

11-1543000
-002018-01

국산돈육
인증 및
차별화를
위한
기술개발
및
산업화
방안
최종보고서

2017

농
림
축
산
식
품
부

농생명산업기술개발사업 R&D Report

발간등록번호

11-1543000-002018-01

국산돈육 인증 및 차별화를 위한
기술개발 및 산업화 방안

(Development of industrial application
for certification and value added
technologies of domestic pork)

2017. 10. 24

(주)정P&C연구소

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “국산돈육 인증 및 차별화를 위한 기술개발 및 산업화 방안”(개발기간 : 2014. 09. ~ 2017. 09.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 10. 24.

주관연구기관명 : (주)정P&C연구소

(대표자) 정영철



(인)

주관연구책임자 : (주)정P&C연구소 정영철

협동연구책임자 : 충북대학교 최양일

협동연구책임자 : 전북대학교 심관섭

협동연구책임자 : 조선대학교 김경수

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	114073-3	해당단계 연구기간	2014.09.25. ~2017.09.24.	단계구분	(총단계)
연구사업명	단위사업	농생명산업기술개발사업			
	사업명	해당사업없음			
연구과제명	대과제명	국산돈육 인증 및 차별화를 위한 기술개발 및 산업화 방안			
	세부 과제명	제 1세부:국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발 제 1협동:품종 및 교배방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인연구 및 산업화 제 2협동:돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화화적인 연구 제 3협동:국내 수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발			
연구책임자	해당단계 참여 연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 870,000천원 민간: 290,010천원 계: 1,160,010천원	
	총 연구기간 참여 연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 870,000천원 민간: 290,010천원 계: 1,160,010천원	
연구기관명 및 소속부서명	(주)정P&C연구소, 충북대학교 산학협력단, 전 북대학교 산학협력단, 조선대학교 산학협력단			참여기업명	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내산 돼지고기 맛을 증진시키기 위한 과학적이면서 객관적인 지표를 개발 ○ 일반 소비자들을 대상으로 돼지고기의 정확한 지식을 전달할 수 있는 포크 소믈리에를 양성하기 위한 체계적인 교육자료 및 교육 프로그램을 개발 ○ 품종별 교배조합별 돼지의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석하여 돼지고기 맛을 증진시키는 요인을 구명하고 돼지고기 품질 분석방법의 표준화와 정확성 향상 ○ 돼지고기의 맛을 결정하는 이화화적인 요인중에 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수를 개발하기 위한 지표로 활용할 수 있으며 이 결과를 기반으로 품종별 이화학적 특성을 활용한 고품질 돼지고기 생산체계 구축 ○ ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 무기원소분석, 무기원소 동위원소 비율분석 및 C, N 동위원소 비율분석을 통한 LDA 통계처리로 돈육의 수입산 및 국내산 원산지 판별이 가능한 분석법을 확립 				보고서 면수 269	

4. 국문 요약문

	코드번호	D-01
<p>연구의 목적 및 내용</p>		<p>□ 제 1세부과제 : 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발</p> <p>본 연구는 차별화 가능한 맛있는 국산돈육 생산을 위해 전통 육종방법과 분자유전학적 방법을 병행하여 연구했음. 또한 맛있는 돈육을 객관적 수치로 나타낼 수 있는 맛 지수(palatability index)를 개발하여 소비자들이 쉽게 이해할 수 있는 방법을 연구했음. 또한 국내산 돼지고기를 적극적으로 홍보하고 국산돈육의 특징을 이해할 수 있는 포크 소믈리에를 양성하고 이들을 통한 국산 돈육의 소비 촉진 방안을 제시하였음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 맛/육질 관련 유전자 마커 분석 ○ 맛/육질 관련 유전자 마커 분석결과의 농장 적용방법 ○ 포크 소믈리에 제도 개발 및 적용방안 연구 ○ 돈육 소믈리에 교재 개발 ○ 돈육 소믈리에 자격 제도 개발 ○ 돈육 소믈리에의 산업 적용 및 양성 프로그램 개발 <p>□ 제 1협동과제 : 품종 및 교배방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인연구 및 산업화</p> <p>현재 한국의 비육돈은 요크셔(YT), 랜드레이스(LL), 듀록(DD)등 3개 품종을 교배한 3품종 교배돈이 대부분을 차지하고 있음. 따라서 품종별, 교배조합별, 돼지고기의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석해서 맛을 증진시키는 요인을 구명하였음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 품종별 및 교배조합별 물리적, 화학적 육질특성 분석 ○ 품종별 및 교배조합별 돼지고기의 관능적 특성 분석 ○ 5가지 맛(단맛, 짠맛, 쓴맛, 신맛, 감칠맛) test 용액기준 개발 ○ 돼지고기 관능검사 요원 자격 기준 개발 ○ 돼지고기 관능검사 방법 개발 ○ 종합적인 맛을 나타내는 맛지수 개발 <p>□ 제 2협동과제 : 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구</p> <p>돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 요인 중 지방산조성, 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질 산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수개발의 지표로 활용할 수 있는 요인 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 돈육의 맛과 지방(지방산)과의 관련성 분석 ○ 돈육의 맛과 단백질(아미노산)과의 관련성 분석 ○ 돈육의 관능적 특성과 이화학적 특성과의 상관분석 <p>□ 제 3협동과제 : 국내·수입산을 구별 할 수 있는 국산돈육 인증 기술 개발</p> <p>돼지고기의 허위 원산지 표기를 통한 유통 예방을 위해 과학적인 분석방법과 체계적인 인증 시스템을 위해 본 연구에서는 국가별, 국내지역별 돼지고기의 무기원소, C, N 동위원소 비율(δ-value (%))분석 방법을 표준화하여 원산지 판별 가능성을 확인하고, 분석 DB를 구축함.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ EA-IRMS 적용성 확인 및 돈육의 동위원소비율 분석방법 표준화 ○ ICP-MS를 이용한 돈육의 동위원소 및 미량무기원소 분석 방법 표준화 ○ 분석 data를 활용한 통계기법으로 지역별 생산된 돈육의 원산지 판별 방법 수립

<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 맛 지수의 특허 등록 ○ 맛 지수의 상용화 및 기술이전 ○ 관능적으로 맛있는 돼지고기의 지육(체중, 등지방두께), 생육의 물리적(색도, 마블링, 산도 등), 화학적(지방산, 아미노산, 핵산 등)요인간의 관계를 구명하였음. ○ 돈육의 물리적, 화학적 육질특성 분석 방법에 대한 표준화 ○ 돈육의 관능적 특성 분석 방법에 대한 표준화 ○ 브랜드 돈육 평가에 객관적 검증 기준 제시 ○ 복잡한 돼지고기 품질 특성을 종합한 맛지수 개발 ○ 돈육의 품질을 맛과 연관한 새로운 분석방법 개발 ○ 돈육의 맛 지수에 따른 가격 차별화 정책 기반 조성 ○ 가격 차별화에 따른 고수익성 돈육 생산과 매출 증가로 축산농가의 수익 증대 ○ 연구에 대한 지식과 경험의 축적으로 학술 경쟁력 제고에 이바지 ○ 포크 소믈리에의 전문인 육성으로 고용의 창출 ○ Farm to table에 이르는 생산자, 유통업체의 개선 및 돈육 품질 신뢰성 구축 ○ 돈육 소믈리에 시스템 개발로 유통 및 양돈 산업의 매출 증대 기대. ○ 돈육 소믈리에 교육 및 인증제도 도입 방안 수립. ○ 식육에 존재하는 동위원소의 비율값을 이용하여 원산지 판별 가능성을 확인함 ○ EA/IRMS를 이용한 C, N 동위원소 비율(δ-value (%))분석으로 아메리카, 유럽, 한국의 산지판별이 가능하였음 ○ ICP/MS를 이용한 최적의 무기원소 및 동위원소 비율 설정 ○ 무기원소 함량 및 동위원소 비율 분석 결과 data를 LDA 통계처리함으로써 수입산 6국가 및 국내산 10지역 돈육의 원산지 판별의 가능성 확인 ○ 돈육의 수입산/국내산 판별 및 지역적 특성 확인을 통해 지역별 특성화 부여
<p style="text-align: center;">연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ 제 1세부과제 : 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발 ○ 차별화 가능한 국산돈육 생산을 위해 전통 육종방법과 분자유전학적 분석 방법으로 맛 향상요인을 찾아내고 객관화된 수치로 종합적 맛 지수(palatability index)를 개발하였음. 소비자들은 맛지수를 통해 차별화된 돼지고기 구매기준을 이용할 수 있고, 생산자들은 보다 맛있는 돼지고기 생산방안을 적용할 수 있음. ○ 돈육 소믈리에 제도 개발 및 양돈산업에 적용방안 개발 □ 제 1협동과제 : 품종 및 교배방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인연구 및 산업화 ○ 맛있는 돼지고기의 비육돈 생산을 위해 요크셔(YY), 랜드레이스(LL), 듀록(DD)등 3개 품종의 육질특성에 따라 각 품종의 육질 개선지표 설정이 가능하게 되었음. 교배조합별 돼지의 육질개선지표도 설정되었음. ○ 산업 적용가능 돼지고기 맛지수 개발 □ 제 2협동과제 : 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구 ○ 돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 지방산 조성, 유리아미노산 함량, 핵산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정방법 표준화로 타 연구기관 및 산업적 활용 가능

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>□ 제 3협동과제 : 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동위원소, 무기원소 등을 이용한 돈육 원산지 판별 방법 개발 결과를 정책 반영하여 제도적 수입 돈육 원산지 검사제도 도입 기반 조성 ○ 제주도 등 지역별 돈육 원산지 판별 방법 역시 정책 반영 가능하여 지역 특산 브랜드 돈육 생산 산업 진흥 가능 ○ 돼지고기의 원산지 확인을 통해 소비자의 올바른 선택권을 제공하고 국산돈육 소비 증진기반 조성 ○ 본 연구의 국산돈육 원산지 판별 방법을 적용해 국산 축산물 인증시스템을 확대하므로서 축산업의 경쟁력을, 나아가서 국내 농업경쟁력 강화 가능 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>Palatability index,</p>	<p>Origin</p>	<p>Pork Sommelier</p>	<p>Isotope ratio</p>	<p>Genetic marker</p>

5. 영문 요약문

<SUMMARY>

	코드번호	D-02
<p>Purpose& Contents</p>	<p><u>The 1st sub project :</u> Studies on factors of pork taste include molecular genetics and development of palatability index of pork. The study conducted by adopting traditional animal breeding and molecular genetic approaches. Pork palatability index has been developed to have consumers could easily understand the degree of tastiness of pork. Pork sommelier system which evaluate tastiness of pork and can transfer pork knowledge to consumers, has been studied for the purpose of to promote pork consumption. The list of the studies is as follow; ○ Genetic markers related pork taste. ○ Applying methods to utilize the genetic markers. ○ Development of pork sommelier system and applying methods to the pork industry ○ Development of pork sommelier text to educate people, and certification process for the pork sommelier ○ Development of application of pork sommelier system to the pork industry</p> <p><u>The 1st coordinate project ;</u> Studies on characteristics of pork by breeds and crossbred to utilize pork industry. Currently most of finishers are 3 breed crossed pigs in Korea. Characteristics of three breeds' and crossbred pigs have been identified in terms of physical, chemical and sensory test as follows; ○ Physical(color, pH, marbling score, etc) and chemical(composition of fatty acids, amino acids, IMP, and TBARS) characteristics of pork by breeds and crossbred have been identified. ○ Sensory characteristics of pork by breeds and crossbred have been identified. ○ Development of 5 different taste solutions, as sweet, salty, sourness, bitterness and umami, to test sensory testers before pork sensory test. ○ Development of standard procedure to qualifying sensory testers. ○ Development of procedures of pork sensory test. ○ Development of pork palatability index by utilizing physical, chemical and sensory test results of pork.</p> <p><u>The 2nd coordinate project ;</u> Studies on chemical characteristic of pork by breeds and crossbred. Evaluate composition of fatty acids, amino acids, IMP(inosin), and TBARS which showing degree of degraded pork, as follows; ○ Identifying relationship between pork taste and fatty acids. ○ Identifying relationship between pork taste and amino acids. ○ Identifying relationship sensory test results and chemical characteristics.</p>	

<p>Purpose& Contents</p>	<p><u>The 3rd coordinate project;</u> Studies on identifying domestic pork from imported pork. It is one of serious social problems selling imported pork as domestic pork in Korea due to the big price differences. Isotope ratio of C and N (δ-value(%)) and micro mineral contents of pork were estimated for domestic and imported pork products from Europe, North and South America. The same approaches have been applied to identify 10 different domestic pork products origins include Jeju island.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Standardized of EA-IRMS analysis process for pork. ○ Standardized of ICP-MS analysis process for pork. ○ Establishment of database for the analysis results by nations and domestic areas.
<p>Results</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Patent registration of pork palatability index. ○ Commercialize and transferring pork palatability index approach. ○ Identifying tasty pork's characteristics of physical, chemical and sensory factors. ○ Standardization of analysis methods for physical, chemical and sensory test. ○ Simplifying degree of tastiness of pork by palatability index for the consumer. ○ Development of analysis methods related pork taste. ○ Providing policy practice to differentiate better taste pork identification. ○ More profitable pig farming is possible by producing better taste pork. ○ More jobs can be created by training pork sommelier in the food industry. ○ Increase credibilities of domestic pork from farm to table distribution chains. ○ Increasing sales of pork by introducing pork sommelier system. ○ Establishment of pork sommelier system in Korea. ○ Identification of pork origins can be applied for the domestic, USA, Canada, Chile and Europe countries. ○ Identification of pork origins of 10 areas in Korea
<p>Expected Contribution</p>	<p>Development of subjective indicators to differentiate domestic pork.</p> <p><input type="checkbox"/> <u>The 1st sub project;</u> Studies on factors of pork taste include molecular genetics and development of palatability index of pork.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Development of palatability index of pork by applying research results of relationship between sensory test and physical, chemical factors. ○ The pork palatability index can be utilized to promote pork consumption by providing easier degree of tastiness to the consumer. ○ Pork sommelier system can be applied to food and pork industries to enrich pork products availabilities to the consumer. ○ Pork Sommelier system can create new job opportunities in the food industry.

<p>Expected Contribution</p>	<p><input type="checkbox"/> The 1st coordinate project; Studies on characteristics of pork by breeds crossbred to apply pork industry. ○ Identification of pork characteristics by breeds and crossbred. ○ Pork palatability index has been developed which can be applied to the pig industry.</p> <p><input type="checkbox"/> The 2nd coordinate project; Studies on chemical characteristic of pork by breeds and crossbred. ○ Identification of pork characteristics of chemical related to pork sensory traits.</p> <p><input type="checkbox"/> The 3rd coordinate project; Studies on identifying domestic pork from imported pork. It is one of serious social problems selling imported pork on domestic pork in Korea due to the big price differences. ○ Development of identification of domestic pork from imported pork, which providing policy of inspection system of pork origins. ○ Development of identification of pork origins from domestic areas in Korea. ○ Identification of pork origins ensures consumers rights to select pork products and can promote pork consumption. ○ Further livestock products', for example poultry meat, origin identification system is paved with this study.</p>				
<p>Keywords</p>	<p>Palatability index,</p>	<p>Origin</p>	<p>Pork Sommelier</p>	<p>Isotope</p>	<p>Genetic marker</p>

< CONTENTS >

Chapter 1. Project introduction	1
1. Purpose of project	1
2. Rationale of project	2
3. Scope of project	16
Chapter 2. Domestic and international research environment	18
1. The relevance of this to patent	18
2. The relevance of this to present research	19
3. Domestic and international research	20
Chapter 3. Research results	43
1. Studies on factors of pork taste include molecular genetics and development of palatability index of pork	43
2. Studies on characteristics of pork by breeds and crossbred to utilize pork industry	104
3. Studies on chemical characteristic of pork by breeds and crossbred	124
4. Studies on identifying domestic pork from imported pork	159
5. Discussion and conclusion	231
Chapter 4. Achievement and contribution of research results	242
Chapter 5. Application plan of research results	247
Chapter 6. Information collected during project performance	248
Chapter 7. Security levels of the project	262
Chapter 8. Representative research achievement	265
Chapter 9. Reference	266

〈 목 차 〉

제 1장 연구개발과제의개요	1
제 1절 연구개발의 목적	1
제 2절 연구개발의 배경	2
제 3절 연구개발의 범위	16
제 2장 국내외 기술개발 현황	18
제 1절 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성	18
제 2절 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성	19
제 3절 국내·외 연구결과	20
제 3장 연구수행 내용 및 결과	43
제 1절 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발	48
제 2절 품종 및 교배방식별 육질분석을 통한 맛 증진 요인 연구 및 산업화	104
제 3절 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구	124
제 4절 국내 수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발	159
제 5절 3년간 연구수행 내용 및 연구성과 종합평가	231
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	242
제 5장 연구결과의 성과 및 성과 활용계획	247
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	248
제 7장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	262
제 8장 연구개발과제의 대표적 연구실적	265
제 9장 참고문헌	266

주의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적

1. 국산 돼지고기 맛을 증진시키기 위한 과학적이면서 객관적인 지표 개발

가. 돼지고기 맛을 평가할 수 있는 표준화된 기술 개발

- 본 연구는 고품질 중돈생산을 위한 전통적인 육종방법과 분자유전학적 분석 방법을 병행한 산업체 적용방안과 종합적이면서 객관화된 수치로 나타낸 맛 지수(palatability index)를 개발하여 이에 근거한 소비자들의 인지가 쉽게 하여 돼지고기 품질별 가격대별 구매결정을 할 수 있도록 함.

나. 돼지고기의 맛과 관련된 물리적인 요인 연구 및 맛지수 개발

- 한국의 비육돈은 요크셔(YY), 랜드레이스(LL), 듀록(DD)등 3개 품종을 교배한 3품종 교배돈이 대부분을 차지하고 있음. 따라서 우선 품종별 교배조합별 돼지의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석해서 맛을 증진시키는 요인을 구명하고자 함.

다. 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화화학적 연구 및 맛지수 개발

- 돼지고기의 맛을 결정하는 이화화학적 요인중에 유리아미노산 함량, 핵산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수개발의 지표로서 활용하고자 함

2. 국산 돼지고기의 소비 판촉을 위한 포크 소믈리에 양성 프로토콜 개발

- 본 연구팀은 영양사, 외식업체 종사자, 할인점 종사자등이 손쉽게 돼지고기 전문가가 될 수 있는 포크 소믈리에 제도를 개발 도입하므로서 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 시스템을 구축하고자함. 또한 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 일반 소비자를 훈련시켜 포크 소믈리에를 양성하고 이들을 통한 국산 돈육의 소비촉진 방안을 개발하고자 함

3. 국산·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발

- 식육에 존재하는 동위원소의 비율은 지역과 사료, 물 등의 차이에 따라서 그 비율은 변화하므로 동위원소의 비율값을 이용하여 원산지 판별이 가능할 수 있음. 한국 실정에 알맞은 동위원소를 찾아내고 국산임을 판정할 수 있는 동위원소 지표를 개발. 또한 돼지고기 생산이력제와 연계하여 선행연구결과인 수돼지 개체식별 마커를 활용하여 정확도를 검증하고자 함

제 2절 연구개발의 배경

1. 세계 양돈산업 현황

세계 돼지고기 소비량 증가로 인해 중국과 선진국 중심으로 돼지사육두수는 매년 증가하고 있음. 또한 돼지고기 무역은 전 세계의 무역장벽이 점차 무너지고 있고 또한 국가 간 협정에 의한 관세철폐로 세계시장이 일원화되고 있는 실정임.

□ 세계의 돼지사육두수는 '16년기준 돼지사육두수는 7억 8,483만두이었으며, 중국과 양돈 선진국을 중심으로 점차 증가하는 추세임

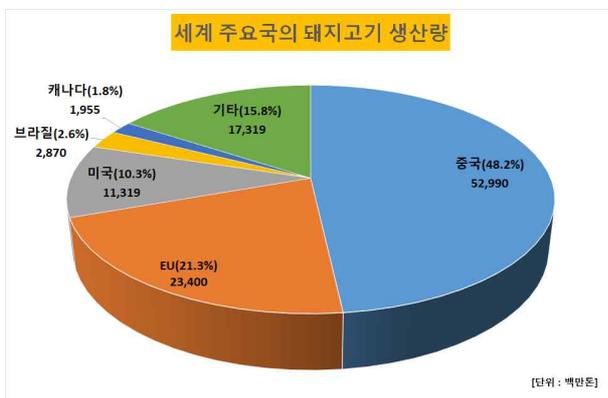
- '15년 중국의 돼지사육두수는 4억 5,113만두로 전세계 돼지사육두수중 57.5%를 차지하였고, EU는 1억 4,872만두로 18.9%, 미국은 6,819만두로 8.8%를 차지하였음

[표 1] 세계 주요국가의 돼지 사육두수[단위 : 천두]

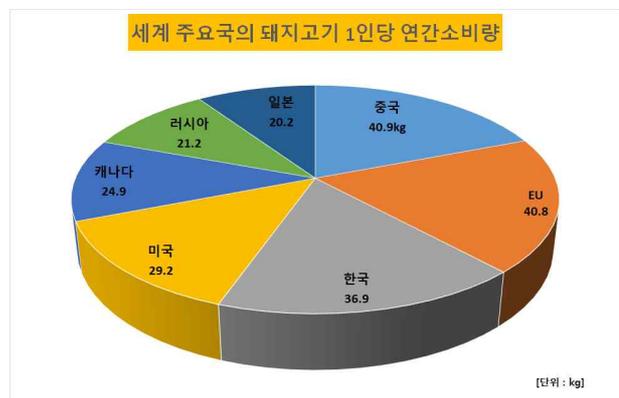
주요국가	'13년	'14년	15년	'16년	비교 ('16년 비율)
EU	146,982	146,172	148,341	148,724	18.9
중국	475,922	47,113	465,830	451,130	57.5
미국	66,224	64,775	67,776	68,919	8.8
캐나다	12,620	12,940	13,150	13,240	1.7
한국	9,916	99,129	10,909	10,187	1.3
기타	90,536	428,307	89,846	92,627	11.8
세계합계	802,200	798,436	795,852	784,827	100.0

[자료 : USDA-FAS, 2017]

□ '16년 세계의 돼지고기 생산량은 109백만톤이었음. 주요국별 생산량은 중국이 52백만톤으로 48.2%를 차지하였고, 다음으로 EU가 23백만톤으로 21.3%, 미국이 11백만톤을 생산하였음. '15년 주요국별 1인당 돼지고기 소비량은 중국과 EU가 각각 40.9kg과 40.8kg으로 가장 많은 소비량을 보였음



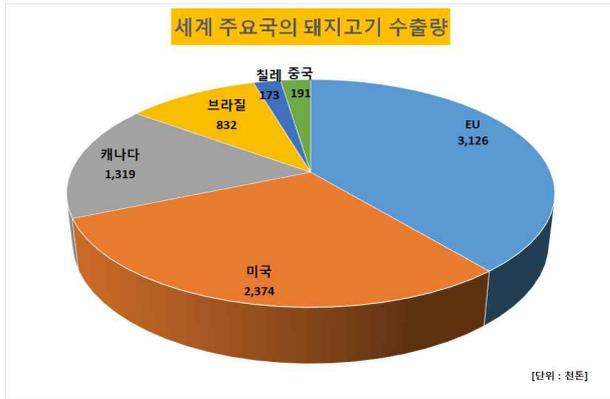
[그림 1] 세계 주요국의 돼지고기 생산량



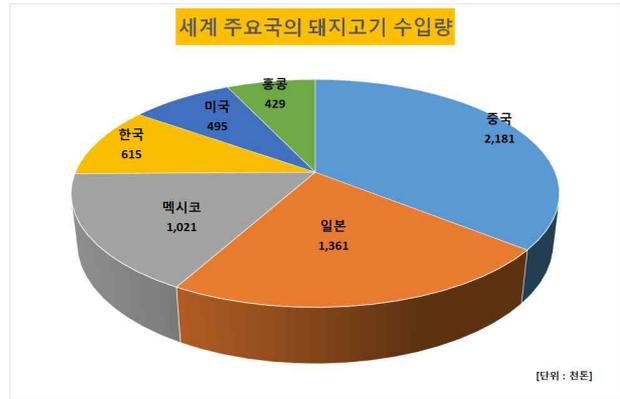
[그림 2] 주요국의 돼지고기 1인당 연간소비량

[자료 : USDA-FAS, 2016]

□ '16년 세계 주요국의 돼지고기 수출량을 살펴보면, EU(3,126천톤), 미국(2,374천톤), 캐나다(1,319천톤) 및 브라질(832천톤)등 4개국 돼지고기 수출량이 전체 수출물량의 90%를 차지하였음. '16년 세계 주요국의 돼지고기 수입량은 중국이 2,181천톤, 일본 1,361천톤, 멕시코 1,021천톤 및 한국 615천톤순이었음



[그림 3] 세계 주요국의 돼지고기 수출량



[그림 4] 세계 주요국의 돼지고기 수입량

[자료 : USDA-FAS, 2016]

2. 국내 양돈산업 현황

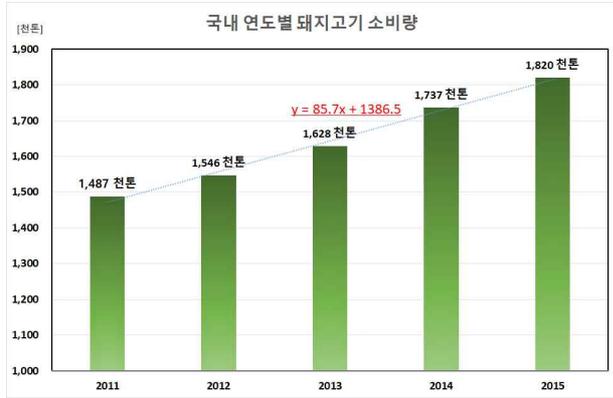
국내의 경우 자유무역협정(FTA)으로 수입관세가 완전히 없어지는 시기를 겨냥해 국내산 돼지고기의 차별화와 경쟁력을 확보하기 위해서는 첫째, 국내산과 수입산을 차별화할 수 있는 국내산 돈육을 인증 방안, 둘째, 국내 소비자가 선호할 수 있도록 국내산 돼지고기의 맛을 증진시키기 위한 방안, 셋째, 국내산 돼지고기의 소비 판촉을 위한 돼지고기 전문가 양성과 제도가 필요함

□ 농림업 총생산액중 양돈산업은 11.5%를 차지하며 그 규모는 점차 증가하고 있음

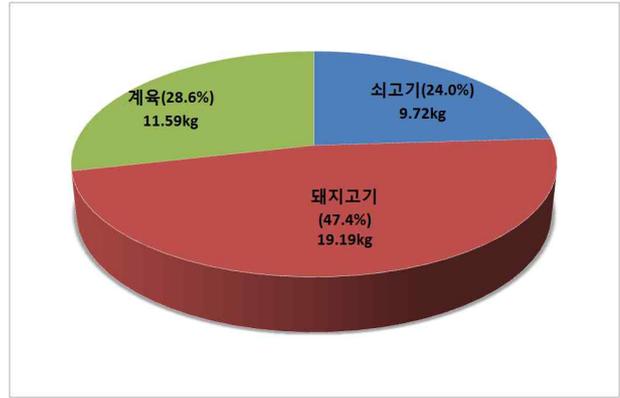
○ 2015년 농림업 생산액은 46조 8,909억원이며 농림업에서 축산업은 19조 1,257억원으로 34.7%를 차지하며 축산업중에서도 양돈업은 6조 9,671원으로 11.5%로 큰 비중을 차지하고 있음. 국내 양돈산업은 지속적으로 성장하여 2015년 현재 사육두수는 10,090천두가 사육되고 있음

□ 식육 소비량중 돼지고기 소비량은 '15년 121만톤으로 매년 증가하고 있음

○ 돼지고기는 식품으로의 위상이 높아 전체 식육 소비량의 약 47.4%(1인당 소비량은 19.2kg, 농림축산식품부)를 차지하고 있고 '11년부터 매년 85천톤이 증가하여 '15년 121만톤이 소비되었음. 국내 돼지고기 시장은 사양관리 기술의 발달, 가공 및 운송시스템의 발달 등으로 인해 생산량 증대 및 기술적 품질의 향상을 가져 왔음



[그림 5] 국내 연도별 돈육 소비량

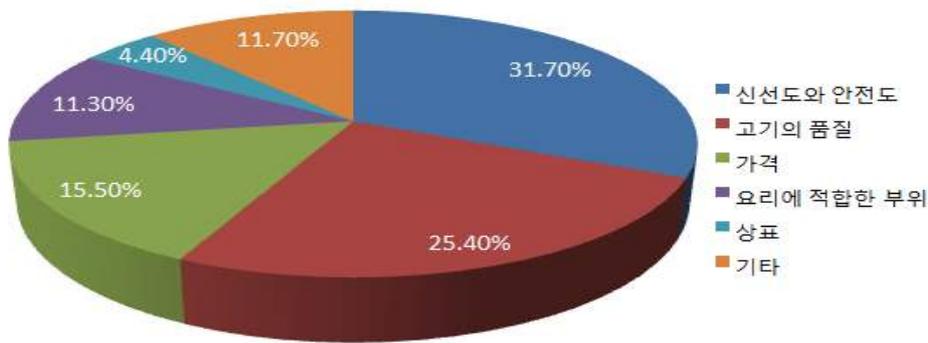


[그림 6] 주요 육류별 1인당 돈육 소비량

[자료 : 농림축산식품부 통계연보]

