	RI(갈비)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
양지	DP	업진살		0	0	0	0	0	0	0	0	0	

2. 재료 및 분석방법

가. pH 측정

유리전극과 온도측정센서가 장착된 이동용 pH meter (Model203, Testo, Germany)을 이용하여 전극과 온도측정 센서를 고기에(4-5℃) 직접 삽입하여 pH를 측정하였다.

나. 육색측정

육색측정을 위해 전단력 분석용 시료 블록의 한쪽 면을 0.5cm 두께로 절단하여 벗겨내고, 절

단면을 냉암소에서 30분간 발색시킨 후 색차계 (CM-2500d, Konica minolta, Japan)를 이용하여 L=명도, a=적색도, b=황색도를 측정하였고, 3회 반복 측정하여 평균값을 이용하였다. 측정 시 광원은 D65였다.

다. 가열감량

육색측정을 끝낸 고기시료의 주변 지방과 결체조직을 제거한 후 시료 무게를 측정하였고, 스테이크 중심에 디지털 온도 레코더 센서를 꽂은 후 폴리에틸렌 백에 담아 가열 준비를 하였다. 각 시료는 70℃ 항온수조에서 시료 심부온도가 70℃에 도달했을 때 까지 가열 후(60분 가열), 약18℃의 흐르는 물에서 30분간 냉각하였다. 냉각이 끝난 시료의 물기를 제거한 후 무게를 측정하였고, 가열 전/후 무게를 이용하여 백분율로 계산하였다.

라. 물성 측정

물성측정은 Irmischer등 (2013)의 분석방법을 변형하여 측정하며, 인장력과 저항력 및 전단력 등에서 사용에너지 총량, peak force까지 거리 및 에너지 사용량, peak force의 경사도 등을 통하여 결체조직의 물성을 측정한다. 약 400g(6 x 5 x 5cm³)의 근육시료를 근육시료의 주변 지방조직 및 근막을 제거한 고기 블럭 중심에 디지털 온도 레코더 센서를 꽂은 후 폴리에틸렌 백에 담아 가열 준비를 한 후 가열처리한다. 시료는 70℃에서 심부온도가 설정온도에 도달할때 까지 가열한 후 약18℃의 흐르는 물에서 30분간 냉각한다.

전단력(WBSF)는 Instron Universal Testing Machine(Model 3342; Instron Corporation, Norwood, MA, USA)을 사용하여 최소 5개의 코어(지름 0.5인치)을 2cm이상의 길이로 근육의 결에 평행하게 채취하여 V 모양의 절단기로 50kg의 로드로 200mm/min속도로 절단하여 시료를 절단하는 힘으로 나타낸다(Wheeler et al.,2000)



그림 37. 전단력 시료채취 사진

인장강도(Adhension tensile test) 는 전단력 특정시와 같은 조건으로 가열된 시료를 길이 70mm, 넓이 10mm, 깊이 10mm로 수술용 칼로 근육결에 평행하게 잘라 50mm/min 속도로 시료가 갈라질때까지 당겨 그때 사용된 힘의 질과 양으로 측정하였다(사진참조). 시료는 Lu et al. (1998)의 방법과 유사하게 시료를 잡는 그립사이에 근육결에 평행하게 고정하여 조직이 찢어지는 힘과 모양을 측정하였다(Honikel, 1998). 특정된 힘의 단위는 maximum force (N), tensile strain at maximum force (%), tensile extension at maximum force (mm), breaking strength (N/cm²), tensile strain at break (%) and tensile extension at break (mm)였다.

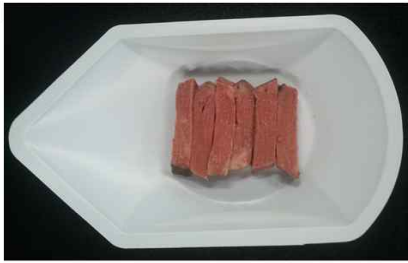


Figure 2 Sample size for tensile test of Hanwoo beef.



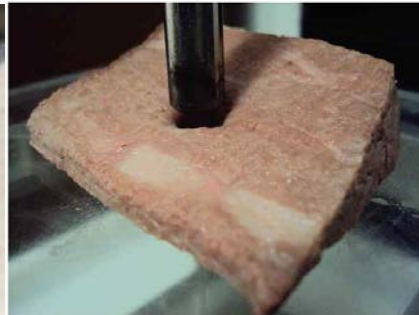
Figure 2 (a) Sample set up First stage for tensile test



그림 38. 인장강도 시료 채취 모양

탄성검사(Compression test, Instrumental Texture Profile Analysis, TPA)

가열된 시료는 웨지모양(a shallow end 0.5mm, deep end 1.5mm, 70x60 mm)으로 절단하여 평행하게 검사대 위에 올린다. 헤드에 장착된 실린더모양의 봉 프로브(지름 6.3mm)를 바닥에서 10mm높이에 위치하도록 조정하여 웨지모양의 시료를 프로브 밑에 위치시켜 시료의 높이 10mm위치 중앙에 위치하도록 시료의 위치를 조정한다. 시료를 50mm/min 속도로 첫 번째 80% 압착하고(즉, 8mm), 두 번째 사이클에서는 같은 위치를 60%압착한다. 시료단 총 6 부분을 측정하여 hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, resilience을 구하였다penetration (Caner et al. 2008).



Driven a blunt cylindrical metal rod (6.3 mm in diameter) into sample for TPA



그림 39. 탄성검사 시료 채취사진

전단력검사	탄성검사	인장력검사

마. 콜라겐의 양과 질 측정

콜라겐 양 측정은 Kurt (1990)의 분석방법을 이용하여 측정한다. 분쇄한 고기시료 4g을 삼각플라스크에 넣고 7N황산용액 300ml을 첨가하여 105℃에서 16시간동안 가수분해한다. 가수분해 후 500 ml의 플라스크에 넣고 증류수로 희석한 후, 희석된 용액을 Whatman paper #541 여과지를 이용하여 여과한 후, 여과액 5ml을 증류수로 20배 희석한다. 희석액 2 ml에 Oxidation 용액(Chloramines-T in buffer solution included citric acid, sodium hydrate, and sodium acetate) 을 1 ml을 넣고 혼합한 후 실온에 20분 동안 정치한 후 1ml의 발색시약 (4-dimethly-aminobenzaldehyde: perchloric acid:2-propanol, 10:30:65, w:v:v)을 혼합한 후 마개를 덮고 항온수조(60℃)에서 15분간 가열하고 18℃의 흐르는 물에서 3분간 냉각시킨 후 558nm wave length에서 흡광도를 측정한다. 콜라겐 함량의 standard curve는 hydroxyproline으로 하며, 콜라겐 총 함량(%)는 hydroxyproline함량에 8을 곱하여 계산한다.

바. 콜라겐 용해성 측정

Silva 등(1999)의 방법에 따라 측정한다. 불용성 콜라겐은 분쇄된 고기 시료 4 g과 Ringer solution(103mM sodium chloride, 1.01mM potassium chloride, 0.9mM calcium chloride, 1.19mM sodium bicarbonate) 30 ml을 conical tube에 넣고 균질기를 이용하여 10,000 rpm으로 1분 동안 균질한다. 균질한 시료를 70℃의 항온수조에서 70분 동안 가열한 후, 3,000 rpm 으로 30분 동안 원심분리 하고 상층액을 조심스럽게 제거하여 침전물을 수거한다. 수거한 침전물에 7N 황산 30 ml을 넣고 105℃에서 16시간동안 가수분해한 후 500 ml의 플라스크에 옮겨 증류수로 희석하고, 희석된 용액을 Whatman paper #541 여과지를 이용하여 여과하여 여과액 5ml을 증류수로 20배 희석한다. 희석액 2 ml에 Oxidation 용액(Chloramines-T in buffer solution included citric acid, sodium hydrate, and sodium acetate) 을 1 ml을 넣고 혼합한 후 실온에 20분 동안 정치한 후 1ml의 발색시약 (4-dimethly-aminobenzaldehyde: perchloric acid:1-propanol, 10:30:65, w:v:v)을 혼합한 후 마개를 덮고 항온수조(60℃)에서 15분간 가열하고 18℃의 흐르는 물에서 3분간 냉각시킨 후 558nm wave length에서 흡광도를 측정한다. 불용성 콜라겐 함량의 standard curve는 hydroxyproline으로 하며, 콜라겐 총 함량(%)는 hydroxyproline함량에 8을 곱하여 계산한다. 용해성 콜라겐의 경우 총 콜라겐 함량에서 불용성 콜라겐 함량을 제하여 용해성 콜라겐으로 계산한다.

사. 콜라겐의 면역학적 특징

Collagen I과 III, elastin 분석을 위해 western blotting을 이용하며, 분석 방법은 , Wardale 등(1993)과 Dahiya 등(2011)의 방법을 응용한다. 1차 전기영동을 위해 근육시료 0.3 g에 RIPA buffer 0.9 ml을 첨가하여 1분간 균질한 후 DC Protein Assay Kit(BIO-RAD, USA)를 이용하여 단백질 농도를 측정하였고, SDS-PAGE sample buffer (pH6.8)을 이용하여 2 mg/ml로 만든 후 95 ℃에서 5분 가열하여 전기영동 시료로 이용한다. 준비된 샘플은 12.5% Acryamind separate gel(37.5:1 ratio of acrylamide to bisacrylamide)에 4% Acryamind의 stacking gel, 을 이용하여 150 volts에서 60분간 분리하고, PVDF 멤브레인에 200 mA에서 60분간 transfer하여 western blotting에 이용한다. 단백질이 Transfer 된 membrane을 TTBS를 이용한 5% non-fat blocking 용액으로 실온에서 60분 동안 blocking하였다. 1차 항체는 monoclonal collagen I, III, elastin (1:100, 1:200, 1:500)으로 하고, 2차 항체로 Alkaline phosphate가 conjugate된 항체를 이용하여 BCIP/NBT(Bio-Rad laboratories, CA)에 의해 발색, VersaDoc 3000(Bio-Rad laboratories, USA)를 이용하여 이미지화 한다.

아. 콜라겐타입의 정량

근육시료에서 콜라겐추출은 Muralidharan et al.(2013)의 방법에 의해서 수행되었다. 지방을제거한 시료를 5mm 크기로 잘르고 0.8 M NaCl의 용액으로 1:6의 비율로 세 번 세척하였다. 냉각 증류수로3회 세척 후 0.1 M NaOH(1:10비율)에서 3일 동안 시터어링하면서 추출하고 냉각수로 세척하였다. 시료는 5mM EDTA/0.5M CH₃COOH용액에서 10,000rpm으로 15초 동안 4차례 분쇄 후, 5mM EDTA/0.5M CH₃COOH 용액을 근육과 배양액이 1:15(W/V) 비율이 되도록 추가 첨가 후 48시간 동안 교반하면서 배양하였다. 이 기간 동안 12시간 간격으로 총 4회 펩신(50mg/g고기)을 첨가하여(Heu et al., 2010) 콜라겐을 추출하였다. 배양이 끝난 후 7000g에서 15분 원심분리하여 상층액을 취하고 4M NaCl솔트아웃하고 15000g에서 15분 원심분리하였다. 침전분핵을 최소한의 1M 아세트산에 녹여 0.02M Na₂HPO₄ 에 46시간 투석하였다. 단백질 정량후 6% SDS-PAGE 콜라겐 타입 I과 III을 정량하였다. 정량방법은 면역학적방법의 전기영동법을 적용시켰다.

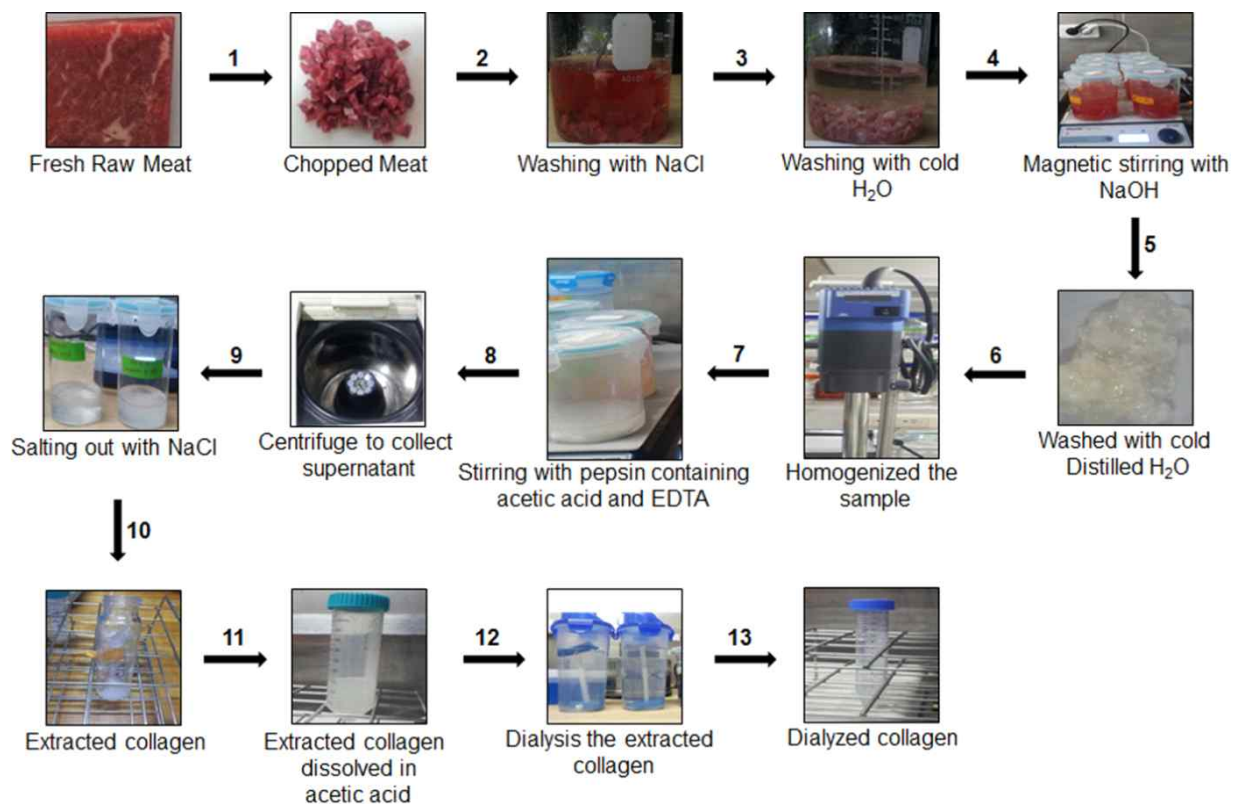


그림 40. 콜라겐 타입 I과 III 추출방법

자. 관능검사 방법

관능검사는 6x6 팩토리얼디자인에 의해 non-trained 패널에 의해 실시한다. 각각의 패널은 총 6개의 시료를 검사하며, 각각의 시료는 각기 다른 총 6명의 패널에 의해 검사된다. 시료와 검사자의 배치는 완전임의법에 의해서 실시한다. 시료는 -2도 시 상태에서 자동 절단기로 4 mm x 40 mm x 60 mm의 크기로 절단하여 관능검사 낱짜, 세션, 검사자 및 검사 순서에 따른 관능검사 실험설계에 따라 분리하여 포장한다. 시료는 240℃ 표면온도에서 미디엄을 목표표면에 육즙이 형성되는 시점에서 뒤집어 반대쪽을 가열후 시료가 수축이 시작되는 시점에서 완료한다. 가열된 시료는 곧바로 검사자에게 전달되어 1분 이내에 검사가 완료되도록 한다. 검사항목은 다음항목을 1점에서 100 점의 스케일과 한다. 관능특성은 씹는 힘, 저작하는힘, 연도, 다즙성 및 만족도로 평가하였다.



그림 41. 결체조직 관능검사방법

차. 한우Fibroblast의 분리와 배양

한우 Fibroblast세포는 등심과 홍두깨근육에서 Doson et al. (1987)의 방법을 변형하여 분리한다. 도축 후 수 분 안에 LD와 ST근육이 분리되었고 근막과 대부분의 지방을 제거한다. 근육조각을 소형 그라인더로 간 후 pronase (1 mg/ml)로 37°C 에서 60분간 효소적 처리를 하였고, 원심분리를 통해 단일세포를 분리한다. Primary 근육세포는 15% fetal bovine serum (FBS; GIBCO), 100 IU/mL penicillin, and 100 ug/mL streptomycin)을 포함하고 있는 growth medium (GM, Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM; GIBCO)을 이용하여 37°C의 가습 CO₂ 배양기에서 배양한다. 세포가 80% 융합하였을 때 PBS(0.5% BSA and 2mM EDTA 포함)을 이용하여 세포를 수집하였다. 수집한 세포가 포함된 PBS 용액을 원심 분리하여 세포를 가라앉히고 10 ug anti-M-cadherin antibody가 포함된 100 ul PBS로 가라앉은 세포를 부유시켜낸 후 20 µl of anti-mouse IgG1 microbeads와 함께 4°C에서 1시간 동안 배양한다. 마지막으로 세포를 107cells/500µlPBS이 되도록 희석하고 magnetic cell sorting system. AutoMACS (Milteny Biotec, Germany)을 이용하여 Fibroblast만 분리후 95% air와 5% CO₂를 포함하는 습한 환경 조건인 37°C의 GM에서 배양되었다. growth medium에서 배양된 위성세포는 약 80% 융합한 이후 계대배양 한다.

카. 세포성장 특성 및 분화

세포성장특성은 Reverse Phase 현미경을 통하여 주기적으로 관찰하며, 세포성장 및 사멸은 MTT방법을 통하여 실시한다(Ba et al., 2013)

타. 단백질 발현

칼페인을 포함한 단백질 발현은 Westernblot을 통하여 실시한다. SDS-전기영동은 12.5% 아크릴 아마이드젤로 분리한후, 분리된 젤은 350mA에서 60분 동안 Hybond-P polyvinylidene fluoride(Amersham, IL)로 전사시킨다. 전사된 단백질을 Anti-Troponin-calpain (Clone JLT-12, Sigma)와 Anti-HSP(Clone DE- U-10, Sigma) 단일 항체와 goat anti-mouse IgG AP로 탐색되어 BCIP/NBT로(Bio-Rad lab., CA) 의해서 발색 시킨다(Hwang 등, 2003).

파. RNA 발현

24시간, 48시간 배양 후에 수집된 세포들은 total RNA 분석을 위해 Trizol reagent를 이용하여 용해하였고, total RNA 분석은 manufacturer's protocol을 따라 추출하였다. First-strand cDNA는 total RNA의 1 μ g으로부터 M-MLV Reverse Transcriptase를 이용하여 the anchored oligo d(T) 12-18 primer(Gene Link)와 함께 합성되었다. Real-time PCR을 통하여 각 샘플로부터 추출된 total RNA 10 ng을 이용하여 cDNA equivalent를 합성하였고, 이 때 사용한 bovine μ -calpain, caspases, 및 HSP 의 발현을 분석한다. RT-PCR은 manufacturer's instruction에 따라 SsoFast™ EvaGreen® Supermix (Bio-Rad) 10 μ l를 사용하여 수행되었다. Relative ratios는 $2^{-\Delta\Delta CT}$ method (Pfaffl, 2001)에 기초하여 계산하였고, PCR은 CFX96™ Real-Time PCR Detection Systems (Bio-Rad)를 사용하여 모니터한다.

3. 연구결과

가. 한우 결체조직 분석 및 fibroblast 성장 및 분화 특성 조사

근육	근육	pH	CIE L*	CIE a*	CIE b*	Cooking loss (%)	WBSF (kgf)	Instron Adhesion(kgf)
TL	안심	5.477	36.974 ^{ba}	19.963 ^a	14.717 ^{ba}	21.232 ^a	3.065 ^b	2.183 ^{bc}
LO	등심	5.65	34.450 ^b	15.603 ^b	11.364 ^c	15.464 ^b	5.011 ^a	1.716 ^c
SL	채끝	5.684	34.696 ^b	15.583 ^b	11.289 ^c	13.550 ^b	4.480 ^a	2.073 ^{bc}
NE	목심살	5.554	36.276 ^{ba}	17.779 ^{ba}	12.379 ^{bc}	21.813 ^a	4.349 ^a	2.856 ^{ba}
FL	꾸리살	5.597	36.332 ^{ba}	18.047 ^{ba}	12.773 ^{bac}	24.811 ^a	4.016 ^{ba}	2.479 ^{bac}
SM	우둔살	5.597	35.377 ^b	20.044 ^a	15.195 ^a	22.812 ^a	4.812 ^a	2.286 ^{bac}
ST	홍두깨	5.597	39.376 ^a	17.514 ^{ba}	14.869 ^{ba}	21.389 ^a	4.489 ^a	2.880 ^{ba}
BF	설깃살	5.515	37.088 ^{ba}	18.073 ^{ba}	13.246 ^{bac}	21.170 ^a	4.708 ^a	3.059 ^a
KN	보첩	5.633	35.239 ^b	16.247 ^b	12.442 ^{bc}	20.770 ^a	4.713 ^a	2.056 ^{bc}
FR	업진살	5.563	38.167 ^{ba}	19.273 ^a	14.671 ^{ba}	.	.	2.439 ^{bac}

표 32. 한우 비거세우 3일 숙성 부위별 이화학적 특성 및 물성(전단력, 인장력) 특성
^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

한우 비거세우 근육 10 부위의 도축후 3일 이화학적 특성은 표 1과 같았음. 근육별 pH의 차이는 나타나지 않았으나, 육색의 적색도에서 큰 편차를 보임. 또한 가열감량도 높은 편차를 보였으며 이는 저등급 비거세우의 경우 조직간 편차가 큼을 나타냄. 전단력은 등심에서 높은 값을 보였으며 안심이 가장 낮은 값을 보였음. 반면 근섬유간 찢어지는 힘을 나타내는 인장력(Adhesion)은 등심에서 가장 낮았고, 설깃살에서 가장 높게 나타났음.