□ 국내 소비자들의 돼지고기 소비형태는 ‘양(quantity)’에서 ‘질(quality)’로 변화하고 있음

- 국민소득의 증대로 소비자들이 육류를 소비하는데 있어 양에서 질 위주의 소비경향으로 전환되고 있으며, 이는 고급육의 선호도가 높다는 것을 의미함. 소비자들의 고급육 선호와 맞물려 양돈산업의 국제 경쟁력 강화를 위하여 돼지 냉도체 판정에서 육질 등급제도를 시행하고 있으며 기업들은 브랜드 가치제고에 역량을 집중하고 있음(축산물품질평가원)
- 국내 소비자들의 돼지고기 구매의 기준은 신선도와 안전도 그리고 품질이 58.1%를 차지하고 있으며 요리에 적합한 부위가 11.3%로 나타났으며 상표에 대한 선택빈도는 4.4%에 불과하였음. 이는 신선도와 안전도 그리고 품질이 수입산 돼지고기에 대한 국내 돈육시장의 가장 큰 진입장벽임과 더불어 브랜드화가 소비자의 돈육 구매에 있어 크게 성공적인 전략이 되지 못해 왔고 품질의 고급화가 국내 돈육 시장이 추구해야 할 대비책임을 시사하는 결과임



[그림 7] 국내 소비자들의 돈육 구매 기준 (자료 : 한돈자조금관리위원회)

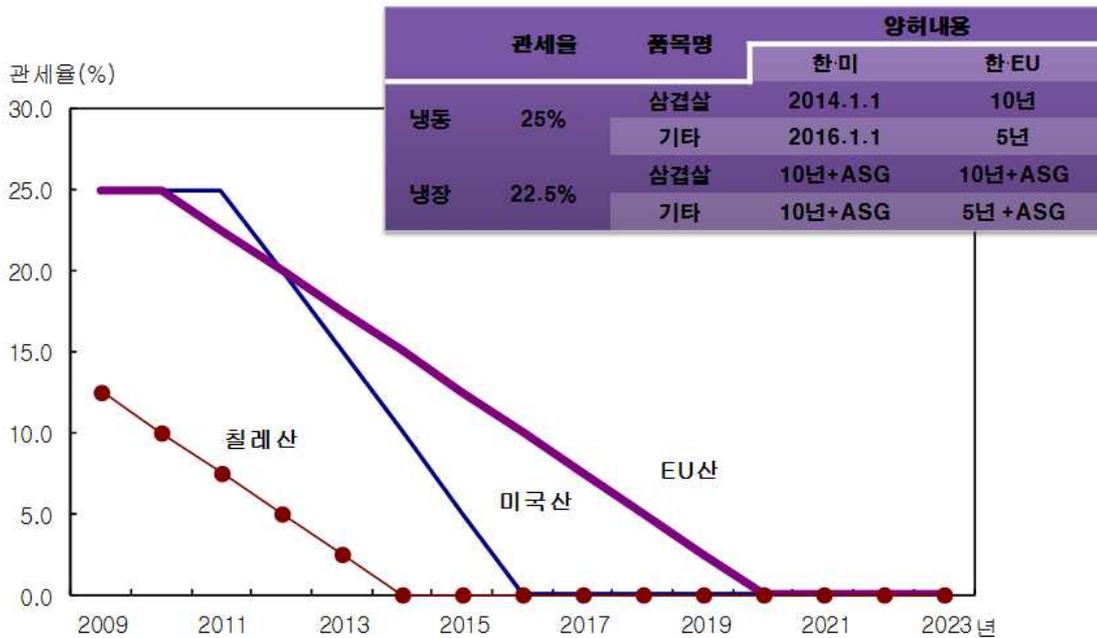
- 식품으로서 돼지고기는 소비자들의 식습관에 따라 다양한 브랜드 양산되고 있으며 각 브랜드들은 높은 품질을 자부하고 있으나 대부분의 돼지고기 브랜드는 품질에 대한 과학적인 근거가 부족하며, 개체별 돼지고기 품질의 변이, 특히 관능적 특성 변이가 매우 큼. 따라서 최종 소비자들은 브랜드의 품질을 믿고 재구매하기 어려운 실정임.

3. 국내 양돈산업 경쟁력 확보 방안

□ 첫째, 국내산·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 방안이 필요함.

□ 국내 돼지고기 시장에는 향후 미국, EU산등 양돈 선진국의 돼지고기를 무관세로 수입 할 예정임

○ 세계적으로 국내 양돈업은 거대 경제권과의 자유무역협정(Free Trade Agreement: FTA)은 거부할 수 없는 시대의 조류이며 해외 무역의존도가 높은 국내 무역환경을 개선시켜 국가경제 발전을 도모한다는 목적으로 미국, 유럽연합(EU)은 이미 우리나라와 이루어졌고, 현재 중국, 인도 등 자유무역협정(Free Trade Agreement: FTA)이 진행되고 있음. 자유무역협정이후 국가별 20~25% 관세와 자국 농산물의 보호무역제도에 따른 수입물량 제한 등으로 보호를 받아오던 국내 양돈산업은 가격 경쟁력 하락으로 그 파급효과는 매우 부정적으로 나타날 것임. FTA협정으로 칠레산은 이미 무관세로, 미국산은 2016년, 유럽산은 2019년 이후 무관세로 수입되는 일정임.



[그림 8] 국내 수입산 돼지고기의 국가별 관세율 변화

□ 국내 돼지고기 수입현황은 '16년 35만 7천톤을 수입하였음

○ 국내 돼지고기 수입현황은 '16년에는 31만 8천톤였고, 이중 미국산이 전체 수입량의 33.3%를 차지하고 있음. 특히 '16년 수입량중 냉동삼겹살이 11만 6천톤으로 전체 수입량의 36.6%으로 대부분을 차지하고 있음

[표 2] 국가별 돼지고기 수입현황

[단위 : 톤]

연도	미국	독일	스페인	칠레	캐나다	네덜란드	기타	소계
'14년	93,911	50,999	24,796	18,160	11,601	9,608	64,814	273,889
'15년	129,363	58,485	44,039	26,562	16,695	15,267	67,512	357,923
'16년	수입량	106,089	59,352	41,779	22,179	13,093	14,409	318,497
	비율	33.3	18.6	13.1	7	4.1	4.5	19.3

[자료 : 한국육류수출입협회]

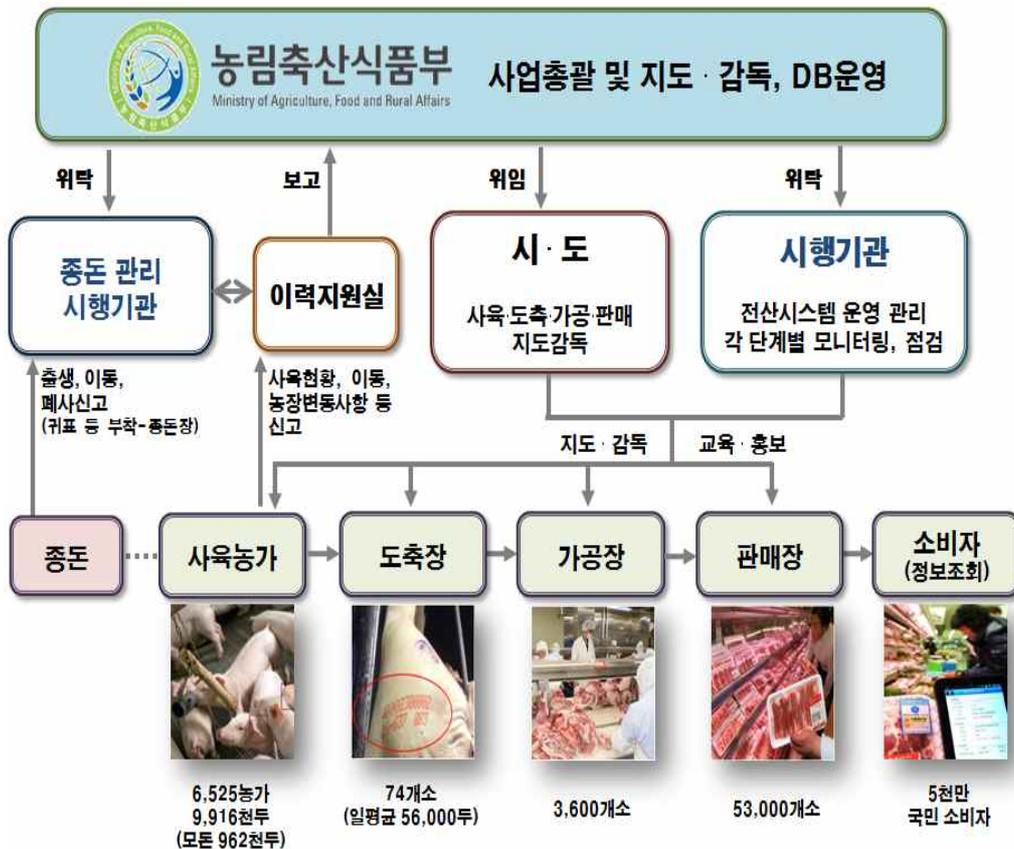
- 국내산 농·축산물의 원산지 거짓표시는 매년 증가하고 있고, 이중 돼지고기 부정 제조·가공·유통하는 사례들이 빈번하게 적발되고 있음
- 국내 돼지고기 전체 소비량은 증가하고 있지만 돼지고기 부정 제조·가공·유통하는 사례들이 빈번하게 적발되고 있고, 타회사제품을 자회사로 허위표시, 축산물의 기준 및 규격 위반 제품 보관, 무허가 영업, 유통기간(제조일자) 허위표시 및 미표시, 품목제조보고 없이 제품이 생산되고 있어 국민의 안전을 위협하고 있음



[그림 9] 국내 품목별 업소별 원산지 위반 적발건수

[자료 : 국립농산물품질관리원]

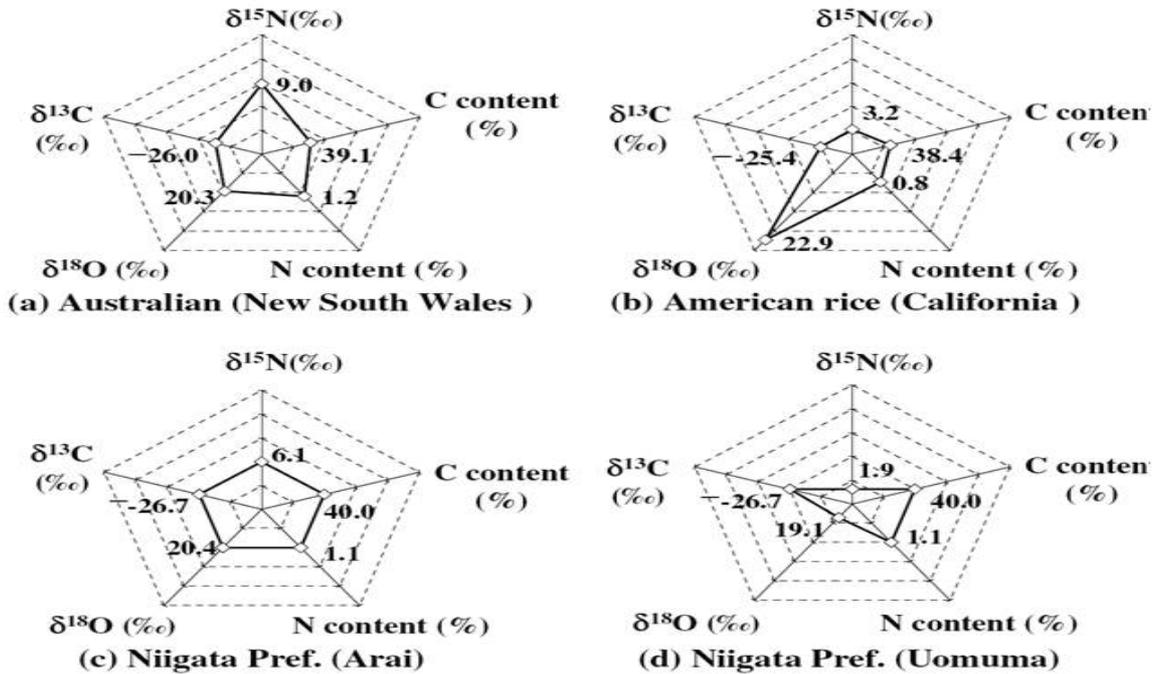
- 국립농산물품질관리원은 '16년도 농식품 원산지 표시위반 1위는 돼지고기(1,356건, 27.2%) 이고 이중 거짓표시가 1,009건, 미표시가 347건이라고 발표하였음. 이러한 원산지 표시위반 적발은 과학적인 방법을 적용한 적발사례가 아닌 서류상의 검토를 통해 원산지 위반 적발 사례임. 실제 원산지 위반건수는 몇배가 많을 것이라고 사료됨
- 이러한 불량·부정 돼지고기의 유통을 없애기 위해 농장단위 돼지고기 이력제 추진방안 수립('11.5)이 되었고 '돼지고기 이력제' 시범사업이 16개소에서 실시되었으며('12.10~), 2014년 축산물품질평가원은 '가축 및 축산물 이력관리에 관한 법률'이 2014년 12월 말부터 시행됨에 따라 돼지고기 이력제 본 사업 대비 농장식별번호 부여를 위해 전국 돼지고기 사육시설 현황조사를 실시 중에 있음. 이는 돼지고기 이력제도의 가장 근본이 되는 돼지 사육시설에 농장식별번호 부여를 위해 사육시설의 환경 등을 평가하고 있음
- '돼지고기 이력제'란 돼지와 돼지고기의 거래단계별 정보를 기록·관리하고, 문제 발생시 이동경로에 따라 역추적하여 신속한 조치를 가능하게 하고 판매시 이력정보를 제공함으로써 소비자를 안심시키는 제도이지만 이를 역이용할 수 있는 불량 제조 및 유통업체를 근절하기 위한 '돼지고기 이력제'의 감시 시스템이 필요



[그림 10] 국내 돼지고기 이력제 추진체계도

[자료 : 농림축산식품부]

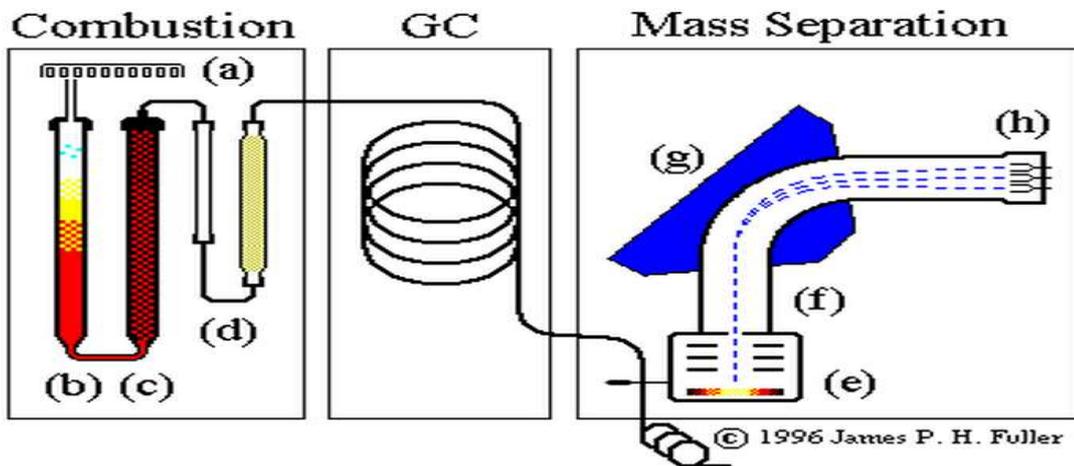
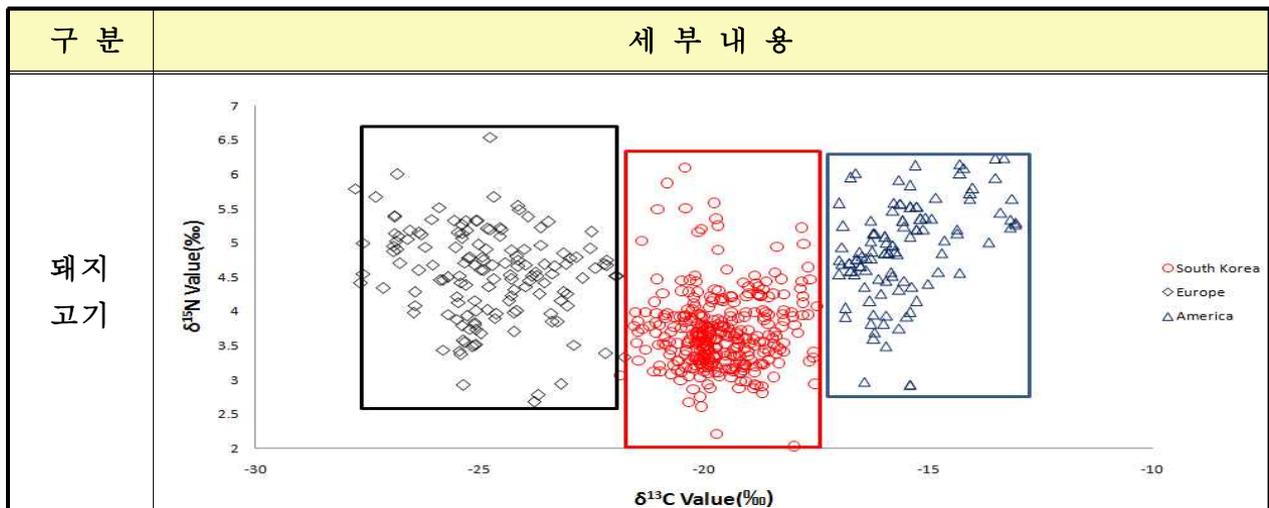
□ 동위원소를 통한 원산지 감별법은 현재 DNA 감별법과 함께 쌀, 유제품 및 우유 등 농·축산물의 원산지 감별에 사용되고 있음



[그림 11] 동위원소 적용을 통한 쌀의 생산지역 규명

- ‘동위 원소란 원자핵 내에 있는 양성자 수, 즉 원자번호가 같아서 화학적 성질은 동일하지만 중성자 수가 달라 질량수가 서로 다른 핵종을 말함. 방사성 동위원소의 존재비는 시간의 흐름에 따라 달라지는데, 안정 동위원소의 존재비도 경우에 따라 영구적이지는 않아, 자연계에서 동위원소는 일정한 변이를 나타내는데 이 변이는 상당히 규칙적이고 예측가능하기 때문에 다양한 연구분야에 활용되고 있음
- 동위원소를 통한 원산지 감별법은 현재 DNA 감별법과 함께 쌀, 유제품 및 우유 등 농·축산물의 원산지 감별에 사용되고 있다. 우유의 경우 원소 분석을 통한 수소($^1\text{H}/^2\text{H}$) 및 탄소($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), 질소($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), 황($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) 및 산소($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)의 비율분석이 이용되고 있으며, 치즈에서는 수소, 탄소, 질소, 황, 스트론튬($^{34}\text{Sr}/^{36}\text{Sr}$), 납($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) 및 네오디뮴($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) 등이 활용되고 있음
- 동위원소함량의 비율 분석 (Isotope Ratio Analysis) : IR-MS (Isotope ratio Mass Spectrometry) 는 주로 식품 중 C_3 식물과 C_4 식물의 탄소동위원소 비율을 비교하여 그 기원을 밝히는 것으로 C_3 식물군에는 대부분의 온대성 식물군들이며, C_4 식물군은 옥수수, 사탕수수 등 덩고 건조한 지역에서 자라는 식물군들이 이에 속하므로 이 두 그룹에 속하는 식물군들은 ^{12}C 와 ^{13}C 의 비율이 서로 다르게 식물 체내에 축적되므로 이 비율을 검사하여 근원을 판단할 수가 있음

[표 3] 돼지고기의 동위원소 비율 분석을 통한 생산지 규명(선행연구, 조선대 김경수)



[그림 12] IR-MS를 통한 이온 분석

○ 식품의 원료는 그들의 성장환경에 그대로 노출되어 있으며, 특징적인 형태의 여러 무기원소들을 함유하게 된다. 극단적인 예로 광산 지역이라든지 화산활동지역 등과 같은 곳에서 성장한 식품원료들은 그 지역 특유의 지질학적 특징을 나타내는 무기원소들을 자연스럽게 함유하게 될 뿐만 아니라 동일한 종류의 원소들이라 하더라도 지역적 환경에 따라 동위원소의 비율이 달라지므로 지질학적 특징을 이용하여 식품 중에 들어있는 여러 가지 측정원소들을 분석할 수 있고, 또한 특정한 원소의 동위원소비율을 분석함으로써 원산지를 판별에 이용할 수 있음

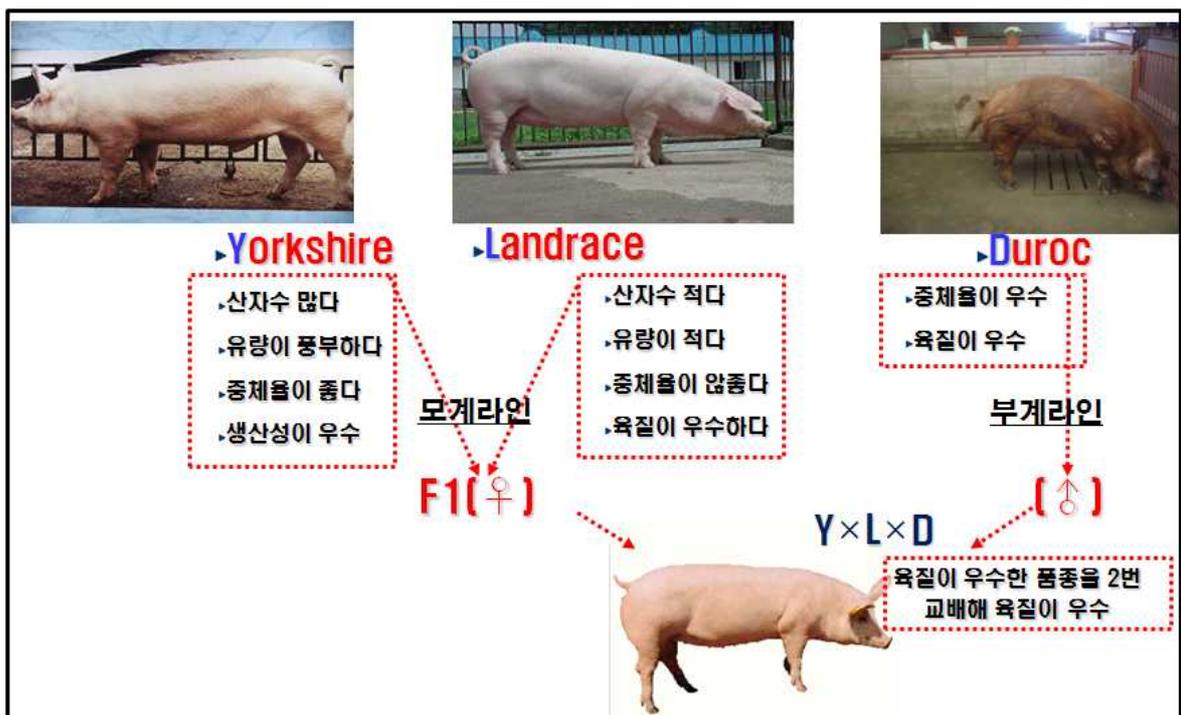
따라서, 돼지고기의 허위 원산지 표기를 통한 유통 예방을 위해 과학적인 분석방법과 체계적인 시스템 필요하므로 본 연구에서는 국가별, 국내지역별 돼지고기의 동위원소 비율(δ -value (‰)) 분석 방법을 수립하여 국내산·수입산 돼지고기 원산지 판별 가능성을 확인하고, 분석 데이터베이스를 확보함으로써 국내산·수입산 돼지고기 판별할 수 있는 과학적인 증명방법을 구축이 필요함

□ 둘째, 국산 돼지고기 맛을 증진시키기 위한 과학적이면서 객관적인 지표가 필요

- 돼지고기 맛을 평가할 수 있는 표준화된 기술 개발
- 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인 연구
- 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화화학적 연구 및 맛지수 개발

□ 국내에서 생산되는 대부분의 브랜드 돈육은 삼원교잡종(Y×L×D)생산방식으로 돼지고기 품질위주보다는 양적 생산 위주임

- 국내에서 사육되고 있는 돼지 품종의 특징은 체장이 길고 체심이 깊어 어깨와 옆구리 등의 근육 축적량이 많은 육용형의 수요가 가장 많음. 주요 품종은 랜드레이스, 대요크셔, 듀록, 햄프셔, 버크셔종 등임. 듀록종은 사료이용성과 일당증체량이 우수하며 근내 지방의 형성도가 높아 1대 잡종이나 삼원교잡종의 생산을 위한 부계로 이용되고 있음. 모계품종으로 이용되고 있는 랜드레이스종은 유럽의 덴마크에서 유래한 종으로 사료효율, 성장률 및 도체형질이 양호하여 일당 증체량이 우수한 장점을 가지고 있고, 요크셔종은 대형의 백색종으로 번식능력과 포유능력이 우수하여, 랜드레이스종 또는 듀록종과 교배에 의해서 생산된 1대 잡종은 산자능력이 우수하여 3원교잡종 생산을 위한 모계로 널리 사용하고 있음.



[그림 13] 국내 돼지고기 생산을 위한 교배체계

□ 국내산 돼지고기가 수입산대비 품질경쟁력을 확보하기 위해서는 국내 소비자 및 소비 성향에 적합한 과학적인 평가 지표마련이 시급함. 특히 국내산 돼지고기의 품질 향상을 위한 맛을 평가할 수 있는 표준화된 지표 방안 개발이 필요함

- 식육의 품질은 객관적 분석지표와 주관적 관능적 품질특성으로 나눌 수 있음. 객관적 품질 특성에는 육색, 보수력, Warner-Bratzler shear force(WBS, 전단력) 등과 같은 물리적 측정항목이 있으며, 이와 더불어 근육의 단백질, 지방, 수분 등 이화학적 측정항목을 통해 육질특성을 분석하고 관능적 품질특성에는 맛, 다즙성, 연도, 풍미등을 측정함.
- 물리적, 화학적 특성에 영향을 미치는 요인은 유전적 및 환경적 요인으로 크게 두 가지로 나눌 수 있음. 세부 요인으로는 품종, 성별, 연령, 사육조건, 사료급여, 도축전 환경 및 동물 복지, 도축과정, 도축후 냉장조건, 포장 방법 등이 있으며, 이 요인들이 복합적으로 육질특성에 영향을 줌. 관능적 특성에 영향을 주는 요인 역시 다양한 세부 요인이 존재하고, 특히 근세포 특성, 단백질 특성, 지방 특성 및 기계적 육질특성과 연관성이 높음.
- 물리적 특성인 품질특성인 보수력은 관능적 품질특성인 다즙성 및 연도와 연관성이 높으며, 전단력은 연도와의 상관관계를 나타냄. 또한 단백질의 특성, 특히 단백질 변성정도는 관능 특성에 영향을 주며, 근세포의 형태학적 특성, 지방 함량 및 지방산 조성 또한 관능적 품질특성인 풍미 및 연도에 영향을 줄 수 있음. 그러나 맛 자체의 우수함을 나타내는 모든 소비자가 이해하기 쉬운 지표는 없는 실정임.

따라서 소비자들이 고품질 국내산 돼지고기를 신뢰하고 구매 및 재구매할 수 있도록 소비자가 이해하기 쉬우면서 신뢰할 수 있는 맛 지수(palatability index) 개발이 필요하며 본 연구에서는 표준화된 분석방법을 이용해 돈육의 기술적 및 관능적 품질 특성을 분석하고, 관능 특성에 영향 미치는 인자에 대한 요인 분석을 실시하므로써 보다 빠르고 신뢰도 높은 맛 지수 개발이 가능함

□ 고품질 종돈생산을 위한 전통적인 육종방법과 분자유전학적 분석 방법을 병행한 산업체 적용방안과 맛 지수(palatability index) 개발이 필요함

- 국내 돼지생산량은 지난 30년 동안 크게 증가하였고, 또한 국내 돼지의 유전적 개량을 위해 많은 돼지품종과 라인이 여러 양돈국가로부터 국내에 도입되어 왔음. 도입된 여러 돼지 품종 및 라인들이 국내에서 지속적인 개량수단으로 활용되지 못한 것은 돼지 개량체계의 전문성이 부족하였고, 개량방향 설정의 중요성을 인식하지 못한데 기인함. 농업부문에 있어서 종자산업의 중요성이 부각되고 있고, 양돈산업 현장에서도 현대화된 사양시설의 기반에 경쟁력 있는 양돈산업이 되기 위해서 필요한 우수한 돼지종돈 생산 및 활용에 대한 새로운 방안이 필요함
- 국내 양돈산업의 생산구조는 사료의 원료인 곡물을 외국에서 수입한 곡물이 90%를 차지하고 있으므로 생산비만으로는 외국에서 생산된 수입산 돈육과 경쟁할 수 없는 것이 사실임.