근육	근육	pH	CIE L*	CIE a*	CIE b*	Cooking loss (%)	WBSF (kgf)	Instron adhesion(kgf)
TL	안심	5.52	39.04 ^{ba}	19.92	15.54	22.16 ^{bc}	2.63 ^c	1.80 ^{cbd}
LO	등심	5.78	37.53 ^{ba}	18.79	14.36	19.60 ^c	2.66 ^c	1.06 ^e
SL	채끝	5.73	38.25 ^{ba}	18.73	14.74	20.58 ^{bc}	2.85 ^{bc}	1.21 ^{ed}
NE	목심살	5.61	38.05 ^{ba}	18.85	14.47	23.44 ^{ba}	3.25 ^{bac}	1.622 ^{cebd}
FL	꾸리살	5.65	36.68 ^b	21.04	14.7	26.97 ^a	3.32 ^{bac}	3.08 ^a
SM	우둔살	5.63	36.47 ^b	20.76	15.28	23.37 ^{ba}	3.91 ^a	1.39 ^{ced}
ST	홍두깨	5.64	40.31 ^a	20.6	16.76	23.86 ^{ba}	3.18 ^{bc}	2.12 ^b
BF	설깃살	5.69	38.48 ^{ba}	19.19	14.54	26.27 ^a	3.52 ^{ba}	1.95 ^{cb}
KN	보섭	5.64	36.87 ^b	19.77	14.89	20.81 ^{bc}	3.32 ^{bac}	1.462 ^{cebd}
FR	엽진살	5.67	40.37 ^a	19.44	15.02	.	.	3.45 ^a

표 32-1. 한우 비거세우 21일 숙성 부위별 이화학적 특성 및 물성(전단력,인장력)

특성^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

한우 비거세우 근육 10 부위의 도축후 21일 이화학적 특성은 표 1-1과 같았다.

숙성기간동안 일부 근육(예, 등심, 채끝)에서 pH가 약간 상승하는 수치를 보였고, 육색도 적색도에서 높은 수치를 보였음. 4도시 21일 숙성후 전단력은 안심, 등심, 채끝 등의 근육이 낮았고, 설깃살 등은 높은 전단력을 나타냄. 인장력(Adhesion)은 꾸리살과 엽진살 등에서 높은 수치를 나타냈다.

		Springiness (Recovery) (S)(mm)	Gumminess (kgf)	Adhesiveness (J)	Chewiness (N*mm)
LO	등심	0.9625 ^b	0.0938	-0.0038	0.1588
SL	채끝	1.0325 ^{ba}	0.1325	-0.0063	0.2725
SM	우둔살	0.9863 ^b	0.1575	-0.0088	0.3113
ST	홍두깨	1.2575 ^a	0.2750	-0.0063	0.4988
BF	설깃살	1.0813 ^{ba}	0.2163	-0.0050	0.3913
KN	보섭	0.8738 ^b	0.0988	-0.0050	0.2775

표 33. 한우 비거세우 3일 숙성 부위별 물성(탄성) 특성

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

도축후 3일째 탄성(springiness), 점착성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)에서는 홍두깨 근육의 탄성이 가장 높았으며, 홍두깨과 설깃살이 점착성과 씹힘성이 높았고, 안심과 보섭살이 점착성과 씹힘성이 낮게 나타났다.

		Springiness (Recovery) (S)(mm)	Gumminess (kgf)	Adhesiveness (J)	Chewiness (N*mm)
LO	등심	0.8960	-0.0030	-0.0010 ^a	0.0950 ^b
SL	채끝	1.0550	0.1100	-0.0030 ^{ba}	0.3480 ^{ba}
SM	우둔살	0.9100	0.0690	-0.0060 ^b	0.1980 ^{ba}
ST	홍두깨	1.0560	0.1510	-0.0060 ^b	0.3310 ^{ba}
BF	설깃살	1.0910	0.1250	-0.0040 ^{ba}	0.3450 ^{ba}
KN	보섭	1.1750	0.2030	-0.0030 ^{ba}	0.4000 ^a

표 33-1. 한우 비거세우 21일 숙성 부위별 물성(탄성) 특성

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

도축후 21일째 탄성(springiness), 점착성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness) 에서는 탄성과 점착성에서는 큰 차이를 나타나내 않았으나, 씹힘성에서는 등심이 가장 낮았으며 보섭살이 가장 높았다.

근육	근육	Total Collagen(HPg/100 meat)	Heat-soluble collagen(HPg/100 meat)	Collagen type I	Collagen type III	Ratio (type I /type III)
TL	안심	0.4180 ^{dc}	0.3140 ^a	5122.6 ^{ba}	2647.7 ^{dc}	1.9374 ^a
LO	등심	0.3574 ^{dc}	0.1696 ^b	5144.5 ^{ba}	2522.0 ^d	2.0392 ^a
SL	채끝	0.2984 ^d	0.1388 ^b	4950.6 ^{ba}	2539.4 ^d	1.9714 ^a
NE	목심살	0.6181 ^{bac}	0.5109 ^a	4901.9 ^{bac}	3638.0 ^a	1.3513 ^b
FL	꾸리살	0.7230 ^{ba}	0.5170 ^a	4193.4 ^c	2661.7 ^{dc}	1.5771 ^b
SM	우둔살	0.4753 ^{bdc}	0.3050 ^{ba}	4819.1 ^{bac}	3106.9 ^{bc}	1.5525 ^b
ST	홍두깨	0.7577 ^{ba}	0.5850 ^a	5417.5 ^a	3605.9 ^a	1.5024 ^b
BF	설깃살	0.5476 ^{bdac}	0.4136 ^{ba}	4544.5 ^{bc}	3211.4 ^{ba}	1.4148 ^b
KN	보섭	0.4578 ^{bdc}	0.2510 ^{ba}	4564.0 ^{bc}	3192.6 ^{ba}	1.4299 ^b
FR	업진살	0.8323 ^a	0.5550 ^a	4929.4 ^{bac}	3622.0 ^a	1.3611 ^b

표 34. 한우 비거세우 3일 숙성 부위별 콜라겐 함량

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

도축후 3일 총콜라겐 함량은 업진상, 홍두깨 및 꾸리살이 높았으며, 등심, 채끝에서 낮게 나타났다. 열 용해성 콜라겐은 업진살, 목심살 및 홍두깨에서 높았고, 채끝과 등심은 상대적으로 낮게 나타났다. 콜라겐 타입 I과 III의 비율에서는 부드러운 고기인 안심, 등심 및 채끝이 type I의 비율이 높았고, 질긴 부위인 설깃살, 보섭 및 홍두깨 살이 type III의 비율이 높았다.

근육	근육	Total Collagen(HPg/100 meat)	Heat-soluble collagen(HPg/100 meat)
TL	안심	0.2190 ^e	0.0648 ^e
LO	등심	0.2952 ^{de}	0.1778 ^{dec}
SL	채끝	0.3664 ^{dce}	0.2130 ^{bdec}
NE	목심살	0.5616 ^{bc}	0.3219 ^{bdac}
FL	꾸리살	0.7018 ^{ba}	0.3580 ^{bdac}
SM	우둔살	0.4143 ^{dc}	0.1340 ^{de}
ST	홍두깨	0.5540 ^{bc}	0.4347 ^{ba}
BF	설깃살	0.5280 ^{bc}	0.4000 ^{bac}
KN	보섭	0.4433 ^{dc}	0.2028 ^{bdec}
FR	업진살	0.7538 ^a	0.5293 ^a

표 34-1. 한우 비거세우 21일 숙성 부위별 콜라겐 함량

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

도축후 21일 총콜라겐 함량은 업진살, 꾸리살에서 높게 나타났으며, 안심 및 등심에서 낮게 나타났다. 열 용해성 콜라겐은 업진살과 홍두깨에서 높게 나타났고, 안심과 등심 및 채끝에서 높게 나타났다.

근육	근육	썹는 횟수	저작하는힘	연도	다즙성	만족도
TL	안심	40.517 ^b	69.21 ^a	68.56 ^a	57.30 ^{bac}	2.31 ^a
LO	등심	56.9 ^{ba}	47.81 ^b	43.07 ^{cb}	56.07 ^{bdac}	1.77 ^b
SL	채끝	62.067 ^a	47.80 ^b	44.81 ^{cb}	63.39 ^{ba}	1.93 ^{ba}
NE	목심살	48.067 ^{ba}	57.21 ^{ba}	52.68 ^b	61.02 ^{bac}	2.37 ^a
FL	꾸리살	60.167 ^a	45.91 ^b	44.48 ^{cb}	66.83 ^a	1.97 ^{ba}
SM	우둔살	58.533 ^{ba}	44.03 ^b	37.75 ^c	52.41 ^{bdc}	1.57 ^b
ST	홍두깨	48.967 ^{ba}	46.52 ^b	45.29 ^{cb}	50.29 ^{dc}	1.70 ^b
BF	설깃살	54.69 ^{ba}	49.42 ^b	47.73 ^{cb}	44.45 ^d	1.55 ^b
KN	보섭	43.367 ^{ba}	47.62 ^b	46.40 ^{cb}	53.88 ^{bdc}	2.00 ^{ba}

표 35. 한우 비거세우 3일 숙성 부위별 관능 특성 (panel test)

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

부위별 물성을 중심으로한 관능특성을 조사한 결과 썹는 횟수가 가장 많이 필요한 근육은 채끝과 꾸리살이 었으며, 안심과 보섭살이 가장 적은 횟수를 저작하였다. 연도는 우둔살이 가장 낮게 나왔으며 안심이 가장 높게 나와 연도와 저작횟수가 직접적인 상관관계는 성립하지 않았다.

근육	근육	pH	CIE L*	CIE a*	CIE b*	Cooking loss (%)	WBSF (kgf)	Instron adhesion(kgf)
TL	안심	5.52 ^{cd}	38.97 ^d	18.14 ^c	13.98 ^b	18.54 ^{bdac}	2.49 ^{bc}	.
LO	등심	5.48 ^{de}	47.67 ^a	19.72 ^{cb}	17.85 ^{ba}	15.17 ^{de}	2.25 ^c	.
SL	채끝	5.46 ^{de}	43.57 ^{bc}	19.64 ^{cb}	16.27 ^b	15.58 ^{dec}	3.52 ^a	0.7887 ^c
NE	목심살	5.59 ^b	38.49 ^d	19.28 ^{cb}	14.21 ^b	14.22 ^{fe}	3.96 ^a	2.3994 ^a
FL	꾸리살	5.59 ^b	39.51 ^{dc}	18.75 ^{cb}	14.59 ^b	18.83 ^{bdac}	3.98 ^a	.
SM	우둔살	5.47 ^{de}	38.42 ^d	23.50 ^a	17.33 ^{ba}	20.49 ^a	3.31 ^a	1.6024 ^b
ST	홍두깨	5.50 ^{cde}	40.51 ^{dc}	20.71 ^b	22.87 ^a	19.30 ^a	3.69 ^a	.
BF	설깃살	5.55 ^{cb}	40.65 ^{dc}	19.85 ^{cb}	15.81 ^b	16.79 ^{bdec}	3.79 ^a	1.6319 ^b
KN	보첩	5.44 ^e	41.04 ^{dc}	23.49 ^a	18.25 ^{ba}	17.93 ^{bdac}	3.52 ^a	.
FR	엽진살	5.72 ^a	46.65 ^{ba}	18.44 ^{cb}	16.42 ^b	11.03 ^f	3.11 ^{ba}	.

표 36. 한우 거세우 3일 숙성 부위별 이화학적 특성 및 물성(전단력, 인장력) 특성

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

도축후 3일 거세우 부위별 이화학적 특성은 pH의 경우 정상범위에 있었으나, 육색은 근육간 큰 편차를 나타냈다. 가열감량에서는 우둔살과 꾸리살에서 가장 높았다. 전단력의 경우 꾸리살, 목심살이 가장 높았고, 등심 및 안심에서 가장 낮았다. 인장력은 목심살에서 가장 높았고, 채끝에서 가장 낮게 나타났다.

근육	근육	Springiness (Recovery) (S)(mm)	Gumminess (kgf)	Adhesiveness (J)	Chewiness (N*mm)
TL	안심	0.8920b	0.1000ba	-0.0066 ^{bac}	0.1320 ^{ba}
LO	등심	1.1488ba	0.1338ba	-0.0037 ^{ba}	0.2447 ^{ba}
SL	채끝	0.9888b	0.0500b	-0.0033 ^a	0.1052 ^{ba}
NE	목심살	1.4620a	0.2620a	-0.0067 ^{bac}	0.4543 ^a
SM	우둔살	1.0433b	0.1767ba	-0.0094 ^c	0.2642 ^{ba}
ST	홍두깨	0.8475b	0.2650a	-0.0077 ^{bc}	0.3726 ^{ba}
BF	설깃살	1.1044ba	0.1622ba	-0.0057 ^{bac}	0.2753 ^{ba}
KN	보첩	1.1844ba	0.1411ba	-0.0058 ^{bac}	0.2173 ^{ba}
FR	엽진살	0.9667b	0.0500b	-0.0043 ^{ba}	0.0860 ^b

표 37. 한우 거세우 3일 숙성 부위별 물성(탄성) 특성

^{abc} Means with the different letter in the column are significantly different (P < 0.05)

거세우 도축후 3일째 탄성(springiness), 점착성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)에서는 탄성의 경우 목심살이 가장 높았고, 안심과 홍두깨에서 가장 낮게 나타났다. 점착성에서는 목심살과 홍두깨에서 가장 높았고, 엽진살과 채끝에서 가장 낮게 나타났다. 씹힘성은 목심살에서 가장 높게 나왔고, 엽진살에서 가장 낮았다.


	<div data-bbox="810 141 1114 365"></div> <div data-bbox="1134 141 1437 365"></div> <div data-bbox="914 376 1011 409">홍두깨</div> <div data-bbox="1233 376 1299 409">채끝</div> <div data-bbox="805 436 1114 660"></div> <div data-bbox="1134 436 1437 660"></div> <div data-bbox="914 667 979 701">안심</div> <div data-bbox="1254 667 1319 701">설깃</div>
근육 MRI 촬영모습	부위별 MRI 사진(동물 1)
<div data-bbox="212 846 456 1093"></div> <div data-bbox="485 846 735 1093"></div> <div data-bbox="300 1104 397 1137">홍두깨</div> <div data-bbox="571 1104 636 1137">채끝</div> <div data-bbox="212 1160 456 1406"></div> <div data-bbox="485 1160 735 1406"></div> <div data-bbox="300 1429 365 1462">안심</div> <div data-bbox="587 1429 652 1462">설깃</div>	<div data-bbox="850 835 1102 1081"></div> <div data-bbox="1129 835 1382 1081"></div> <div data-bbox="938 1104 1035 1137">홍두깨</div> <div data-bbox="1209 1104 1275 1137">채끝</div> <div data-bbox="850 1160 1102 1406"></div> <div data-bbox="1129 1160 1382 1406"></div> <div data-bbox="938 1429 1003 1462">안심</div> <div data-bbox="1225 1429 1291 1462">설깃</div>
부위별 MRI 사진(동물 2)	부위별 MRI 사진(동물 3)

그림 42. 부위별 MRI 사진

MRI를 통해 결체조직의 분포 및 구성을 알아보기 위해 고기 질감도의 대표 근육이라 판단되는 홍두깨, 채끝, 안심 및 설깃근육을 촬영하였다. 사진에서 나타난 바와 같이 해상도가 상대적으로 낮은 동물MRI를 활용한 촬영이었으나, 결체조직으로 추정되는 물리적 특성이 다른 (지방은 아님) 성분들이 나타나고 있다. 하지만 동물간 반복간 촬영각도간 유의적인 모습은 관찰되지 않았다.

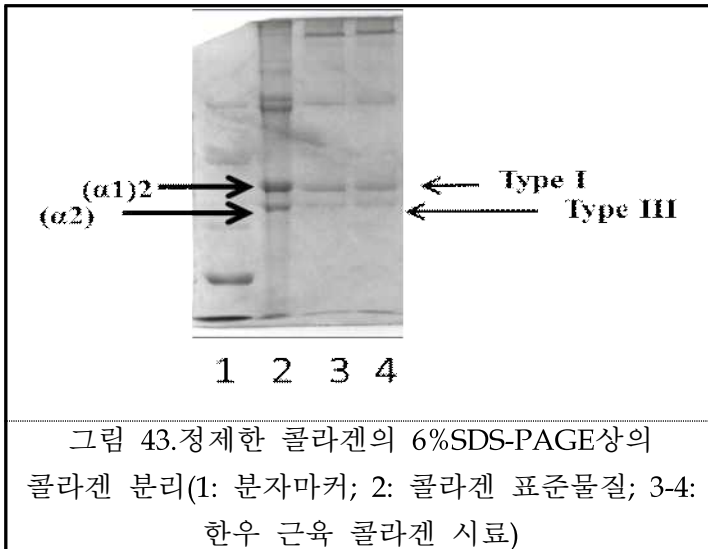


그림 43.정제한 콜라겐의 6%SDS-PAGE상의 콜라겐 분리(1: 분자마커; 2: 콜라겐 표준물질; 3-4: 한우 근육 콜라겐 시료)

정제한 콜라겐 추출물을 전기영동으로 분리한 결과 type I과 type III가 각각 125 kDa and 120 kDa으로 나타났고, 시료에서도 분리가 성공적으로 이루어 짐을 볼수 있었다.

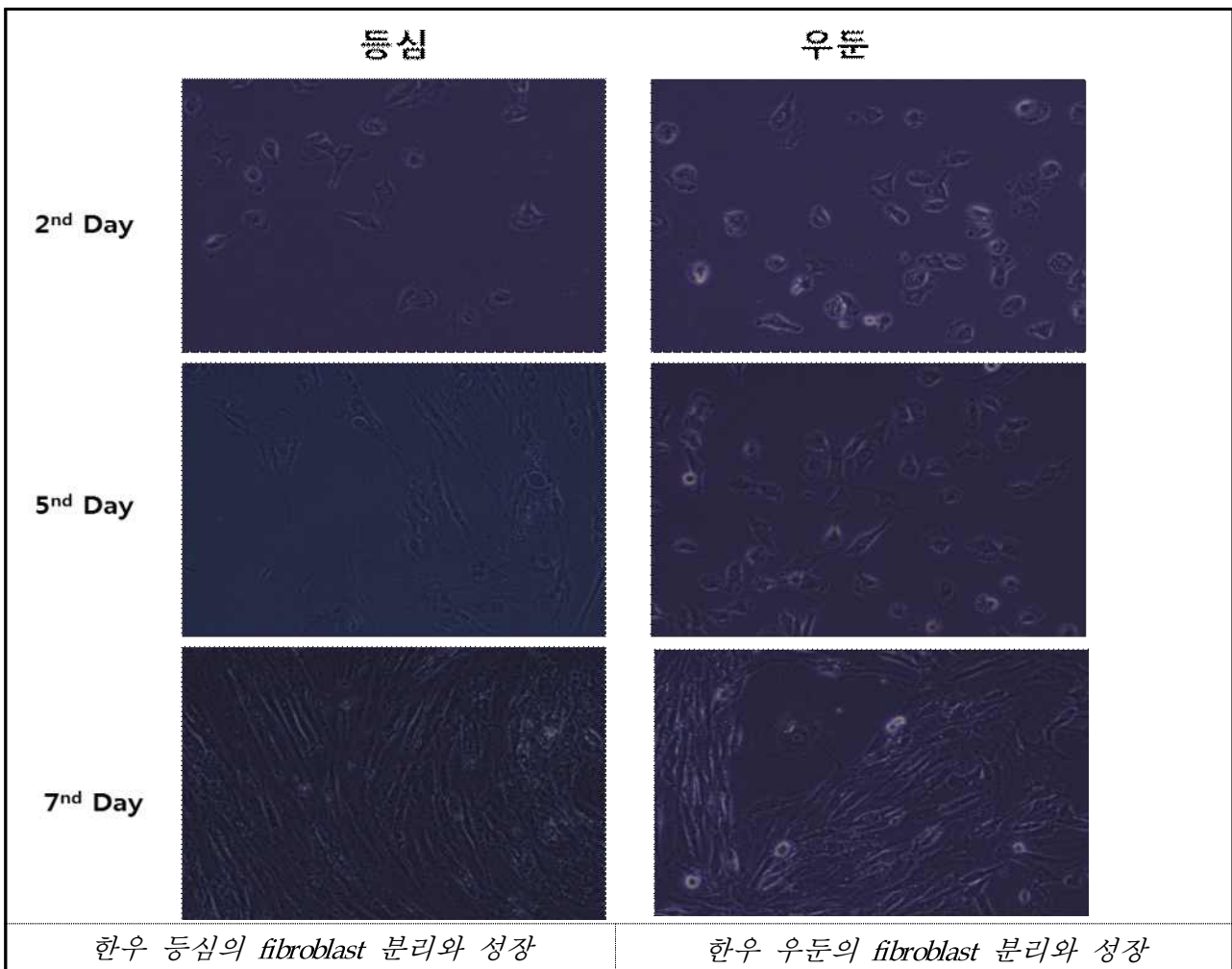


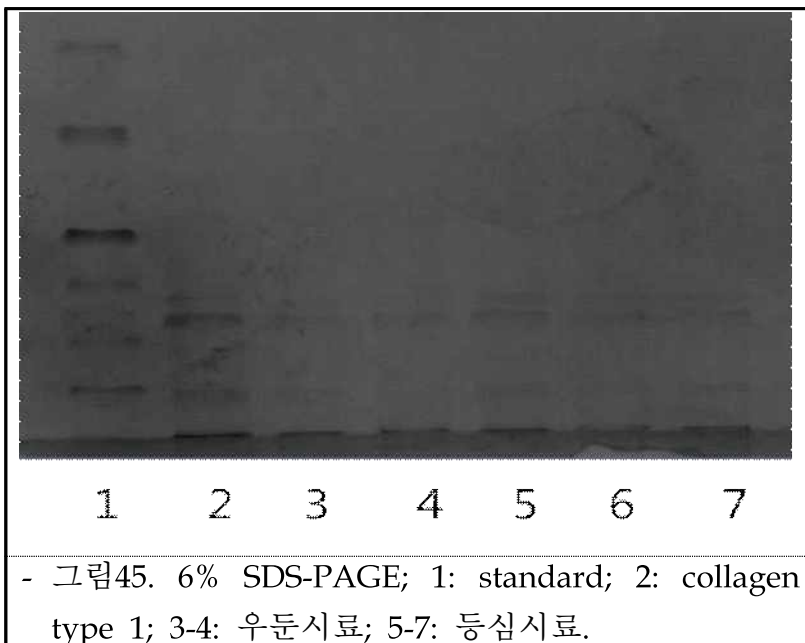
그림 44. 한우 등심, 우둔의 fibroblast 분리와 성장

면역결합 방법을 통해분리한 한우 등심 및 우둔 fibroblast 세포의 성장특성에서 등심과 우둔의 세포 성장을 7일에 80%의 confluent까지 성장하였으며 등심에서 분리한 세포의 성장이 더 빠른 양상을 보였다.

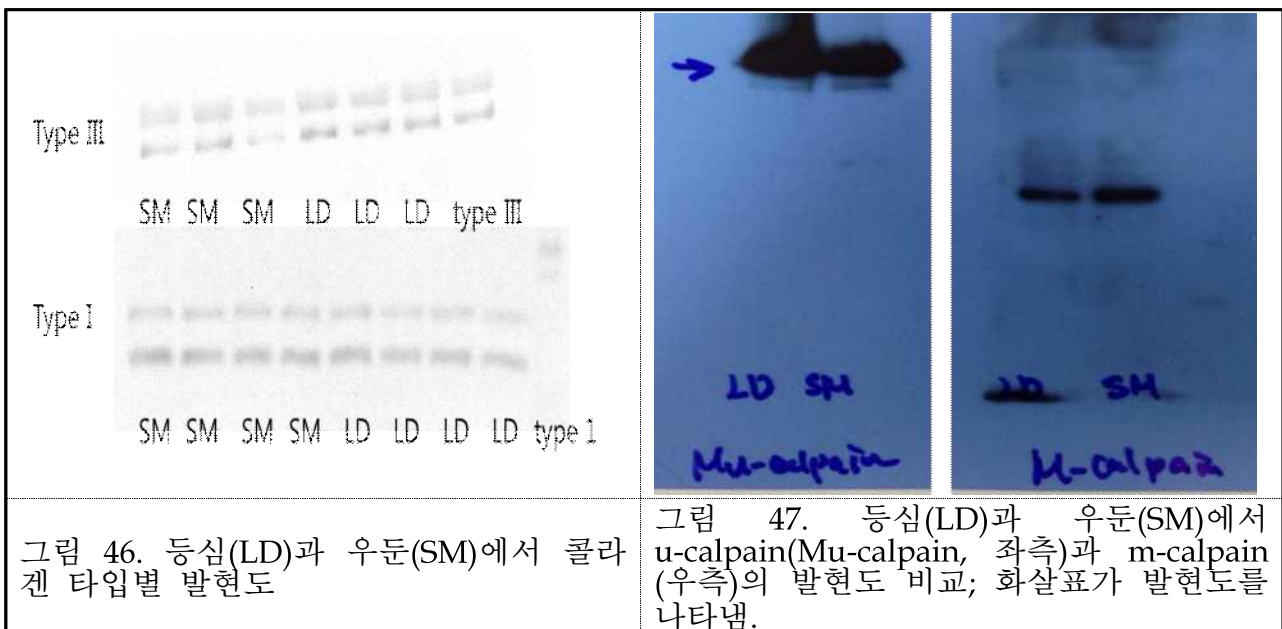
Sample	OD at 540 nm
우둔	
Culture medium	0.012 ± 0.002
Cell lysate	0.097 ± 0.003
등심	
Culture medium	0.021 ± 0.002
Cell lysate	0.131 ± 0.003

표38. 등심과 우둔의 배양 배지와 세포에서 콜라겐함량

총 콜라겐 양의 특성에서 콜라겐 양의 차이는 표에 나타났다. 총 콜라겐 생성량은 배양배지의 경우 전체량의 10%내외로 배양기간중 배지로 유출되는 양은 아주 적은 것으로 판단 되었다. 세포에서 콜라겐양은 등심에서 더높은 양을 보였다.



추출한 콜라겐 type 1과 III은 6% SDS-PAGE로 검토한 결과 그림과 같이 분리가 성공적으로 가능한 것으로 판단되었다.



근육과 콜라겐 타입(type 1과 III)의 차이의 생성과 칼페인효소의 관련성을 알아보기 위해

아래 사진과 같이 콜라겐의 발현과 칼페인의 발현에 대한 웨스턴블롯 실험을 실시하였다. Type III의 콜로겐은 LD에서 더 높게 나오는 경향이 관찰되었고, Type I은 큰 차이를 나타내지 않았다. u-calpain의 경우 등심에서 더 높은 발현도를 보였고, m-calpain은 우둔에서 더 높은 발현도를 보였다.

나. 세포환경이 fibroblast 콜라겐 생성에 미치는 영향구명

사양관리를 달리한 3 그룹간 육질특성에서 구릅 2와 3의 처리가 기존의 사양구에 비해서 우수한 품질 특성을 나타내었음. 특히 생산성에서 우수한 효과가 명확하였다.(표 37)

표 39. Carcass characteristics of Hanwoo steers subjected to different feeding.

Traits	Feeding			SEM	F value
	Control	Quality	Mix		
Carcass weight (kg)	349 ^b	344 ^b	362 ^a	3.5	7.2 ^{**}
Back fat (mm)	8.6 ^a	6.2 ^b	9.2 ^a	0.5	10.9 ^{***}
Rib-eye area (cm ²)	80.4 ^b	85.4 ^a	88.8 ^a	1.5	9.4 ^{**}
Yield index	68 ^b	70 ^a	68 ^b	0.4	12.2 ^{***}
Maturity	2	2	2	0	-
Marbling score	3 ^b	4 ^b	6 ^a	0.4	22.1 ^{***}
Meat color	4 ^b	5.2 ^a	5 ^b	0.1	5.3 [*]
Fat color	3	3	3	0	-
Texture	1	1	1	0	-
df 2/15					

한우 근육별 콜라겐 타입이 사양조건에 따라 달라질 수 있음이 나타났다.(그림 48) 콜라겐 type 3는 연한고기인 안심이 가장 낮았고, 두둔이 가장 높았다. 또한 사양관리를 다른 방향으로 했을 때 질감도에 큰 영향을 미치는 콜라겐 타입 3을 크게 줄일수 있는 것으로 나타났다. 이러한 경향을 type 1과 type 3의 비율(즉, type 1/type 3)에서도 부드러운 고기가 높은 수치를 보였다. 특히 사양관리를 개선하였을 때 높은 비율을 나타내어 연도개선효과가 높았음을 나타냈다.

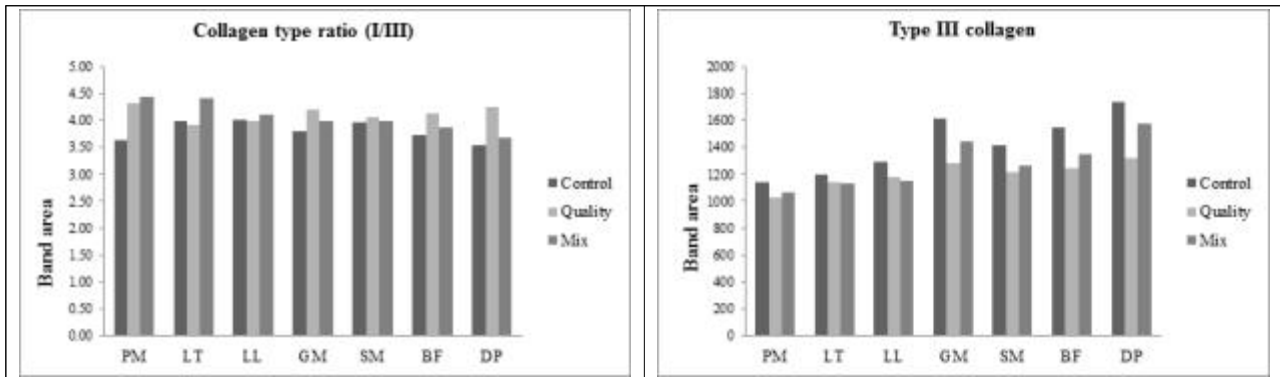


그림 48. Quantification of collagen types of 7 different muscles from Hanwoo subjected to different feeding; PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM, *Semimembranosus*; BF, *Biceps femoris*, and DP, *Diaphragm muscles*.

총콜라겐과 가용성 콜라겐의 양은 근육간 큰 편차를 나타내었으며, 특히 질긴 고기로 알려진 근육들에서 유의적으로 높게 나타났고, 콜라겐의 양이 사양관리 특성에 따라 크게 달라졌는데, 본 연구결과는 사양관리 기술을 통해 부드러운 고기생산이 가능하다는 것을 시사함(표 40).

표 40. Total collagen and collagen solubility of 10 different muscles from Hanwoo steers subjected to different feeding and different ageing periods

Muscle	Total collagen, g/100g						Insoluble collagen, g/100g						
	Control		Quality		Mix		Control		Quality		Mix		
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	
PM(안심)	0.38 ^e	0.32 ^c	0.23 ^{dY}	0.48 ^X	0.27 ^e	0.38 ^b	0.18 ^c	0.19 ^c	0.12 ^b	0.28	0.15 ^b	0.20 ^b	
LT(등심)	0.52 ^{de}	0.54 ^{bc}	0.51 ^c	0.60	0.51 ^{cd}	0.44 ^b	0.23 ^{bc}	0.29 ^{bc}	0.19 ^b	0.28	0.22	0.21 ^b	
LL(채끝)	0.55 ^{cd}	0.60 ^{bc}	0.52 ^{cY}	0.66 ^X	0.44 ^d	0.47 ^b	0.17 ^c	0.33 ^{bc}	0.20 ^{bX}	0.35 ^Y	0.25 ^{ab}	0.21 ^b	
GM(보첩)	0.72 ^{bc}	0.66 ^b	0.52 ^c	0.77	0.49 ^{cdY}	0.70 ^{bX}	0.38 ^{abc}	0.31 ^{bc}	0.39 ^b	0.32	0.22 ^{ab}	0.40 ^b	
SM(우둔살)	0.66 ^{cd}	0.63 ^{bc}	0.57 ^{bcY}	0.69 ^X	0.55 ^{cd}	0.52 ^b	0.30 ^{abc}	0.32 ^{bc}	0.33 ^b	0.33	0.25 ^{ab}	0.29 ^b	
BF(설깃살)	0.85 ^{abY}	1.02 ^{aX}	0.71 ^{bcY}	1.90 ^X	0.79 ^{ab}	1.33 ^a	0.46 ^{abY}	0.72 ^{aX}	0.44 ^{ab}	0.44	0.44 ^{ab}	0.97 ^a	
DP(엽진살)	0.61 ^{cdY}	1.05 ^{aX}	1.02 ^{aX}	1.66 ^Y	0.70 ^{bc}	0.63 ^b	0.30 ^{abc}	0.53 ^{ab}	0.77 ^{aX}	0.21 ^Y	0.50 ^a	0.30 ^b	
ST(홍두께)	0.75 ^{bc}		0.80 ^{ab}		0.83 ^{ab}		0.38 ^{abc}		0.50 ^{ab}		0.50 ^a		
TB(목심살)	0.86 ^{ab}		0.67 ^{bc}		0.87 ^a		0.51 ^a		0.20 ^b		0.41 ^{ab}		
SS(꾸리살)	0.97 ^a		0.76 ^b		0.66 ^{bc}		0.41 ^{abc}		0.35 ^b		0.39 ^{ab}		
SEM	0.63	0.1	0.07	0.13	0.1	0.15	0.07	0.1	0.11	0.09	0.1	0.13	
F value													
Muscle df	9/50	7.8 ^{***}	6.0 ^{**}	8.4 ^{***}	1.06	4.2 ^{**}	4.8 ^{**}	2.4 [*]	4.4 [*]	2.3 [*]	0.6	2.1 [*]	4.3 [*]
Aging df	1/85	0.3		4.9 [*]		1.2		1.0		0.8		0.14	
Feeding df	2/255			1.28						0.24			

숙성은 모든 품질특성을 향상시켰으며 전단력, 인장력, 압착력도 유의적으로 증가시켰다. 부위에 따른 물리적 특성 등 육질의 편차는 예상하는 바와 같이 큰 차이를 나타내었으며, 특히 본 연구에 투입된 사양관리가 조식감을 향상시키는 것으로 나타났다(표 41). 육색은 부위별 차이는 관찰되었으나, 시험구간의 차이는 수치적인 차이는 관찰되었으나, 산업적으로 큰 의미가 없는 것으로 나타났다(표 42).

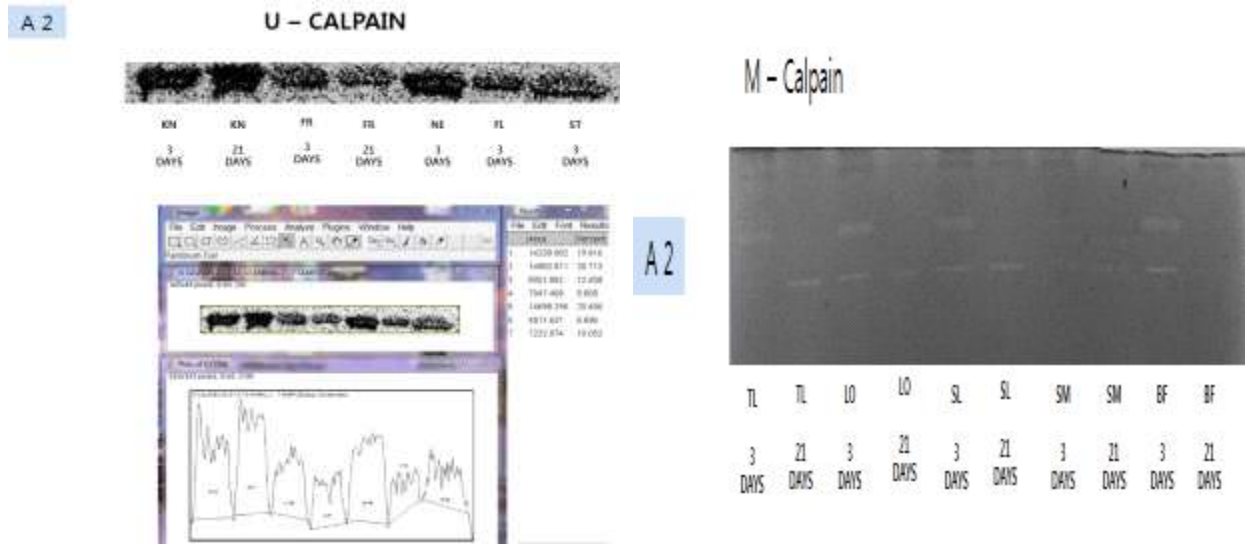
표 41. The pH, objective tenderness and cooking loss of 10 different muscles from Hanwoo steers subjected to different feeding and different ageing periods

Muscle	pH						WBSF						Cooking loss, %						
	Control		Quality		Mix		Control		Quality		Mix		Control		Quality		Mix		
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	
PM(안심)	5.58 ^{abc}	5.55 ^b	5.58 ^{aY}	5.70 ^{aX}	5.65 ^{bcY}	5.81 ^{aX}	3.0 ^c	2.9 ^b	3.0 ^{cX}	2.5 ^{bY}	2.9 ^{dX}	2.0 ^{bY}	18.9 ^{bcY}	23.0 ^{bcX}	21.0 ^{abY}	23.8 ^{aX}	21.2 ^{ab}	21.5 ^{ab}	
LT(등심)	5.45 ^{cdY}	5.59 ^{bX}	5.50 ^{bY}	5.56 ^{bX}	5.51 ^{cdY}	5.58 ^{bX}	4.6 ^{abX}	2.7 ^{bY}	4.7 ^{bX}	2.8 ^{bY}	5.2 ^{bX}	2.4 ^{bY}	16.0 ^{cdY}	20.8 ^{cX}	16.8 ^{bcY}	19.1 ^{bX}	15.6 ^{deY}	20.2 ^{bX}	
LL(채끝)	5.45 ^{cdY}	5.52 ^{bX}	5.50 ^b	5.56 ^b	5.51 ^{cdY}	5.60 ^{bX}	5.4 ^{aX}	3.1 ^{bY}	5.1 ^{abX}	2.7 ^{bY}	5.0 ^{bX}	2.5 ^{bY}	16.2 ^{cd}	18.2 ^d	16.2 ^{bcY}	19.4 ^{bX}	17.3 ^{cdY}	20.5 ^{bX}	
GM(보첩)	5.5d ^c	5.54 ^b	5.50 ^b	5.53 ^b	5.45 ^{cY}	5.54 ^{bX}	4.8 ^{abX}	3.0 ^{bY}	4.8 ^{abX}	3.6 ^{abY}	5.4 ^{abX}	3.4 ^{abY}	22.2 ^{abY}	23.8 ^{abX}	21.0 ^{bcY}	23.6 ^{aX}	20.9 ^{bc}	21.1 ^{ab}	
SM(우둔살)	5.43 ^d	5.58 ^b	5.48 ^{bY}	5.57 ^{bX}	5.51 ^{c^dY}	5.59 ^{bX}	4.1b ^a	3.4 ^{bY}	4.5 ^{bX}	2.9 ^{bY}	4.7 ^{bX}	3.2 ^{abY}	24.9 ^a	24.1 ^{ab}	21.4 ^{abY}	23.9 ^{aX}	21.7 ^{abY}	24.6 ^X	
BF(설깃살)	5.47 ^{cdY}	5.63 ^{bX}	5.50 ^{bY}	5.61 ^{abX}	5.52 ^{cdY}	5.58 ^{bX}	4.7 ^{ab}	4.3 ^a	4.3 ^{bc}	4.4 ^a	4.6 ^{bc}	4.0 ^a	22.0 ^{abY}	26.1 ^{aX}	20.7 ^{bcY}	25.4 ^{aX}	18.3 ^{cdY}	24.7 ^{aX}	
DP(업진살)	5.64 ^{aY}	5.77 ^{aX}	5.68 ^a	5.74 ^a	5.73a	5.81 ^a	4.7 ^{abX}	3.4 ^{bY}	4.1 ^{bcX}	2.7 ^{bY}	4.4 ^{bcX}	2.8 ^{bY}	10.2 ^e	15.4 ^{eX}	14.9 ^{cY}	17.0 ^{bX}	10.9 ^{eY}	15.6 ^{cX}	
ST(홍두깨)	5.47 ^{cd}		5.46 ^b		5.54 ^{cd}		4.9 ^{ab}		4.4 ^b		5.0 ^b		25.6 ^a		22.3 ^{ab}		24.9 ^a		
TB(목심살)	5.53 ^{bcd}		5.70 ^a		5.69 ^{ab}		5.4 ^a		6.1 ^a		5.9 ^a		12.9 ^{de}		18.9 ^{bc}		14.4 ^{cd}		
SS(꾸리살)	5.60 ^{ab}		5.74 ^a		5.78 ^a		4.4 ^{ab}		3.8 ^{bc}		4.0 ^c		25.3 ^a		24.3 ^a		23.2 ^a		
SEM	0.04	0.03	0.06	0.04	0.06	0.03	0.34	0.32	0.42	0.37	0.38	0.36	1.4	0.8	1.89	1.35	1.59	1.2	
F value																			
Muscle	df 9/50	3.3*	6.6**	3.52*	3.5*	3.2**	11.1***	4.0**	4.4**	3.7**	2.9*	5.9**	2.9*	14.1***	18.3***	2.4*	5.2**	7.3**	6.7**
Aging	df 1/85	12.9***		2.3*		2.6*		36.6***		33.6***		59.7***		3.2*		4.0*			
Feeding	df 2/255			4.7**						0.22						0.6			