따라서 국내 소비자가 선호하는 수입산 돈육보다 맛이 있는 돈육을 생산하고, 국산 돈육을 인증할 수 있는 시스템과 국산 돈육을 보다 효율적으로 마케팅 할 수 있는 제도를 도입해 높은 부가가치의 돈육을 생산하므로서 국내 양돈업을 존속 시킬 수 있음.

따라서 본 연구팀은 국내산 돈육을 판정할 수 있는 기술을 개발하고 또한 종합적이며 객관화된 수치로 나타낸 맛 지수를 통해 소비자들이 손쉽게 돼지고기 구매결정을 할 수 있도록 함. 또한 맛 지수에 따라 차별화된 가격 책정이 가능하여 소비자가 가격대별 다양한 선택을 할 수 있고 양돈 생산자에게는 역시 맛지수가 높은 고품질 돈육을 생산할 수 있는 지표를 제공함

□ 돼지고기의 이화화학적 특성은 돼지의 품종과 유전적 특성, 급여 사료의 종류 및 사육 방법에 따라 차이가 나며, 도축 전·후의 취급도 돼지고기의 품질에 영향을 미치는 주요 요인이 됨

- 돼지고기 품질은 유전적 요인과 환경적 요인들에 의해 영향을 받으며, 특히 유전적요인은 육질에 많은 영향을 미칠 수 있기 때문에 우수한 유전자를 보유한 돼지를 선발하는 것이 무엇보다도 중요함. 일반적으로 고급육의 요건으로는 풍미, 연도, 다즙성, 육색, 근내지방 함량과 분포 등이 꼽히며 이러한 요건들은 돈육의 보수력, 아미노산, 펩타이드, 지방산 조성등에 관여함.
- 다양한 국가에서 식육의 관능적 품질에 대한 중요성을 인식하여 맛을 예측할 수 있는 객관화 된 기준과 일정수준 이상의 관능적 품질에 대해 인증하는 제도의 개발을 활발히 진행 중에 있음. 일본 나가노현의 경우 일본 최초로 “식육 맛 인증제도”를 도입하였고, 이 규격에 부합된 식육은 인증마크를 부착-판매하여 부가가치가 창출되고 있으며, 소비자는 이를 신뢰하고 구매 및 재구매하고 있음. 하지만 본 제도는 우육에 한하며, 등심의 지방교잡도와 oleic acid 수치만으로 인증기준을 설정하기 때문에 과학적 타당성은 부족한 실정임
- 돼지고기의 맛을 결정하는 두 가지 부분은 근육(아미노산)과 지방(지방산)이 결정한다고 할 수 있음. 사람의 경우 단맛은 ‘좋은 맛’으로 간주하는 심적 요인의 1차 결정 요인임. 단맛과 같이 제 5의 맛, ‘감칠맛(우마미)’ 역시 단맛 못지않게 중요한 음식 선택 요인이고, 글루타민산(L-Glu), 모노소듐글루타메이트(MSG) 등 몇 종류의 L-아미노산(L-AA)이 감칠맛(우마미)을 생성함. 감칠맛(우마미)은 일반에게 잘 알려져 있지 않은 맛인데 이것은 단맛과 함께 4대 맛인 짠맛, 쓴맛, 신맛과는 달리 분간하기가 쉽지 않기 때문이나 인간은 MSG에 대한 반응 한계치를 갖고 있는데 설탕에 대한 민감도의 1/10정도로 둔감함(MSG는 1mM, 설탕은 10mM).

[표 3] 사람의 각종 L-아미노산에 대한 반응

아미노산	L-이성체
	사람의 맛구별
Alanine	단맛
Arginine	쓴맛
Asparagine	쓴맛
Aspartic a.	우마미, 신맛
Cysteine	황산맛
Glutamica.	우마미, 짠맛
Glutamine	단맛, 우마미
Glycine	단맛
Histidine	쓴맛
Hydroxyproline	단맛
Isoleucine	쓴맛
Leucine	쓴맛
Lysine	쓴맛, 짠맛, 단맛
Methionine	쓴맛, 황산맛, 우마미
Phenylalanine	쓴맛
Proline	단맛, 짠맛
Serine	단맛
Threonine	단맛
Tryptophan	쓴맛
Tyrosine	쓴맛
Valine	쓴맛

(Roura and Tedo. 2009)

- 사람의 혀는 맛을 강조하는 감각돌기라고 불리우는 세포로 덮혀있다. 이 감각돌기는 음식 물을 먹을 때의 맛을 뇌로 전달하는 역할을 함. 사람의 맛을 느끼는 감각은 생존을 위한 방편으로 이용되어 왔고, 맛은 음식을 섭취할 것인지 말 것인지를 판정하는 기술임.
- 단맛은 음식물이 탄수화물이 주성분인 것을 확인하고, 신맛은 열매가 익었는지 를 확인하고, 쓴맛을 음식이 독성이 있는지를, 짠맛은 음식에 충분한 미량광물질이 포함되어 있는지를 확인하게 함. 지금까지 우리의 혀는 위와 같이 4가지 맛을 파악하는 기능만 가능한 것으로 알려져 왔음. 그러나 최근 과학적으로 다섯 번째의 맛으로 우마미라는 용어를 인정하고 있음.
- 우마미는 고기의 맛을 판정할 수 있는 기능으로 “우마미”란 일본말로써 풍미가 좋은 맛이라는 뜻임. 한국어로는 감칠맛으로 표현하며 고기 맛을 표현한다. 전통적으로 음식내의 아미노산을 감지할 수 있는 맛의 표현임. 감칠맛은 조미료(글루타민산나트륨MSG)로 만들 수 있음. 글루타민산은 아미노산의 일종으로 단백질 구성 성분임. 글루타민산은 육류고기,

생선육, 채소, 우유제품에 풍부하고 MSG는 음식의 풍미를 증진시키는 조미료로 널리 사용되고 있는데, 그 이유는 글루타민산 아미노산의 역할 때문이다. 글루타민산이 혀의 감각 돌기를 자극하기 때문이다. 글루타민산외에 몇 가지 성분이 감칠맛을 돋구는 것은 예를 들면 IMP(inosine 5' monophosphate)와 GMP(guanosine 5' monophosphate) 등임. 이들 성분은 특히 갓 도축된 가축의 육류 내에 풍부히 존재함

[표 4] 식품별 글루타민 아미노산 함량(mg/100g)

식품	글루타민 아미노산 함량
쇠고기와 돼지고기	23~33
닭고기	44~69
계란	23
우유.	2
생선육	9~36
채소	18~39
각종소스	500~1,000

- 돼지고기의 지방의 품질은 식육의 부드러움 자체에는 거의 영향을 주지는 않지만, 혀의 촉감을 통한 씹을 때의 딱딱한 느낌에 크게 관여함. 일본의 경우 쇠고기 유통·소매업자는 맛에 영향을 주는 요인으로 지방의 질을 중시하고 있음. 지방이 지나치게 딱딱하면 맛이 떨어진다고 하여 경원되고 있음. 돼지고기는 딱딱한 지방보다도 반대로 부드러운 지방(연지)이 문제가 되고 있음. 연지는 냉장상태의 지육에 있어서 체지방이 연하면 박피 지육의 형이 거친모양으로 나쁘게 보여 거래가격도 하락함. 따라서, 돼지의 경우 가능한 한 지방을 딱딱하게 하는 노력이 계속되어 왔음.
- 동물성 지방은 트리글리세리드(Triglyceride; 이하 TG)가 주성분이고, 지방질성분의 대부분을 차지한다. TG는 돼지 지방산의 26~32%를 차지하는 팔미틴산, 12~16%를 차지하는 스테아린산, 41~51%를 차지하는 올레인산이 결합된 형태의 큰 분자임. 다른 지방 구성성분으로서는 인지질, 콜레스테롤, 유리지방산등이 있음. TG는 근내지방, 근간지방, 피하지방, 내장지방 등의 저장지방의 주성분임.
- 동물성 지방은 트리글리세리드는 구성 지방산에 의해서 물성이 변화하여, 혀에 닿을 때 부드러운 정도를 느끼는 촉감에 영향을 줌. 즉, 입안에서 녹기 쉬운 지방은 매끈매끈함을 느끼게 하고, 융점이 높은 지방은 납같은 느낌을 줌. 쇠고기와 달리, 닭고기나 돼지고기는 찬 요리 재료로도 쓰이지만, 이들은 주로 지방의 융점(혹은 지방산조성)의 차이 때문이다. TG는 유리지방산이나 과산화물에 의해 변화하는 경우에는 미량이더라도 풍미에 영향을 줌. 일반적으로 구성 지방산에 다가불포화지방산이 많을수록, 지방은 산화하기 쉽고, 지방이 산화하면 일반적으로 나쁜 냄새 물질이 발생하여 풍미가 저하됨.

따라서 본 연구팀은 돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 요인중에 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수개발의 지표로서 활용하고자 함

□ 셋째, 국산 돼지고기의 소비 관측을 “포크 소믈리에” 프로토콜 개발

- 일반 소비자들을 대상으로 돼지고기의 정확한 지식을 전달할 수 있는 체계적인 교육자료 및 교육프로그램 부재로 인하여 돼지고기에 대한 인식이 잘못된 경우가 많음. 특히 일반 소비자들은 돼지고기에 대해 ‘냉장육과 냉동육의 차이는?’, ‘흑돈과 보통돼지고기의 차이는?’, ‘삼겹살은 성인병 요인인가?’, ‘브랜드포크는 어떻게 다른가?’, ‘제주도 돼지고기는 왜 맛있는가?’, ‘비육돈의 출하일령은?’, ‘친환경 축산이란?’, ‘돼지고기 부위별 요리방법은?’, ‘국산과 수입육의 차이는?’등의 의문을 가지고 있지만, 실제 이러한 궁금증에 대해 정확한 정보를 제공할 수 있는 돼지고기에 관한 올바른 지식을 전달하는 프로그램이 없음.

※ 따라서 본 연구팀은 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 일반 소비자를 훈련시켜 포크 소믈리에를 양성하고 이들을 통한 국산 돈육의 소비촉진 방안을 개발하고자 함

제 3절 연구개발의 범위

1. 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발

본 연구는 고품질 종돈생산을 위한 전통적인 육종방법과 분자유전학적 분석 방법을 병행한 산업체 적용방안과 종합적이면서 객관화된 수치로 나타낸 맛 지수(palatability index)를 개발하여 이에 근거한 소비자들의 인지가 쉽게 하여 돼지고기 품질별 가격대별 구매결정을 할 수 있도록 함. 또한 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 일반 소비자를 훈련시켜 포크 소믈리에를 양성하고 이들을 통한 국산 돈육의 소비촉진 방안을 개발하고자 함

- 맛/육질 관련 유전자 마커 분석
- 맛/육질 관련 유전자 마커 분석을 통한 농장 적용
- 맛 지수 개발 및 현장적용 모델 개발
- 돈육 소믈리에 교재 개발
- 돈육 소믈리에 자격 제도 개발
- 산업체 적용 및 양성 프로그램 개발

2. 품종 및 교배방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인연구 및 산업화

현재 한국의 비육돈은 요크셔(YT), 랜드레이스(LL), 듀록(DD)등 3개 품종을 교배한 3품종 교배돈이 대부분을 차지하고 있음. 따라서 우선 품종별 교배조합별 돼지의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석해서 맛을 증진시키는 요인을 구명하고자 함.

- 품종별 및 교배조합별 육질특성 분석
- 돼지고기 맛 증진 요인 분석

3. 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구

돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 요인중에 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수개발의 지표로서 활용하고자 함

- 돈육의 맛과 지방과의 관련성 분석
- 돈육의 맛과 단백질과의 관련성 분석
- 지방과 단백질이 돈육의 관능적 특성에 미치는 영향

4. 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발

돼지고기의 허위 원산지 표기를 통한 유통 예방을 위해 과학적인 분석방법과 체계적인 시스템 필요하므로 본 연구에서는 국가별, 국내지역별 돼지고기의 동위원소 비율(δ -value (%))

분석 방법을 수립하여 원산지 판별 가능성을 확인하고, 분석 DB를 확보함으로써 국내산 돈육 증명방법을 구축하고자 함

- EA-IRMS 적용성 확인 및 돈육의 동위원소비율 분석
- ICP-MS를 이용한 돈육의 동위원소 및 미량무기원소 분석
- 지역별 생산된 국산 돈육의 동위원소 비율 분석
- 지역별 생산된 국산 돈육의 미량원소 비율 분석

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	돈육의 맛 지수 개발	ICP-MS 이용 동위원소비율 분석으로 돈육 원산지판별
Keyword	Palatability, Index	Traceability of meat
검색건수	15 (국외) 0 (국내)	95
유효특허건수	2 (국외) 0 (국내)	9
핵심특허 및 관련성	특허명	Method and system for the determination of palatability
	보유국	미국
	등록년도	2007년 5월 10일
	관련성(%)	25%
	유사점	• 식품의 맛 특성을 측정하기 위한 연구
차이점	• 물리적 특성(전류측정)에 초점 • 지수개발보다 방법론 및 기계적 관점에서 접근	
핵심특허 및 관련성	특허명	Method and system for determining freshness and palatability and assessing organ vitality
	보유국	미국
	등록년도	2008년 9월 18일
	관련성(%)	25%
	유사점	• 식품의 맛 특성을 측정을 위한 연구
	차이점	• 품질에 대한 다각적 접근 없이 물리적 특성에만 초점 • 지수개발보다 방법론 및 기계적 관점에서 접근

- 특허분석 결과, 본 연구의 목표인 맛 지수와 관련된 특허는 세계적으로 미비한 상태임. 특히 국내의 경우, 관련된 특허는 검색조차 되지 않는 상황임. 또한 본 연구개발과 관련된 특허도 돈육의 물리적, 화학적, 관능적 육질특성을 대표할 수 있는 지수의 개발보다 측정 방법이나 기계적 측면에 초점이 맞추어져 있음. 따라서 본 연구는 돈육의 물리적, 화학적, 관능적 특성을 표준화된 방법에 의해 객관화하고, 이를 돈육의 맛 특성을 대표하는 하나의 지수로서 개발하였음.
- 국내산 돈육 인증방안 및 원산지 판별방향으로 연구를 추진하였고 국내산 돈육 판별 분석법 특허 등을 출원하였음

제 2절 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		돈육의 맛 지수 개발	ICP-MS 이용 동위원소비율 분석으로 돈육 원산지판별
Keyword		Palatability, Index	pork, isotope ratio
검색건수		200	1400
유효논문건수		10	4
핵심논문 및 관련성	논문명	Staged injection marination with calcium lactate, phosphate and salt may improve beef water-binding ability and palatability traits	Effect of origin, breeding and processing conditions on the isotope ratios of bioelements in dry-cured ham
	학술지명	Meat Science	Food chemistry
	저자	Lawrence 등	Matteo Perini, Federica Camin, José Sánchez del Pulgar, Edi Piasentier
	게재년도	2003년	2012
	관련성(%)	30%	60%
	유사점	<ul style="list-style-type: none"> • 식육에서 관능적 특성을 분석 	IR-MS이용 동위원소비율 분석
	차이점	<ul style="list-style-type: none"> • 첨가제를 이용 • 지수개발보다 물성 및 관능적 특성변화에 초점 	ICP-MS 이용하지 않음 미량동위원소 분석을 하지 않음
핵심논문 및 관련성	논문명	Effects of cooking beef muscles from frozen or thawed states on cooking traits and palatability	
	학술지명	Meat Science	
	저자	Obuz와 Dikema	
	게재년도	2003년	
	관련성(%)	30%	
	유사점	<ul style="list-style-type: none"> • 식육에서 관능적 특성을 분석 	
	차이점	<ul style="list-style-type: none"> • 냉동 및 해동육의 관능적 특성 연구 • 지수개발보다 식육 상태가 가열특성 및 관능적 특성에 미치는 영향에 관하여 연구 	

○ 축산식품 분야에서 식육의 육질특성 분석은 주로 기계적 측면에서 이루어졌음. 최근에는 관능적 육질특성에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나, 표준화된 관능평가 방법의 부재로 다양한 결과들이 도출되고 있음. 이러한 연구들은 첨가제나 처리의 변화를 통한 물리적, 화학적, 그리고 관능적 육질특성 변화를 연구하였음. 그러나 본 연구에서는 돈육의 물리적, 화학적 육질특성을 분석하고, 표준화된 관능평가 방법을 통해 관능적 육질특성

을 분석하고 물리적, 화학적, 관능적 육질특성 분석결과를 품종 및 성별에 따라 분석하여 기존의 부분적 육질특성 분석에서 탈피하고, 돈육의 육질특성에 관하여 과학적이면서도 총체적인 시각에서 접근하였음.

○ 돈육 원산지 판별 분야 중 기존 논문은 유전자 분석 분야에 치중되어 있으므로 본 연구과제에서는 동위원소비율 분석방향으로 연구를 추진하였고, 동위원소 비율 분석을 위한 기기에 따라(EA-IRMS, ICP-MS) 동위원소별 논문을 작성하여 SCI급 및 국내 전문학술지 등에 게재하였음. 또한 식품에선 ICP-MS를 이용한 동위원소 비율 분석법을 사용하고 있으나, 돈육에 적용하여 연구한바 없으므로, 이를 통해 원산지판별이 가능유무를 확인하여 논문을 게재하였음.

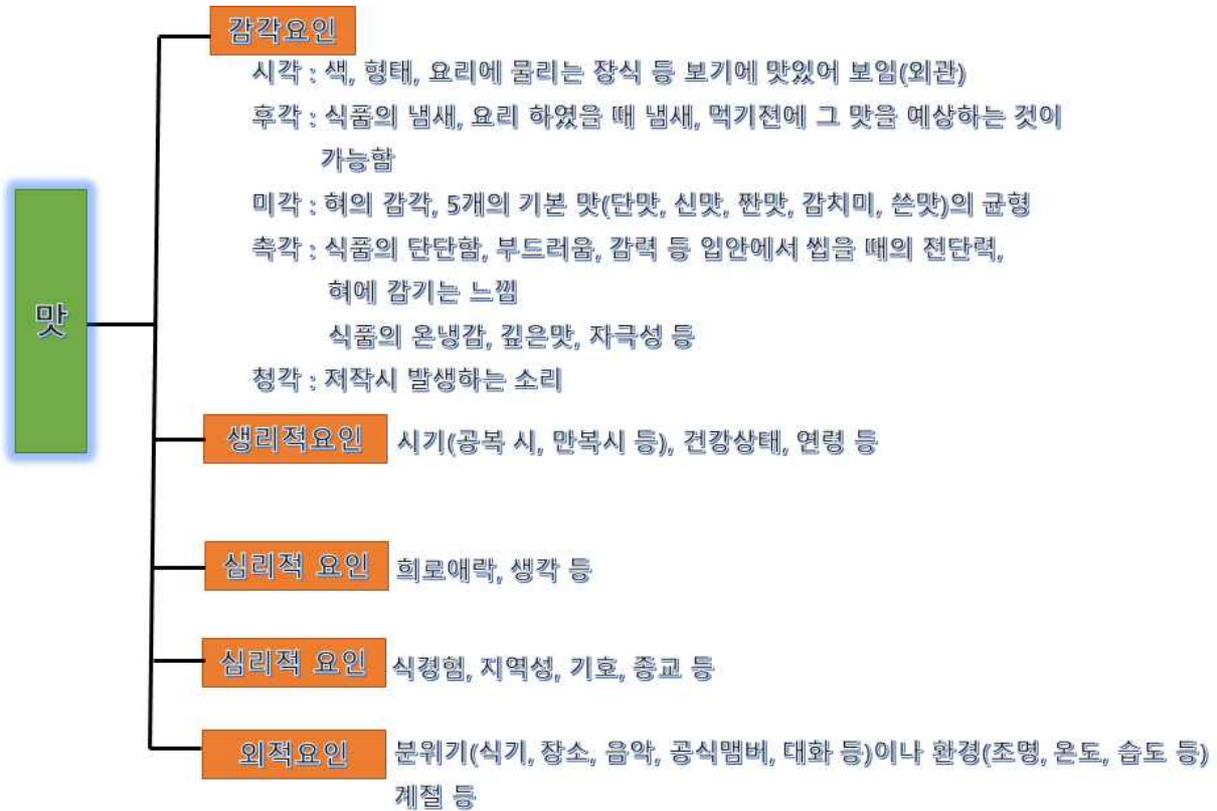
제 3절 국내·외 연구결과

1. 돼지고기 맛 관련 자료

가. 맛 요인

맛은 음식을 평가하는 가장 중요한 감각이다. 우리가 맛을 느낄 수 있는 것은 혀에 있는 작은 돌기의 표면에 노출된 '미뢰'라는 감각기관 덕분이다. 미뢰 세포의 표면에 노출된 독특한 구조의 G-단백질결합 수용체가 음식에 들어 있는 분자의 종류와 농도를 알아낸다. 맛을 내는 특별한 분자가 미뢰의 수용체에 결합하면 수용체의 구조가 변화하면서 만들어진 화학적 신호가 세포의 내부에서 전기 신호로 바뀌어서 뇌로 전달된다. 본래 우리 혀에는 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛을 알아내는 미뢰가 있는 것으로 알려졌다. 단맛은 우리 몸의 세포가 요구하는 에너지를 공급해주는 포도당 분자의 맛이고, 짠맛은 우리 몸의 전해질 균형에 중요한 역할을 하는 소금(염화나트륨)의 맛이다. 신맛은 음식이 부패하는 과정에서 만들어지는 유기산의 독특한 맛이고, 쓴맛은 독성을 가진 음식의 대표적인 맛이다. 2002년에는 단백질을 구성하는 아미노산의 감칠맛을 알아내는 미뢰가 있다는 사실이 밝혀졌고, 최근에는 지방의 기름진 맛을 알아내는 미뢰가 있다는 주장도 있다. 맛을 알아내는 전자 혀가 처음 개발된 것은 아니다. 맛을 측정하는 방법은 다양하다. 과일의 당도를 '브릭스'라는 단위로 나타내는 당도계나 소금물의 염도를 측정하는 염도계는 대부분 과즙이나 소금물의 밀도(비중)를 이용한다. 엄밀하지는 않지만, 현장에서 누구나 쉽게 사용할 수 있는 실용적인 방법이다. 전자 혀에 사용되는 분석 기술은 다양하다. 맛을 내는 분자가 센서에 결합할 때 발생하는 전기신호, 색깔의 변화, 수소이온 농도의 변화 등이 모두 활용된다.

「식품의 맛」은 단순히 맛이나 향, 풍미 뿐만아니라 먹는 환경이나 생리적 요인이나 식습관 등의 복합적 요인이 영향을 준다고 말할 수 있다.



[그림 1] 「식품의 맛」에 영향을 주는 각종 요인

나. 돼지고기 맛의 비밀

돼지고기 맛에 영향을 주는 요인의 특성을 표현하고 통제하기 위해서 맛 품질(eating quality)이라는 용어를 사용한다. 지금까지 많이 알려진 맛에 영향을 주는 요인은 주로 육색, 마블링 스코어, 수분을 함축하는 능력인 보수성 또는 72시간 후의 수분 손실량(드립로스), 기계로 절단하는 힘을 측정해 산출하는 전단력(연도) 등이다.

그중 마블링과 고기 부드러움과의 상관관계 연구가 많이 발표되었는데 마블링(근내지방)이 많을수록 연도는 높아진다(상관도(r)=0.3~0.35). 그러나 근내지방이 많다고 맛이 비례적으로 좋아지지 않는 것으로 밝혀졌다. 근내지방도 외에 다른 요인들이 맛에 영향을 줄 뿐만 아니라 근내지방의 지방산의 종류에 따라서 맛이 달라지기 때문이다. 쇠고기의 경우 맛을 결정하는 요인 중 마블링이 차지하는 영향은 12~14% 정도이다(Jeremiah, 1990). 현재 돼지의 국가별 품종별 등심 근내지방 비율을 보면 덴마크 등 유럽산은 1~1.5%, 미국산은 2~3%, 일본의 3품종 비육돈은 2.5%, 최고급 돈육으로 알려진 Tokyo-X는 5% 수준이다. 참고로 일본 화우 등심의 근내지방 비율은 평균 25% 전후이고 등급 높은 화우는 40% 이상이며 최고급은 50%가 넘는다. 그러나 외관상 지방 비율이 높은 육류는 소비자들이 기피하는 경향이 있으므로 이러한 것을 감안하면 돼지 등심의 물리적 최대 수치는 5% 수준으로 간주되고 있다. 참고로 일본 화우 등심의 근내지방 비율은 평균 25% 전후이고 등급 높은 화우는 40% 이상이며 최고급은 50%가 넘는다. 최근 일본은 화우등심 근내지방의 굵기가 세밀하게 분포되고 올레인

산 지방산 비율이 55%이상인 것을 프리미엄 급으로 분류하는 움직임이 있다. 돼지고기 맛 품질 3대요인은 맛, 풍미, 육질의 조직감 등이다. 맛과 풍미는 화학적 특성이고 조직감은 물리적 특성으로 구분되고 있다. 일반적으로 소비자가 느끼는 맛은 이 두 가지 특성의 종합적 평가로 간주된다. 맛있는 돼지고기의 판정은 생육을 측정해 가열된 고기맛을 결정하는 어려움이 있다. 한편, 사람이 느끼는 맛은 입과 코를 통해 감지된다. 혀에는 맛을 느끼는 세포인 미뢰(맛봉오리)가 일반적으로 4천~1만개가 있어서 다섯 가지 기본 맛인 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛을 감지하는데 주로 단백질의 아미노산 종류에 따라서 맛이 달라진다. 코를 통해서 풍미를 감지하는 것은 음식 내의 휘발성 지방산의 종류에 따라서 맛의 선호도를 결정한다. 미뢰 세포의 숫자는 어릴 때부터 증가하기 시작해 20세 전후에 최고치를 보인 후 점차 줄어들어 80세가 되면 4천개 정도가 되기 때문에 나이가 들수록 맛있는 음식에 덜 민감해지면서 식욕이 줄어들게 되는 것이다. 단백질의 아미노산 중 글루타민 산은 감칠맛, 글라이신과 알라닌, 세린과 트레오닌은 단맛, 알지닌과 아스파라긴은 쓴맛을 느끼게 한다는 것이 밝혀지고 있다(Raura 와 Fedo, 2009). 한편, 코를 통한 풍미 요인은 육류 내 포화지방산인 팔미틴산, 스테아린산 등의 비율이 높으면 고기가 덜 부드럽고 텁텁한 납같은 맛을, 불포화지방산인 올레인산, 리놀렌산 등의 비율이 높아지면 고기가 부드러우면서 매끈매끈하고 단맛을 느끼게 한다. 현재 육류관련 학자들의 연구과제는 품종에 따른 육류 내 감칠맛(우마미)과 단맛을 내는 유리아미노산과 핵산(IMP)의 비율, 육류 내 지방산의 품종별 차이와 유전적 특성과 그 비율 통제방법을 연구하는 것이다. 예를 들면 올레인산과 리놀렌산의 유전력은 60~70%로 높다. 왜 제주도와 철원 돼지고기는 맛이 있는가? 돼지고기 맛의 비밀을 이야기하기에는 우리의 지식이 아직 많이 모자란다는 것을 실감한다. 그러나 더 큰 과제는 맛있는 돼지고기를 어떻게 소비자에게 알리느냐 하는 것이다.

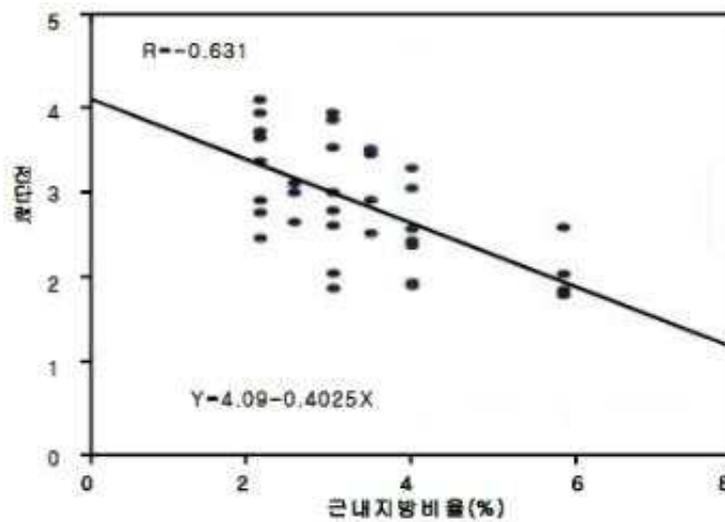
다. 돼지고기 근내지방비율이 맛에 미치는 영향

○ 근내지방도와 관능평가 : 돼지등심의 근내지방비율에 따른 많은 연구가 이루어졌으나 연구자에 따라서 조지방비율 증가가 꼭 맛을 높인다는 결론은 동일하지 않았다. 그러나 Brewer 등(1999)의 등심근내지방비율 1.1%, 2.3%, 3.5% 3종류로 관능테스트 시험을 한 결과를 보면 다즙성과 부드러운 정도, 풍미는 지방비율이 높을수록 개선되었다.