표 42. The objective color of 10 different muscles from Hanwoo steers subjected to different feeding and different ageing periods

Muscle	CIE L*						CIE a*						CIE b*					
	Control		Quality		Mix		Control		Quality		Mix		Control		Quality		Mix	
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d
BF(설깃살)	35.2 ^{bY}	39.6 ^X	34.8 ^{cdY}	38.8 ^X	35.1 ^{cY}	37.6 ^{abX}	18.4 ^{cd}	19.6	18.6 ^{bY}	22.7 ^X	18.1 ^{abY}	21.4 ^X	12.4 ^c	14.4	12.7 ^{bY}	17.8 ^X	12.5 ^{cY}	15.4 ^{abX}
DP(업진살)	38.4 ^{ab}	39.7	39.6 ^a	40.5	39.1 ^{ab}	40.9 ^a	20.1 ^{ab}	21.0	17.1 ^{cY}	20.3 ^X	18.7 ^{abY}	21.1 ^X	15.4 ^a	15.8	13.4 ^{abY}	16.6 ^X	14.7 ^{aY}	16.8 ^{aX}
GM(보섭)	35.1 ^{bY}	38.1 ^X	30.9 ^{dY}	38.8 ^X	34.3 ^{cY}	38.0 ^{6aX}	18.1 ^{cdY}	20.9 ^X	18.8 ^{bcY}	21.2 ^X	18.6 ^{abY}	20.5 ^X	12.6 ^c	15	12.9 ^{bY}	17.1 ^X	12.6 ^{cY}	15.6 ^{abX}
LL(채끝)	36.2 ^{abY}	39.0 ^X	35.8 ^{bcY}	39.4 ^X	36.3 ^{cY}	40.0 ^{aX}	18.7 ^{cdY}	21.0 ^X	17.4 ^{bcY}	20.6 ^X	18.3 ^{abY}	21.8 ^X	13.2 ^{bc}	16.2	12.8 ^{bY}	15.8 ^X	13.0 ^{abY}	16.8 ^{aX}
LT(등심)	36.9 ^{ab}	79.8	35.6 ^{cdY}	40.8 ^X	35.5 ^{cY}	40.1 ^{aX}	17.1 ^{dY}	20.0 ^X	17.1 ^{cY}	19.4 ^X	16.4 ^{bY}	20.7 ^X	12.9 ^{cY}	15.4 ^X	12.4 ^{bcY}	15.9 ^X	12.2 ^{cY}	16.1 ^{abX}
PM(안심)	35.6 ^{bY}	37.5 ^X	36.2 ^{ab}	37.4	35.9 ^c	35.6 ^{ab}	19.4 ^{bc}	20.9	21.4 ^a	21.7	19.9 ^a	20.5	13.5 ^{bcY}	15.6 ^X	15.2 ^a	15.5	14.2 ^{ab}	14.1 ^b
SM(우둔살)	35.8 ^{ab}	37.3	33.8 ^{cdY}	40.7 ^X	34.4 ^c	33.1 ^b	20.4 ^a	20.2	19.6 ^{abY}	22.5 ^X	19.8 ^a	20	13.7 ^{ab}	14.6	13.2 ^{abY}	18.2 ^X	13.3 ^{ab}	13.9 ^b
SS(꾸리살)	37.5 ^{ab}		37.2 ^{ab}		36.6 ^{bc}		19.8 ^{ab}		18.6 ^b		18.6 ^{ab}		14.3 ^{ab}		13.5 ^{ab}		13.1 ^{ab}	
ST(홍두께)	39.0 ^a		37.9 ^{ab}		39.6 ^a		19.7 ^{ab}		19.4 ^{ab}		17.8 ^{ab}		15.8 ^a		15.1 ^a		14.9 ^a	
TB(목심살)	36.7 ^{ab}		30.5 ^d		35.1 ^c		17.9 ^d		17.3 ^{bc}		17.1 ^b		13.2 ^{bc}		10.7 ^c		11.5 ^d	
SEM	0.99	15.7	1.6	1.11	0.9	1.7	0.6	0.8	0.7	1.1	0.6	0.8	0.6	0.7	0.6	1.6	0.6	0.7
F value																		
Muscle df 9/50	1.7	1.1	3.1*	1.27	3.9**	2.7	2.8*	0.5	3.6**	1.1	2.45*	0.6	2.7*	1	3.7**	0.4	2.7*	2.6*
Ageing df 1/85	2.6*		27.4***		5.6*		17.2***		30.0***		43.1***		19.3***		36.9***		36.0***	
Feeding df 2/255			1.37						0.4						1.1			

근육별 단백질 분해와 관련된 칼페인의 차이는 크게 나타났으며, 특히 숙성기간동안 큰 변화를 보임(그림 49)



근육별 숙성기간동안 u-칼페인 양적 변화 근육별 숙성기간 동안 u와 m-칼페인의 활성(zymology)

그림 49. 숙성기간에 따른 칼페인 변화 및 활성

등심과 우둔 근육의 결합조직 fibroblast 세포가 지방세포와 공동 배양되었을 때 칼페인의 증가는 조금 증가하는 경향을 보였음.

특히 hypoxia 조건에서는 유의적으로 크게 증가하여 결합조직 세포인 fibroblast의 사멸 및 분화에 칼페인의 관련되었다는 것을 나타냄(그림 10)

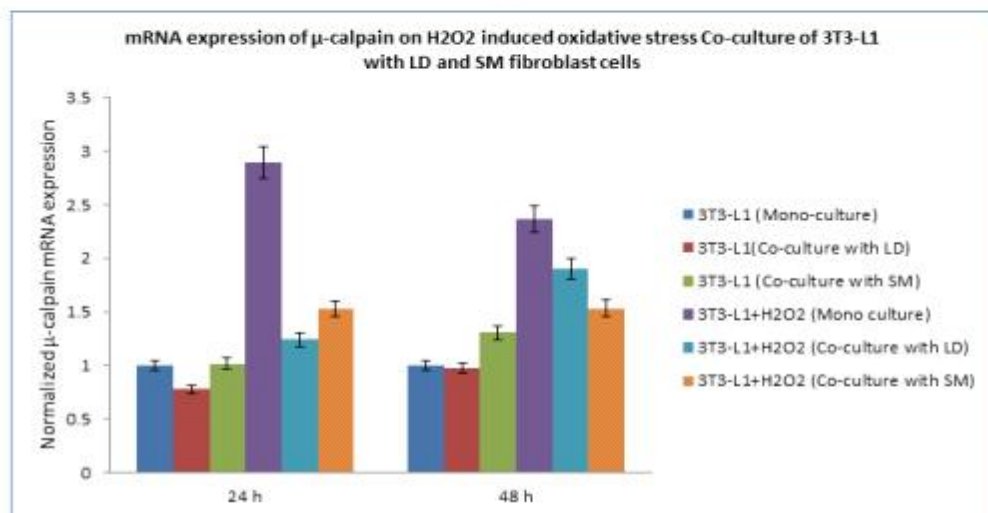


그림 50. 등심과 우둔 근육의 결합조직 fibroblast 세포가 지방세포와 공동 배양되었을 때 세포성장 특성 및 콜라겐 침착과 관련된 u-calpain의 발현특성

다. 콜라겐조직형성에 서 단백질 분해효소와 HSP의 기능구명

(1). 한우 거세우의 품질특성

표 43. Carcass characteristics of Hanwoo steers (n=15)

Variable	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Yield traits;				
Carcass weight, kg	430	60	316	500
Back fat thickness, mm	9	3	5	16
Rib-eye area, cm ²	93	12	65	113
Maturity ¹⁾	2	-	2	3
Yield index ²⁾	68	2	64	71
Quality grade;				
Marbling score ³⁾	7	-	6	9
Meat color ⁴⁾	5	1	4	6
Fat color ⁵⁾	3	0	2	3
Firmness ⁶⁾	1	0	1	2

¹⁾ Maturity score was scored from 1 (youthful) to 9 (mature)

²⁾ Yield index = $64.184 - [0.625 \times \text{backfat thickness (mm)}] + [0.130 \times \text{ribeye area (cm}^2\text{)}] + 3.23$

³⁾ Marbling score: 1 (devoid) to 9 (abundant)

⁴⁾ Meat color score: 1 (bright cherry red) to 7 (extremely dark red)

⁵⁾ Fat color score: 1 (white) to 7 (dark yellow)

⁶⁾ Firmness score: 1 (firm) to 3 (soft)

본 실험에서 사용된 거세우 시료는 도체중이 316-500kg이었으며, 정상적인 품질특성 범위를 나타냈다.

(2). 한우 거세우 부위별 pH, 육색 및 가열감량

표 44. Meat quality traits of Hanwoo steers

Muscles	pH		CIE L*		CIE a*		CIE b*		Cooking loss, %	
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d
PM(안심)	5.61 ^{bc}	5.59 ^b	37.2 ^{ab}	37.5 ^d	21.1 ^a	22.2	15.0 ^{ab}	16.2 ^{ab}	20.9 ^b	20.9 ^{de}
LT(등심)	5.54 ^d	5.57 ^b	37.8 ^{abY}	40.2 ^{abX}	18.5 ^{bY}	20.5 ^X	14.1 ^{abcY}	16.3 ^{abX}	16.8 ^d	19.4 ^e
LL(채끝)	5.54 ^d	5.55 ^b	36.7 ^{bY}	39.6 ^{bcX}	18.4 ^{bY}	20.6 ^X	13.6 ^{abcY}	16.0 ^{abX}	16.6 ^{deY}	19.0 ^{eX}
GM(보첩)	5.56 ^{cd}	5.55 ^b	35.6 ^{bY}	37.7 ^{cdX}	19.4 ^{ab}	20.7	13.4 ^{bcY}	15.1 ^{bX}	21.7 ^b	23.8 ^{bc}
SM(우둔)	5.53 ^d	5.49 ^b	35.4 ^{bY}	37.9 ^{cdX}	19.4 ^{abY}	21.4 ^X	13.3 ^{bcY}	15.4 ^{bX}	23.7 ^b	24.5 ^b
BF(설도)	5.54 ^d	5.56 ^b	39.2 ^a	39.2 ^{cd}	20.0 ^{ab}	21	15.2 ^a	16.0 ^{ab}	22.8 ^{bY}	25.6 ^{bX}
ST(홍두께)	5.56 ^{cd}	5.56 ^b	39.3 ^{aY}	41.8 ^{aX}	18.2 ^b	21.2 ^X	14.5 ^{abcY}	17.1 ^{aX}	22.9 ^{bY}	25.8 ^{bX}
SS(꾸리살)	5.64 ^b	5.81 ^{aX}	37.3 ^{ab}	38.2 ^{cd}	19.7 ^{abY}	21.6 ^X	14.0 ^{abcY}	15.9 ^{abX}	27.1 ^{aY}	29.5 ^{aX}
DP(업진)	5.66 ^{bY}	5.78 ^{aX}	39.2 ^a	39.3 ^{cd}	18.3 ^{bY}	21.5 ^X	13.7 ^{abc}	16.1 ^{abX}	15.7 ^e	13.9 ^f
TB(목심)	5.75 ^a	5.85 ^a	36.8 ^b	38.4 ^{cd}	18.1 ^b	21.6 ^X	12.6 ^{cY}	15.4 ^{bX}	18.7 ^{cdY}	21.9 ^{cdX}

SEM	0.02	0.03	0.77	0.63	0.59	0.52	0.49	0.63	0.91	0.74
F value										
Muscle df 9/149	9.7***	16.2***	3.5***	4.5***	2.7**	1.1	2.3*	1.4	16.4***	30.9***
Aging df 1/29	8.9***		23.5***		72.3***		75.9***		28.1***	
Muscle* Aging	2.9**		1.3		1.2		0.7		1.6	

PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM, *Semimembranosus*; ST, *Semitendinosus*; BF, *Biceps femoris*; SS, *Supraspinatus*; DP, *Diaphragm* and TB, *Triceps brachii* muscles

^{a-e}, means within each column with different superscripts in muscle type sections are significantly different

^{X, Y}, means within each row with different superscripts in aging days sections are significantly different

df, degrees of freedom; *** P<0.001, **P<0.01, *P<0.05

pH는 목심, 업진, 꾸리, 안심에서 현저히높게 나타났으며, 숙성기간 동안에도 유사한 경향을 보였다. 한편 가열감량은 근육의 pH와 달리 꾸리, 혼두께, 설도 및 우둔 등에서 높게 나타나 근육의 pH와 다른 요인이 작용함을 나타내었다. 육색은 근육별 큰 편차를 보였는데 특히 안심과 설도가 높은 적색도를 보였다.

(3) 한우 거세우 부위별 전단력과 인장강도

Muscles	WBSF, kgf		Tensile maximum force, kgf		Tensile strain, %		Tensile extension, mm		Force at break, kgf	
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d
PM(안심)	2.8 ^c	2.7 ^d	2.87 ^{eX}	2.44 ^{bcY}	122 ^c	107 ^{bcd}	12.3 ^c	10.9 ^{bcd}	0.2 ^{cd}	0.2 ^{bc}
LT(등심)	3.9 ^{bX}	2.5 ^{dY}	2.72 ^{eX}	1.04 ^{eY}	145 ^{cdX}	52 ^{eY}	14.7 ^{deX}	5.3 ^{eY}	0.3 ^{cd}	0.2 ^c
LL(채끝)	5.4 ^{aX}	2.6 ^{dY}	2.77 ^{eX}	1.07 ^{eY}	137 ^{deX}	59 ^{eY}	13.8 ^{deX}	6.0 ^{eY}	0.2 ^{cd}	0.2 ^c
GM(보첩)	4.5 ^{bX}	3.2 ^{cY}	3.08 ^{deX}	1.39 ^{fgY}	175 ^{cdX}	81 ^{deY}	17.8 ^{cdX}	8.2 ^{deY}	0.2 ^d	0.2 ^c
SM(우둔)	4.1 ^{bX}	3.4b ^{cY}	3.85 ^{bcX}	1.80 ^{defY}	207 ^{bX}	97 ^{cdY}	20.7 ^{bX}	9.8 ^{cdY}	0.4 ^{abX}	0.2 ^{abcY}
BF(설도)	4.3 ^{bX}	3.8 ^{abY}	3.35 ^{bcX}	1.70 ^{efY}	179 ^{bc}	132 ^b	18.0 ^{bc}	13.3 ^b	0.4 ^{ab}	0.3 ^{ab}
ST(혼두께)	4.3 ^{bX}	3.7 ^{abcY}	4.71 ^{aX}	2.24 ^{bcdY}	221 ^{bX}	128 ^{bcY}	22.2 ^{bX}	12.9 ^{bcY}	0.6 ^{ax}	0.3 ^{aY}
SS(꾸리살)	4.4 ^{bX}	3.6 ^{abcY}	3.95 ^{bcX}	2.07 ^{bcdY}	185 ^{bcX}	94 ^{dY}	18.8 ^{bcX}	9.5 ^{dY}	0.2 ^{cd}	0.2 ^c
DP(업진)	4.1 ^{bX}	3.2 ^{cY}	3.68 ^{bcX}	2.96 ^{aY}	220 ^b	200 ^a	22.2 ^b	20.4 ^a	0.3 ^{cd}	0.3 ^{abc}
TB(목심)	5.5 ^{aX}	4.0 ^{aY}	4.38 ^{abX}	2.64 ^{abY}	315 ^{aX}	136 ^{bY}	32.0 ^{aX}	13.8 ^{bY}	0.5 ^{baX}	0.2 ^{cY}
SEM	0.24	0.16	0.23	0.2	14.6	10.3	1.48	1.04	0.07	0.03
F value										
Muscle df 9/149	10.3***	11.3***	8.8***	14.3***	14.3***	15.2***	14.2***	15.4***	3.9**	3.4***
Aging df 1/29	137***		310.9***		202.7***		217.3***		17.0***	
Muscle* Aging	6.9***		4.2***		6.9***		6.9***		2.1*	

표 45. WBSF and tensile testing parameters of Hanwoo steers PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM,

Semimembranosus; ST, *Semitendinosus*; BF, *Biceps femoris*; SS, *Supraspinatus*; DP, *Diaphragm* and TB, *Triceps brachii* muscles

^{a-g}, means within each column with different superscripts in muscle type sections are significantly different

^{X, Y}, means within each row with different superscripts in aging days sections are significantly different

df, degrees of freedom; *** P<0.001, **P<0.01, *P<0.05

목심과 채끝에서 숙성 3일째 가장 높은 전단력을 보였고, 숙성 21일 후에는 목심과 설깃이 가장 높은 전단력을 보여 근육간에 다양한 숙성도를 나타냈다. 인장강도(Tensile test)에서는 목심, 홍두깨에서 높게 나타났으며 안심, 등심 및 채끝이 부드러운 고기로 나타났다.

(4) 부위별 탄성검사(Compression)검사

표 46. Compression test of texture profile analyses(TPA) of Hanwoo steers

Muscles	Hardness, kgf		Springiness, mm		Chewiness, N*mm		Cohesiveness, ratio		Gumminess, kgf	
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d
PM(안심)	4.02 ^e	4.02 ^d	0.44 ^e	0.41 ^d	0.00 ^{dX}	-0.07 ^{cY}	0.010 ^b	0.012 ^c	-0.098 ^{dX}	-0.239 ^{cY}
LT(등심)	5.64 ^{cd}	5.18 ^c	0.70 ^d	0.64 ^c	0.01 ^d	0.01 ^{bc}	0.013 ^b	0.016 ^{ab}	-0.067 ^{cd}	-0.128 ^{ab}
LL(채끝)	4.85 ^{de}	4.58 ^{cd}	0.81 ^{cd}	0.63 ^c	0.08 ^{cdX}	-0.03 ^{cY}	0.015 ^b	0.015 ^{bc}	-0.009 ^{cdX}	-0.161 ^{abY}
GM(보첩)	6.22 ^{bc}	6.15 ^b	0.71 ^d	0.73 ^c	0.11 ^{cd}	0.10 ^{ab}	0.013 ^{bY}	0.018 ^{abX}	-0.025 ^{cd}	-0.200 ^{bc}
SM(우둔)	6.98 ^{ab}	6.62 ^{ab}	0.94 ^{abc}	0.84 ^{ab}	0.21 ^{abX}	0.04 ^{bcY}	0.019 ^a	0.017 ^{ab}	0.059 ^{bc}	-0.111 ^{ab}
BF(설도)	7.58 ^a	7.44 ^a	1.09 ^a	1.02 ^a	0.30 ^{ab}	0.14 ^{ab}	0.020 ^a	0.019 ^{ab}	0.084 ^{ab}	-0.001 ^{ab}
ST(홍두깨)	7.69 ^a	7.21 ^a	1.10 ^a	1.00 ^a	0.36 ^a	0.18 ^a	0.021 ^a	0.022 ^a	0.201 ^a	0.046 ^a
SS(꾸리살)	7.63 ^{aX}	6.25 ^{bY}	0.93 ^{abcX}	0.70 ^{cY}	0.11 ^{cdX}	-0.03 ^{cY}	0.014 ^b	0.015 ^{bc}	0.046 ^{bcX}	-0.167 ^{abY}
DP(업진)	4.79 ^{de}	4.56 ^{cd}	1.08 ^{ab}	0.92 ^{ab}	0.18 ^{bcX}	0.02 ^{bcY}	0.015 ^b	0.016 ^{ab}	-0.001 ^{cd}	-0.108 ^{ab}
TB(목심)	7.02 ^{ab}	6.91 ^{ab}	0.88 ^{bcd}	0.93 ^{ab}	0.15 ^{bc}	0.05 ^{bc}	0.011 ^{bY}	0.015 ^{bcX}	0.058 ^{bc}	-0.204 ^{bc}
SEM	0.32	0.28	0.07	0.07	0.05	0.06	0.001	0.002	0.04	0.07
F value										
Muscle	16.7 ^{***}	18.3 ^{***}	9.9 ^{***}	8.4 ^{***}	4.4 ^{***}	1.9	6.0 ^{***}	1.8	3.8 ^{***}	1.7
df 9/149										
Aging		5.7 [*]		8.2 ^{**}		18.9 ^{**}		3.7 [*]		36.8 ^{***}
df 1/29										
Muscle*Aging		0.8		1.0		0.6		0.8		0.5

PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM, *Semimembranosus*; ST, *Semitendinosus*; BF, *Biceps femoris*; SS, *Supraspinatus*; DP, *Diaphragm* and TB, *Triceps brachii* muscles

^{a-e}, means within each column with different superscripts in muscle type sections are significantly different

X, Y, means within each row with different superscripts in aging days sections are significantly different

df, degrees of freedom; *** P<0.001, **P<0.01,*P<0.05

탄성검사의 hardness에서는 목심, 꾸리, 홍두께, 설도, 우둔 및 보섭에서 현저히 높게 나타났다. Springiness 분석에서는 업진, 홍두께, 설도 등에서 높게 나타났다. 씹힘도(Chewiness)에서는 안심, 등심, 채끝이 가장 부드러운 고기로 나타났다.

(5) 부위별 숙성기간동안 결체조직 총량 및 가열 잔류량, 콜라겐의 타입

표 47. Effects of muscle type and postmortem aging on collagen characteristics

Muscles	Total collagen, g/100g		Insoluble collagen, g/100g		Soluble collagen, g/100g		Type I collagen		Type III Collagen		Ratio (I:III)	
	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d	3d	21d
PM(안심)	0.21 ^d	0.28 ^e	0.12 ^d	0.17 ^{de}	0.08 ^d	0.11 ^c	11.57 ⁱ	12.68 ^{ix}	2.15 ^{ix}	1.93 ^{iy}	5.39 ^{ay}	6.57 ^{ax}
LT(등심)	0.29 ^d	0.27 ^e	0.17 ^d	0.16 ^e	0.11 ^{dc}	0.11 ^c	11.76 ^h	12.60 ^{ix}	2.63 ^{ix}	2.38 ^{iy}	4.53 ^{by}	5.30 ^{cx}
LL(채끝)	0.29 ^d	0.28 ^e	0.18 ^d	0.16 ^e	0.12 ^{dc}	0.12 ^c	12.57 ^g	13.71 ^h	2.91 ^{hx}	2.55 ^{hy}	4.32 ^{cy}	5.38 ^{bx}
GM(보섭)	0.50 ^{bc}	0.43 ^{de}	0.33 ^{bc}	0.29 ^{cd}	0.23 ^{abc}	0.14 ^{bc}	15.45 ^e	15.81 ^f	3.93 ^{fx}	3.72 ^{fy}	3.93 ^{dy}	4.25 ^{fx}
SM(우둔)	0.37 ^{cd}	0.34 ^{de}	0.24 ^{cd}	0.19 ^{de}	0.13 ^{dc}	0.15 ^{bc}	13.44 ^f	14.71 ^g	3.20 ^{gx}	3.01 ^{gy}	4.20 ^{cy}	4.89 ^{dx}
BF(설도)	0.60 ^b	0.64 ^b	0.38 ^b	0.39 ^{bc}	0.22 ^{abc}	0.25 ^a	17.25 ^a	18.69 ^a	5.11 ^{ax}	4.67 ^{ay}	3.38 ^{gy}	4.00 ^{gx}
ST(홍두께)	0.61 ^b	0.51 ^{bc}	0.36 ^{bc}	0.31 ^{cd}	0.25 ^{ab}	0.20 ^{ab}	16.20 ^c	16.77 ^d	4.36 ^{dx}	3.95 ^{dy}	3.72 ^{ey}	4.25 ^{fx}
SS(꾸리살)	0.53 ^{bc}	0.54 ^{bc}	0.33 ^{bc}	0.36 ^{bc}	0.21 ^{abc}	0.19 ^{ab}	15.65 ^d	16.36 ^e	4.47 ^{cx}	4.06 ^{cy}	3.51 ^{fy}	4.03 ^{gx}
DP(업진)	0.65 ^b	0.66 ^b	0.42 ^b	0.49 ^{ab}	0.23 ^{abc}	0.17 ^{bc}	16.60 ^b	17.39 ^b	4.60 ^{bx}	4.34 ^{by}	3.61 ^{cY}	4.01 ^{gx}
TB(목심)	1.02 ^a	0.85 ^a	0.71 ^a	0.61 ^a	0.33 ^a	0.24 ^a	16.53 ^b	17.21 ^c	4.26 ^{ex}	3.90 ^{ey}	3.88 ^{dy}	4.42 ^{ex}
SEM	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.02	0.1	0.05	0.03	0.01	0.04	0.03
F value												
Muscle	16.2 ^{**}	10.8 ^{**}	14.4 ^{***}	9.9 ^{**}	3.9 ^{***}	5.2 ^{**}	1746 ^{**}	1750 ^{**}	721 ^{***}	547 ^{***}	188 ^{***}	914.7 ^{**}
Aging	1.2		0.4		2.7		1541 ^{***}		6545 ^{***}		1657 ^{***}	
Muscle* Aging	0.7		11.9 ^{***}		7.5 ^{***}		22.6 ^{***}		6.3 ^{***}		29.2 ^{***}	

PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM, *Semimembranosus*; ST, *Semitendinosus*; BF, *Biceps femoris*; SS, *Supraspinatus*; DP, *Diaphragm* and TB, *Triceps brachii* muscles

a-i, means within each column with different superscripts in muscle type sections are significantly different

X, Y, means within each row with different superscripts in aging days sections are significantly different

df, degrees of freedom; *** P<0.001, **P<0.01,*P<0.05

콜라겐 함량은 목심, 업진, 홍두께 및 설도에서 높은 수치를 보였고, 불용성 콜라겐의 함량

도 목심, 업진, 흥두께 근육에서 높게 나왔다. 숙성기간동안 수용성 콜라겐의 변화는 특히 우둔, 설깃, 및 목심들의 수용성변화는 다른 근육에 비해서 미미하였다. 콜라겐 타입 I과 III의 비율은 부드러운 부위인 안심, 등심 등에서 높게 나타났고, 설깃, 꾸리살 및 업진 등에서는 낮게 나타났다.

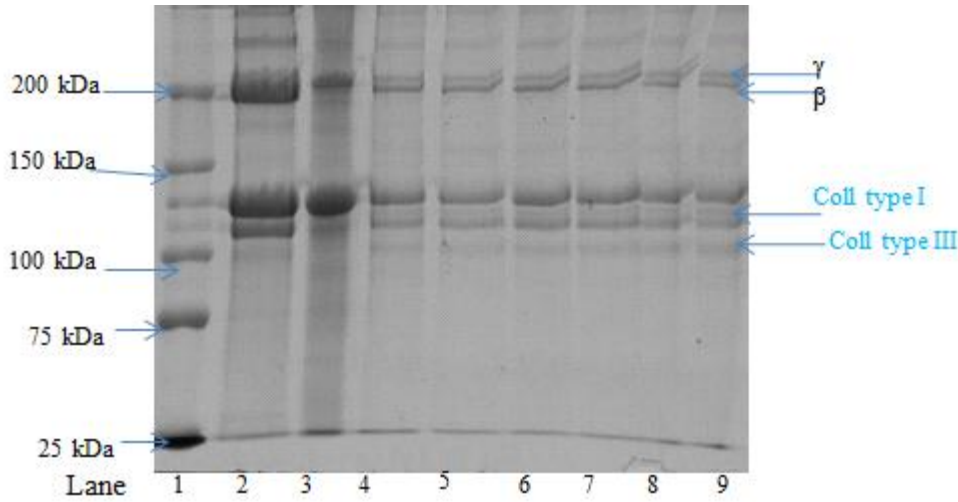


그림 51. 콜라겐 타입 분석(예시)

(6) 물리적 특성과 콜라겐 특성의 상호관계

표 48. Correlation between collagen characteristic correlation and textural parameters of Hanwoo beef

	Total collagen	Insoluble collagen	Soluble collagen	Type I collagen	Type III collagen	Ratio I/III
WBSF	0.41***	0.37***	0.25**	0.60***	0.53***	-0.47***
Tensile max load	0.28**	0.20*	0.31***	0.31***	0.24**	-0.10
Tensile strain	0.37***	0.27**	0.30***	0.50***	0.44***	-0.30***
Tensile extension	0.37***	0.27**	0.35***	0.50***	0.44***	-0.30***
Force at break	0.20*	0.11	0.20*	0.20*	0.15	-0.08
TPA Hardness	0.30***	0.20*	0.35***	0.53***	0.51***	-0.51***
Deformation	-0.02	-0.04	0.01	0.20*	0.13	-0.04
Springiness	0.28**	0.17*	0.32***	0.51***	0.50***	-0.49***
Chewiness	0.09	0.02	0.16	0.21*	0.22*	-0.21*
Adhesion	-0.08	-0.04	-0.1	-0.20*	-0.18	0.20*

콜라겐과 품질특성의 상호작용에서 전단력인 콜라겐 타입 I과 60%의 단순상관관계를 보였고, 콜라겐 타입 III과는 53%의 상관관계를 보였다. 콜라겐 타입 I은 TPA의 hardness 및 springness와 각각 53%와 51%의 단순상관관계를 보였다. 콜라겐 타입 I과 III의 비율과의 상관관계에서는 전단력, hardness 및 springness가 각각 47, 51 및 49%의 단순상관관계를 보였다.

(7) 부위별 숙성기간동안 칼페인의 발현과 활성화도

표 49. Calpain activity in different muscles of Hanwoo steers (density, % of band area)

Muscles	μ-Calpain A	μ-Calpain B	m-Calpain
---------	-------------	-------------	-----------

	3d	21d	3d	21d	3d	21d
PM(안심)	9.44 ^b	.	6.59 ^{cde}	.	12.06 ^{cX}	10.76 ^{bY}
LT(등심)	14.68 ^a	.	7.63 ^{bcd}	.	13.56 ^{abX}	11.03 ^{abY}
LL(채끝)	15.29 ^a	.	6.82 ^{cde}	.	14.21 ^{aX}	11.29 ^{abY}
GM(보섭)	9.62 ^b	.	9.08 ^{bc}	.	13.64 ^{abX}	10.78 ^{bY}
SM(우둔)	9.71 ^b	.	12.80 ^a	.	12.85 ^{bcX}	10.97 ^{abY}
BF(설도)	16.64 ^{aX}	7.45 ^Y	7.87 ^{bcY}	8.85 ^X	13.26 ^{abX}	10.61 ^{bY}
ST(홍두깨)	17.59 ^a	.	8.21 ^{bc}	.	14.07 ^{abX}	11.01 ^{abY}
SS(꾸리살)	14.69 ^a	.	9.33 ^b	.	13.27 ^{abX}	11.20 ^{abY}
DP(엽진)	17.37 ^{aX}	10.62 ^Y	5.26 ^{deY}	8.66 ^X	13.83 ^{abX}	11.95 ^{abY}
TB(목심)	18.83 ^{aX}	9.82 ^Y	4.77 ^{eY}	6.99 ^X	14.11 ^{abX}	12.31 ^{aY}
SEM	1.3	1.16	0.82	1.1	0.40	0.44
F value						
Muscle df 9/149	7.4 ^{***}	0.22	7.7 ^{***}	1.2	2.7 ^{***}	1.5
Aging df 1/29		15.5 ^{***}		0.01		147.1 ^{***}
Muscle*Aging		0.7		0.4		1

PM, *Psoas major*; LT, *Longissimus thoracis*; LL, *Longissimus lumborum*; GM, *Gluteus medius*; SM, *Semimembranosus*; ST, *Semitendinosus*; BF, *Biceps femoris*; SS, *Supraspinatus*; DP, *Diaphragm* and TB, *Triceps brachii* muscles

^{a-e}, means within each column with different superscripts in muscle type sections are significantly different

^{X, Y}, means within each row with different superscripts in aging days sections are significantly different

df, degrees of freedom; *** P<0.001, **P<0.01, *P<0.05

아래 사진은 근육별 숙성기간동안 칼페인 활성을 보이고 있다. u-칼페인의 활성화에 있어서는 안심, 보섭 및 우둔에서 도축 3일째에 낮은 활성을 보였으며, 목심, 엽진, 홍두깨 근육에서 가장 높은 활성을 보였다. 이러한 경향을 숙성 21일째에도 관찰되어 설도, 엽진 및 목심은 숙성 21일째에서 u-calpain의 활성을 보였다. m-calpain은 숙성기간동안 감소하는 경향이 있었으나 근육간에 큰 차이가 나타나지 않았다.

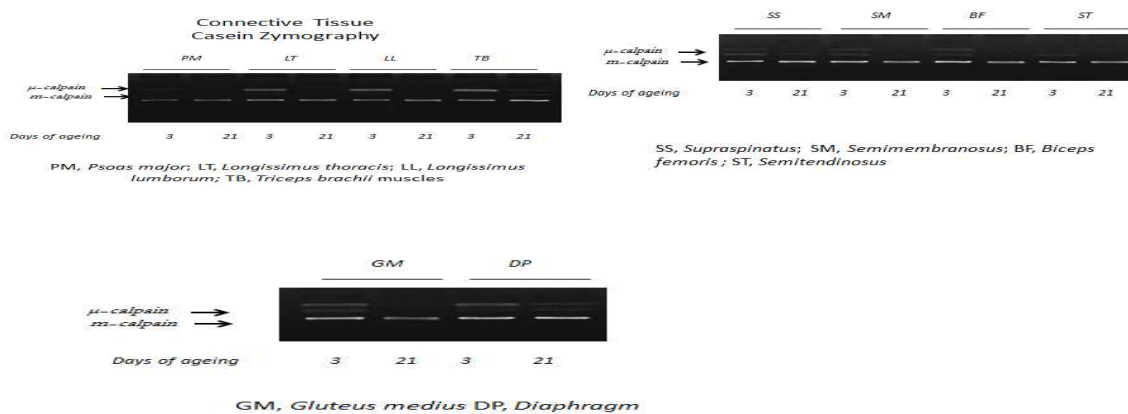


그림 52. 근육별 칼페인 분해 특성(대표적 사진)

(8) 한우 결체조직 fibroblast의 성장 및 환경특성이 콜라겐 조직에 미치는 영향 구명

(가) 배양시간동안 우둔과 등심 근육의 결체조직 세포의 성장

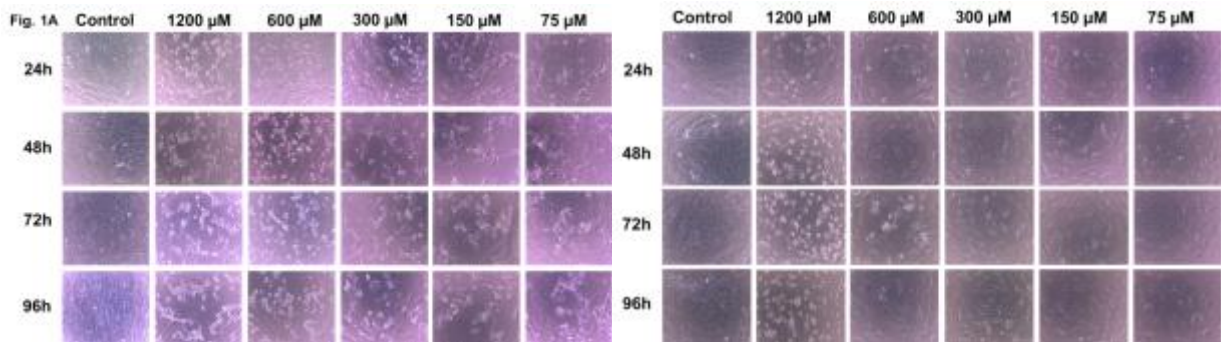


그림 53. 배양시간동안 우둔과 등심 근육의 결체조직 세포의 성장

cobalt chloride (CoCl₂)처리에서 150이상의 농도에서 배양기간동안 사멸이 일어나기 시작하여 600과 1200 μ M에서는 배양 96시간에 2%의 생존율을 보임.

(나) 결체조직 세포와 지방세포의 공동배양에서 사멸특성

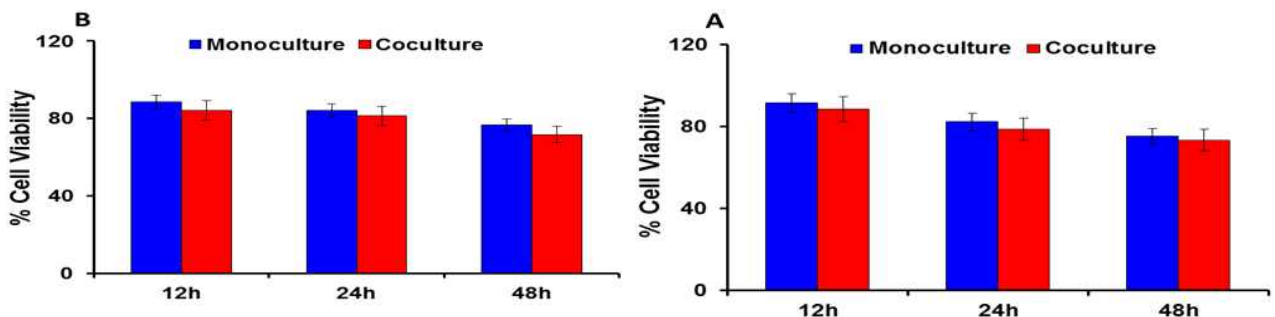


그림 54. 등심근육(B)와 우둔근육(A) 결체조직 세포(fibroblast)와 지방세포(pre-adipocyte 3T3-L1)의 단독 또는 공동배양에서 세포 성장률

등심과 우둔근육에서 분리한 결체조직 세포의 지방과 공동배양은 단독배양에 비해 생존율이 약간 감소하는 경향을 보였고, 배양기간동안 생존율이 미미하게 감소하는 경향을 보였다.

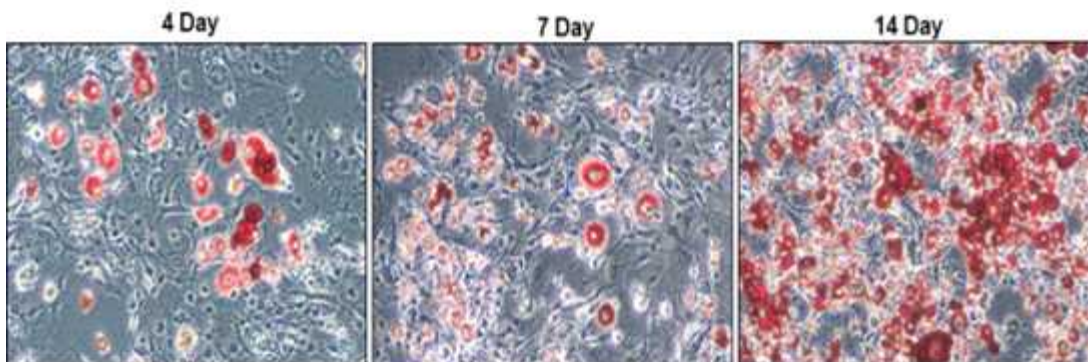


그림 55. 3T3-L1세포의 지방세포 분화 특성.

(다) 결체조직 세포와 지방세포의 공동배양에서 칼페인, HSP 및 caspase 발현특성

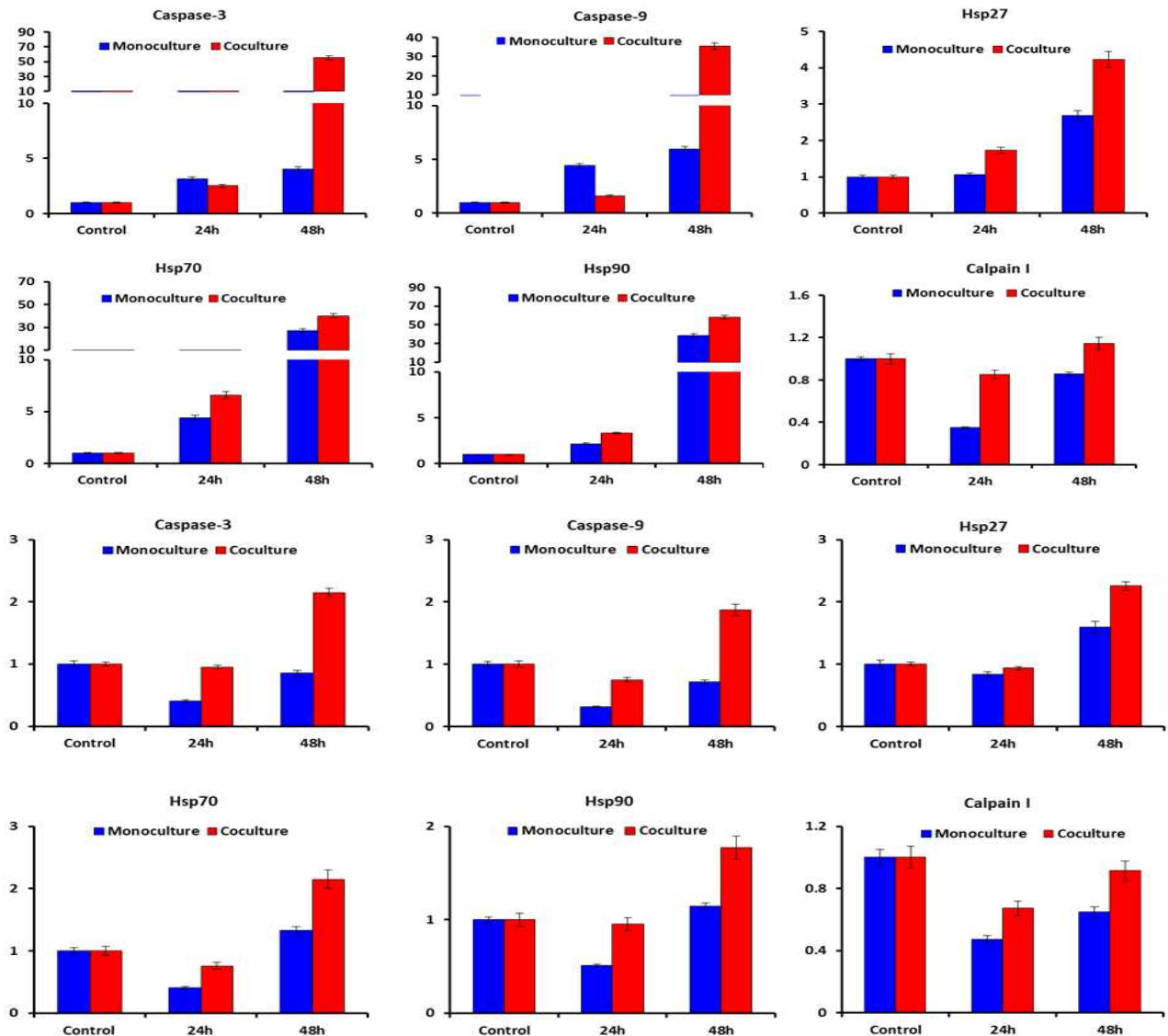


그림56. 등심(위쪽 6개 그림)과 우둔(아래쪽 6개 그림)의 단독배양 또는 지방세포와 공동배양 시 caspase 3, 9, HSP 27, 70, 90 및 clapain I의 mRNA발현

결체조직 세포를 지방세포와 공동배양하였을 때 caspase3과 9 및 HSP27에서 단독배양보다 높은 발현을 보였고, 이러한 경향은 등심세포에서 더 현저히 나타났다.