[표 1] 돼지 등심근내 근내지방도가 맛에 미치는 영향

관능형질	평가기준	근내지방비율		
		저	중	고
		1.1%	2.3%	3.5%
다즙성	1(건조)~5(다즙)	3.6	3.9	4.0
연도	1(질감)~5(연함)	4.3	4.4	4.5
풍미	1(나쁨)~5(좋음)	1.8	2.1	2.2
구입선택	1(안산다)~5(산다)	4.2	4.1	4.2

일본의 미야자키대학의 이리에(2004년)의 연구에 의하면 등심근내지방도가 높을수록 경도측정하는 전단력 기계 수치는 적어졌다고 보고했다(그림 2).



[그림 2] 돼지등심 근내지방비율과 경도측정 인스트론 전단력 수치 간의 상관관계

적절한 근내지방 비율은 돈육의 근내지방도만 유일하게 맛을 향상시키는 요인은 아니다. 돈육의 보수성, 근섬유의 굵기 등도 맛에 영향을 주는 것도 사실이다. 그러나 근내지방도가 높을수록 맛을 좋게하는 주요한 요인임은 틀림없다. 과연 적절한 근내지방도는 어느 정도일까? 덴마크 등 유럽돼지의 등심근내지방도는 1% 전후, 미국 돼지의 등심은 2~4%, 일본의 3품종(LWD)비육돈은 2.5%, TOKYO-X는 5%, 오오사카의 하이마블링 비육돈은 6~10% 수준이다. 일본의 화우등심은 25%전후이고 고급화우육은 40%이상이며 최고급의 50%를 넘고 있다. 젓소의 등심도 10% 전후이다. 우유의 지방비율은 3~5%이므로 우유 100CC 마시는 것은 근내지방 2%인 돼지등심 200g 먹는 것과 같다. 소비자들이 과도한 지방을 기피하는 것을 감안한다고 하더라도 현재는 등심지방 5% 전후가 적합하지 않는 가하는 것이 일본전문가의 견해이다.

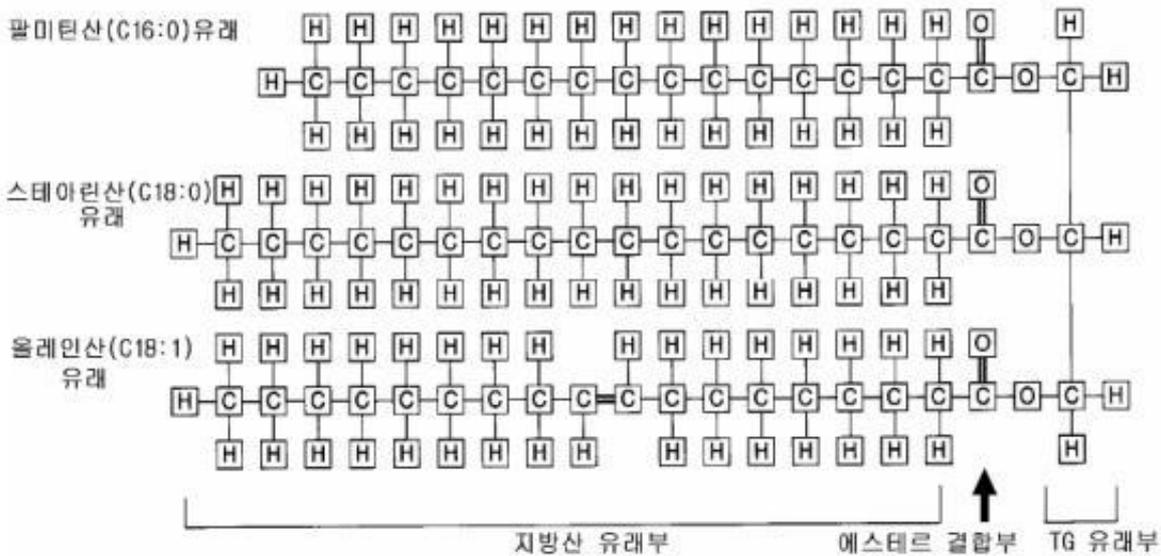
라. 맛에 영향을 주는 지방의 품질

○ 육류연도에 영향을 주는 지방의 품질 : 돼지고기·지방의 품질은 식육의 부드러움 자체에는 거의 영향을 주지는 않지만, 혀촉감을 통한 씹을 때의 딱딱한 느낌에 크게 관계한다. 일본의 경우 쇠고기 유통·소매업자는 맛에 영향을 주는 요인으로 지방의 질을 중시하고 있다. 지방질이 지나치게 딱딱하면 맛이 떨어진다고 하여 경원된다. 돼지고기는 딱딱한 지방보다도 반대로 부드러운 지방(연지)이 문제다. 연지는 냉장상태의 지육에 있어서 체지방이 연하면 박피 지육외형이 우둘두둘한 거친 모양으로 나쁘게 보여 거래가격도 하락한다. 따라서, 돼지의 경우 가능한 한 지방을 딱딱하게 하는 노력이 계속되어 왔다.

○ 지방산과 맛 : 동물지방은 트리글리세리드(Triglyceride;이하 TG)가 주성분이고, 지방질성분의 대부분을 차지한다. TG는 돼지 지방산의 26~32%를 차지하는 팔미틴산, 12~16%를 차지하는 스테아린산, 41~51%를 차지하는 올레인산이 결합된 형태의 큰 분자이다. 다른 지방 구성성분으로서 인지질, 콜레스테롤, 유리지방산등이 있다. TG는 근내지방, 근간지방, 피하지방, 내장지방 등

의 저장지방의 주성분이다. 인지질은 주로 골격근나 장기조직의 세포막 등을 구성하고 있다. 주성분인 TG 자체는 큰 분자이기 때문에, 그 자체는 혀에 화학적자극 요인이 되지 않고, 휘발성분도 아니다. 요컨대, 지질 자체는 무미하고, 코로 느끼는 향기나 냄새도 없다. 그러나 TG는 구성 지방산에 의해서 물성이 변화하여, 혀에 닿을 때 부드러운 정도를 느끼는 촉감에 영향을 준다. 즉, 입안에서 녹기 쉬운 지방은 매끈매끈함을 느끼게 하고, 융점이 높은 지방은 납 같은 느낌을 준다. 쇠고기와 달리, 닭고기나 돼지고기는 찬 요리 재료로도 쓰이지만, 이들은 주로 지방의 융점(혹은 지방산조성)의 차이 때문이다. TG는 유리지방산이나 과산화물에 의해 변화하는 경우에는 미량이라도 풍미에 영향을 준다. 일반적으로 구성 지방산에 다가불포화지방산이 많을수록, 지방은 산화하기 쉽다. 지방이 산화하면 일반적으로 나쁜 냄새 물질이 발생하여 풍미가 저하된다.

○ 연지(軟脂)를 생기게 하지 않는 지방산 조성 : 지방질을 설명하기 위해서는 지방산 지식이 필요하다. TG는 글리세롤과 3개의 지방산, 에스테르로 결합한 것이다(그림 3). 그것을 구성하고 있는 지방산에는 포화지방산과 불포화지방산이 있다. 불포화지방산은 탄소사이에 2중 결합이 있는 것으로, 더욱 2중 결합수가 1개인 1가 불포화지방산과 2개 이상의 다가 불포화 지방산이 있다(표 2).



(위로부터 순서대로 팔미틴산, 스테아린산, 올레인산에 유래하는 부분, 탄소수(C)와 불포화결합수(=)는 각각 16:0, C18:0, C18:1이 된다. 표 참조)

[그림 3] 지방의 대부분을 차지하는 글리세리드(TG) 화학 구조 예

[표 2] 돼지지방의 주요 지방산 분류와 특성

분류	탄소이중 결합수	성질	주요 지방산 이름 탄소 수 : 이중결합 수
포화지방산	0	산화에 안정적이고 딱딱한 지방을 만든다	팔미틴산 C16:0 스테아린산 C18:0
단가불포화지방산	1	약간 산화, 약간 연화하기 쉽고 맛이나 건강에 도움이 된다	팔미틴산 C16:1 올레인산 C18:1
다가불포화지방산	2이상	산화하기 쉽고 연지를 만든다	리놀산 C18:2 리놀렌산 C18:3

지방산의 화학적 기호는 연결된 탄소(C)의 숫자와 2중 결합숫자로 표시된다. 예를 들어 16개의 탄소가 연결되어 있고 2중 결합이 C16:0으로 18개의 탄소와 1개의 2중 결합으로 구성된 올레인산은 C18:1로 표시된다.

불포화지방산은 같은 탄소수의 포화지방산과 비교하면 일반적으로 용점이 낮다. 탄소수가 많은 지방산만큼 용점은 높지만, 2중 결합수가 많을수록 용점은 현저히 낮아진다. 따라서, 일반적으로 그조성에 불포화지방산이 많을수록, 또한, 특히 다가불포화지방산이 많을수록 용점이 저하하여, 연지가 된다. 더욱 엄밀히 말하면, 지방산조성이 같더라도 TG의 어떤 위치에 어떤 지방산이 결합하여 있느냐에 의해서도 용점은 영향을 받는다. 그 외에 성분으로서는 적지만, C14:0, C16:1, C18:3, C17, C19, C20, C22등의 다양한 지방산이 한 개 또는 두개의 글리세리드 형태로 구성된다.

※ 지방산 종류별 특징

◎ 포화지방산 : 포화지방산은 지방을 딱딱하게 만들고 산화에 대하여 안정적이다. 그러나 사람의 건강측면에서 보면 지나치게 많을 때 부정적이다.

◎ 1가불포화지방산 : 1가불포화지방산인 올레인산의 증가는 돼지고기의 풍미의 향상에는 그다지 기여하지 않는다고 하는 보고도 있고 풍미에 바람직할 가능성도 지적되고 있다. 사람의 건강면에서는 올레인산이 유익하다고 보고 있기 때문에, 바람직한 지방산이라고 말할 수가 있다. 적어도 올레인산등의 1가불포화지방산은 지나치게 산화되는 것을 걱정하지 않고, 지나치게 딱딱하지 않은 적절한 성상의 지방을 만드는 데 적합하다.

◎ 다가불포화지방산 : 일반적으로 다가불포화지방산은 산화되기 쉽고, 풍미에 영향을 주기 쉽다. 리놀레산이 건강에 좋고 사료중의 리놀레산은 돼지의 지방중에 현저히 증가하면 연지의 원인이 된다. 한편, 리놀레산이 많을수록 그 풍미가 돼지고기답게 풍미가 좋아졌다고 하는 보고도 있어, 다가불포화지방산자체가 현저한 풍미의 저하를 초래하는 것은 아니다. 역시 지질이 산화하기 쉽고, 산화하여 버리면 바람직하지 못한 냄새가 발생된다고 생각하는 편이 좋을 것이다. 그 밖에도, 어유급역에 의해서 EPA(C20 : 5)나 DHA(C22 : 6)를 포함한 기능성 돼지고기를 만들 수도 있다. 그 때, 사료에 비타민 E를 첨가하면 산화가 방지되고 식미에도 영향을 주지 않는다.

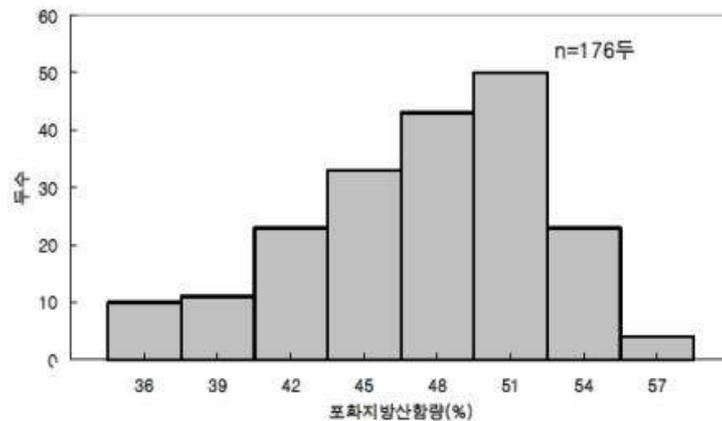
[표 3] 돼지지방의 주요 지방산 분류와 특성

지방산	화학구조	용점 ℃
미리스틴산	(C14 : 0)	53.9
팔미틴산	(C16 : 0)	63.1
팔미트레인산	(C16 : 1)	-0.5 ~ +0.5
스테아린산	(C18 : 0)	69.6
올레인산	(C18 : 1)	12 ~ 16
리놀산	(C18 : 2)	-5.2 ~ -5.0
리놀렌산	(C18 : 3)	-11.3

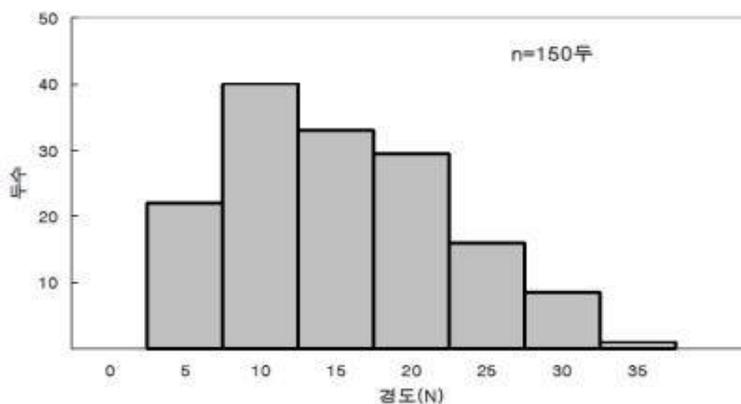
○ **양호한 지방산 조성** : 지방의 질은 우선 혀 촉감을 좌우하며 맛에 영향을 준다. 포화지방산은 과도히 많지 않은 것이 좋다. 또 불포화지방산이 너무 높으면 산화지질이 발생하기 쉬워 포화지방산이 어느 정도 있어, 오히려 다가불포화지방산이 적은 지방이 좋다고 말할 수 있다. 이 때문에 양자의 중간적 성상으로 산화하기 어려운 단가불포화지방산이 많은 쪽이 바람직하다. 특히 1가불포화지방산의 그 중에서도 올레인산은 풍미를 향상시킬 가능성이 있고, 사람이 건강히 좋은 지방산으로서도 주목되고 있다.

○ **지방품질을 좌우하는 지방산 조성**과 **용점** : 일본 오오사카시 중앙도매식육시장에서, 돼지도체 신장주위 지방의 지방산 조성

과 경도를 측정했다. 신장주위지방은 지방품질 판단에 자주 이용되는데 피하지방이나 근간지방과 질적으로 관련이 깊기 때문이다. 경도는 인스트론이라는 정밀한 기계로 측정한 값으로, 값이 높을수록, 딱딱한 지방이라는 것을 나타낸다. 최저로는 1N(Newton), 딱딱한 것은 30 N까지 있고, 물리적 강도로 실로 30배를 넘는 차이가 있다. 포화 지방산 비율도 30% 대부터 50%대까지의 차이가 있다. 용점에서도 27~48℃까지 큰 차이를 보인다. 즉, 돼지의 지방은 아주 부드러운 것에서 아주 딱딱한것까지 존재하고 있다는 것을 알 수 있다. 실제로는, 이러한 과학적인 평가치에서의 지방질의 판단기준은 존재하지 않고, 일본의 도체등급제도에서 지방 분포가 촉감으로 평가되고 있을 뿐이다. 촉감을 기초로 경도에 따라 분류하여 그특성을 조사한 것이 (표 1-2)이다. 경도 7N미만은 연지로 분류되고, 또한 16N 이상은 지나치게 딱딱하다고 판단되어 경지(硬脂)로 분류된다. 일률적으로는 말할 수 없지만, 경도 7~16N정도의 지방이 시장에서 요구되는 품질로 인식되고 있다. 연지(軟脂)에 관해서는 이전부터 문제가 되어 왔지만, 딱딱한 지방은 문제가 되지 않았다. 그러나 최근, 지나치게 딱딱한 지방도 소비자는 기피한다.



[그림 4] 돼지 신장주위 지방의 포화지방산 함량(%) 정도 분포



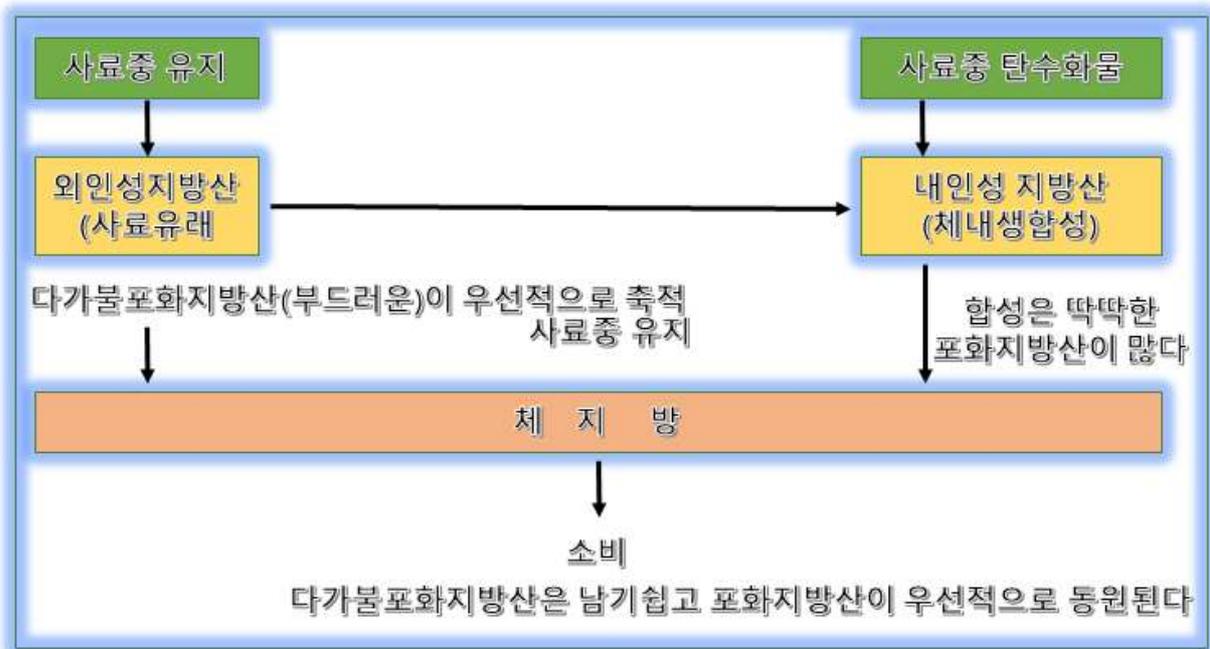
[그림 5] 돼지 신장주위 지방의 경도 (N)분포

[표 4] 각 그룹에서의 이화학적 측정치(돼지 신장 주위 지방)

측감평가 경도(N)	부드러움 ←————→ 딱딱함					
	<2	2≤, <5.5	5≤, <7	7≤, <10	10≤, <16	16≤
두수	5	19	21	29	50	55
경도1, N	1.4	3.5	6.1	8.4	13.0	21.2
융점2, ℃	30.4	31.4	34.7	35.2	38.0	40.2
포화3, %	39.2	42.1	45.4	45.5	47.5	49.2
모노불포화%	44.2	42.8	41.1	42.3	41.2	40.3
다가불포화%	16.7	15.1	13.4	12.2	11.3	10.5

※ 각 그룹의 평균치; 1:지방이 딱딱함 기계적측정치, 2:지방이 녹는 온도, 3:지방을 구성하는 지방산 종류, 포화-포화지방산, 모노불포화-불포화결합이 하나인 지방산, 다가불포화, 포화결합이 2개 이상인 지방산, 리놀산 등

○ **지방품질은 사료로 쉽게 컨트롤가능** : 지방질은 많은 요인 가운데 가장 영향은 크게 받는 것이 사료이다. 극단적으로 말하면, 돼지지방은 사료에 의해 딱딱하게도 아주 부드럽게도 자유자재로 컨트롤할 수 있다. 전회에서 설명한 것처럼, 지방은 여러가지 지방산에 의해 구성되어 있다. 특히 다가불포화지방산은 식물유에 많이 포함되어있고, 이것이 연지(軟脂)의 최대 원인이 된다. 요컨대, 다가불포화지방산을 많이 포함한 사료를 급여하면 불포화지방산은 돼지의 체지방으로 축적되기 쉽고, 융점이 낮은 지방산이라 연지(軟脂)가 발생한다(그림 6).



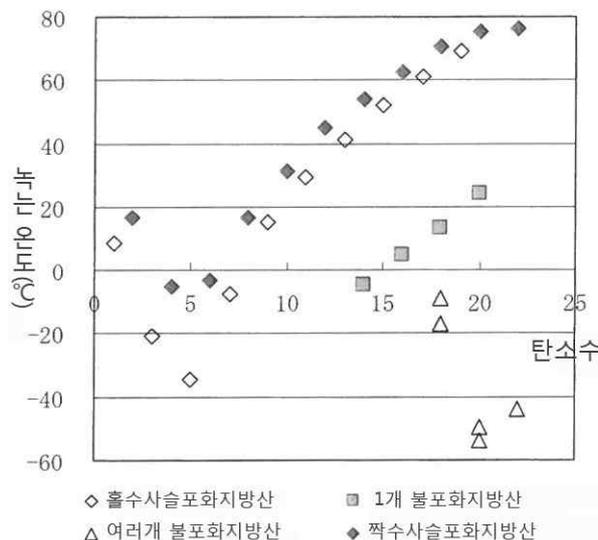
[그림 6] 사료와 지방의 품질 관계

○ **연지(軟脂)를 피하는 세 가지 방법** : 연지를 피하는 첫번째방법은, 사료중의 지방비율을 억제하는 것이다. 특히, 다가불포화지방산함량이 높은 사료는 바람직하지 못하다. 두번째방법으로, 가능한한 포화지방산이 많은 지방을 만들게 하기 위해, 보리, 밀, 감자류 등의 전분질(탄수화물)사료

를 급여하는 것이다. 전분질은 돼지의 체내에서 포화지방산으로 전환되기 때문에, 딱딱한 지방이 생산된다. 특히, 전분질다급으로 만들어진 돼지의 지방은 딱딱하고 보존성이나 맛도 개선되는 것이 알려지고 있다. 지방을 딱딱하게 하는 세 번째방법은, 시클로프로페노이드지방산(CPFA)이라고 불리는 성분을 이용하는 것이다. CPFA는 카복 등 열대산의 면실 특히 기름중에 함유된 성분이다. 양돈용 사료로는 카복박이나 카복기름흡착 사료가 이용된다. CPFA는, 소량이라도 돼지체내 포화지방산이 1가불포화지방산으로 전환하는 것을 억제하기 때문에, 결과적으로 지방을 딱딱하게 만든다. 내인성지방산의 합성에 의존율을 높이고, 외인성 요인인 사료중의 유지로 지방이 딱딱하게 되는 것이 아니다. 이들 메카니즘에 의하면 CPFA는, 지방함량이 낮은 사료에서 강한 효과를 발휘하지만 지방함량이 높은 사료는, 효과가 약하다. 요컨대, 전분질이 많은 사료에서는 소량의 CPFA 첨가라도 아주 딱딱한 지방이 된다. 그러나 연지를 발생시키기 쉬운 사료에서는 효과에 한계가 있어서 돈지방이 딱딱해지기 어렵다. 지방의 품질은 경제적 가치뿐만 아니라, 맛이나 육색, 사람의 건강에도 영향을 주기 때문에, 돼지지방 품질평가와 그 제어기술은 앞으로 보다 중요해질 전망이다.

마. 맛을 결정하는 지방산, 유전자마커 SCD

○ 최근 일본 소비자의 지방 품질에 대한 관심 급증 : 일본의 Yahoo Japan 서비스에 「급상승 단어랭킹」이라는 항목에 최근 일본 화우의 “지장의 질”, “SCD”가 상위에 올라갔다. 쇠고기의 맛과 지방의 품질을 앞세워 쇠고기 판매 전략이 전국을 휩쓸고 있다. 맛은 어떠한 음식이라도 맛과 향기와 식감의 3개 요소가 결정한다. 게다가 요리는 눈으로 즐겨야하는 요소가 있기 때문에 「마블링이 풍부한 고기」가 높게 평가를 받는다. 최근에는 지방이 들어가 있으면 무조건 좋은 것이 아니라 어떤 종류의 지방이 들어가 있는가가 문제가 되어 유통관계자나 선진적인 생산자 사이에서는 「맛없는 지방이 들어가 있으면 없는 편이 낫다」라는 말까지 나오고 있다. 「지방의 품질」은 예전부터 양초처럼 단단하고 너무 물렁거리거나 물기가 많지 않은 것이 좋다고 알려져 있다, 「지방의 점착성」은 일반에게 알려져 있지 않지만 식육업계에는 부드러움보다 중요시 간주되고 있다.

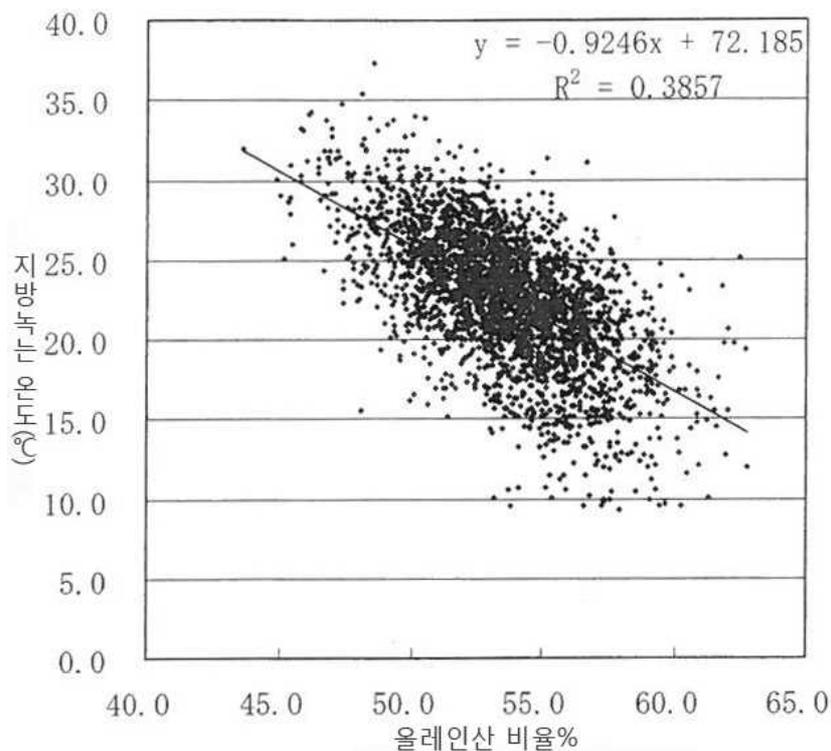


[그림 7] 지방산의 탄소사슬과 녹는 온도와의 관계

(㉞) : 지방산은 탄소수가 많으면 녹는점이 상승하고 불포화결합이 많으면 녹는점이 낮게 된다.

○ **올레인산과 지방의 부드러움:** 지금 지방의 품질 논의는 지방의 부드러움이 핵심 포인트이다. 부드러운 지방은 맛이 좋고 입속에서 빠르게 녹아내리고 촉촉한 식감을 가지고 있으므로 쇠고기의 맛을 끌어올리는 중요한 요소가 되고 있다. 이 지방의 부드러움에 크게 영향을 주는 것이 올레인 산이다. 지방은 20여개의 지방산의 결합체이다. 일반적으로 지방산 화학적 구조 중 탄소의 사슬이 길어질수록 녹는점과 끓는점이 상승하고 불포화 결합이 들어가면 저하되는 경향이 있다(그림 7).

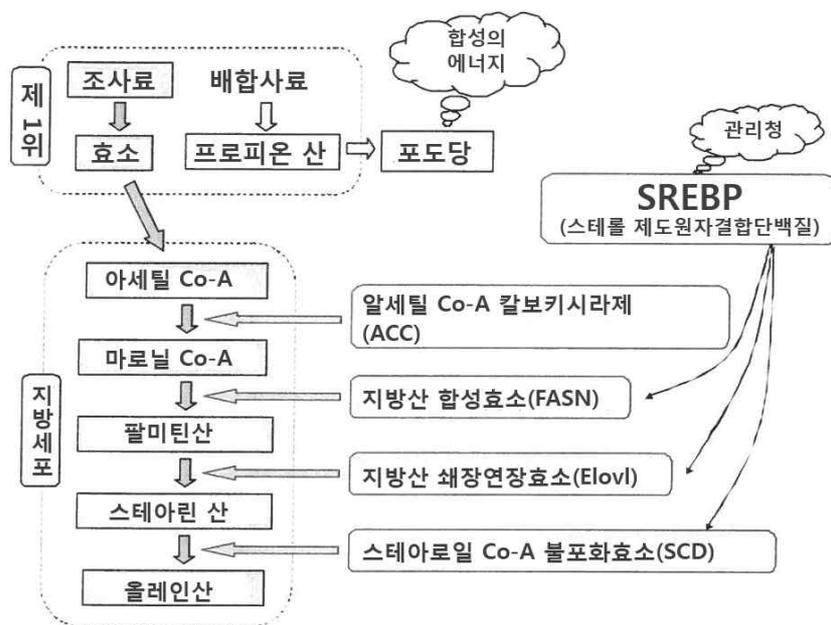
탄소수가 적은 지방산은 실온에서 액체로 휘발하기 쉽고 탄소수가 10개까지는 액체, 12개를 넘으면 고체가 된다. 예를 들어 탄소수 18개의 포화지방산은 스테아린 산의 녹는점은 70.5℃이지만 불포화 결합이 1개 들어있는 올레인산은 13.4℃, 2개 들어있는 리놀산은 9.0℃에서 단단해진다. 지방(정확히는 중성지방)은 3개의 지방산이 글리세린을 기본 폼으로 묶인 형태이다. 스테아린 산을 대나무로, 올레인 산을 털실에 비유하자면 대나무를 3개(즉 스테아린 산 3개)묶으면 딱딱하지만 털실 3개는 묶어도 부드럽다. 한편, 대나무 1개와 털실 2개 아니면 대나무 2개와 털실 1개의 조합은 대나무 1개 혹은 2개의 정도이므로 털실 즉 올레인 산 비율이 많을수록 지방은 부드러워 진다(그림 8). 또한 리놀산이 포함된 지방은 더 부드러운 특성이 있으나 경험적으로 부드럽게는 되지만 맛이 나쁘다고 알려져 있다. 사족이지만 바이패스 지방산의 형태로 올레인산을 급여하는 경우에 피하지방이나 내장지방에 이행하는 비율이 높지만 근육 내 지방의 개선효과는 작다고 알려져 있다.



[그림 8] 올레인산 비율과 지방 녹는 온도와의 상관(n=2,724)

(주) : 올레인산 비율이 상승하면 지방의 녹는점은 저하한다.

○ **근육 내 지방의 합성** : 사료중의 지방의 지방산 조성은 30% 이상은 리놀산 이지만 근육 내 지방은 2% 전후밖에 없다. 이는 소화 흡수된 지방이 그대로 근육 내 지방에 축적되는 것이 아님을 나타내고 있다. 즉 근육 내 지방은 근육 내 지방세포가 스스로 합성한 것으로 생각되고 지방품질 관리 최대 포인트는 여기에 있다. 지방을 합성하기 위해서는 많은 종류의 합성효소와 합성을 위한 재료와 에너지가 필요하다(그림 9). 조사료의 발효소화에 생긴 초산은 아세틸 CoA로 변환되고 아세틸 CoA는 또 마로닐 CoA라는 「부품」 이가공되어 지방산 합성효소(FASN)의 작용으로 1개의 아세틸 CoA에 7개의 마로닐 CoA가 순차적으로 연결되어 있어 팔미틴 산이 되어 더욱 지방산 쇠장 연장효소(Elovl)의 작용으로 탄소가 2개 첨가되어 스테아린 산이 합성되고 있다. 팔미틴 산과 스테아린 산은 그 후 스테아로일 CoA 불포화 효소(SCD)의 작용으로 불포화되어 팔미트레인산과 올레인산으로 변환된다. 소에는 올레인산 이후 리놀산으로 불포화되지 않기 때문에 올레인산이 최종산물로써 체지방에 축적된다. 각각의 반응으로는 합성 역할을 하는 효소 단백질(관리 직원에 해당) 종류는 합성량을 재료와 결합하여 운반하는 단백질(관리직), 재료와 결합하여 운반하는 단백질(물류 시스템) 등이 있지만 이 단백질은 활성도가 높은 타입과 낮은 타입이 있어 지방산 조합이 복잡하게 이루어 진다. 아무리 직원이 유능하더라도 관리직의 능력이 낮아 일이 불가능 하다거나 우수한 관리직이라고 하여도 부하가 무능하여 일을 못하는 경우도 있다. 양쪽이 나란히 있어도 물류가 나쁘고 에너지를 제약하면 생산은 부진하게 된다. 이들 지방산 합성에 관한 단백질의 타입을 결정하는 것이 말할 것도 없이 유전자이고 올레인산 합성에 관여하는 많은 유전자 중에서 가장 작용이 큰 것은 SCD 유전자이다. SCD 유전자는 올레인산을 합성하는 작용이 강한 H형과 약한 L형으로 유전자형은 HH형, HL형, LL형 3가지가 된다. 각각의 유전자형의 올레인산 합성작용을 비교하면 HH형은 강하고 HL형은 조금 강하고 LL형은 약하다는 경향을 알 수 있다. H형의 SCD 유전자를 가진 소의 쇠고기는 「근육 내 지방을 부드럽게 하는 경향이 있다」. 비육용 송아지의 SCD 타입을 알면 어느 정도 사료급여에 따라 지방 조직을 단단하게 하거나 부드럽게 할 수 있다. 또 지방품질이 좋은 비육용 송아지의 생산을 위해 종모우의 SCD 유전자형을 정보 제공하는 현도 있다.



[그림 9] 올레인산 합성 경로와 관련되는 효소

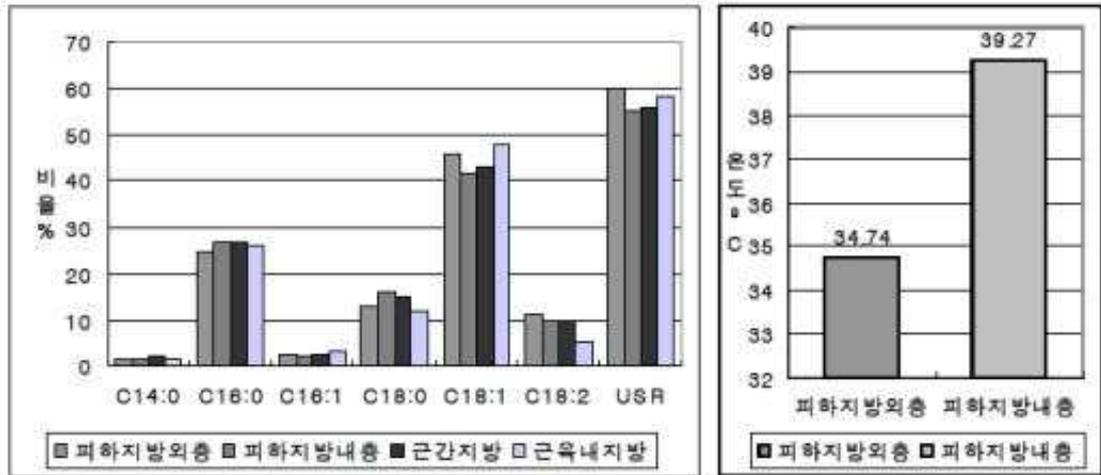
바. 돼지고기의 지방산 조성 and 육질의 유전적 특성

돼지의 지방산조성은 급여하는 사료의 영향을 많이 받지만 품종이나 계통 등의 유전적인 영향도 받는다. 우선 지방산조성차이에 따라 지방의 결이나 부드러움에도 영향을 준다. 특히 피하지방이나 근간지방뿐만 아니라 근육내지방 (소위 「마블링」)의 질에도 영향을 준다(Wood 등, 2004). 리놀산(C18:2) 등의 다가불포화지방산은 돼지고기 풍미를 떨어뜨리고 단일불포화지방산인 팔미트레이산(C16:1)이나 올레인산(C18:1)은 풍미 등 전체 기호성을 높인다 (Cameron 등, 2000). 또한, 근육이나 지방조직의 지방산조성과 급여하는 사료와의 관련 연구보고는 많이 이루어져 있지만 (Rule et.al., 1995) 지방산조성이 어느 정도 유전적인 영향을 주는지를 알려주는 연구자료는 아주 적다. 일본의 미야기현 축산시험장에서 듀록종의 산육능력과 근육내 지방에 대한 7세대에 걸친 계통조성을 시행하면서 조사한 지방산의 유전적 특성 연구결과를 수행하였다(Suzuki 등, 2005a).

○ 육질 및 지방산 조사방법 : 먼저 시험에 사용한 재료와 방법을 보면 계통조성과정의 조사돼지(거세 394두, 암컷 153두)로 총 547두의 듀록순종돈 조사결과이다. 지육의 마지막 흉추부위로 부터 2흉추(제11번 또는 12번째 갈비)전의 등심을 채취했다. 도축 24시간 후에 채취한 등심육의 육색(PCS : Nakai, 1975)과 광측정기에 의한 L*, a*, b*를 측정하였다. 또한 도축 후 24시간뒤 산도(pH)도 측정하였다. 보수성은 나이론백법을 변형한 방법으로 측정하였다. 이는 슬라이스한 일정중량(약 50g)의 등심육을 뚜껑에 후크가 붙은 표본 케이스에 늘어뜨려, 4°C 냉장고에서 24시간 48시간 방치하고 그 사이의 고기중량을 측정하여 그 차이를 드립로스로서 결정하는 방법이다. 쿠킹로스 측정은 상기 등심육을 근섬유방향에 따라 2분할하고 2분할한 각각의 부분으로부터 약 2cm x 2cm x 5cm의 고기조각을 1개씩 채취한다. 정확한 중량측정 후, 비닐자루에 넣어 팩킹하고 70°C의 온욕에서 30분 가열 그 후 30분 냉수로 식히고 나서 물을 닦고 가열 전 중량에 대한 중량손실의 비율을 가열손실율(쿠킹로스)로 하였다. 이 고기조각을 또 두께 1cm로 정형하여 텐스프레셔(Nakai 등, 1992)를 이용해서 물리적 특성치(부드러움과 유연성등)를 측정하였다. 하나의 고기조각에 대해 5군데 따라서 1두에 대해서 10군데의 측정치를 평균했다. 지방산 조성을 분석한 재료의 채취부위는 모두 지육의 마지막 흉추로부터 3흉추전 부분의 피하지방을 포함한 등심부위로 하였다. 피하지방내층과 외층, 근간지방과 근육내 지방으로 분할하여 지방산조성은 가스크로마토그래프를 이용해서 측정했다. 또한 지방용점은 피하지방내층과 외층으로 나누고 재단한 지방을 105°C 아래에서 2~3시간 가열하고 녹은 지방을 해마토크리트 세관에 5~10개 1cm정도 흡입시켜 냉장고에서 고체화한 후 상승용점법에 의해 측정하였다.

○ 지방 축적부위별 지방산조성과 용점 : 우선 지방축적의 부위에 따른 지방산조성을 (그림 1-5)에 나타냈다. 팔미틴산(C16:0)과 스테아린산(C18:0)같은 포화지방산은 피하지방의 외층보다 내층에 많이 포함되어 있었고 반대로 불포화지방산인 올레인산(C18:1)이나 리놀산(C18:2)은 외층 쪽이 내층보다 많이 포함되어 있는 것을 알 수 있다. 그 결과 피하지방내층의 용점은 외층 보다 높아졌다. 더욱 근육내 지방은 다른 부위에 비해 올레인산과 팔미트레이산(C16:1)등의 단가불포화지방산이 많고 다가불포화지방산(C18:2)이 적었다. 근육내지방의 축적은 신체내부에서의 축적현상으로 세포내의 대사의 차이가 지방산 구성의 차이를 이야기하고 있다고 생각된다. 근육내지방의 지방산대사가 피하지방이나 근간지방의 지방산대사와 다른 것을 뒷받침하기 위해서 (표 1-3)에 피하지방 외층과 내층 근간과 근육내의 각 지방산 조성사이의 유전상관과 표현상관을 나타냈다. 각 조직의 지방산 조성사이의 유전상관, 표현상관은 해부학적 위치가 멀어짐에 따라 낮아지고 있는데 특히 근육내지방

의 리놀산과 다른 조직(피하지방 내층과 외층, 근간지방)의 리놀산 유전상관은 각각 0.18, 0.17로 0.01로 낮은 수치가 되었다. 본 연구에서는 근육내 리놀산 비율은 피하지방내층과 외층 근간지방의 절반이었다(그림 10). 이것은 지방산조성의 유전적 제어가 피하지방과 근육내지방에서는 다른 것을 시사하고 있다. 거세에 비해 암돼지는 팔미틴산과 스테아린산 등의 포화지방산이 유의하게 적고 올레인산이나 리놀산 등의 불포화지방산이 많고 용점에서는 외층은 거세돈(39.61°C)이 암돼지(38, 92°C)보다 높았고 내층은 거세돈(34, 62°C)과 암돼지(34, 86°C)가 거의 동일했다.



[그림 10] 지방조직별 지방산조성과 용점

[표 5] 지방조직간의 지방산조성의 유전상관과 표현형상관

지방조직	지방산	피하지방외층		피하지방내층		근간지방	
		유전상관	표현형상관	유전상관	표현형상관	유전상관	표현형상관
피하지방	팔미틴산(C16:0)	0.84	0.49				
	스테아린산(C18:0)	0.96	0.56				
	올레인산(C18:1)	0.86	0.49				
	리놀산(C18:2)	0.86	0.54				
근간지방	팔미틴산(C16:0)	0.77	0.53				
	스테아린산(C18:0)	0.95	0.52	0.75	0.45		
	올레인산(C18:1)	0.84	0.39	0.91	0.56		
	리놀산(C18:2)	0.53	0.43	0.73	0.44		
근내지방	팔미틴산(C16:0)	0.52	0.19	0.62	0.25	0.41	0.24
	스테아린산(C18:0)	0.77	0.44	0.65	0.42	0.87	0.44
	올레인산(C18:1)	0.72	0.33	0.66	0.37	0.68	0.36
	리놀산(C18:2)	0.18	0.25	0.17	0.27	0.01	0.23

○ 지방산 조성의 유전력 추정 : 각 지방조직의 지방산조성이 어느 정도 유전적인 영향을 받는가를 나타내는 지표가 되는 유전력을 (표 6)에 나타냈다. 피하지방 외층과 내층의 스테아린산(C18:0)의 유전력은 가장 높은 0.54와 0.51이었고 근간과 근육내 지방에 대한 유전력도 높거나 (0.51)중 이상 (0.40)이었다. 근간지방의 팔미틴산(C16:0)은 높은 유전력(0.79)이 추정되었지만 타부위에서는 0.50에서 0.30의 유전력을 보였다. 팔미트레인산(0.20~0.36)과 올레인산(C18:1(0.26~0.44)),리놀산(C18:2(0.32~0.44))에 대한 유전력은 각각 중도의 유전력이었다. 더욱 피하지방 내층과 외층의 융점은 높은 유전력 각각(0.56, 0.61)을 보였다. 돼지의 지방산 조성에 대한 유전력의 연구보고는 적었으나 Sellier(1995)등을 피하지방의 스테아린산의 유전력은 평균0.51(0.42~0.57), 리놀산은 0.57(0.47~0.70)로 보고했다. 한편, Cameron 등(2000)은 근육내지방의 지방산 조성은 유전적 영향보다도 사료내용의 영향이 크다는 것을 지적하고 있다.

[표 6] 돼지고기 지방 부위별 지방산조성의 유전력

지방산 조성	피하지방 외층	피하지방 내층	근간지방	근내지방
미리스틴산(C14:0) %	0.07±0.03	0.15±0.04	0.18±0.04	0.09±0.03
팔미틴산(C14:0) %	0.50±0.06	0.30±0.06	0.79±0.06	0.32±0.04
팔미트레인산(C16:1) %	0.20±0.04	0.36±0.04	0.22±0.05	0.20±0.04
스테아린산(C18:0) %	0.54±0.04	0.51±0.06	0.51±0.04	0.40±0.04
올레인산(C18:1) %	0.26±0.04	0.28±0.04	0.44±0.05	0.36±0.03
리놀산(C18:2) %	0.44±0.04	0.32±0.04	0.39±0.05	0.44±0.04
융점 °C	0.56±0.06	0.61±0.08	-	-

○ 지방산 조성과의 산육형질간의 유전적 상관도 : 계통조성에서는 일당중체중, 등심단면적, 등지방두께와 근육내 지방비율을 선발형질로 하였다. 이들의 선발형질과 조사돼지의 피하지방 근간과 근육내의 지방산조성과의 유전적 관련을 보기 위해 유전적상관도와 표현상관도를(표 7, 8)에 나타냈다. 일당중체중, 등지방두께와 피하지방 외층 내층의 포화지방산(C16:0, C18:0)은 중도 또는 낮은 유전적 상관도를 보였고, 표현형상관은 낮은 상관도를 보였다. 또 단가불포화지방산(C16:1, C18:1)과의 유전상관도와 표현상관도는 마이너스 상관도를 보였다. 특히, 외층 및 내층의 리놀산과의 사이에 높은 음의 유전상관도와 표현상관도를 보였다. 등심단면적과 내층 외층의 포화지방산과의 유전상관도는 낮거나 중도였으나 음의 상관을 보였다. 특히 근육내지방량과 근육내 지방의 리놀산과의 높은 음의 상관도(-0.90)와 표현상관도(-0.50)은 높은 음의 상관도를 나타냈다. 즉, 마블링 스코어가 높으면 근내지방의 리놀산비율은 낮아진다.

[표 7] 선발형질과 피하지방내층, 외층의 지방산조성과 융점과의 유전상관(r_G)과 표현형상관(r_P)

지방산조성	일당중체량		등심단면적		등지방두께		근내지방		융점	
	rG	rP	rG	rP	rG	rP	rG	rP	rG	rP
피하지방외층										
미리스틴산(C14:0)	0.03	0.03	0.12	0	0.11	-0.01	0.08	-0.11	-0.16	0.05
팔미틴산(C16:0)	0.21	0.15	-0.14	-0.15	0.34	0.22	0.26	0.12	-0.13	0.16
팔미트레인산(C16:1)	-0.4	-0.07	0.5	0.09	-0.26	-0.06	-0.01	-0.02	-0.51	-0.16
스테아린산(C18:0)	0.2	0.1	-0.39	-0.09	0.42	0.19	0.07	0.1	0.83	0.48
올레인산(C18:1)	-0.12	0	0.4	0.01	-0.16	0	-0.23	-0.05	-0.71	-0.4
리놀산(C18:2)	-0.25	-0.24	0.08	0.17	-0.6	-0.36	0.07	-0.1	-0.07	-0.1
피하지방내층										
미리스틴산(C14:0)	-0.41	-0.03	0.28	0.13	-0.2	-0.07	-0.33	-0.1	0.07	0.05
팔미틴산(C16:0)	0.23	0.17	-0.2	-0.13	0.47	0.24	0.02	0.11	0.45	0.3
팔미트레인산(C16:1)	-0.51	-0.1	0.13	0.1	-0.355	-0.19	-0.09	-0.07	-0.64	-0.27
스테아린산(C18:0)	0.36	0.22	-0.44	-0.2	0.47	0.3	0.08	0.09	0.85	0.56
올레인산(C18:1)	0.03	-0.05	0.2	0.04	-0.09	-0.04	-0.17	-0.05	-0.87	-0.4
리놀산(C18:2)	-0.46	-0.32	0.36	0.21	-0.93	-0.47	0.1	-0.14	-0.2	-0.25

[표 8] 선발형질과 근간 및 근내지방의 지방산조성과의 지방산조성과 융점과의 유전상관(r_G)과 표현형 상관(r_P)

지방산조성	일당중체량		등심단면적		등지방두께		근내지방	
	rG	rP	rG	rP	rG	rP	rG	rP
근간지방								
미리스틴산(C14:0)	-0.14	-0.02	-0.16	-0.02	0.2	0.02	0.08	-0.06
팔미틴산(C16:0)	0.15	0.18	-0.36	-0.19	0.2	0.26	0.12	0.1
팔미트레인산(C16:1)	-0.45	-0.16	0.39	0.15	-0.24	-0.15	-0.23	-0.04
스테아린산(C18:0)	0.21	0.11	-0.54	-0.21	0.38	0.25	0.26	0.16
올레인산(C18:1)	-0.08	-0.07	0.4	0.09	-0.25	-0.12	-0.24	-0.06
리놀산(C18:2)	-0.18	-0.17	0.46	0.22	-0.46	-0.35	0.06	-0.1
근내지방								
미리스틴산(C14:0)	-0.34	-0.02	-0.09	-0.01	0.05	0.02	0.21	0.04
팔미틴산(C16:0)	0.137	0.16	-0.4	-0.08	0.39	0.24	0.49	0.25
팔미트레인산(C16:1)	-0.25	-0.13	0.27	0.01	-0.06	-0.02	-0.15	-0.06
스테아린산(C18:0)	0.105	-0.04	-0.42	-0.16	0.19	0.12	0.32	0.16
올레인산(C18:1)	0.25	0.26	0.22	0.04	-0.06	-0.05	0.1	0.07
리놀산(C18:2)	-0.34	-0.18	0.3	0.18	-0.43	-0.32	-0.9	-0.5

용점과 스테아린산(C18:0)과의 유전적 상관도는 외층(0.83), 내층(0.85)모두 양의 높은 상관도를 보였다. 표형상관도 높았다. 한편, 올레인산과 용점과의 유전적 상관도는 높은 음의상관도(외층에서 -0.71, 내층에서 -0.87)였고 리놀산과 피하지방내층과 외층의 용점과의 유전상관은 제로에 가깝거나 낮은 음의 유전적 상관도를 보였다. 이처럼 지방산조성과 용점과의 유전적 관련은 강하다는 것을 알 수 있다. Lea와 Swoboda (1970)는 단일불포화지방산과포화지방산 $((C16:1+C18:1)/((C16:0+C18:0)))$ 가 지방의 경도와 용점에 영향을 준다고 했다. 그래서 본 시험에 서도 용점과 단일불포화: 포화지방산비율과의 유전적 및 표형상관도를 추정한 결과, 외층에서 -0.71과 -0.47 내층에서 -0.93과 -0.54의 상관도를 얻었다. 그러나 이들 값은 용점과 올레인산과의 상관과 같은 정도였다.

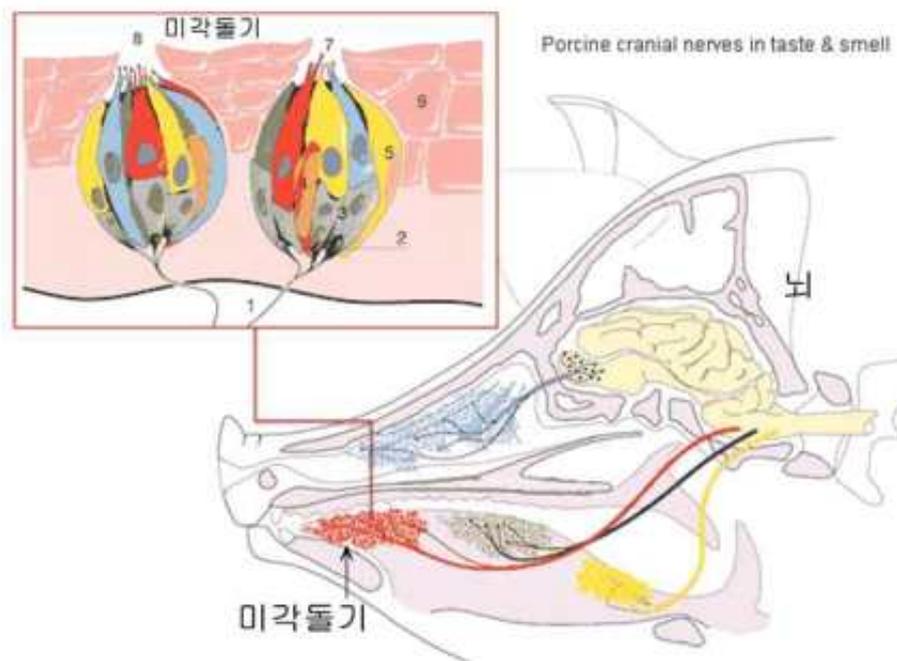
[표 9] 육질과 근육내지방산 조성과의 유전상관(r_G)와 표현형상관(r_P)

육질특성	미리스틴산 (C:14:0)		팔미틴산 (C:16:0)		팔미트레인 산 (C:16:1)		스테아린산 (C:18:0)		올레인산 (C:18:1)		리놀산 (C:18:2)	
	r_G	r_P	r_G	r_P	r_G	r_P	r_G	r_P	r_G	r_P	r_G	r_P
부드러움	0.19	0.03	-0.24	-0.15	-0.08	-0.02	-0.06	-0.07	0.15	0.05	0.31	0.18
드립로스	0.31	0.02	-0.02	-0.07	-0.23	0.08	0.06	-0.10	-0.10	0.02	0.38	0.12
쿠팅로스	0.56	0.04	0.47	-0.03	0.17	0.47	0.47	-0.09	-0.61	0.01	0.04	0.06
육색	-0.46	-0.08	-0.72	-0.16	-0.42	-0.37	-0.37	-0.07	-0.13	0.02	0.46	0.19
명도	0.45	-0.02	-0.72	0.15	-0.40	0.58	0.58	0.05	-0.61	0.01	-0.66	-0.28
산도	-0.32	-0.05	0.18	0.01	-0.03	0.26	0.26	0.01	-0.29	-0.03	0.23	0.04

주요 육종개량형질과 지방조직의 지방산조성은 밀접하게 관련된 경우가 많은 것을 소개하였지만, 실제로 지방조직의 지방산조성을 직접 선발형질로서 개량을 진행시키는 것은 현실적이지 않다. Cameron 등(2000)이 적육 증체율을 위한 선발은 근육내지방을 줄이고 포화지방산과 단일불포화지방산을 감소시키면서 다가불포화지방산을 증가시킨다고 보고한 것처럼 생산형질에 대한 선발 연관반응으로 지방산조성 변화를 조사하는 쪽이 중요하다.

사. 돼지의 단맛(탄수화물)과 감칠맛(단백질)

○ **맛 감지 및 섭취량 결정 메커니즘:** 가축은 배가 고플 때 주로 냄새와 맛을 관장하는 입과 코 주위에 위치한 화학적 감각기관을 통해 식욕을 느끼게 하고 음식물을 섭취할 것인지 말 것 인지를 결정한다. 뇌의 시상하부와 소화기관을 연결하는 신경전달 기관을 통해 음식물의 섭취개시를 즉시 결정하고 섭취량까지도 결정하게 된다. 맛과 냄새를 확인하고 섭취량에 영향을 주는 데는 두 가지 감지 메커니즘이 있다. 맛 시스템은 1차로 혀에 존재하는 미각세포집단인 미각돌기를 통해 음식의 영양 가치를 감지한다(그림 11). 돼지에게는 단순 탄수화물이 단맛을 자극한다. 그러나 사람과 돼지 사료에 널리 이용되는 HIS(고강도감미료)로서 사카린, 타우마틴, 네오헤스피리딘 등에 대한 돼지의 감미반응은 사람과 동일하지 않다. 2차로 혀 뿐 만아니라 위장관에 존재하는 감미수용체도 소화흡수에 중요한 역할을 할 수 있다는 것이 조금씩 밝혀지고 있다.