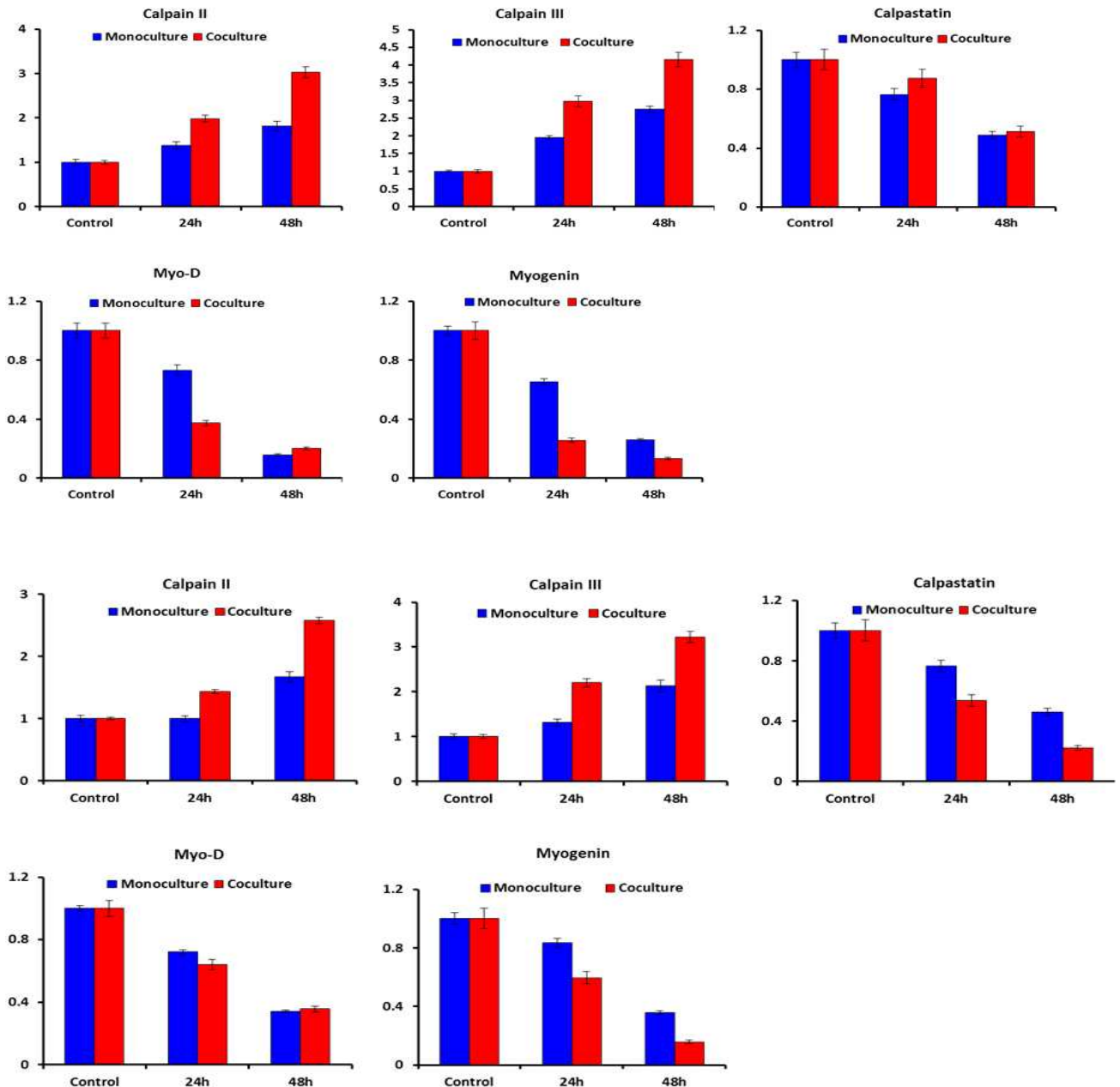


그림 57. 등심근육(위쪽 5개 그림)과 우둔(아래쪽 5개 그림)의 단독배양 또는 지방세포와 공동 배양시 calpain II, calpastatin, Myo-D 및 Myogenin의 mRNA발현

결체조직 세포를 지방세포와 공동 배양하였을 때 calpain 2과 3에서 공동배양에서 높은 발현을 보였으며 근육간 차이는 현저하지 않았다.

calpastatine은 공동배양시 유사하거나 더 낮은 경향을 보였고, Myogenin은 공동배양에서 단독배양보다 낮은 발현을 보여 지방세포와 공동배양시 결체조직 발현이 저해되는 것으로 나타났다.

라. 한우 부위별 기초질감도 및 결체조직 특성지도(프로그램) 개발

(1). 시스템의 초기화면



(2). 시스템의 기초정보 조회화면

거세한우 부위별 기초 질감도 프로그램								
품종	성별	동물번호	근육	근육한국명	숙성일	pH	백색도	적색도
Hanwoo	Steers	A1	PM(TL)	안심	3	5.46	42.59	20.59
Hanwoo	Steers	A1	LT(LO)	등심	3	5.53	51.17	17.58
Hanwoo	Steers	A1	LL(SL)	채끝	3	5.50	46.57	17.68
Hanwoo	Steers	A1	TB(NE)	목심	3	5.60	48.98	20.09
Hanwoo	Steers	A1	SS(FL)	앞다리	3	5.64	41.80	18.94
Hanwoo	Steers	A1	SM	우둔	3	5.46	43.00	16.47
Hanwoo	Steers	A1	BF	설깃	3	5.59	39.47	18.95
Hanwoo	Steers	A1	ST	홍두깨	3	5.49	43.61	20.74
Hanwoo	Steers	A1	GM(KN)	보쌈	3	5.43	39.82	22.41
Hanwoo	Steers	A1	DP(FR)	양지	3	5.59	45.73	18.69

(3). 시스템의 항목별 예측정보 화면

ROA 농촌진흥청 · 국립축산과학원

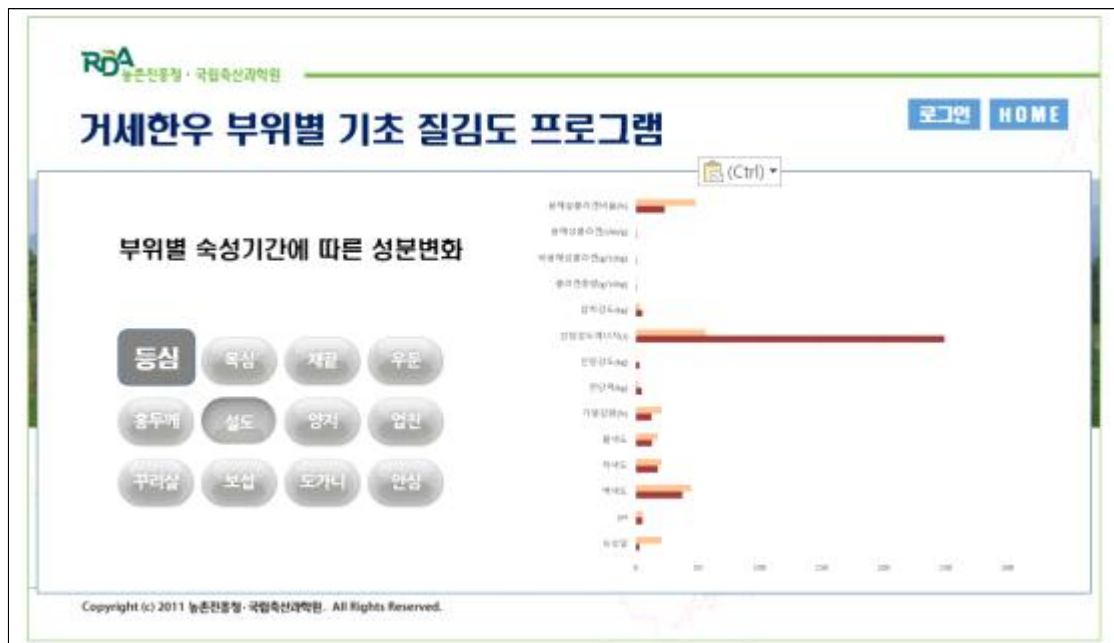
로그인 HOME

거세한우 부위별 기초 질감도 프로그램

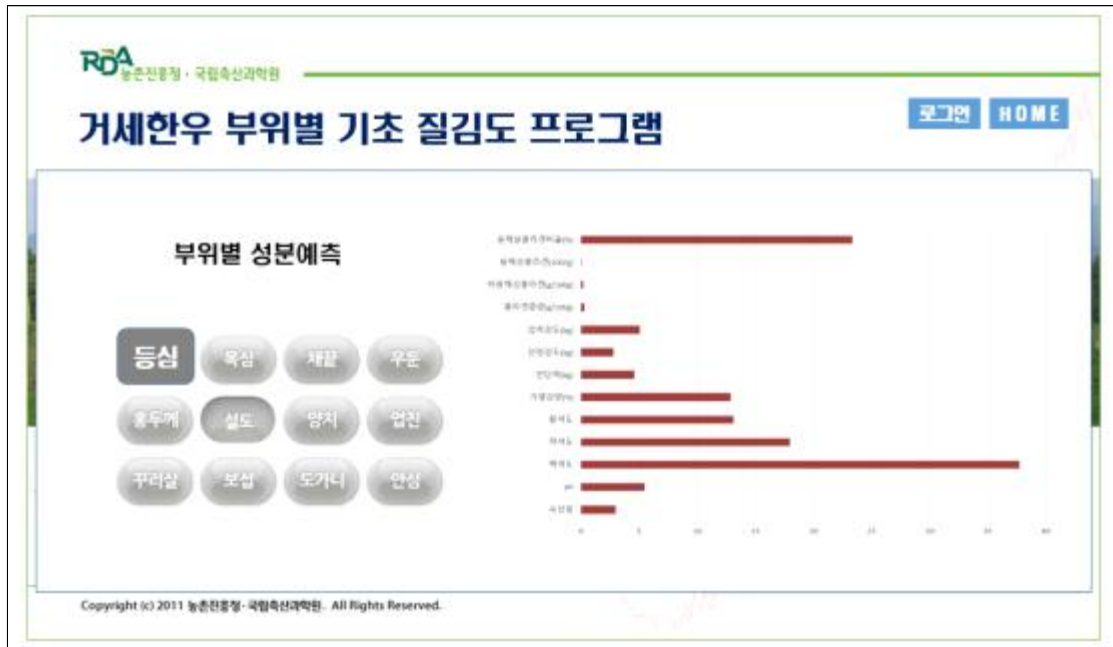
품종	성별	동물번호	근육	근육한국명	인장강도 (kg)	인장강도 에너지(J)	압착강도 (kg)	콜라겐총량 (g/100g)	비혼합성콜라겐 (g/100g)	혼합성콜라겐 (100/g)	혼합성콜라겐 비율(%)
Hanwoo	Steers	A1	PM(TL)	만심				0.18	0.08	0.10	55.80
Hanwoo	Steers	A1	LT(LO)	통심			4.39	0.22	0.04	0.17	79.67
Hanwoo	Steers	A1	LL(SL)	채끝	0.69	52.37	4.78	0.23	0.22	0.02	7.00
Hanwoo	Steers	A1	TB(NE)	목심	2.40	176.78	5.41	0.58	0.49	0.09	15.25
Hanwoo	Steers	A1	SS(FL)	앞다리				0.55	0.31	0.24	44.17
Hanwoo	Steers	A1	SM	우둔	2.01	185.72	5.88	0.43	0.20	0.23	53.82
Hanwoo	Steers	A1	BF	살깃			6.08	0.34	0.13	0.21	61.31
Hanwoo	Steers	A1	ST	종두깨							
Hanwoo	Steers	A1	GM(KN)	보살			6.32	0.46	0.42	0.04	9.23
Hanwoo	Steers	A1	DPI(FR)	양지				0.41	0.22	0.18	44.63

Copyright (c) 2011 농촌진흥청 · 국립축산과학원. All Rights Reserved.

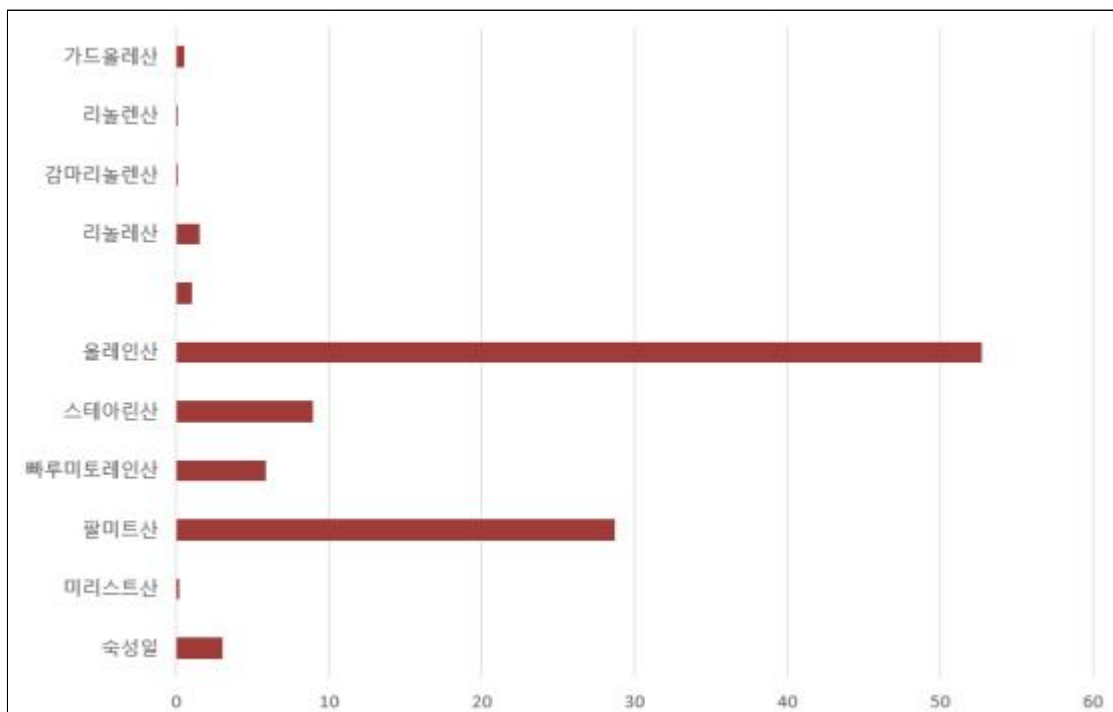
(4). 시스템의 부위별 숙성변화 조회 화면



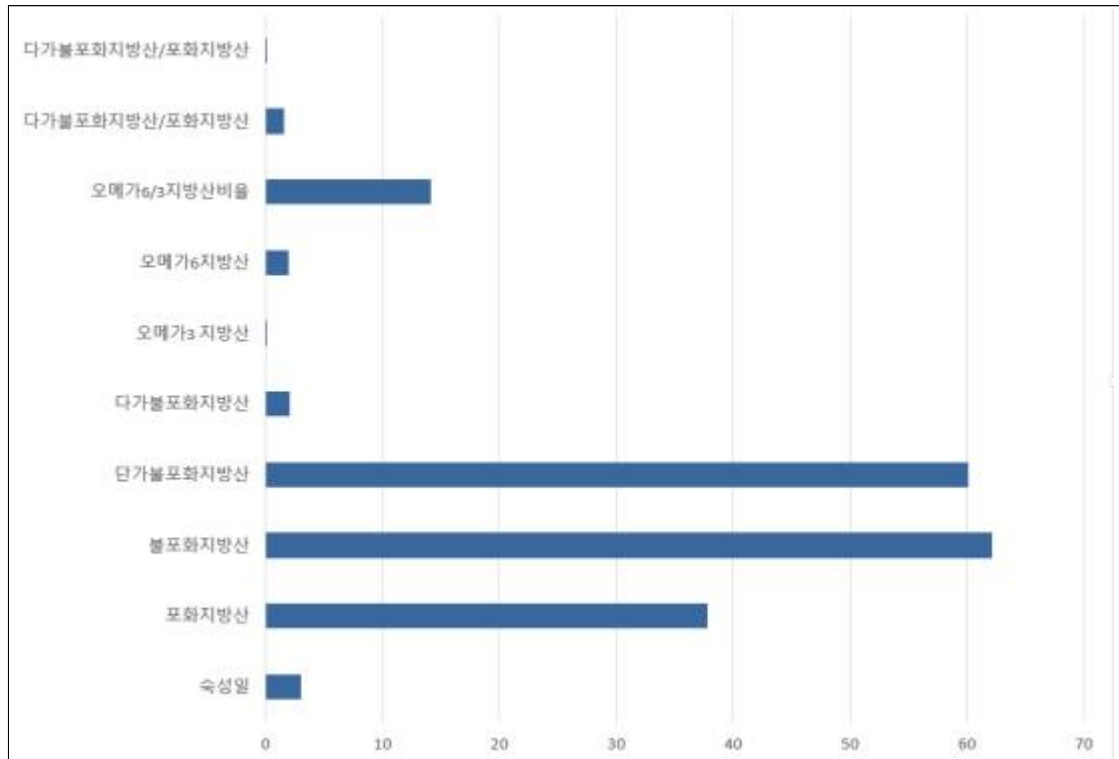
(5). 시스템의 부위별 예측조회 화면



(6). 시스템의 부위별 성분조회 자료(1)



(7). 시스템의 부위별 성분조회 자료(2)



마. 시스템 개발관련 자료

(1). 부위별 숙성 및 성분자료(DB 구축자료)

품종	성별	동물번호	근육	근육한국명	숙성일	pH	백색도	적색도
Hanwoo	Steers	A1	PM(TL)	안심	3	5.46	42.59	20.59
Hanwoo	Steers	A1	LT(LO)	등심	3	5.53	51.17	17.58
Hanwoo	Steers	A1	LL(SL)	채끝	3	5.50	46.57	17.68
Hanwoo	Steers	A1	TB(NE)	목심	3	5.60	48.98	20.09
Hanwoo	Steers	A1	SS(FL)	앞다리	3	5.64	41.80	18.94
Hanwoo	Steers	A1	SM	우둔	3	5.46	43.00	16.47
Hanwoo	Steers	A1	BF	설깃	3	5.59	39.47	18.95
Hanwoo	Steers	A1	ST	홍두깨	3	5.49	43.61	20.74
Hanwoo	Steers	A1	GM(KN)	보섭	3	5.43	39.82	22.41
Hanwoo	Steers	A1	DP(FR)	양지	3	5.59	45.73	18.69
Hanwoo	Steers	A1	PM(TL)	안심	21			
Hanwoo	Steers	A1	LT(LO)	등심	21			
Hanwoo	Steers	A1	LL(SL)	채끝	21			
Hanwoo	Steers	A1	TB(NE)	목심	21			
Hanwoo	Steers	A1	SS(FL)	앞다리	21			
Hanwoo	Steers	A1	SM	우둔	21			
Hanwoo	Steers	A1	BF	설깃	21			
Hanwoo	Steers	A1	ST	홍두깨	21			
Hanwoo	Steers	A1	GM(KN)	보섭	21			
Hanwoo	Steers	A1	DP(FR)	양지	21			
Hanwoo	Steers	A2	PM(TL)	안심	3	5.68	37.58	20.95
Hanwoo	Steers	A2	LT(LO)	등심	3	5.47	43.79	21.93
Hanwoo	Steers	A2	LL(SL)	채끝	3	5.46	39.19	20.70
Hanwoo	Steers	A2	TB(NE)	목심	3	5.54	39.87	17.83
Hanwoo	Steers	A2	SS(FL)	앞다리	3	5.67	42.06	15.90
Hanwoo	Steers	A2	SM	우둔	3	5.51	33.18	17.28
Hanwoo	Steers	A2	BF	설깃	3	5.60	36.53	20.34
Hanwoo	Steers	A2	ST	홍두깨	3	5.50	39.71	19.10
Hanwoo	Steers	A2	GM(KN)	보섭	3	5.48	37.93	21.74
Hanwoo	Steers	A2	DP(FR)	양지	3	5.79	44.87	20.75
Hanwoo	Steers	A2	PM(TL)	안심	21			
Hanwoo	Steers	A2	LT(LO)	등심	21			
Hanwoo	Steers	A2	LL(SL)	채끝	21			
Hanwoo	Steers	A2	TB(NE)	목심	21			
Hanwoo	Steers	A2	SS(FL)	앞다리	21			
Hanwoo	Steers	A2	SM	우둔	21			
Hanwoo	Steers	A2	BF	설깃	21			
Hanwoo	Steers	A2	ST	홍두깨	21			
Hanwoo	Steers	A2	GM(KN)	보섭	21			
Hanwoo	Steers	A2	DP(FR)	양지	21			
Hanwoo	Steers	A3	PM(TL)	안심	3	5.49	38.67	20.11