[그림 11] 돼지의 미각, 후각시스템 : 뇌신경과 세밀한 미각돌기

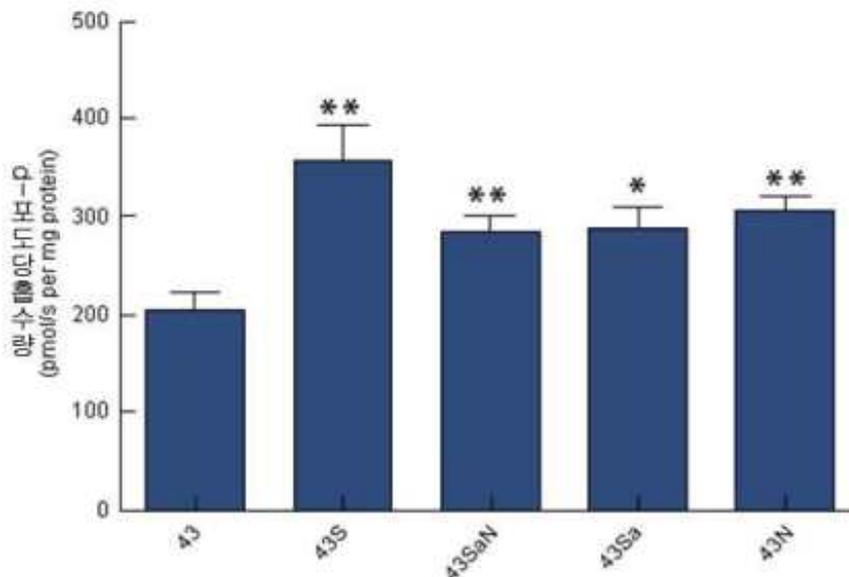
○ **단맛 관련연구:** 설탕과 같은 단순한 탄수화물은 돼지가 스스로 먹고 싶게 만드는 단맛감지 미각돌기를 자극한다. 돼지 사료에 감미료의 사용은 특히 어린돼지용에서 효과가 있다. 감미제 중에는 설탕, 포도당과 같은 탄수화물외에도 비탄수화물계 고강도 감미제(HIS)로, 사카린, 타우마틴, 스테비오사이드, 네오헤스피리딘 등이 널리 사용된다. Kennedy와Baldwin(1972)은 설탕, 포도당, 사카린에 대한 선호도를 연구하였는데 그 감미도 범위는 설탕은 설탕 당도기준 0.01~ 0.06%(0.005~0.01M), 포도당은 설탕당도 기준 0.06~0.18%(0.01~0.03M)수준이었다. 돼지는 설탕, 포도당(탄수화물 감미제)은 지속적으로 90%넘는 선호도를 보였지만 사카린(비탄수화물 감미제)은 선호도가 당도 0.005~0.1M범위 내에서도 변이가 심했고 설탕의 선호도를 능가하지 못했으며 농도가 3.24%(0.1M)보다 높아지면 돼지는 거부반응을 보였다(표 2-10). Danilova 등(1999)은 돼지가 과당, 설탕, 유당 등에 대해 전자 물리학적으로 어떻게 반응하는지 연구했다. 돼지가 가장 민감하게 선호하는 당류는 설탕이었고 사람의 반응도와 유사했다. 그러나 사람과는 달리 돼지는 비탄수화물계 당류인 사카린, 타우마틴에 대한 반응이 사람들의 반응보다는 훨씬 못 미쳤다. 예를 들면, 사람은 사카린의 감미도가 설탕보다 215배 강하게 느끼지만 돼지는 3.34배로만 감지했다(표 10).

[표 10] 사람과 돼지의 설탕(1몰 기준)에 대한 감미 효과 비교

지방산		설탕과 비교한 효능(설탕 1.0기준)	
		사람	돼지(1)
탄수화물	설탕	1.00	1.00
	D-과당	0.50	0.50
	유당	0.33	0.15
	D/I-포도당	0.25	0.13
비탄수화물 감미제	아스타탐	155	<1.00 ⁽²⁾
	사이클러메이트(Na ⁺)소금	17.6	<0.15 ⁽²⁾
	네오헤스페리딘(dihtdrocalcone)	3.600	<151 ⁽²⁾
	타우마틴	2.00	1.622 ⁽²⁾
	사카린	215	3.35

⁽¹⁾돼지의 감미료 효능은 2중선별 기호도 시험방법에 의한, ⁽²⁾최소 감미도는 무반응수준 기준임

그러나 최근 몇 년 사이에 단맛을 감지하는 미각돌기가 구강 내에만 존재하는 것이 아니라 특히 위장관 점막 안에 맛을 느끼지 못하는 조직에서도 맛을 감지하는 수용체가 존재한다는 사실이 밝혀지면서 단맛을 시험하는 연구가 전면적으로 재검토 되고 있다. 위장관 점막의 맛 수용체는 음식물 섭취 후에 소화기관내 영양분(포도당) 인식과 소화 흡수의 용이성과 섭취량 증감에 연관이 있는 것으로 보인다(Dyer 등 2005, Mace 등2009). 더구나, 내분비 세포안의 맛 수용체는 사료섭취량을 조절하는 기능에 관여할 수도 있다. 예를 들면 식품 탄수화물과 어떤 종류의 고강도 감미료는 장점막에 있는 맛감지 수용체를 자극하여 포도당 흡수를 증가시킬 수 있고 이 수용체는 다음번엔 나트륨/포도당 운반 기능촉진 시스템을 통해 능동적인 포도당수송을 촉진한다. 돼지의 감미 수용체는 자돈 소장 점막 안에서 설탕, 사카린, 네오헤스페리딘을 자극 한 후 포도당 흡수와 나트륨/포도당 운반 조절에 관여하고 있다(Moran 등 2010). 즉, 감미제가 혀를 통한 기호성에 따라서 사료 섭취량을 증가시킬 뿐만 아니라 위장내 단맛 수용체의 기능으로 사료 섭취량과 이용율을 높이는 역할을 하는 것이다.



[그림 12] 각종 감미제 첨가시 돼지 소장내에서의 섭취량 증가 효과

인공 감미제 수크램(43S), 사카린(43Sa), 네오헤스피리딘(43N) 또는 사카린과 네오헤스피리딘합제(43SaN)를 첨가한 사료에 따라 자돈 소장에서 나트륨 의존성 d-포도당의 흡수율을 비교하였다(그림 12). 이런 최근의 연구 결과를 볼 때 고강도감미제가 사람에 대해 섭취량을 증가시키는 만큼 자돈의 사료섭취량을 크게 증가시키지는 못하지만 탄수화물의 소화흡수율을 개선시키는데 중요한 역할을 할 수 있다. 그러므로 감미제로 사카린, 타우마틴, 네오헤스피리딘 등의 사료첨가제로서의 사용은 섭취후 장내에서도 이용성을 높이고 사료 섭취량을 늘릴 수 있다는 점에서 타당한 것으로 보인다.

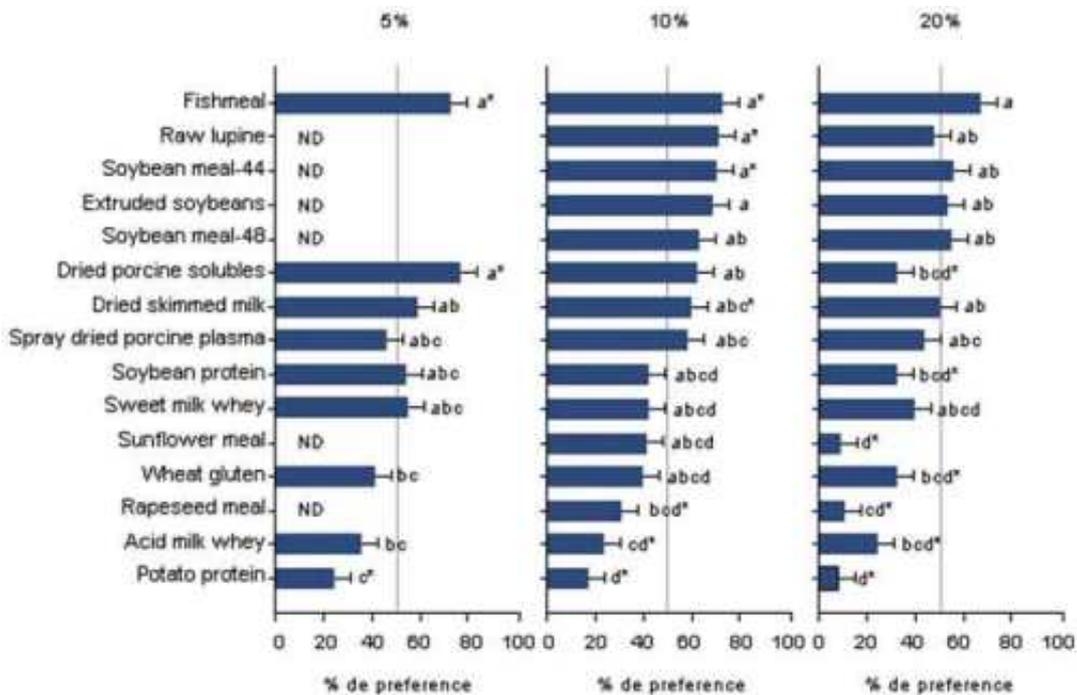
○ **감칠맛(우마미) 관련연구** : 사람의 경우 단맛은 ‘좋은 맛’으로 간주하는 심적 요인의 1차 결정 요인이다. 단맛과 같이 제 5의 맛, ‘감칠맛(우마미)’ 역시 단맛 못지않게 중요한 음식선택 요인이다. 글루타민산(L-Glu), 모노소디움글루타메이트(MSG) 등 몇 종류의 L-아미노산(L-AA)이 감칠맛(우마미)을 생성한다. 감칠맛(우마미)은 일반에게 잘 알려져 있지 않은 맛인데 이것은 단맛과 함께 4대 맛인 짠맛, 쓴맛, 신맛과는 달리 분간하기가 쉽지 않기 때문이다. 그러나 인간은 MSG에 대한 반응 한계치를 갖고 있는데 설탕에 대한 민감도의 1/10정도로 둔감하다(MSG는 1mM, 설탕은 10mM).

[표 11] 인간과 돼지의 각종 L-아미노산에 대한 반응

아미노산	L-이성체	
	사람의 맛구별	돼지의 반응
Alanine	단맛	감칠맛
Arginine	쓴맛	감칠맛
Asparagine	쓴맛	감칠맛
Aspartic a.	우마미, 신맛	감칠맛
Cysteine	황산맛	자료없음
Glutamica.	우마미, 짠맛	감칠맛
Glutamine	단맛, 우마미	감칠맛
Glycine	단맛	반응
Histidine	쓴맛	무반응
Hydroxyproline	단맛	반응
Isoleucine	쓴맛	무반응
Leucine	쓴맛	무반응
Lysine	쓴맛, 짠맛, 단맛	반응
Methionine	쓴맛, 황산맛, 우마미	무반응
Phenylalanine	쓴맛	무반응
Proline	단맛, 짠맛	우마미
Serine	단맛	반응
Threonine	단맛	감칠맛
Tryptophan	쓴맛	쓴맛
Tyrosine	쓴맛	자료없음
Valine	쓴맛	무반응

돼지의 반응 한계치도 단맛에는 인간과 흡사하지만, 감칠맛(우마미)에 대해서는 사람보다 약 2배 더 민감하다(MSG는 1mM, 설탕은 5~10mM). 더욱이 돼지는 MSG와 L-Glu에 대해서 뿐만아니라 아미노산중 아스파라긴, 알지닌과 같이 인간에게는 쓴맛으로 인식되는 아미노산에 대해서 감칠맛(우마미)로 인식하는 기호성을 보인다(표 11). 이런 결과는 포유동물이 설탕보다 아미노산에 대해서 더 민감한 반응을 보인다는 것을 알 수 있다. 즉, 돼지는 탄수화물보다 식품 단백질에 더 민감하고 강한 기호성을 가지고 있다는 것을 시사한다.

○ 돼지는 사료성분중 탄수화물보다 단백질을 선호 : 네덜란드의 Torrallardona와 Sola-Oriol(2009)는 표준 사료와 원료성분 비율 변화를 준 시험사료를 50%씩 돼지에게 제공하여 50%이상 섭취했을 때는 선호도가 높아지고, 50%이하 시 선호도가 낮아지는 것으로 간주했다. 각 원료성분은 5%, 10%, 20% 비율의 시험사료로 측정했다. 이 시험에서 평균적으로 섬유질 주성분 원료 1% 증가 시 기호성은 2%씩 낮아졌고 지방 원료는 1%증가시 1%씩 기호성이 낮아졌으나 단백질원료는 1%씩 증가할 때마다 기호성은 5%씩 증가했다. 가장 기호성을 높이는 사료원료인 어분, 대두박, 돼지혈장분,유장가루 등은 감칠맛과 염분맛이 복합적으로 높다는 사실에 주목 할 필요가 있다.



다른 문자로 표시된 세로항목은 매우 다른 기호성을 나타냄(P<0.05).

* 섭취량 50%와 상당히 차이 나는 기호성을 나타냄(P<0.05).

[그림 13] 표준사료 50%와 함께 각기 다른 사료원료 성분 수준 5, 10, 20%를 포함한 시험 사료에 대한 돼지의 선호도(총 섭취량 %)

돼지의 위장 내에 감칠맛(우마미)를 감지하는 수용체도 존재한다. 우마미수용체는 단맛 수용체와 함께 탄수화물과 단백질의 흡수소화를 촉진 시키는 기능도보유하고 있다. 특히 돼지의 우마미에 대한 반응은 사람의 감칠맛(우마미) 감지 능력보다 많게는 2배 정도 강하기때문에 이유전후에 고품질의 단백질 원료의 사료를 자돈에 급여하는 것은 중요한 자돈사료 배합설계 포인트이다.

※ 맛을 측정하는 원리(관능평가)

■ **패널의 선정과 관리, 운영** : 관능검사를 하기 위해서는 우선 평가를 하는 사람의 특성을 확실히 해야 할 필요가 있다. 사람의 감각은 사람마다 다르기 때문에 개인이라도 그때마다 판단이 다른 것은 일반적이다. 즉 인간의 감각을 측정기로 대체하는 관능검사는 기구측정과는 다르고 본질적으로 불균형이 따른다는 것을 전제로 실시하여야 한다. 그리고 연구대상물을 평가하여 객관적인 데이터를 얻기 위해서는 그 목적의 사람을 선발하여 패널(panel : 관능검사를 하기 위해 선발된 사람의 집단)의 선정이 필수적이다. 하지만 현실에서는 「선발」이 아니라 연구자의 지인, 예를 들어 연구소직원 또는 학생 등으로 대체하는 것이 현실이다. 물론 그들로도 충분히 목적을 달성할 수 있다. 하지만 일관성을 가지는 범위에서 조건설정이 필요하게 된다.

○ **분석형 패널과 기호형 패널** : 관능검사의 내용을 크게 나누면 분석형 관능검사와 기호형 관능검사로 분류된다. 분석형 관능검사는 검사대상물의 특성(예를 들어 케이크의 단맛의 정도나 고기의 부드러움 등)을 평가하거나 품질간의 차이를 구별하는 것이다. 이러한 검사를 하는 패널에게는 예민한 감도가 요구된다. 목적에 따른 전문적인 교육을 필요로 하는 경우도 있다(분석형 패널). 기호형 관능검사는 평가하는 대상물의 기호(좋음)를 평가하는 것이다. 패널은 식품의 좋음, 싫음의 판단가능한 사람이면 좋다(기호형 패널). 하지만 일반 소비자의 기호를 대표하여 선발하는 것이 중요하다. 또한 패널의 속성(연령, 생활환경 등)의 평가결과에 영향을 주는 위험이 있는 경우에는 학생이나 회사원 등 가까운 집단을 이용하기도 한다. 분석형 패널은 검사원 개인이 가지는 감정 없이 감각만의 객관적인 판단을 하지 않으면 안된다. 이에 대해 기호형 패널은 개인이 좋아하는 것을 판단하는 것이기 때문에 당연히 판단은 감정에 따른 주관적인 판단이 된다. 즉 분석형 관능검사는 사람의 감각기관을 사용하여 물건의 특성을 측정하는 것이고 기호형 관능검사는 반대로 물건을 사용한 사람의 감성을 아는 것이다. 따라서 자연스럽게 양쪽 관능검사의 패널을 사용하여 알아야 할 필요가 있다.

○ **패널의 조건** : 미각의 감도는 자극의 종류에 따라 변한다고 하고 있다. 예를 들어 단맛에 대해서 민감한 감도를 가지더라도 신맛이나 짠맛에 대해서는 민감하지 않다. 또한 자극을 주는 방법(수용액이나 고형물), 실험방법(2점식별 시험법이나 3점식별 시험법)등에 따른 각각 좋고 나쁨이 있어 검사 방법에 따라 개인의 성적이 일관되는 것은 아니다. 또한 미각 감도는 개인의 특성(성격 또는 경험 등)에 따라 변화한다. 따라서 여러 가지 방법을 이용하여 종합적으로 판단하여 패널을 선별하는 것이 중요하다. 더욱 패널을 선정함에 있어서 미각감도 이외에도 여러 가지 조건이 있다.

① **건강해야 한다.** : 우선 가장 중요한 것은 건강해야 하는 것이다. 질병일 때나 아플 때는 판단이 애매하기 때문에 불가능하다. 패널은 항상 판단의 안전성이나 당연성이 요구된다.

② **흥미나 의욕이 있어야 한다.** : 관능검사에 대해서 흥미나 의욕이 없는 사람, 즉 할 마음이 없는 사람이 패널에 선택되는 경우도 있다. 관능검사를 「시키다」라는 의지로 참가하면 아마도 제대로 평가하려고 하지 않을 것이다. 평가의욕의 정도는 판정(결과)에 현저한 영향을 주는 것이다. 패널은 항상 테스트에 대해 흥미와 의욕을 가지지 않으면 안된다.

③ **이용하기 쉬워야 한다.** : 사원으로 패널을 구성하는 경우에는 출장이 많은 종업원은 피해야한다. 삼교대 근무자, 출장이 많은 사람은 감도가 좋아도 선별하지 않는 것이 좋다.

④ **과도하게 좋아한다고 치우쳐지지 않아야 한다.** : 말할 것도 없이 식품을 평가할 때에는 좋고 싫음이 분명하면 정확한 평가는 나오기 힘들다. 식품을 좋아하는 것에 대해서 사전에 조사해야 할 필요가 있다. 그 외의 신중함, 집중력, 인내력, 협동성 등이 관능검사의 성적에 관계되지만 현실에는 이런 것을 검사하기에는 시간과 노력이 걸리고 패널을 선정하는 수단으로는 어렵다. 하지만 결과적으로는 이러한 성격을 가진 패널을 선발할 경우도 있다. 그러면 실제로 어떠한 방법으로 패널을 선정하여야 하는가 여기서 맛의 원(주)를 오랫동안 실험한 내용을 소개한다.

○ **미각감도 실험 방법**

(1) 5맛의 구별 테스트 : 5종류의 기본 맛(단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 풍미)를 대표로하는 정미물질 쇼당, 식소금, 주석산, 황산 키니네, 글루타민산 나트륨을 이용한 감도 실험방법을 소개한다. (표 12)에 표시한 것처럼 5종의 희석용액을 넣은 컵을 랜덤으로 각각의 맛을 맞추었다(배우법). 하지만 5개의 컵을 주어서 5종의 맛을 맞추는 방법은 5종류의 맛이 구별불가능 하더라도 4종류까지 알게 되면 전부 정답이 되 버린다. 이러한 확률을 적게 하기 위해서 증류수(무맛)을 넣은 컵을 3개 넣어 8개의 컵 중에서 5가지 맛을 맞추는 공부를 하고 있다.

[표 12] 5맛의 구별 실험용 시료농도(3개의 증류수와 함께 내놓음)

맛의 종류	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	풍미
용질	쇼당	식소금	주석산	황산 키니네	MSG*
농도(g/dl)	0.4	0.13	0.005	0.0004	0.05

* 글루타민산나트륨; 주) 황산 키니네를 대신하여 카페인을 사용하는 경우에는 그 농도는 0.025%전후가 좋다고 추정하고 있다.

실제로 이러한 방법으로 데이터를 얻어 축적된 2,117인의 각 맛별 판정율을 (표 13)에 표시하였다. 정답율은 단맛 68%, 짠맛 67%, 신맛 67%, 쓴맛 55%, 풍미 62%였다. 또한 쓴맛의 정답율이 다른 맛과 비교해 낮은 것은 무미(증류수의 맛)을 쓴맛으로 느끼는 판정율이 31%로 특히 많았다.

[표 13] 5가지 맛의 구별 실험의 맛의 종류별 판정율(%) (n=2,117명, 태자 : 정답율)

정답 \ 판정	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	풍미
단맛	67.5	7.0	2.1	2.1	8.1
짠맛	3.8	66.7	6.8	2.9	8.1
신맛	2.6	8.2	66.5	6.0	7.0
쓴맛	2.4	1.8	8.9	54.9	3.4
풍미	7.8	9.4	2.4	3.4	62.0
무미	15.7	6.8	13.3	30.7	14.9

2. 돼지고기 원산지 판별 관련 자료

국내 수입식품의 원산지판별을 위하여 최근에는 비파괴기술인 근적외선 분광법, 전자코, X선 형광분석법 등이 많이 사용되고 있으며 특히 NIR을 이용한 비파괴기술은 과채류의 당도, 곡류의 함수율, 아밀로오스의 함량, 우유와 유제품의 지방, 단백질 및 고형분 함량분석에 많이 응용되고 있다. 국내에서 유통되는 농산물의 원산지 검정기관인 국립농산물품질관리원에서는 40여 품목의 주요농산물을 NIR로 식별할 수 있는 방법을 1차적으로 개발하였으나 일부 품목에 있어 검량선이 다소 불안정하고 판정오차가 비교적 커 원산지 판정업무에 직접 적용하기에 다소 어려움이 있으므로 보완연구가 필요하다. 동위원소를 통한 원산지 감별법은 현재 DNA 감별법과 함께 쌀, 유제품 및 우육 등 농·축산물의 원산지 감별에 사용되고 있으며, 인삼 등 생약의 원산지를 추적하거나 재배 환경을 판별하는 데에도 활용될 수 있음 우육의 경우 수소($^1\text{H}/^2\text{H}$) 및 탄소($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), 질소($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), 황($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) 및 산소($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)의 비율분석이 이용되고 있으며, 치즈에서는 수소, 탄소, 질소, 황 및 스트론튬($^{34}\text{Sr}/^{36}\text{Sr}$) 등이 활용되고 있음. 또한 프랑스와 캐나다 등에서는 그들의 주요 생산품인 포도주의 원산지 판별이나 품질 평가에 이용하고 있다. 영국의 경우 영국육류가공협회가 주축이 되어 SIRA(Stable Isotope Reference Analysis) 시스템을 운영 중이며 2006년 연구 시작 이후 2011년까지의 영국의 각 지역별로 돈육의 중수소, 탄소, 질소, 황 4가지 안정 동위원소 비율을 분석하여 데이터베이스 만들었고 2013년 10월부터 SIRA 시스템을 이용하여 영국산 돈육의 원산지 판별을 시행하고 있음 '영국산'이라고 표시된 돈육 샘플을 무작위로 구입 후 분석해 표시된 원산지의 일정한 동위원소 비율로 밝혀지지 않으면 소매점, 도축장 농장기록 등을 역추적하는 과정을 거쳐 불량 원산지 돈육을 판별하고 있음

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발

1. 육질 관련 유전자분석

가. 연구수행방법

품질(맛)이 우수한 종돈의 개발을 위한 분자표지인자의 활용은 PIC, Hypor와 같은 글로벌 종축기업은 활발하게 연구를 진행하고 있지만 그와 달리 국내에서는 산업적으로 활용하고 있지는 않다. 다수의 검정된 유전자마커를 활용한 고품질 종돈개량은 육질관련 형질이 양적형질(quantitative traits)이므로 한계가 있다. 현재 전세계적으로 유전체(genome) 정보를 활용한 육종개량이 활발하게 진행되고 있고, 기존 마커도움선발(MAS, marker assisted selection)보다는 선발의 정확도가 높아 유전적 개량량을 증가시킬 수 있다는 것은 증명되었다. 하지만 국내 종돈장의 경우 돈군의 규모가 선진국에 비해 작고, 각 종돈장마다 개량 방법 및 목표가 다르기 때문에 일률적으로 유전체 선발을 적용하는 것은 한계가 있을 것으로 사료된다. 또한 산육 및 번식형질 중심으로 개량이 이루어지고 있으므로 돈육의 품질을 대상형질로 하여 개량목표를 설정하는 종돈장은 전무하다고 할 수 있다. 그러므로 국내 실정에 맞는 개량방법을 적용하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 본 연구과제에서는 기존의 돈육의 품질(육질)관련 유전자마커를 분석하여 산업적으로 활용할 수 있는 방법을 개발하고자 실시하였다. 본 연구에 활용된 돈군의 경우 기존에 농림축산식품 연구개발사업(IPET 과제)을 통해 산육 및 번식형질의 육종가에 마커효과를 적용한 마커도움선발을 실시하고 있는 종돈장(전남 영광소재)에서 랜드레이스, 요크셔, 듀록종을 대상으로 돈육 품질(육질) 관련 마커의 물리적, 화학적 효과를 추정하였다. 분석에 활용한 마커는 다음과 같다.

(1) PRKAG3 유전자

돼지고기의 품질을 결정하는 요인은 연도, 마블링, 보수성, 색깔 등이다. 그러나 산도(pH)는 이러한 육질요인들을 종합적으로 대표하는 수치이다. 돼지의 15번째 염색체에 위치한 PRKAG3(protein kinase adenosine- monophosphate gamma 3 subunit) 유전자는 RN(Rendement Naple) 유전자라고도 불린다. Milan 등(2000)은 PRKAG3 유전자내에 199 돌연변이를 보고했고, Ciabanu 등(2001)은 PRKAG3 유전자 내 199 돌연변이로 인한 3개 유전형, 즉 11(199 I/199 I), 12(199 I/199 V), 22(199 V/199 V)이며, 유전자형에 따라서 육질에 유의성 있는 차이를 보였다고 했다. 그 중 199 I/199 I 유전자형이 다른 유전자형보다 산도도 높고 진한 육색으로 좋은 육질 특성을 보였다(표 1-1).

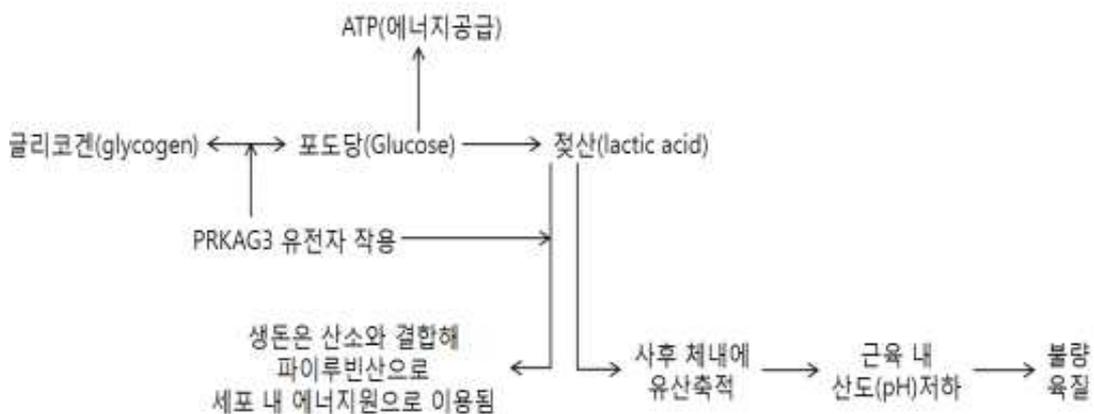
[표 1-1] RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 육질형질 비교

육질형질	유전자형		
	11(199I/199I)	12(199I/199V)	22(199V/199V)
	14두(9.3%)	50두(33.3%)	86두(57.3%)
밝기(L) *	42.24 ^c	44.82 ^b	45.69 ^a
적색도(a)	7.61 ^a	6.97 ^{ab}	6.93 ^b
황색도(b)	2.51	2.82	2.87
육색(Color) *	4.14 ^a	3.12 ^b	2.79 ^c
마블링스코어	2.87	3.13	2.99
드립로스(%)	2.08	2.30	2.82
산도(pH) *	6.40 ^a	6.21 ^{ab}	6.15 ^b
가열감량(%)	19.70 ^a	21.13 ^{ab}	22.23 ^a
전단력	30.27	34.65	34.89

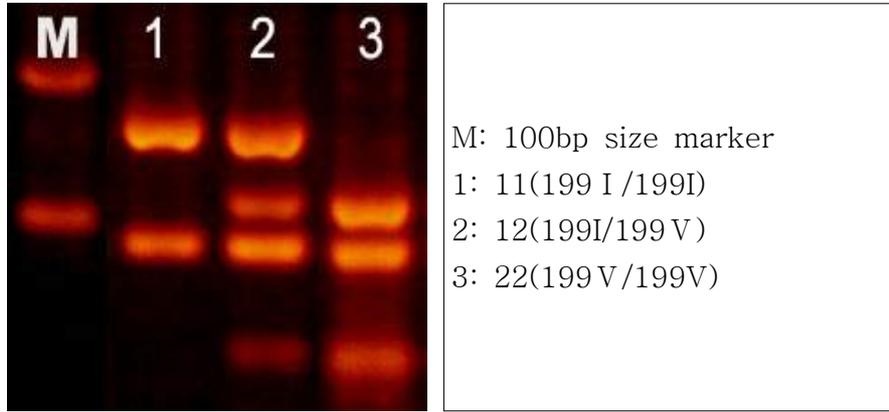
[자료 : 농림수산식품부, 2009]

A종돈장이 2006년에 순종돈 150두에 대한 PRKAG3 유전자형과 육질형질 간의 상관관계를 분석한 결과 외국의 연구자료와 동일하게 11(199I/199I) 유전자형이 다른 유전자형보다 적색도가 높고 밝기가 낮으면서 육색 스코어도 유의성 있게 높아서 진한 핑크색을 보이고 있다. 또한 산도(pH)가 높고 가열감량도 유의성있게 낮아 부드러운 특성을 보이고 있다.

근육내 글리코젠은 에너지공급원으로 필요할 때 글리코젠 분해경로를 통해 젖산(lactic acid)을 생산하는데 살아있을 때는 혈중 산소와 결합해서 파이루빈산으로 처리되지만, 사후에는 유산이 근육내 잔류하게 되어 근육의 산도(pH)를 낮추게 되는 것이다(그림 1-1). PRKAG3 유전자는 포도당이 다시 글리코젠으로 결합하고 파이루빈산이 에너지로 활용되어 체내에 축적되는 과정에 영향을 미치고 있다. 즉 199I/199I 유전자는 포도당이 다시 글리코젠으로 결합하는 것을 막고 젖산이 세포내 에너지원으로 이용될 수 있도록 파이루빈산으로 전환하는 것을 촉진한다.



[그림 1-1] 근육 내 글리코젠이 에너지원으로 포도당으로 분해되고 젖산을 생산하는 과정



[그림 1-2] PCR PRKAG3 유전자형 구분

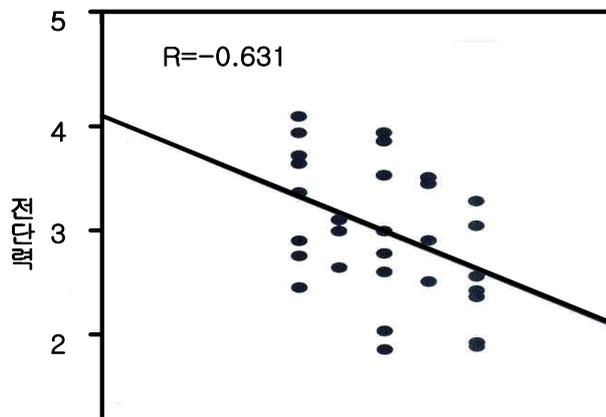
(2) HFABP 유전자

Hodgson(1991)등은 밝은색, 낮은 수분 함량(70.1%), 높은 근내지방도(9.1%), 낮은 단백질 함량(19.4%), 높은 마블링 점수 및 조리시 적은 수분 손실(25.9%)요인 등이 맛을 향상시켰다고 보고하였다. DeVol(1988)등은 육질을 결정하는 모든 형질중에 근내지방도와 부드러움을 나타내는 전단력($r=-0.29$)과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 또한 Ramsey(1990)등은 마블링과 전단력이 음의 상관관계 ($r=-0.35$)가 있다고 보고하였다. Jones (1994)등은 마블링과 PSE 돈육과는 음의 상관관계가 있지만, 돼지고기 육질의 유전적 특성은 연도나 맛과는 관계가 없다고 보고하였다. Eikelenboom(1996)은 근내지방도는 돼지고기의 육질과 관련이 있지만 산도(pH) 보다는 중요하지 않다고 보고하였다. 덴마크 Bejerholm과 Gode(1986)은 최소한의 연도를 유지하기 위한 근내지방도는 초기값이 2%라고 하였으나 미국에서의 연구는 2.5~3%이었다(De Vol 등 1988). 돼지등심의 근내지방비율에 따른 많은 연구가 이루어졌으나 연구자에 따라서 조지방 비율 증가가 꼭 맛을 높인다는 결론은 동일하지 않았다. 그러나 Brewer 등(1999)의 등심근내지방비율 1.1%, 2.3%, 3.5% 3종류로 관능테스트 시험을 한 결과를 보면 다즙성과 부드러운 정도, 풍미는 지방비율이 높을수록 개선되었다.

[표 1-2] 돼지 등심부위 근내지방도가 맛에 미치는 영향

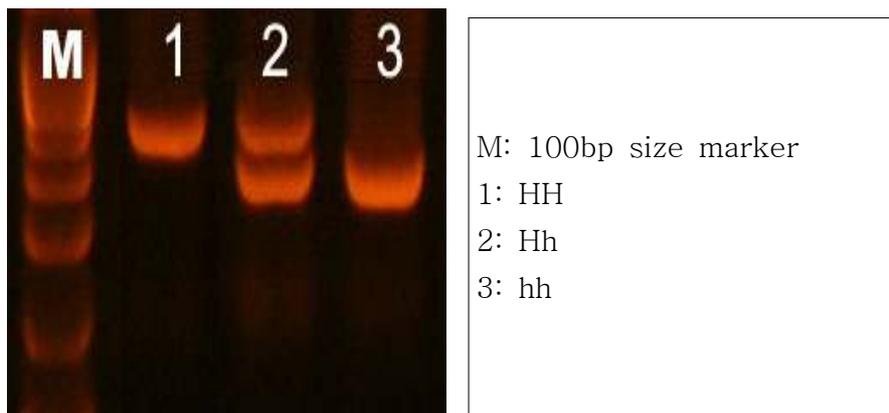
관능 형질	평가 기준	근내지방도		
		저(1.1%)	중(2.3%)	고(3.5%)
다즙성	1(건조)~5(다즙)	3.6	3.9	4.0
연도	1(질김)~5(연함)	4.3	4.4	4.5
풍미	1(나쁨)~5(좋음)	1.8	2.1	2.2
구입선택	1(안산다)~5(산다)	4.2	4.1	4.2

일본의 미야자키대학의 이리에(2004년)의 연구에 의하면 등심근내지방도가 높을수록 경도, 전단력, 다즙성, 부드러운 정도, 풍미는 지방비율이 높을수록 개선되었다고 보고했다(그림 2).



[그림 1-3] 돼지 등심부위 근내지방도와 전단력간의 상관도

HFABP (Heart Fatty Acid Binding Protein: 심장지방산 결합단백) 유전자는 지방산을 이동시키는 기능에 관련된 유전자로 돼지에서 근내지방 비율과 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 한편, 근내지방도는 고기의 맛에 영향을 주지만 지금까지의 우려는 IMF는 등지방두께와 높은 상관도가 있는 것으로 알려져 왔다. 그러나 Hovenier등(1992)은 등지방두께를 줄이는 유전적인 영향이 반드시 IMF를 낮추는 것은 아니며 두가지 형질을 별개의 형질처럼 다루어 질 수 있다고 주장했다. Gerben등 (1997)은 돼지의 HFABP 유전자가 6번 염색체에 위치한다는 것과 그 염기서열을 밝혔다. 또한 Ovilo등(2000)과 de Koning등 (1999)은 QTL 연구에서 HFABP가 돼지등심 IMF와 등지방두께와 상관이 있다는 것을 밝혔다. HFABP3 유전자형: HH = allele 1 동형접합체 Hh=allele 1과 2의 이형접합체 hh=allele 2 동형접합체로 구분된다.



[그림 1-4] PCR 분석 H-FABP 유전자형 구분

Urban 등(2002)이 연구한 H-FABP 유전자형에 따른 돼지 육질형질 변이를 보면 HH 유전자형의 등심 근내지방(IMF) 비율이 Hh 유전자형보다 유의 수준에 근접한($P=0.06$)하게 높았다. 그러나 등지방 두께 도체 정육율 간에는 차이가 없었다.

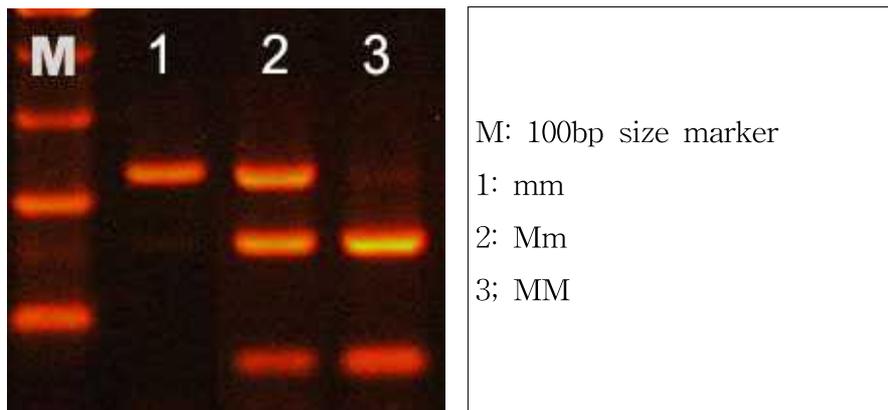
[표 1-3] H-FABP 유전자형에 따른 도체형질 비교 분석 결과

유전자형	두수	등심근내지방(%)	등지방두께(cm)	도체정육율(%)
HH	54	2.05±0.13*	1.72±0.09	54.85±0.84
Hh	38	1.83±0.35*	1.73±0.10	54.95±0.98
hh	5	1.93±0.27	1.80±0.19	55.24±1.73

(Urban 등, 2002)

(3) MC4R 유전자

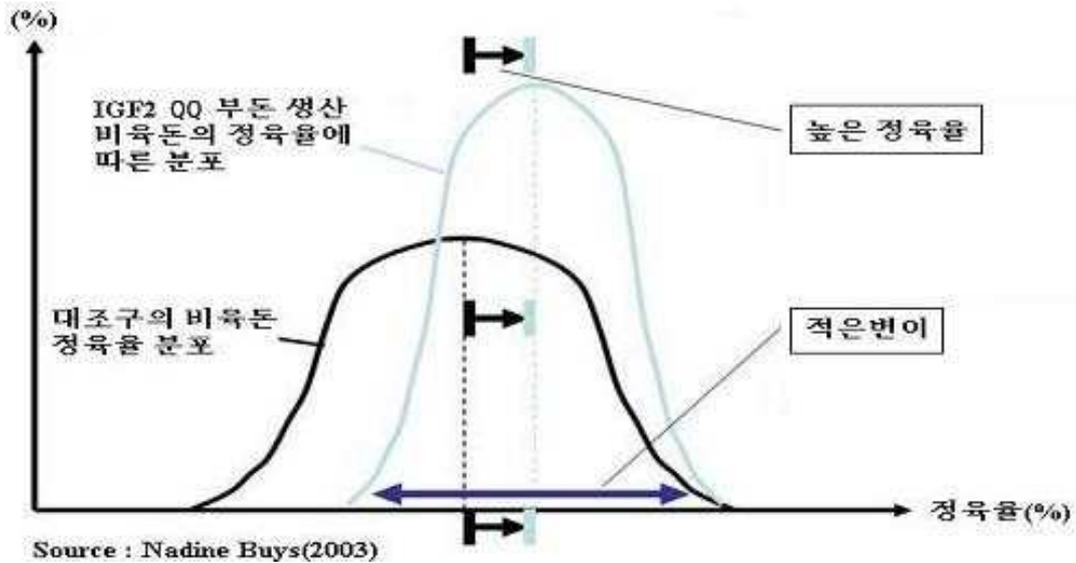
MC4R은 식욕에 영향을 주는 렙틴(Leptine)유전자에 영향을 준다. 돼지 1번 염색체에 존재하는 MC4R(melanocortin 4 receptor) 유전자형 변이는 사료섭취량, 일당증체중, 등지방두께 형질에 영향을 주는 것으로 알려졌다(Seeley등 1997, Kim등 2000, Houston등 2004, Meidtner등 2006). 미국 아이오와 주립대가 PIC 돼지 451두에 대한 TaqI 효소 이용 MC4R PCR-RFLP 변이에 조사연구에 의하면 MM, Mm, mm의 3개 유전자형으로 구분되며 MC4R 유전자형중 mm타입이 MM타입이나 Mm타입보다 등지방두께가 두꺼웠다. 또한 육질의 연도를 표시하는 인트론 수치도 가장 낮아서 다른 유전자형보다 부드러운 특징을 보였다.



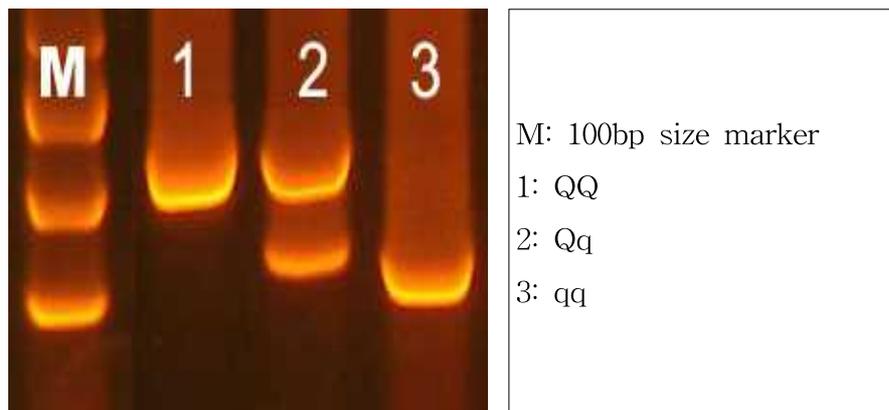
[그림 1-5] PCR 분석 MC4R 유전자형 구분

(4) IGF2 유전자

체내 성장호르몬에 관여하는 IGF2 유전자는 등지방두께와 정육율에 영향을 준다. IGF2 QQ유전자는 IGF qq 유전자보다 등지방이 얇고 정육율은 2%높다. 더구나 다른 유전자와는 달리 후손의 유전자형은 부모의 유전자형을 그대로 물려받게 된다. 따라서 균일한 형태와 체중의 비육돈생산이 가능하다.



[그림 1-6] IGF2 QQ 유전자형 부돈 사용시 비육돈의 정육율에 따른 분포 비교



[그림 1-7] PCR IGF2 유전자형

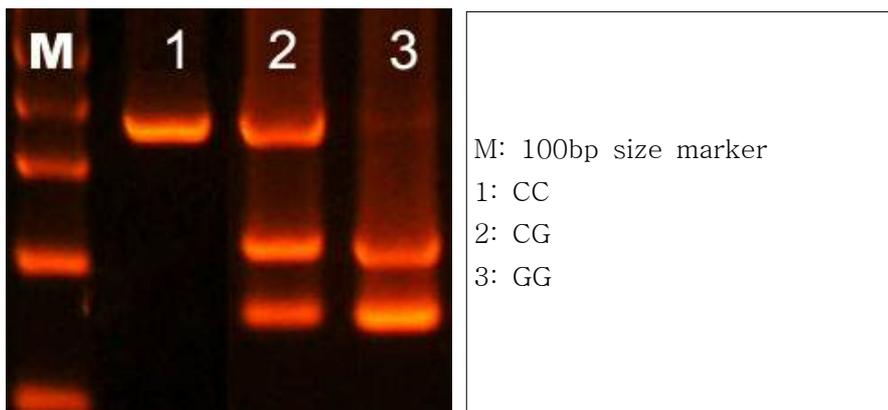
IGF2 유전자형 분석 706두 중 QQ형은 342두(48.4%), Qq형은 264두(37.4%), qq형은 100두(14.2%)의 발현 빈도를 보였다. 특히 주목할 만한 것은 버크셔에는 QQ형이 없었으나 듀록은 QQ형이 54.4%, 요크셔는 63.5%로 높은 빈도를 보이고 있다. IGF2유전자형에 따른 산육형질 간의 상관 관계를 보면 전품종 공히 QQ형이 qq형보다 유의성 있게 일당증체중이 높았고, 등지방 두께는 얇았다. 따라서 순종개량을 위해서 IGF2는 듀록과 요크셔에 활용이 가능하다.

(5) F4 유전자

세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 질병관련 마커는 대장균으로 인한 설사에 저항성유전자형 판별이 가능한 F4ab/ac (K88)유전자이다. F4 ab/ac (K88) 유전자는 CC, GC, GG 유전자 형의 3종류로 구분되는데 CC형은 대장균의 돼지 소장내 정착이 불가능한 저항성 유전자형이고, GC, GG형은 모두 대장균이 소장내 정착이 용이해서 설사원인을 제공한다. 국내에서 1999년에 조사한 결과 설사자돈 분변내 대장균의 95%가 GC 또는 GG 타입이었다. 또한 이유후 2~3주에 많이 발생하는 부종병은 역시 대장균 F18로서 이 질병에 저항성이 있는 유전자형을 찾을 수 있다. 덴마크에서는 2002년부터 F4 ab/ac 저항성 유전자형을 선발하여 현재 옹돈의 100%, 저항성 유전자형을 보유하고 있고 수년 내에 전돈군이 저항성 유전자형으로 바뀔 것으로 기대하고 있다.

[표 1-4] 덴마크의 연도별 F4 ab/ac의 저항성유전자형(CC)빈도 변화

품종	2001	2004	2007(추정)
듀록	90%	100%	100%
햄프셔	100%	100%	100%
랜드레이스	1%	10%	50%
대요크셔	2%	45%	70%



[그림 1-8] PCR F4 ab/ac 유전자형

이번에 분석된 A종돈장의 순종 665두 중 CC형이 294두(44.2%), CG형이 218두(32.8%)의 출현 빈도를 보였으며 GG형은 153두(23.0%)였다. 특히 버크셔와 듀록의 CC유전자 비율이 각각 81.3%, 96.9%로 매우 높아서 유색품종은 대장균 유래 설사병에 유전적으로 강한 저항성이 있는 것으로 밝혀졌다. 한편, F4유전자형과 산육형질간의 상관 관계를 보면 통계적으로 유의성있는 차이를 보이지 않아서 F4유전자형은 질병 관련 유전자 마커로만 사용할 수 있다.

(6) ESR 유전자

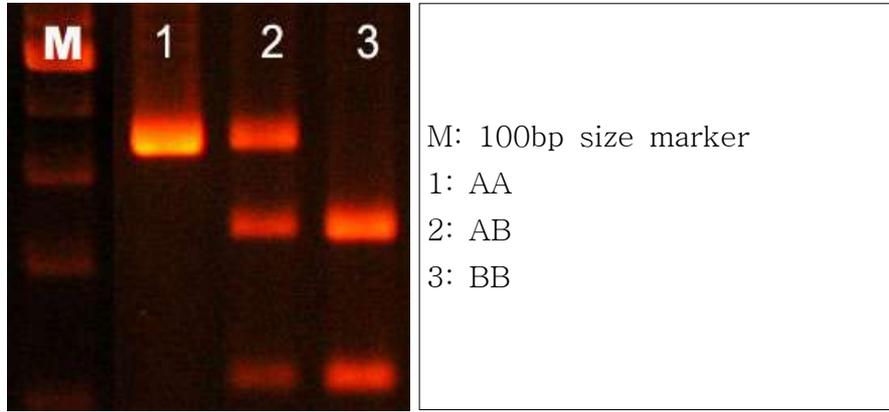
돼지의 1번째 염색체에 위치한 에스트로젠 호르몬 관련 유전자가 복당산자수에 영향을 준다는 것이 밝혀졌다(Rothschild, 1996). 에스트로젠 호르몬은 스테로이드 호르몬으로 번식에 관계되는 기관의 세포에 존재하는 에스트로젠 리셉터(ER)를 통하여 그 기능을 발휘한다. 사람에게서는 ER의 돌연변이 유전자형을 보유한 사람은 지속적인 유산과 유방암 유발요인이 된다는 것이 밝혀진바 있다. 최근에는 ER유전자형에 따라 노화의 속도가 달라진다는 것이 보고된바 있다. 돼지에게 있어서 에스트로젠은 발정기에 그 분비량이 최고점에 도달하여 발정증상을 확실히 하고 수태율을 극대화시키는 역할을 하고 있다. 미국 아이오와 대학 로스차일드 교수 연구팀은 사람의 ER유전자를 돼지 산자수와 관련된 후보유전자로 지목하고 돼지 ER유전자 및 그 주위 유전적 표지를 대상으로 돼지의 ESR 유전자 마커를 찾아서 ESR유전자 표시로 구분하고 그 결과를 발표하였다.

[표 1-5] 미국에서 조사한 대요크셔의 ESR유전자 빈도와 산자수 차이

유전자형	1산차 산자수			전산차 산자수		
	복수(%)	총산자수	실산자수	복수	총산자수	실산자수
AA	444(41.2)	9.5 ^a	8.7 ^a	759	9.8 ^c	9.0 ^c
AB	391(36.2)	9.9 ^{ab}	9.2 ^{ab}	677	10.4 ^d	9.5 ^d
BB	244(22.6)	10.7 ^b	9.9 ^b	476	10.7 ^d	9.9 ^d
유전자효과						
상가적 효과		0.6	0.6		0.5	0.5
우성 효과		-0.2	-0.1		0.2	0.0

- (1) 같은 열에서의 a,b,c,d 서로 다른 첨자는 통계적으로 유의차(P<0.05) 있음을 나타냄
- (2) 상가적 및 우성효과는 최소자승 평균 산자수가 ESR유전자 유무에 선형으로 반응한다는 가정하에 추정된 숫자임.

유전자형별 산자수의 차이는 BB > AB > AA 순서로 BB타입의 AA보다 1.0두 더 산자수가 가장 많다.



[그림 1-9] PCR ESR 유전자형 구분

⑦ 그 외 분석 유전자

분석유전자	형질	프라이머	Enzyme
CAST	돈육의 연도, pH	Forward(5'-3') GCGTGCTCATAAAGAAAAAGC	Rsa1
		Reverse(5'-3') TGCAGATACACCAGTAACAG	

2. 연구수행결과

가. 맛 관련 유전자 마커 효과 분석

종돈의 개량은 전통적으로 우수한 종돈을 선발하고 후대의 능력을 최대로 할 수 있도록 교배를 실시하여 우수한 후대를 생산하는 방식으로 이루어졌다. 이 때 우수한 종돈을 선발하는 방식은 개체의 검정 또는 번식 성적과 같은 표현형 성적과 혈통을 기반으로 하여 개체의 유전능력을 예측하고, 이렇게 예측된 경제형질에 대한 유전능력을 경제성을 고려한 선발지수(selecton index)를 활용하여 개체의 순위를 매김으로서 개체를 선발하게 된다. 부계종돈으로 활용되는 듀록종의 경우에는 산육형질과 육질형질을 기반으로 한 부계선발지수(paternal selection index)를 활용하여 선발하였고, 랜드레이스종과 요크셔종의 경우에는 번식형질을 기반으로 한 모계선발지수(maternal selection index)를 기반으로 하여 선발하였다. 최근의 분자유전학 기술(molecular genetics technology)의 발달로 인하여 종돈의 경제형질에 영향을 미치는 유전자의 효과를 산출하여 전통적인 육종가와 개체의 유전자효과를 결합하여 개체를 선발하는 방식이 마커도움선발(marker assisted selection)이다. 그러나 최근 유전자 분석기술이 개선되어 비용이 저렴해지고 마커도움선발은 대량의 유전자를 수색하여 다수의 유전자마커를 대량의 종돈자료와 연계해서 분석하는 유전체 육종가(GEBV)를 계산하는 방법으로 발달되었다. 본 연구에서는 전남영광 소재 N종돈장에서 사육되어 출하한 듀록, 랜드레이스, 요크셔 순종돈을 대상으로 기개발된 유전자마커를 활용하여 돈육의 품질(맛)에 영향을 미치는 효과를 추정하였다. (표 1-6)에는 분석한 유전자마커에 대한 유전자형 빈도가 나타나 있다. PRKAG3, CAST, IGF2 유전자와 G4, MC4R 유전자의 유전자빈도는 상반된 결과를 보였다.

[표 1-6] 분석 샘플에 대한 유전자마커별 유전자형 빈도

Genetic marker	Genotypic frequency(두)		
	AA	AG	GG
PRKAG3	0.12(30)	0.33(81)	0.54(131)
CAST	0.42(102)	0.46(112)	0.12(28)
FABP3	0.64(156)	0.32(78)	0.03(8)
F4	0.35(85)	0.37(89)	0.28(68)
MC4R	0.33(81)	0.42(102)	0.24(59)
HMGA1	0.74(180)	0.25(60)	0.01(2)
IGF2	0.53(129)	0.39(94)	0.07(17)
Nramp1	0.97(234)	0.03(8)	-
ESR	-	-	-

※ ESR 유전자는 요크셔종에 대한 유전자빈도

(표 1-7~1-14)에는 품종별 유전자마커에 대한 유전자형 빈도가 나타나 있다. 듀록종의 CAST, F4, HMGA, IGF2 유전자, MC4R, PRKAG3 유전자의 유전자 빈도는 동일한 형태를 보였다. 이 결과는 10년 넘게 계통조성한 결과 듀록종의 경우 일당증체율이 우수하면서, 적절한 등지방두께를 유지하는 방향으로 개량이 이루어졌기 때문이라는 것을 알 수 있다. 랜드레이스종의 경우 FABP1, HMGA, MC4R 유전자와 PRKAG3, F4 유전자의 유전자 빈도가 상반되게 조사된 것은 개량 목표를 일당증체율과 등지방두께 및 복당 산자수 중심으로 이루어졌기 때문이고, 요크셔종의 경우 ESR 유전자의 유전자형 빈도가 모두 고르게 조사되어 향후 마커도움선발에 직접적으로 가중치를 부여하여 선발하는데 효과적일 것으로 사료된다. 특히 CAST, IGF2 유전자와 같은 육질관련 유전자 마커와 F4, FABP1, HMGA, MC4R, PRKAG3 유전자와 같은 일당증체율 및 강건성 관련 마커들의 유전자 마커의 빈도가 상반되게 조사되어 향후 마커도움선발의 효과를 조사한 후 선발에 직접적인 적용이 필요할 것으로 사료된다.

[표 1-7] 품종별 PRKAG3 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
PRKAG3	Duroc	0.04[10]	0.09[21]	0.10[23]
	Lanrace	0.02[5]	0.14[33]	0.15[37]
	Yorkshire	0.06[15]	0.11[27]	0.29[71]

[표 1-8] 품종별 CAST 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
CAST	Duroc	0.12[30]	0.07[18]	0.02[6]
	Lanrace	0.10[25]	0.15[37]	0.05[13]
	Yorkshire	0.19[47]	0.24[57]	0.04[9]

[표 1-9] 품종별 FABP3 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
FABP3	Duroc	0.16[39]	0.06[15]	-
	Lanrace	0.19[45]	0.11[27]	0.01[3]
	Yorkshire	0.30[72]	0.15[36]	0.02[5]

[표 1-10] 품종별 F4 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
F4	Duroc	0.19[47]	0.02[4]	0.01[3]
	Lanrace	0.06[14]	0.13[32]	0.12[29]
	Yorkshire	0.10[24]	0.22[53]	0.15[36]

[표 1-11] 품종별 MC4R 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
MC4R	Duroc	0.08[20]	0.10[25]	0.04[9]
	Lanrace	0.04[9]	0.11[26]	0.17[40]
	Yorkshire	0.21[52]	0.21[51]	0.04[10]

[표 1-12] 품종별 HMGA1 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
HMGA1	Duroc	0.14[35]	0.08[19]	-
	Lanrace	0.25[61]	0.06[14]	-
	Yorkshire	0.35[84]	0.11[27]	0.01[2]

[표 1-13] 품종별 IGF2 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
IGF2	Duroc	0.12[28]	0.09[21]	0.02[5]
	Lanrace	0.11[27]	0.16[38]	0.04[10]
	Yorkshire	0.31[74]	0.14[35]	0.01[2]

[표 1-14] 품종별 Nramp1 유전자에 대한 유전자형 빈도

Genetic marker		Genotypic frequency(두)		
		AA	AG	GG
Nramp1	Duroc	0.20[48]	0.02[6]	-
	Lanrace	0.30[73]	0.01[2]	-
	Yorkshire	0.47[113]	-	-

나. 돼지고기의 물리적, 화학적 특성에 따른 유전자마커 효과 분석

맛은 음식을 평가하는 가장 중요한 감각이다. 우리가 맛을 느낄 수 있는 것은 혀에 있는 작은 돌기의 표면에 노출된 '미뢰'라는 감각기관 덕분이다. 미뢰 세포의 표면에 노출된 독특한 구조의 G-단백질결합 수용체가 음식에 들어 있는 분자의 종류와 농도를 알아낸다. 맛을 내는 특별한 분자가 미뢰의 수용체에 결합하면 수용체의 구조가 변화하면서 만들어진 화학적 신호가 세포의 내부에서 전기 신호로 바뀌어서 뇌로 전달된다. 본래 우리 혀에는 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛을 알아내는 미뢰가 있는 것으로 알려졌다. 단맛은 우리 몸의 세포가 요구하는 에너지를 공급해주는 포도당 분자의 맛이고, 짠맛은 우리 몸의 전해질 균형에 중요한 역할을 하는 소금(염화나트륨)의 맛이다. 신맛은 음식이 부패하는 과정에서 만들어지는 유기산의 독특한 맛이고, 쓴맛은 독성을 가진 음식의 대표적인 맛이다. 2002년에는 단백질을 구성하는 아미노산의 감칠맛을 알아내는 미뢰가 있다는 사실이 밝혀졌고, 최근에는 지방의 기름진 맛을 알아내는 미뢰가 있다는 주장도 있다.