Hanwoo	Steers	A36	LT(LO)	등심	3	5.53	35.19	18.05
Hanwoo	Steers	A36	LL(SL)	채끝	3	5.50	39.85	21.80
Hanwoo	Steers	A36	TB(NE)	목심	3	5.98	31.58	15.93
Hanwoo	Steers	A36	SS(FL)	앞다리	3	5.74	36.71	19.07
Hanwoo	Steers	A36	SM	우둔	3	5.50	33.98	18.70
Hanwoo	Steers	A36	BF	설깃	3	5.68	37.75	17.24
Hanwoo	Steers	A36	ST	홍두깨	3	5.68	43.09	15.71
Hanwoo	Steers	A36	GM(KN)	보쌈	3	5.48	35.26	22.66
Hanwoo	Steers	A36	DP(FR)	양지	3	5.50	36.00	16.05
Hanwoo	Steers	A36	PM(TL)	안심	21	5.74	37.92	26.48
Hanwoo	Steers	A36	LT(LO)	등심	21	5.74	39.93	22.00
Hanwoo	Steers	A36	LL(SL)	채끝	21	5.53	41.34	21.26
Hanwoo	Steers	A36	TB(NE)	목심	21			
Hanwoo	Steers	A36	SS(FL)	앞다리	21			
Hanwoo	Steers	A36	SM	우둔	21	5.57	38.27	21.73
Hanwoo	Steers	A36	BF	설깃	21	5.49	39.63	20.50
Hanwoo	Steers	A36	ST	홍두깨	21			
Hanwoo	Steers	A36	GM(KN)	보쌈	21	5.49	38.84	22.15
Hanwoo	Steers	A36	DP(FR)	양지	21	5.65	44.94	18.10
Hanwoo	Steers	A37	PM(TL)	안심	3	5.78	37.22	21.32
Hanwoo	Steers	A37	LT(LO)	등심	3	5.47	38.47	17.57
Hanwoo	Steers	A37	LL(SL)	채끝	3	5.52	43.70	16.26
Hanwoo	Steers	A37	TB(NE)	목심	3	5.70	44.33	19.36
Hanwoo	Steers	A37	SS(FL)	앞다리	3	5.67	36.51	21.27
Hanwoo	Steers	A37	SM	우둔	3	5.45	34.29	21.44
Hanwoo	Steers	A37	BF	설깃	3	5.48	42.37	24.87
Hanwoo	Steers	A37	ST	홍두깨	3	5.54	42.27	21.98
Hanwoo	Steers	A37	GM(KN)	보쌈	3	5.47	35.95	19.93
Hanwoo	Steers	A37	DP(FR)	양지	3	5.76	35.49	22.66
Hanwoo	Steers	A37	PM(TL)	안심	21	5.51	36.29	27.70
Hanwoo	Steers	A37	LT(LO)	등심	21	5.51	42.37	22.64
Hanwoo	Steers	A37	LL(SL)	채끝	21	5.39	39.33	19.71
Hanwoo	Steers	A37	TB(NE)	목심	21			
Hanwoo	Steers	A37	SS(FL)	앞다리	21			
Hanwoo	Steers	A37	SM	우둔	21	5.45	37.93	21.11
Hanwoo	Steers	A37	BF	설깃	21	5.52	38.48	20.24
Hanwoo	Steers	A37	ST	홍두깨	21			
Hanwoo	Steers	A37	GM(KN)	보쌈	21	5.48	35.95	19.93
Hanwoo	Steers	A37	DP(FR)	양지	21	5.91	39.07	22.78
Hanwoo	Steers	A38	PM(TL)	안심	3	5.80	36.03	19.50
Hanwoo	Steers	A38	LT(LO)	등심	3	5.52	39.26	18.95
Hanwoo	Steers	A38	LL(SL)	채끝	3	5.44	40.15	21.35
Hanwoo	Steers	A38	TB(NE)	목심	3	5.84	36.30	19.67
Hanwoo	Steers	A38	SS(FL)	앞다리	3	5.76	36.52	17.19

[illegible]

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 목표대비 달성도

당초 목표	가중치(%)	개발 내용	달성도(%)
1)근내지방, 연도 및 맛형 축군의 맛 정보시스템 구축	35	1)근내지방형 축군의 표현형질 발현 특성 및 영향력 조사 - 200두 활용 육질특성과 근내 지방 에 대한 육종가값간의 유의적 상관성 분석 2)연도관련 유전자가 거세우의 품질특성에 미치는 영향 구명 - 200두 활용 육질특성과 연도 (전단력)에 대한 육종가값간의 유의적 상관성 분석 3)맛관련 유전자가 거세우의 품질 특성에 미치는 영향 구명 - 866두 활용 육질특성과 맛점 수에 대한 육종가값간의 유의 적 상관성 분석	100
2)맛 형질 관련 유전체선발 및 유전자형기반 우량종축 생산	35	1)한우 맛형질 참조집단 구축 및 유전모수 추정 - 맛형질 참조집단 구축 및 도 체 형질에 대한 유전모수추정, 후보 유전자 분석 2)한우 맛형질 유전체 육종가 추정체계 구축 - 지방함량, 전단력, 지방산 함량에 대한 유전모수 및 육종가 추정 3)맛 관련 유전자 탐색 및 유전변이 탐색 - 연도 관련 유전자 탐색 및 비유전 효과에 영향하는 유전변이 탐색	95
3)부위별 근육을 분석하여 물리적·화학적 한우 기초질감도 (Background Toughness) 지도 작성	30	1)한우 결체조직 분석 및 fibroblast 성장 및 분화 특성 조사 - 한우 10개 부위의 이화학적 및 물성 특성 조사, 부위별 콜라겐 타입 및 차이 조사 2)세포환경이 fibroblast 콜라겐 생성에 미치는 영향구명 - 한우 10개부위에 대한 추가 분석, 숙성에 따른 칼페인과 fibroblast의 변화	100

		3)콜라겐조직형성에서 단백질 분해효소와 HSP의 기능구명 - 한우 10개부위에 대한 추가 분석, 콜라겐 타입별 차이와 배양 조건에 따른 결체조직 세포의 성장	
	100%		

제2절 : 정량적 성과(논문게재, 특허출원, 기타)를 기술

성과지표명 \ 연도		당초 목표 (전체)	실적	달성도 (%)	가중치 (%)
논문게재	SCI	13	15(1)*	123	30
	비SCI	4	1	25	20
산업재산권	출원	5			10
	등록	3	(2)**	(66)	5
학술발표	국제	20	10	50	10
	국내	12	22	183	5
우량계통 증식		50			10
정책자료 기관제출		5	1	20	5
영농기술·정보 기관제출		5	5	100	5
DB 구축 및 활용		1			
홍보(점) 및 기타...			109		
계		120	163	-	100

()* '16년 온라인 논문은 기계재, 오프라인 논문은 '17년 5월 게재예정

()** 프로그램 개발 완료 후 '17년 상반기에 등록 추진 중

제 5 장 연구 결과의 활용 계획

제1절 연구개발결과의 활용방안

기존 도체형질, 맛 형질(전단력, 근섬유길이 및 근섬유수), 이화학성분 및 지방산조성간의 유전모수(유전력 및 유전상관) 추정을 통한 국가단위 한우개량사업에 기초자료로 제공하고 기존 도체형질과 맛 형질간 유전상관을 기초로 한 상관반응정도를 통하여 기존 도체형질중심의 개량에 있어서 맛 형질개량의 상관반응에 대한 자료 제공한다.

또한 유전력이 낮은 맛 형질연관 상가적 유전효과를 보이는 유전마커 검출과 유전자발현분석을 통한 비유전요인에 관여하는 유전자정보를 활용한 맛 정보 제공한다.

한우 맛형질 참조집단(1,000두)을 활용한 우량 씨수소 선발에 활용하여 기존 KPN 씨수소의 맛 형질관련 육종가 추정 및 활용하고 기존 호주 Meat Standard Australia (MSA) 모델 벤치마킹하여 맛 형질관련 유전마커의 연도관리시스템에 활용 방안 모색한다, 그리고 유전정보를 활용한 쇠고기 거래시스템 개발을 통한 소비자 신뢰도를 향상시킨다.

쇠고기의 물성(연도)에 40%이상 차지하는 결체조직의 생물학적 특성을 규명하여 사후 쇠고기의 연도개선에 활용하고 한우고기 기초질감에 결체조직의 영향력 분석 및 표준화로 한우고기 연도개선에 반영한다.

제2절 기대성과

맛 형질관련 참조축군 조성(1,000두) 및 표현형 자료를 확보하여 참조축군 유전자형, 표현형 자료 확보 및 맛 형질 개량에 활용한다. 또한 맛 형질관련 형질개량을 위한 유전능력평가 모형 개발(환경효과 제어 방안)한다.

맛 형질관련 유전마커 검출 및 유전능력평가 모형을 개발(분자유종가 추정법)하여 맛 형질을 예측하고 이에 따른 상가적 유전마커 및 비상가적 유전자를 검출한다. 이와 관련하여 맛 형질을 조절하는 비유전적 요인 탐색을 통해 사료물질 개발에도 활용 가능할 것으로 보인다. 이러한 결과를 가지고 맛 형질관련 유전마커의 연도관리시스템에 활용을 하며 맛관련 유전자 영향력을 반영한 한우고기 맛예측 기술개발에 활용도 가능할 것이다.

한우고기 기초질감도의 특성구명으로 부드러운 한우선발 연구분야에 활용이 가능하다. 결체조직의 양과 질은 단백질 turnover와 관련된 유전적 요인의 영향을 크게 받으며, 본 연구의 결과는 한우 개량 및 선발에서 부드러운 한우의 선발과 유전자 마커를 찾는 데 기본 자료를 제공할 수 있다. 또한 본 연구결과는 한우고기의 기초질감도에 영향을 미치는 결체조직의 형성이 유전적 형질과 환경의 상호작용에 의해서 결정되는 요인을 구명하는데 부위별 결체조직의 특성을 제공 가능하다.

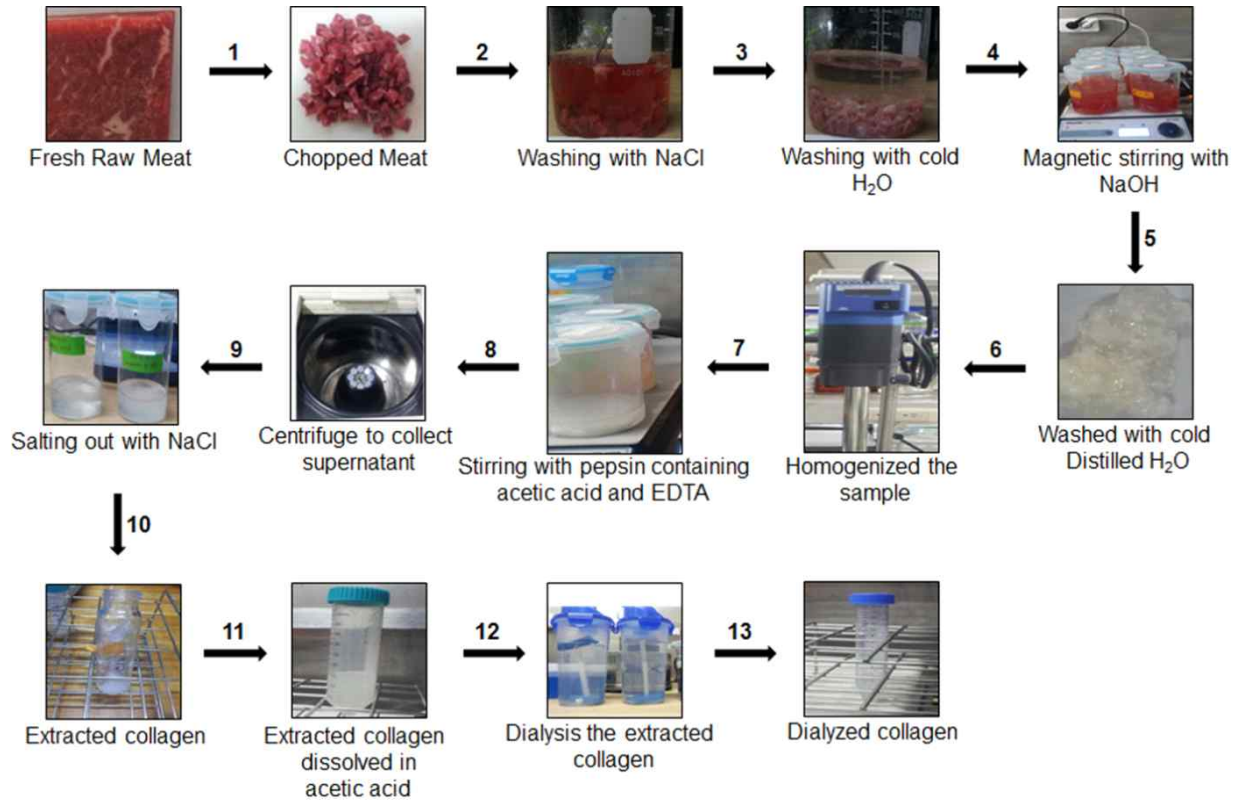
제3절 경제적 · 산업적 측면

한우고기 소비계층의 소비패턴변화에 따른 한우개량 선제적으로 대응하고 소비자가 원하는 한우생산체계 구축에 맞 형질 우량 씨수소 선발을 통한 씨수소 선발체계 다변화 및 한우시장 다변화에 기여한다.

Soft-Food 시대에 부드러운 수입쇠고기에 대응한 부드러운 한우고기 생산 기반 조성을 위하여 부드러운 한우고기 생산을 위해 근내지방을 침착하는 사양기술에 의해 한우 거세우의 질감도는 개선되고 있다. 연구에 의하면 26 개월령에 도축한 거세우와 31 개월령에 도축한 거세우의 채끝육의 근내지방함량이 4.23% 증가하였으며, 전단력은 0.98kg 감소하였다(국립축산과학원, 2005). 이는 1kg의 전단력을 낮추기 위해 4.32%의 지방함량 증가가 요구되며, 약 5개월의 사양기간을 필요하다는 결과다. 이 5개월 동안 거래정육 양을 기준으로 하여 추가적으로 발생된 온실가스량은 추정한 결과 1709kg of CO₂가 발생되며(황 등, 2012), 이는 어린 소나무 633 그루를 식재해야 흡수되는 지구온난화가스 량과 같다. 본 연구를 통해서 한우고기 기초질감도를 줄일수 있는 선발과 사양방법 그리고 도축후 가공방법에 대한 정보를 제공하고 연구분야를 확대시켜 점차적으로 이러한 경제적·환경적 비용을 감소시킬 수 있을 것이다.

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

1. 결체조직 type을 정량화 할 수 있는 기술



2. 고기의 조직감을 해석할수 있는 시료채취방법과 측정방법



제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

○ 일반

제 8 장 국가과학기술지식정보서비스에 등록된 연구시설·장비 현황

○ 해당 없음

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

1. 연구실 안전조치 이행

가. 기술적 위험요소 분석- 유기용매의 사용으로 호흡기 장애 및 화재에 대한 위험성이 있음.

- 시료 채취 및 전처리시 칼 등을 사용하기 때문에 상해에 대한 위험성이 있음.
- 고 회전력의 센트리 퓨즈와 모터를 사용하는 실험이 있어 상해 및 기타 부상에 대한 위험성이 있음.
- 상업적 고가시료를 채취함으로써 신체 오염에 대한 위험성이 있음.

나. 안전관리대책

- 안전점검 및 정밀안전진단 내용 및 실시주기

구 분		점 검 내 용	점검주기	점검주체
안전점검	일상점검	다음 각호의 사항을 육안으로 점검 1) 기계·기구·전기·가스 등의 실험기자재와 약품·병원체 등 실험재료의 이상유무 2) 보호장비의 관리상태를 육안으로 점검	매일 1회	연구실 책임자
	정기점검	다음 각 호의 사항을 장비를 이용하여 점검 1) 기계·기구·전기·가스 등의 설비기능의 이상유무 2) 보호장비의 관리상태	매년 1회	연구주체의 장
정밀안전진단		외관 육안점검 및 점검장비를 사용하여 연구실 내·외의 안전보건과 관련된 사항을 진단·평가	2년마다 1회	연구주체의 장

- 안전점검 및 정밀안전 진단 중점관리 내용

구 분	중점내용	개선주체
시설·설비측면	<ul style="list-style-type: none"> - 가스누설경보기 - 가스용기 전도방지장치 - 흡후드 등 배기장치 - 세안/샤워설비 - LP가스용기 옥외보관소 개선 	대학본부
유지관리 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 안전수칙 설치, 소화기 위치표시 - 정리정돈 불량 등 - 구급용구 비치, 가스용기 충전기한 - 난방용 전열기 사용 - 안전보호구 관리 등 	학장 해당 실험실

▼ 연구실 안전교육

- 교육대상
 - 과학기술분야 연구실에 종사하는 연구활동 종사자 전원
 - 연구실(실험·실습실)을 출입하는 자(대학생, 대학원생, 연구원, 연구보조원)
 (대학원을 수료한 자라도 연구실을 출입하는 경우 교육을 이수하여야 함)

구 분	실시주체	실시시기	교육내용
집체교육	연구실 책임자	매월 1시간 이상	연구실 안전환경 법령에 관한 사항 연구실 내 유해·위험요인에 관한 사항
	중앙연구소, 대학본부	연 2회	
온라인 교육	중앙연구소, 대학본부	연 6회	안전분야별

- 전공특성별 안전교육 실시

연구활동 종사자의 출입 실험실 위험등급에 따라 교육과정을 A,B,C로 편성

연구활동 종사자의 교육만족도 향상 및 실질적 안전교육이 될 수 있도록 함

교육 과정	분류 기준	비 고
공통과정 (A,B,C 공통 과정)	<ul style="list-style-type: none"> - 연구실 안전 및 안전일반과정 : 연구실안전 및 일반적 위험성, 연구실 사고예방, 연구실 사고대처, 연구실 안전보건 - 화재 및 폭발 : 화재 및 폭발, 화재로 인한 신체피해, 소방안전 설비 - 사용요령, 화재 시 행동요령 - 유해화학물질 취급과 관리 : 물질안전보건자료 	
A과정	가스, 인화성시약, 유해화학물질, 생물 및 동물의 취급, 방사성동위원소	
B과정	일반시약, 소규모 인화성시약, 불연성 가스	
C과정	화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터	

※ 집합교육으로 순회안전교육 및 실험전 안전교육 실시 (교육시설재난공제회

주관 순회 안전교육)

▼ 참여연구원 및 실험실 요원 보험가입

- 가입내용

우리대학은 연구활동종사자의 상해·사망에 대비하여 연구활동종사자를 피보험자 및 수익자로 하는 보험에 가입하고 있음

- 보장 내역 및 한도

구 분	지 급 사 유	보장한도
사 망	사망·질병 사망·치료 중 사망	2억원
후유장해	교육과학기술부장관이 최근 고시한 『연구실사고에 대한 보상기준』 이상 지급	1억원
부 상	교육과학기술부장관이 최근 고시한 『연구실사고에 대한 보상기준』 이상 지급	3천만원

▼ 보장내역별 보상내용

• 생명/상해/장해 보장 보험(공제)금

- 타 제도에 의한 보상과 관계없이 중복 보상

- 부상이 원인이 되어 사고일로부터 1년 이내에 사망한 경우에도 보상

- 부상이 원인이 되어 후유장해가 발생하여 장해보상을 받은 후에 사망한 경우에는 보장 금액에서 후유장해

• 후유장해 보장

- 부상이 원인이 되어 신체장해가 발생한 때에 장해등급별로 보상

• 의료비 보장

- 의료실비 보상

- 국민건강보험에서 제외되는 본인 부담금 및 모든 비급여 보상

(「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 「산업안전보건법」에 따른 연구실 안전조치 이행계획(해당 연구실안전점검 및 정밀안전진단실시, 참여연구원의 교육훈련 및 건강 검진실시, 보험가입 등) 및 기타 당해 연구개발사업 수행 시 필요한 연구실안전 확보 계획 등을 서술)

2.. LMO 연구시설 및 수입신고 현황(해당 시 작성)

“해당사항 없음”

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	Evaluation of Various Packaging Systems on the Activity of Antioxidant Enzyme, and Oxidation and Color Stabilities in Sliced Hanwoo (Korean Cattle) Beef Loin during Chill Storage	축산원	교신	한국축산식품학회지	0.25	2014.6.30	단독사사	SCI
2	논문	Genome-wide Association Study for Warner-Bratzler Shear Force and sensory traits in Hanwoo	축산원	교신	AJAS	0.54	2014	중복사사	SCI
3	논문	Validation of genetic polymorphisms on BTA14 associated with carcass trait in a commercial Hanwoo population	축산원	교신	Animal Genetics	2.2	2014	중복사사	SCI
4	논문	Antiapoptotic effect of a novel synthetic peptide from bovine muscle and MPG peptide on H2O2-induced C2C12 cells	전북대	교신	IN VITRO CELLULAR & DEVELOPMENTAL BIOLOGY-ANIMAL	1.15	2014	중복사사	SCI
5	논문	Application of cell co-culture system to study fat and muscle cells	전북대	교신	Applied Microbiology and Biotechnology	3.3	2014	중복사사	SCI
6	논문	Biological interactions of muscle precursor C2C12 cells with biomimetic nano-hydroxyapatite/poly(lactide-co-glycolide) scaffoldings	전북대	교신	Ceramics International	2.6	2014	중복사사	SCI

8	논문	Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments	전북대	교신	Animal science journal	0.96	2015	중복사사	SCI
9	논문	Electrospun antimicrobial hybrid mats: Innovative packaging material for meat and meat-products	전북대	교신	Journal of Food Science and Technology	1.3	2015	중복사사	SCI
10	논문	Role of calpastatin in the regulation of mRNA expression of calpain, caspase, and heat shock protein systems	전북대	교신	IN VITRO CELLULAR & DEVELOPMENTAL BIOLOGY-A NIMAL	1.15	2015	중복사사	SCI
11	논문	Validation of Single Nucleotide Polymorphisms Associated with Carcass Traits in a Commercial Hanwoo Population	축산원	교신	AJAS	0.54	2016	중복사사	SCI
12	논문	Effect of aging time on physicochemical meat quality and sensory property of Hanwoo bull beef	축산원	주담당	한국축산식품학회지	0.25	2016.2.25	단독사사	SCI
13	논문	Meat quality traits as a function of cow maturity	축산원	주담당	Animal Science Journal	0.96	2016.12.25	단독사사	SCI
14	논문	Eating quality traits of Hanwoo longissimus dorsi muscle as a function of end-point cooking temperature	전북대	교신	한국축산식품학회지	0.25	2016	중복사사	SCI

제 11 장 기타사항

1. 변경사항

연차	항목	당초계획	변경사항	근거문서
2년차 (2015)	주관(세부)과제 책임자 변경	주관(세부)과제 책임자 - 이승환	주관(세부)과제 책임자 - 김시동	인사이동 공문(한우연- 609) 참조
3년차 (2016)	주관(세부)과제 책임자 변경	주관(세부)과제 책임자 - 김시동	주관(세부)과제 책임자 - 김현주	인사이동 공문(한우연- 609) 참조
과제전반 (2015)	2세부과제 연구내용	- 유전자검사는 선발 축 20두에서 생산된 10개부위를 숙성처 리하고 분석	- 검출한 유전자정보 검증시 반복수가 중 요하므로 육질등급 별 100두에서 생산 된 2개부위로 확대	한우시 메모보고 (15.1.21) 및 공문(한우연- 194) 참조
		- 추가	- 반복수 확대를 위하여 한우연 계통축군 선발 에 이용된 1,000두 중 1등급이상축에 대하여 연도관리시스템을 활용 하여 맞점수 산출 활용	한우시 메모보고('1 5.12.24) 및 공문(한우연- 2864) 참조

2. 평가시 지적사항에 대한 반영 현황

연차	지적사항	반영사항
1년차 (2014)	○ 선정평가위원회 지적사항 -내부과제 공시시료를 함께 이용하는 것 고려	○시료공유 협동회의결과 -(1년차)한우시험장 필드실험축 10 두를 공유하여 활용
2년차 (2015)	○ 세부과제간의 연계성 추가 - 2세부과제 유전자검사는 근육 2개 부위(등심, 설도)인데 반해 제1세부 과제의 조사항목은 근육 10개 부위 로 2세부과제의 맞춤형 유전자효과 정보가 1세부과제와 연계되지 않음	○협의회 개최 후 설계변경 - 2세부과제에서 검출한 유전자정 보 검증시 반복수가 중요하므로 1 세부과제에서 기존 10두를 100두 로 확대하여 연계성을 높임

제 12 장 참고문헌

1. AOAC (2006) Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., pp. 210-219.
2. Alnemri E. S.; Livingston D. J.; Nicholson D. W.; Salvesen G.; Thornberry N. A.; Wong W. W.; Yuan J. Human ICE/CED-3 protease nomenclature. *Cell* 87(2): 171; 1996.
3. Archile -Contreras, A. C. Mandell, I. B. and Purslow P. P. (2011). Oxidative stress may affect meat quality by interfering with collagen turnover by muscle fibroblasts. *Food Research International*, 44, 582 - 588.
4. Archile -Contreras, A.C. Mandell, I. B. and Purslow P. P. Oxidative stress may affect meat quality by interfering with collagen turnover by muscle fibroblasts. *Food Research International* 44 (2011) 582 - 588.
5. Archile-Contreras, A. C. Mandell, I. B. and Purslow P. P. (2010). Phenotypic differences in matrix metalloproteinase 2 activity between fibroblasts from 3 bovine muscles. *J ANIM SCI* ., 88, 4006-4015.
6. Archile-Contreras, A.C. Mandell, I. B. and Purslow P. P. Phenotypic differences in matrix metalloproteinase 2 activity between fibroblasts from 3 bovine muscles. *J ANIM SCI* 2010, 88:4006-4015.2010.
7. Bendall, J. R. (1967). The elastin content of various muscles of beef animals. *Journal of Science Food Agriculture*, 18, 553 - 558.
8. Brackebusch, S. A., McKeith, F. K., Carr, T. R., and McLaren, D. G. (1991) Relationship between longissimus composition and the composition of other major muscles of the beef carcass. *J. Anim. Sci.* 69, 631-640
9. Brooks, J. C., Belew, J. B ., Griffin, D. B., Gwartney, B. L., Hale, D. S., Henning, W. R., Johnson, D. D., Morgan, J. B., Parrish, F. C., Reagan, J. O., and Savell, J. W. (2000) National beef tenderness survey 1998. *J. Anim. Sci.* 78, 1852-1860.
10. Brooks, J. C., & Savell, J. W. (2004). Perimysium thickness as an indicator of beef tenderness. *Meat Science*, 67, 329 - 334.
11. Chae, H. S., Cho, S. H., Park, B. Y., Yoo, Y. M., Kim, J. H., and Ahn, J. N. (2002). Comparison of chemical composition in different portions of domestic broiler meat. *Korean Journal of Poultry Science*, 29(1) 51-57.
12. Cho, S. H., Kim, J. H., Seong, P. N., Choi, Y. H., Park, B. Y., Lee, Y. J., In, T. S., Chun, S. Y., and Kim, Y. K. (2007) Cholesterol, free amino acids, nucleotide-related compounds and fatty acid composition of Korean bull beef. *Korean journal of Food Science and Animal Resources*, 27, 440-449.
13. Cho, S. H., Seong, P. N., Kim, J. H., Park, B. Y., Baek, B. H., Lee, Y. J., In, T. S., Lee, J. M., Kim, D. H., and Ahn, J. N. (2008). Calorie, cholesterol, collagen, free amino acids, nucleotide-related compounds and fatty acid composition of Hawoo steer beef

- with 1++ quality grade. Korean journal of Food Science and Animal Resources, 28(3) 333-343.
14. CIE (1986) Colorimetry. 2nd ed., Commission Internationale de l'Eclairage, Publication CIE No. 15.2. Vienna.
 15. Cross, H. R., West, R. L., and Dutson T. R. (1981) Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Sci.* 5, 261-266.
 16. Cross, H. R., Schanbacher, B. D., and Crouse, J. D. (1984) Sex, age and breed related changes in bovine testosterone and intramuscular collagen. *Meat Sci.* 10, 187-195.
 17. Crouse, J. D., Cross, H. R., and Seideman, S. C. (1985) Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. *J. Anim. Sci.* 60, 1228-1234.
 18. Dahiya, S., Bhatnagar, S. Hindi, S. M., Jiang, C., Paul, P. K., Kuang, S., and Kumar, A. (2011) Elevated levels of active matrix metallo proteinase-9 cause hypertrophy in skeletal muscle of normal and dystrophin-deficient mdx mice. *Human Molecular Genetics*, August, 1-15.
 19. de Hemptinne I, Gallant-Behm CL, Noack CL, Parreno J, Hart DA. Dermal fibroblasts from red Duroc and Yorkshire pigs exhibit intrinsic differences in the contraction of collagen gels. *Wound Repair Regen.* 2008;16(1):132-42.
 20. Devitt, C. J. B., Wilton, J. W., Mandell, I. B., Femandes, T. L., and Miller, S. P. (2002) Genetic evaluation of tenderness of the *longissimus* in multi-breed population of beef cattle and the implication of selection. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19~23. Montpellier, France, 31. (pp. 455-458)
 21. Dikeman, M. E., Reddy, G. B., Arthaud, V. H., Tuma, H. J., Koch, R. M., Mandigo, R. W., and Axe, J. B. (1986) Longissimus muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *J. Anim. Sci.* 63, 92-101.
 22. Dransfield, E. (1994) Optimization of tenderization, aging, and tenderness. *Meat Sci.* 36, 105-121.
 23. Ducomps, C, Maurieg, P., Darche, B., Combes, S., Lebas, F., and Doutrelous, J. P. (2003). Effect of jump training on passive mechanical stress and stiffness on rabbit skeletal muscle: role of collagen. *Acta Physiol Scand.* 178, 215-224.
 24. Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., and Lebret, B. (1999) Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. *Meat Sci.* 53, 59-65.
 25. Flint, T. O. and Pickering, K. (1984) The histochemical estimation of connective tissue in meat and meat products. *J. Sci. Food Agric.* 35, 1263-1264.
 26. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. (1957) A simple method for the isolation and purification and total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-500.

27. Gandolfi G.; Pomponio L.; Ertbjerg P.; Karlsson A. H.; Costa L. N.; Lametsch R.; Russo V.; Davoli R. Investigation on CAST, CAPN1 and CAPN3 porcine gene polymorphisms and expression in relation to post-mortem calpain activity in muscle and meat quality. *Meat Sci.* 88: 694 - 700; 2011.
28. Hill, F. (1966) The solubility of intramuscular collagen in meat animal of various ages. *Journal of Animal Science*, 31(2) 161-166.
29. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49, 447-457.
30. Hopkins D.L. Hopkins, R.S. Hegarty, P.J. Walker, D.W. Pethick (2006) Relationship between animal age, intramuscular fat, cooking loss, pH, shear force and eating quality of aged meat from sheep. *Aust. J. Exp. Agric*, 46, 879 - 884
31. Huff Lonergan, E., Zhang, W., and Lonergan, S. M. (2010) Biochemistry of postmortem muscle Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Sci.* 86, 184-195.
32. Hwang, Y. H., Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., and Joo, S. T. (2010) The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Sci.* 86, 456-461.
33. Ilian, M.A., Morton, J.D., Kent, M. P., LeCouteur, C. E., Hickford, J., Cowley, R., and Bickerstaffe, R. (2001) Intermuscular variation in tenderness: Association with ubiquitous and muscle-specific calpains. *J. Anim. Sci.* 79, 122-132.
34. Insani, E. M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A. M., Pensel, N. A., and Descalzo, A. M. (2008) Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Sci.* 79, 444-452.
35. Jeong, J. Y., Hur, S. T., Yang, H. S., Moon, S. H., Hwang, Y. H., Park, G. B., and Joo, S. T. (2009) Discoloration characteristics of 3 major muscle from cattle during cold storage. *J. Food Sci.* 74, C1-C5.
36. Jeremiah, L. E., Gibson, L. L., Aalhus, J. L., and Dungan, M. E. R. (2003a) Assessment of palatability attributes of the major beef muscle. *Meat Sci.* 65, 949-958.
37. Jeremiah, L. E., Dungan, M. E. R., Aalhus, J. L., and Gibson, L. L. (2003b) Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.* 65, 1013-1019.
38. Joseph, P., Suman, S. P., Rentfrow, G., Li, S., and Beach, C. M. (2012). Proteomics of Muscle-specific beef color stability. *J. Agric. Food Chem.* 60, 3196-3203.
39. Jin YC, Han JA, Xu CX, Kang SK, Kim SH, Seo KS, Yoon DH, Choi YJ, Lee HG. Functional study of Villin 2 protein expressed in longissimus dorsi muscle of Korean native cattle in different growth stages. *BMB Rep.* 2012 Feb;45(2):102-7. doi: 10.5483/BMBRep.2012.45.2.102.
40. Irmshcer, S. B., Bojthe, Z., Hermann, K., Gibis, M., Weiss (2013) Influence of filling

- conditions on product quality and machine parameters in fermented coarse meat emulsions produced by high shear grinding and vacuum filling. *Journal of Food Engineering*, 117, 316–325.
41. King, D. A., Shackelford, S. D., Kuehn, L. A., Kemp, C. M., Rodriguez, A. B., Thallman, R. M., and Wheeler, T. L. (2010). Contribution of genetic influences to animal-to-animal variation in myoglobin content and beef lean color stability. *J. Anim. Sci.* 88, 1160–1167.
 42. Kubota C, Yamakuchi H, Todoroki J, Mizoshita K, Tabara N, Barber M, Yang X. Six cloned calves produced from adult fibroblast cells after long-term culture. 2000 Feb 1;97(3):990–5.
 43. Kubota, C., Yamakuchi, H., Todoroki, J., Mizoshita, K., Tabara, N., Barber, M., Yang, X. (2000). Six cloned calves produced from adult fibroblast cells after long-term culture, 97(3) 990–995.
 44. Kurt K. (1990) Colorimetric Determination of Hydroxyproline as Measure of Collagen Content in Meat and Meat Products: NMKL Collaborative Study. *J. Assoc. off. Anal. Chem.*, 73, 52–57.
 45. Koohmaraie, M. (1994) Muscle proteinases and meat aging. *Meat Sci.* 36, 93–104.
 46. Lawson, M. A., & Purslow, P. P. (2001). Development of components of the extracellular matrix, basal lamina and sarcomere in chick quadriceps and pectoralis muscles. *British Poultry Science*, 42, 315 – 320.
 47. Ledward, D. A. (1984) Thermal stability of connective tissue in meat and meat products. *J. Sci. Food Agric.* 35, 1262.
 48. Lee, Y. J., Kim, C. J., Park, B. Y., Seong, P. N., Kim, J. H., Kang, G. H., Kim, D. H., and Cho, S. H. (2009). Warner–Bratzler shear force, sarcomere length, total collagen contents and sensory characteristics of Hanwoo beef (Korean Native cattle) quality grade. *Korean journal of Food Science and Animal Resources*, 29(6) 726–735.
 49. Light, N. D., Champion, A. E., Voyle, C., & Bailey, A. J. (1985). The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture of six bovine muscles. *Meat Science*, 13, 137 – 149.
 50. Mennecke, B. E., Townsend, A. M., Hayes, D. J., and Lonergan, S. M. (2007) A study of factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. *J. Anim. Sci.* 85, 2639–2659.
 51. Morrison, W. R. and Smith, L. M. (1964) Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron fluoridemethanol. *J. Lipid Resour.* 5, 600–608.
 52. Moon, S. S. (2006) The effect of quality grade and muscle on collagen contents and tenderness of intramuscular connective tissue and myofibrillar protein for Hanwoo beef. *Asia-Aust. J. Anim. Sci.* 19(7) 1059–1064.
 53. Morgan, J. B., Savell, J. W., Hale, D. S., Miller, R. K., Griffin, D. B., Corss, H. R., and

- Shackelford, S. D., (1991). National beef tenderness survey. *Journal of Animal Science*, 69, 3274-3283.
54. Nakano, T., Li, X., Sunwoo, H. H., & Sim, J. S. (1997). Immunohistochemical localization of proteoglycans in bovine skeletal muscle and adipose connective tissues. *Canadian Journal of Animal Science*, 77, 169 - 172.
 55. Nishimura, T., Hottori, A., and Takahashi, K. (1999) Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle. Effect of marbling on beef tenderization. *J. Anim. Sci.* 77, 93-104.
 56. Nishimura, T., Liu, A., Hattori, A., and Takahashi, K. (1998). Change in mechanical strength of intramuscular connective tissue during postmortem aging of beef. *Journal of Animal Science*, 76, 528-532.
 57. Nolte, S. V., W. Xu, H. O. Rennekampff, and H. P. Rodemann. (2008). Diversity of fibroblasts A review on implications for skintissue engineering. *Cells Tissues Organs* 187:165 - 176.
 58. Park, B. Y., Park, K. M., Kim, J. H., Cho, S. H., Kim, N, K., Song, M. J., Lee, C S., Cho, I. K., Choe, H. S., Ryu, K. S., and Hwang, I. H. (2008). Free amino acid, collagen solubility, and meat quality in pork (Longissimus muscle of Yorkshire) as a function of chiller temperature and aging. *Food Science and Biotechnoloty*, 17(1) 26~30.
 59. Peachey, B. M., Purchas, R. W., and Duizer, L. M. (2002) Relationships between sensory and objective measures of meat tenderness of beef *m. longissimus thoracis* from bulls and steers. *Meat Sci.* 60, 211-218.
 60. Peter, K, M., Jill, E. B. and geoffrey, J. L. (1988) Age-related change in the proportion of type I and III collagen. *Mechanism of Ageing and Development*, 45(3) 203-212.
 61. Platter, W. J., Tatum, J. D., Belk, K. E., Koontz, S. R., Chapman, P. L., and Smith, G. C. (2005) Effects of marbling and shear force on consumers willingness to pay for beef striploin steaks. *J. Anim. Sci.* 83, 890~899.
 62. Rhee, M. S., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., and Koohmaraie, M. (2004) Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *J. Anim. Sci.* 82, 534-550.
 63. Rowe, R. W. D. (1981). Morphology of perimysial and endomysial connective tissue in skeletal muscle. *Tissue Cell*, 13, 681 - 690.
 64. SAS (2010) SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 65. Sato, K., Ohashi, C., Muraki, M., Itsuda, H., Yokoyama, Y., Kanamori, M., Ohtsuki, K., & Kawabata, M. (1998). Isolation of intact type V collagen from fish intramuscular connective tissue. *Journal of Food Biochemistry*, 22, 213 - 225.
 66. Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., and Koohmaraie, M. (1995) Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from

- Bos indicus* and *Bos Taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 3333-3340.
67. Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Meade, M. K, Reagan, J. O., Byrnes, B. L., and Koohmaraie, M. (2001) Consumer impressions of Tender Select beef. *J. Anim. Sci.* 79, 2605-2614.
 68. Silva, J. A., Patarata, L., and Martins, C. (1999) Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.*, 52, 453-459.
 69. Smith , R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Hariss, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B. and Savell, J. W. (2008) Dry versus wet aging of beef: retail cutting yield and consumre palatability evaluations of steaks from US Choice and US Delct short loins. *Meat Sci.* 79(4), 631-639.
 70. Swatland, H. J., Gullett, E., Hore, T., & Battenham, S. (1995). UV fiber-optic probe measurements of connective tissue in beef correlated with taste panel scores for chewiness. *Food Research International*, 28, 23 - 30.
 71. Tanaka, H., Okada, T., Konishi, H., & Tsuji, T. (1993). The effect of reactive oxygen species on the biosynthesis of collagen and glycosaminoglycans in cultured human dermal fibroblasts. *Archives of Dermatological Research*, 285(6), 352-355.
 72. Tanaka, H., Okada, T., Konishi, H., and Tsuji, T. (1993). The effect of reactive oxygen species on the biosynthesis of collagen and glycosaminoglycans in cultured human dermal fibroblasts. *Archives of Dermatological Research*, 285(6), 352-355.
 73. Trotter, J. A., Richmond, F. J. R., & Purslow, P. P. (1995). Functional morphology and motor control of series fibred muscles. In J. O. Holloszy (Ed.). *Exercise and sports sciences reviews* (Vol. 23, pp. 167 - 213). Baltimore: Williams and Watkins.
 74. Wardale, R. J. and Duance, V. C. (1993) Quantification and immunolocalisation of porcine articular and growth plate cartilage collagens. *Journal of Cell Science*, 105, 75-984.
 75. Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., and Koohmaraie. M. (2000) Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J. Anim. Sci.* 78, 958-965.
 76. Wheeler, T. I., Cundiff, L. V., Shackelford, S. D., and Koohmaraie, M. (2005) Characterization of biological types of cattle (cycle VII): carcass, yield and longissimus palatability traits. *J. Anim. Sci.* 83, 196-207.
 77. Willems, M. E., Miller, G. R., and Stauber, W. T. (2001) Force deficits after stretches of activated rat muscle-tendon complex with reduced collagen cross linking. *Eur. J. Appl. Physiol.* 85, 405-411.
 78. Wilson, G. D., Bray, R. W., and Phillis, P. H. (1954). The effect of age and grade on the collagen and elastin content of beef and veal. *Journal of Animal Science.* 13, 826-831
 79. Young, O. A. and Braggins, R. J. (1993) Tenderness of ovine semi-membranosus. Is

collagen concentration or solubility critical factor? *Meat Sci.* 35, 213-222.

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

* 예산사업명은 과제 종료년도에 지원한 세부사업을 기재함