돈육의 경우 소비자들은 저렴한 가격, 연도, 다즙성 및 풍미등을 고려하여 구입한다. 소비자 돈육 구입시점에서의 기준은 적당한 크기, 모양, 색, 살코기와 지방 비율, 뼈와 살코기의 비율, 연도 및 한기에 소요되는 구입비용등이다(McGill, 1981). 이와 같은 소비자의 구입관점을 기반으로 하여 과거에 최대의 만족감을 느낀 돈육의 풍미, 맛 및 연도등이 구입결정에 영향을 준다. 소비자는 구입시 비만에 관련하여 연도나 맛의 확신보다는 살코기에 지방이 적은 것이 건강상의 이유로 선호한다. 그러나 맛으로 평가할 경우에 소비자는 근내지방이 많은 돈육을 선호한다. 지육의 등지방두께와 근내지방간에는 음(-)의 상관관계가 있기 때문에 정육율이 높은 돼지를 선발 하였을 경우 마블링을 크게 감소 시킬 수 있다. 그러나 등지방두께와 근내지방간의 음의 상관관계는 그다지 높지 않다. 이것은 이 두가지 요인을 감안하여 선발하면 등지방두께를 줄이면서도 마블링을 증가시킬 수 있는 가능성을 이야기하고 있다. 육류를 구입하는 요인은 맛외에도 요리의 편이성과 경제성을 무시할 수 없다. 독신자 가정과 맞벌이 가정, 노인이 늘어나는 현대사회에서 조리가 간편한 육류제품의 중요성이 높아지고 있다. 또 경제성을 따진다고 한다면 보다 부드럽고 값싼 분쇄육 제품도 소비자가 접근하기 쉽다. 그러나 기본적으로 모든 육제품은 최소한의 부드러움과 맛을 보장할 수 있어야 한다. 소비자가 육류를 선택하게 하기 위해서는 연도와 맛을 최소한으로 만족시킬 수 있어야 한다. 돼지고기의 경우 맛에 영향을 주는 요인에 대한 연구결과를 살펴보면, Hodgson (1991)등은 밝은 색, 낮은 수분 함량(70.1%), 높은 근내지방도(9.1%), 낮은 단백질 함량(19.4%), 높은 마블링 점수 및 조리시 적은 수분 손실(25.9%) 요인등이 맛을 향상시켰다고 보고하였다. DeVol (1988)등은 육질을 결정하는 모든 형질 중에 근내지방도와 부드러움을 나타내는 전단력($r=-0.29$)과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 또한 Ramsey (1990)등은 마블링과 전단력이 음의 상관관계($r=-0.35$)가 있다고 보고하였다. Jones (1994)등은 마블링과 PSE돈육과는 음의 상관관계가 있지만, 돼지고기 육질의 유전적 특성은 연도나 맛과는 관계가 없다고 보고하였다. Eikelenboom(1996)은 근내지방도는 돼지고기의 육질과 관련이 있지만 산도(pH)보다는 중요하지 않다고 보고하였다. 덴마크의 Bejerholm과 Barton-Gode(1986)은 최소한의 연도를 유지하기 위한 근내지방도는 초기값이 2%라고 하였으나 미국에서의 연구는 2.5-3%이었다(De Vol 등 1988).

(표 1-15~1-22)에는 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 유전자마커의 효과를 분석한 결과를 나타내었다.

PRKAG3 유전자는 돈육의 산도와 육색에 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Ciabanu 등(2001)). 본 연구에서는 AA유전자형이 GG 유전자형에 대비 돈육의 산도에서 높게 조사되었지만 통계적인 유의성이 없는 것으로 조사되었다($P < 0.05$). 하지만 명도에서는 AA유전자형과 GG유전자형의 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 1-15] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 PRKAG3 유전자효과 분석

Meat quality		PRKAG2		
		AA	AG	GG
Carcass weight(kg)		111.57±9.68	109.72±14.01	105.98±11.30
Backfat thickness(mm)		25.83±25.35	21.42±5.93	21.88±5.39
pH	24hr	5.67±0.29	5.66±0.18	5.61±0.14
	14day	-	-	-
CLE L*		56.34±5.57	56.55±3.88	57.14±3.62
CLE a*		7.06 ^a ±2.02	6.10 ^b ±1.29	6.01 ^b ±1.07
CLE b*		9.72±1.57	9.79±1.10	9.98±1.02
Drip loss(%)	24hr	3.71±1.43	5.87±4.54	6.83 ^a ±2.72
	14day	8.17±3.23	11.22±4.31	11.99±2.72
Shear force(g)		1,849.79±432.00	1,788.65±412.59	1,713.88±371.28
Water holding capacity(%)		59.30±5.32	57.69±4.35	58.39±4.75
Intramuscular fat(%)		2.44±1.20	2.93±1.31	3.24±1.21

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$); L* : lightness, a* : redness, b* : yellowness

본 연구에서 CAST 유전자는 산도에 대해 EF 유전자형이 EE나 FF 유전자형에 비해 높은 것으로 조사되었고($P < 0.05$), 12일 숙성한 돈육의 경우 드립로스는 FF 유전자형에 비해 EE유전자형이 우수한 것으로 조사되었다($P < 0.05$).

[표 1-16] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 CAST 유전자효과 분석

Meat quality		CAST		
		EE	EF	FF
Carcass weight(kg)		108.07±11.57	106.94±12.54	111.36±13.29
Backfat thickness(mm)		22.32±5.91	21.18±5.50	25.96±26.02
pH	24hr	5.62 ^b ±0.14	5.66 ^a ±0.21	5.58 ^b ±0.14
	14day	-	-	-
CLE L*		56.50±3.63	57.02±4.20	57.41±4.36
CLE a*		6.28±1.27	6.01±1.25	6.36±1.78
CLE b*		9.93±1.07	9.83±1.22	9.94±1.01
Drip loss(%)	24hr	5.79±2.71	6.32±4.18	6.54±2.85
	14day	10.91 ^b ±3.87	11.42 ^b ±5.87	11.87 ^a ±3.73
Shear force(g)		1780.09±417.21	1756.08±401.16	1636.83±242.53
Water holding capacity(%)		58.55±5.22	58.21±4.42	57.45±3.72
Intramuscular fat(%)		3.31±1.25	2.83±1.19	2.85±1.47

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

FABP3 유전자는 산도에 대해 HH유전자형이 다른 유전자형에 비해 높게 조사되었고, 24시간 후 드립로스는 HH유전자형이 Hh유전자형에 비해 우수한 것으로 조사되었다. F4유전자에 대한 돈육의 품질 효과 분석결과 조사한 모든 형질에 대해 유의성이 없는 것으로 조사되었다 (P>0.05).

[표 1-17] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 FABP3 유전자효과 분석

Meat quality		FABP3		
		CC	TC	TT
Carcass weight(kg)		108.88±7.95	109.64±12.66	107.02±12.19
Backfat thickness(mm)		21.75±3.11	21.27±6.19	22.71±12.06
pH	24hr	5.66 ^a ±0.14	5.61 ^b ±0.19	5.64±0.18
	14day	-	-	-
CLE L*		55.87±4.63	56.80±3.62	56.92±4.14
CLE a*		5.51±0.70	5.98±1.25	6.29±1.38
CLE b*		9.69±1.06	9.86±1.07	9.90±1.17
Drip loss(%)	24hr	6.82 ^b ±3.87	6.28 ^a ±2.85	6.01±3.75
	14day	13.38±4.26	11.80±6.28	10.88±4.01
Shear force(g)		1713.08±293.75	1754.29±382.54	1753.48±406.41
Water holding capacity(%)		57.79±2.43	58.07±5.49	58.39±4.37
Intramuscular fat(%)		2.76±1.35	2.97±1.06	3.08±1.36

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

[표 1-18] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 F4 유전자 효과 분석

Meat quality		F4		
		CC	CG	GG
Carcass weight(kg)		107.99±11.10	106.88±13.99	109.22±11.20
Backfat thickness(mm)		23.59±5.62	21.20±5.65	21.82±17.26
pH	24hr	5.64±0.16	5.64±0.20	5.62±0.18
	14day	-	-	-
CLE L*		56.51±4.11	56.89±3.61	57.20±4.31
CLE a*		6.52±1.36	5.84±1.00	6.16±1.57
CLE b*		9.99±1.09	9.83±1.11	9.83±1.21
Drip loss(%)	24hr	5.64±2.99	6.24±2.62	6.57±4.77
	14day	9.97±3.60	12.14±6.12	11.71±4.12
Shear force(g)		1776.82±395.78	1675.05±317.58	1823.14±465.66
Water holding capacity(%)		58.53±3.69	58.77±4.75	57.28±5.60
Intramuscular fat(%)		2.76±1.35	2.97±1.06	3.08±1.36

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

MC4R유전자는 GG 유전자형이 AA나 AG유전자대비 얇은 것으로 조사되었고, 연도도 GG유전자형이 AA나 AG유전자형대비 연한 것으로 나타났다. 명도의 경우 AA나 AG유전자형이 GG형보다 우수한 것으로 조사되었지만 통계적인 유의차는 없었다.

[표 1-19] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 MC4R 유전자효과 분석

Meat quality		MC4R		
		AA	AG	GG
Carcass weight(kg)		107.62±1.32	107.89±11.97	108.41±12.83
Backfat thickness(mm)		25.33±15.71	21.25±5.78	19.59±4.69
pH	24hr	5.62±0.16	5.66±0.20	5.61±0.17
	14day	-	-	-
CLE L*		56.58±3.88	56.68±4.31	57.48±3.51
CLE a*		6.18±1.19	6.34±1.33	5.86±1.48
CLE b*		9.94±1.02	9.84±1.27	9.89±1.02
Drip loss(%)	24hr	6.82±4.76	5.39±2.44	6.43±2.63
	14day	11.04±6.09	10.56±3.97	12.77±4.14
Shear force(g)		1764.77±357.14	1747.94±403.81	1743.15±431.37
Water holding capacity(%)		59.09±4.77	58.16±4.53	57.32±4.77
Intramuscular fat(%)		3.57±1.33	2.92±1.23	2.50±0.93

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

HMGA1 유전자를 분석한 결과 보수력(water holding capacity)에서 CT유전자형이 TT유전자형보다 우수한 것으로 조사되었다.

[표 1-20] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 HMGA1 유전자효과 분석

Meat quality		HMGA1		
		CC	CT	TT
Carcass weight(kg)		109.50±4.95	106.65 ^a ±10.52	108.33 ^b ±12.84
Backfat thickness(mm)		23.50±2.12	21.63±5.36	22.39±11.57
pH	24hr	5.57	5.65±0.18	5.63±0.18
	14day	-	-	-
CLE L*		58.42±0.18	56.25±3.52	57.03±4.14
CLE a*		5.51±1.37	6.19±1.37	6.17±1.32
CLE b*		9.60±1.14	9.75±1.04	9.93±1.16
Drip loss(%)	24hr	21.58±24.78	5.74±2.64	6.08±2.80
	14day	10.46±6.21	9.63±3.53	11.81±5.15
Shear force(g)		2000.00±196.92	1820.59±381.33	1726.93±397.96
Water holding capacity(%)		61.93±5.14	58.14 ^b ±4.39	58.27 ^a ±4.81
Intramuscular fat(%)		2.61±0.87	3.29±1.44	2.95±1.20

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

IGF2 유전자를 분석한 결과 명도는 TT유전자형이 CC나 CT유전자형보다 우수한 것으로 조사되었고, 보수력(water holding capacity)에서 CT유전자형이 TT유전자형보다 우수한 것으로 조사되었다.

[표 1-21] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 IGF2 유전자효과 분석

Meat quality		IGF2		
		CC	CT	TT
Carcass weight(kg)		107.44±11.80	108.79±13.13	107.53±11.21
Backfat thickness(mm)		22.52±13.11	21.63±5.71	23.76±5.56
pH	24hr	5.63±0.17	5.63±0.18	5.72±0.22
	14day	-	-	-
CLE L*		57.00 ^a ±3.94	56.71 ^b ±3.92	55.84 ^b ±4.14
CLE a*		6.24±1.25	6.05±1.32	5.85±1.29
CLE b*		9.90±1.14	9.87±1.02	9.62±1.28
Drip loss(%)	24hr	6.43±4.10	5.86±2.48	5.43±3.20
	14day	11.01±4.11	11.53±5.90	11.88±4.36
Shear force(g)		1744.76 ^b ±369.78	1769.12 ^a ±429.31	1702.04 ^a ±345.62
Water holding capacity(%)		57.80 ^b ±4.47	58.82 ^a ±4.95	58.61 ^a ±5.17
Intramuscular fat(%)		3.07±1.38	3.02±1.09	2.96±1.33

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

Nramp1 유전자를 분석한 결과 24시간과 12일 이후 드립로스가 GG유전자형이 AG유전자형 대비 많은 것으로 조사되었다.

[표 1-22] 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 Nramp1 유전자효과 분석

Meat quality		Nramp1		
		AA	GA	GG
Carcass weight(kg)		-	106.25±11.13	107.98±12.31
Backfat thickness(mm)		-	23.13±3.60	22.18±10.48
pH	24hr	-	5.68±0.20	5.63±0.18
	14day	-	-	-
CLE L*		-	54.17±3.60	56.94±3.97
CLE a*		-	6.04±1.40	6.17±1.33
CLE b*		-	9.45±0.95	9.90±1.14
Drip loss(%)	24hr	-	4.88 ^b ±2.71	6.16 ^b ±3.50
	14day	-	9.20 ^b ±4.47	11.33 ^a ±4.89
Shear force(g)		-	2027.16±382.43	1743.01±392.18
Water holding capacity(%)		-	60.01±3.43	58.21±4.73
Intramuscular fat(%)		-	3.58±1.13	3.02±1.27

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b*: yellowness

다. 돼지고기의 주관적, 관능적 평가에 따른 유전자마커 효과 분석

돼지고기의 주관적 관능적 평가를 하기 위해서는 우선 평가를 하는 사람의 특성을 확실히 할 필요가 있다. 사람의 감각은 사람마다 다르기 때문에 개인이라도 그때마다 판단이 다른 것이 일반적이다. 돼지고기의 관능적 평가하여 객관적인 자료를 얻기 위해서는 목적에 부합하는 평가 대상(패널)을 선정하는 것이 필수적이다. (표 1-23~1-30)에는 조사한 유전자마커에 따른 돈육의 주관적, 관능적 특성을 나타내었다. PRKAG3 유전자는 GG유전자형 AA나 AG 유전자형보다 어두운 것으로 조사되었고, 연도(tenderness)는 AG유전자형이 AA유전자형에 비해 연한 것으로 조사되었다.

[표 1-23] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 PRKAG3 유전자효과 분석

Meat quality		PRKAG2		
		AA	AG	GG
주관적 평가	Color	2.89±0.63	2.72±0.67	2.63±0.66
	Hardness	2.71±0.70	2.90±0.62	2.74±0.69
	Marbling	2.37±0.61	2.45±0.81	2.54±0.78
관능적 평가	Tenderness	3.25 ^a ±0.81	3.59 ^b ±1.10	3.56±0.99
	Flavor	2.95±0.97	3.34±1.09	3.53±0.89
	Overall acceptability	3.03 ^a ±1.06	3.52 ^b ±1.20	3.60±1.01

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).
 1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

CAST 유전자는 FF유전자형이 EE나 EF유전자형에 비해 연한 것으로 조사되었고, 풍미(flavor)는 EE나 EF유전자형이 FF유전자형에 비해 높은 것으로 조사되었다.

[표 1-24] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 CAST 유전자효과 분석

Meat quality		CAST		
		EE	EF	FF
주관적 평가	Color	2.69±0.66	2.69±0.67	2.73±0.68
	Hardness	2.84±0.75	2.70±0.59	2.95±0.63
	Marbling	2.66±0.77	2.36±0.73	2.40±0.81
관능적 평가	Tenderness	3.75 ^a ±0.92	3.28 ^a ±0.97	3.63 ^b ±1.30
	Flavor	3.58±0.94	3.25±0.88	3.49±1.27
	Overall acceptability	3.68±1.08	3.37±0.96	3.52±1.43

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).
 1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

FABP3, F4, MC4R, HMGA, IGF2, Nramp1 유전자의 돈육의 주관적 관능적 특성에 따른 효과를 분석한 결과 통계적인 유의차가 나타나지 않았다.

[표 1-25] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 FABP3 유전자효과 분석

Meat quality		FABP3		
		CC	TC	TT
주관적 평가	Color	2.83±0.42	2.70±0.69	2.68±0.66
	Hardness	3.24±0.22	2.80±0.69	2.76±0.67
	Marbling	2.18±0.86	2.55±0.75	2.48±0.78
관능적 평가	Tenderness	4.67±0.76	3.42±1.05	3.56±0.96
	Flavor	4.13±0.12	3.24±0.92	3.50±0.97
	Overall acceptability	4.53±1.33	3.37±1.08	3.57±1.05

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

[표 1-26] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 F4 유전자효과 분석

Meat quality		F4		
		CC	CG	GG
주관적 평가	Color	2.77±0.65	2.54±0.67	2.79±0.64
	Hardness	2.94±0.69	2.72±0.64	2.68±0.65
	Marbling	2.71±0.72	2.47±0.86	2.25±0.63
관능적 평가	Tenderness	3.74±0.93	3.47±1.04	3.28±1.01
	Flavor	3.79±0.97	3.22±0.90	3.15±0.85
	Overall acceptability	3.86±1.06	3.35±1.08	3.23±0.92

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

[표 1-27] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 MC4R 유전자효과 분석

Meat quality		MC4R		
		AA	AG	GG
주관적 평가	Color	2.75±0.61	2.68±0.70	2.63±0.68
	Hardness	2.79±0.68	2.77±0.69	2.82±0.62
	Marbling	2.63±0.76	2.46±0.75	2.35±0.81
관능적 평가	Tenderness	3.74±1.04	3.51±0.97	3.20±0.89
	Flavor	3.60±0.91	3.44±0.99	3.08±0.91
	Overall acceptability	3.77±1.09	3.48±1.02	3.14±1.04

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

[표 1-28] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 HMGA1 유전자효과 분석

Meat quality		HMGA1		
		CC	TC	TT
주관적 평가	Color	2.87±0.66	2.70±0.81	2.69±0.61
	Hardness	2.63±0.05	2.76±0.72	2.80±0.66
	Marbling	1.97±0.90	2.69±0.75	2.43±0.77
관능적 평가	Tenderness	4.40	3.47±0.91	3.57±1.04
	Flavor	5.00	3.53±0.96	3.37±0.94
	Overall acceptability	4.80	3.60±1.00	3.49±1.10

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).
 1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

[표 1-29] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 IGF2 유전자효과 분석

Meat quality		IGF2		
		CC	CT	TT
주관적 평가	Color	2.65 ^b ±0.68	2.71 ^b ±0.63	2.97 ^a ±0.70
	Hardness	2.73 ^b ±0.68	2.86 ^b ±0.61	2.96 ^a ±0.73
	Marbling	2.44±0.75	2.52±0.78	2.67±0.91
관능적 평가	Tenderness	3.59±0.97	3.43±1.03	3.89±1.18
	Flavor	3.47±0.93	3.38±1.03	3.64±0.69
	Overall acceptability	3.56±0.99	3.45±1.19	3.93±1.01

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).
 1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

[표 1-30] 돈육의 주관적, 관능적 특성에 따른 Nramp1 유전자효과 분석

Meat quality		Nramp1		
		AA	GA	GG
주관적 평가	Color	-	2.87±0.63	2.69±0.67
	Hardness	-	3.15±0.62	2.78±0.67
	Marbling	-	3.20±0.63	2.47±0.76

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).
 1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

라. 돈육의 등심근내 유리 아미노산 함량에 따른 유전자마커 효과 분석

돼지고기의 맛을 결정하는 요인은 근육(아미노산)과 지방(지방산)이 결정한다고 할 수 있다. 사람의 경우 단맛은 ‘좋은 맛’으로 간주하는 심적 요인의 1차 결정 요인이다. 단맛과 같이 제 5의 맛, ‘감칠맛(우마미)’ 역시 단맛 못지않게 중요한 음식 선택 요인이고, 글루타민산(L-Glu), 모노소디움글루타메이트(MSG) 등 몇 종류의 L-아미노산(L-AA)이 감칠맛(우마미)을 생성한다. 감칠맛(우마미)은 일반에게 잘 알려져 있지 않은 맛인데 이것은 단맛과 함께 4대 맛인 짠맛, 쓴맛, 신맛과는 달리 분간하기가 쉽지 않기 때문이나 인간은 MSG에 대한 반응 한계치를 갖고 있는데 설탕에 대한 민감도의 1/10정도로 둔감하다(MSG는 1mM, 설탕은 10mM).

[표 1-31] 사람의 각종 L-아미노산에 대한 반응

아미노산	L-이성체
	사람의 맛구별
Alanine	단맛
Arginine	쓴맛
Asparagine	쓴맛
Aspartic a.	우마미, 신맛
Cysteine	황산맛
Glutamic.	우마미, 짠맛
Glutamine	단맛, 우마미
Glycine	단맛
Histidine	쓴맛
Hydroxyproline	단맛
Isoleucine	쓴맛
Leucine	쓴맛
Lysine	쓴맛, 짠맛, 단맛
Methionine	쓴맛, 황산맛, 우마미
Phenylalanine	쓴맛
Proline	단맛, 짠맛
Serine	단맛
Threonine	단맛
Tryptophan	쓴맛
Tyrosine	쓴맛
Valine	쓴맛

(Roura and Tedo. 2009)

사람의 혀는 맛을 강조하는 감각돌기라고 불리우는 세포로 덮혀있다. 이 감각돌기는 음식물을 먹을 때의 맛을 뇌로 전달하는 역할을 함. 사람의 맛을 느끼는 감각은 생존을 위한 방편으로 이용되어 왔고, 맛은 음식을 섭취할 것인지 말 것인지를 판정하는 기술이다. 단맛은 음식물이 탄수화물이 주성분인 것을 확인하고, 신맛은 열매가 익었는지를 확인하고, 쓴맛을 음식이 독성이 있는지를, 짠맛은 음식에 충분한 미량광물질이 포함되어 있는지를 확인하게 함. 지금까지 우리의 혀는 위와 같이 4가지 맛을 파악하는 기능만 가능한 것으로 알려져왔다. 그러나 최근 과학적으로 다섯 번째의 맛으로

우마미라는 용어를 인정하고 있다. 우마미는 고기의 맛을 관정할 수 있는 기능으로 “우마미”란 일본말로써 풍미가 좋은 맛이라는 뜻임. 한국어로는 감칠맛으로 표현하며 고기 맛을 표현한다. 전통적으로 음식내의 아미노산을 감지할 수 있는 맛의 표현임. 감칠맛은 조미료(글루타민산나트륨MSG)로 만들 수 있음. 글루타민산은 아미노산의 일종으로 단백질 구성 성분임. 글루타민산은 육류고기, 생선육, 채소, 우유 제품에 풍부하고 MSG는 음식의 풍미를 증진시키는 조미료로 널리 사용되고 있는데, 그 이 유는 글루타민산 아미노산의 역할 때문임. 글루타민산이 혀의 감각돌기를 자극하기 때문임. 글루타민산외에 몇가지 성분이 감칠맛맛을 돋구는 것은 예를들면 IMP(inosine 5' monophosphate)와 GMP(guanosine 5' monophosphate) 등이다. 이들 성분은 특히 갓 도축된 가축의 육류 내에 풍부히 존재한다.

(표 1-32~1-36)에는 유전자 마커에 따른 등심근내 아미노산 조성을 나타내었다. 단맛을 내는 serine과 threonine은 GG유전자형이 AA, 나 AG유전자형에 비해 높은 것으로 조사되었지만 통계적인 유의차는 없었다(P<0.05). 또한 우마미 맛을 Gutamic acid와 Aspartic acid는 AA유전자형이 AG, GG유전자형에 비해 높은 것으로 조사되었다(P>0.05)

[표 1-32] 등심근내 아미노산 조성의 PRKAG3 유전자 효과

Amino acid	PRKAG3		
	AA	AG	GG
Glycine	5.78±2.01	4.50±2.43	4.00±2.51
Alanine	21.85±5.41	18.22±5.92	15.66±5.51
Serin	4.05±1.76	3.82±1.57	3.54±1.86
Proline	3.97±1.12	4.71±1.66	5.17±1.93
Valine	5.99±2.12	6.16±2.31	6.16±2.97
Threonine	4.46±1.41	4.73±1.93	4.92±2.45
Leucine	7.23±2.54	7.58±2.74	7.49±3.42
Isoleucine	4.61±1.93	4.02±1.49	3.66±1.55
Aspartic acid	0.73±0.61	0.66±0.55	0.61±0.57
Lysine	4.83±2.65	5.50±3.38	5.24±2.85
Glutamic acid	7.17±3.65	6.85±3.57	6.95±4.20
Methionine	2.16±0.95	2.72±1.17	3.03±1.39
Histidine	2.84±1.17	2.18±0.97	1.93±0.80
Phenylalanine	4.06±1.57	4.55±1.31	4.75±1.59
Arginine	4.47±1.84	4.80±2.18	4.85±2.42
Tyrosine	4.20±1.33	4.99±1.83	5.33±2.14

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

CAST 유전자는 단맛을 내는 Glycine, Glutamic acid, Serin, Threonine이 FF유전자형에 비해 EE와 EF 유전자형이 높게 조사되었다. 또한 우마미 맛을 내는 Methinine과 Glutamic acid는 EE유전자형이 상대적으로 FF유전자형에 비해 높게 조사되었다. 쓴맛을 내는 Arginine과 Tyrosine은 EE유전자형이 FF유전자형에 비해 높게 조사되었다.

[표 1-33] 등심근내 아미노산 조성의 CAST 유전자 효과

Amino acid	CAST		
	EE	EF	FF
Glycine	4.37 ^a ±2.63	4.74 ^a ±2.29	4.21 ^b ±2.71
Alanine	16.89±6.96	18.69±5.34	17.22±6.00
Serin	3.44±1.81	4.08±1.74	3.29±1.14
Proline	4.61±1.81	4.92±1.81	4.51±1.14
Valine	5.70±2.67	6.52±2.49	5.70±2.39
Threonine	4.43±2.17	5.05±2.08	4.47±1.68
Leucine	7.00±3.21	7.99±2.94	6.72±2.21
Isoleucine	3.68±1.83	4.27±1.55	3.69±1.17
Aspartic acid	0.57±0.54	0.72±0.59	0.59±0.58
Lysine	4.91±3.06	5.67±3.16	4.62±2.09
Glutamic acid	6.47±3.67	7.48±4.09	6.13±2.88
Methionine	2.66±1.23	2.86±1.39	2.48±0.65
Histidine	1.97±0.81	2.37±1.11	2.18±0.92
Phenylalanine	4.39±1.51	4.70±1.57	4.31±1.04
Arginine	4.34±2.24	5.13±2.34	4.38±1.24
Tyrosine	4.91±2.04	5.13±1.97	4.56±1.25

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

[표 1-34] 등심근내 아미노산 조성의 FABP3 유전자 효과(평균과 표준오차)

Amino acid	FABP3		
	CC	TC	TT
Glycine	6.28±4.44	4.28±2.20	4.58±2.45
Alanine	18.33±5.91	18.15±6.10	17.69±6.10
Serin	3.69±1.18	3.77±1.89	3.75±1.68
Proline	5.27±0.91	4.86±1.74	4.67±1.78
Valine	7.33±2.13	5.90±2.66	6.18±2.52
Threonine	5.86±1.67	4.75±2.28	4.70±1.99
Leucine	7.75±2.00	7.46±3.37	7.47±2.84
Isoleucine	3.77±0.94	3.89±1.56	4.05±1.71
Aspartic acid	0.80±0.70	0.68±0.55	0.63±0.57
Lysine	7.60±3.50	5.42±3.40	5.05±2.75
Glutamic acid	7.12±3.34	7.23±4.34	6.79±3.59
Methionine	2.58±0.72	2.92±1.56	2.66±1.10
Histidine	1.67±0.28	2.19±1.02	2.24±1.01
Phenylalanine	5.12±1.06	4.65±1.63	4.45±1.43
Arginine	4.75±1.33	4.87±2.32	4.70±2.21
Tyrosine	5.90±0.89	5.16±2.29	4.83±1.73

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

FABP3 유전자는 단맛을 내는 Lysine, Serine 및 Threonine은 HH유전자형이 Hh유전형에 비해 높게 조사되었다. MC4R와 HMGA1 유전자는 조사한 대부분의 아미노산 조성에서 GG유전자형이 상대적으로 AA 유전자형보다 높게 조사되었지만 통계적인 유의차는 없었다.

[표 1-35] 등심근내 아미노산 조성의 MC4R 유전자 효과(평균과 표준오차)

Amino acid	MC4R		
	AA	AG	GG
Glycine	3.68±1.34	5.12±2.73	4.39±2.56
Alanine	16.77±6.23	19.01±5.44	17.07±6.60
Serin	3.70±1.86	4.03±1.79	3.38±1.48
Proline	4.57±1.74	4.99±1.84	4.58±1.58
Valine	5.65±2.59	6.60±2.63	5.82±2.33
Threonine	4.38±2.03	5.13±2.18	4.51±1.91
Leucine	7.27±3.31	7.92±2.99	7.00±2.66
Isoleucine	3.87±1.93	4.24±1.53	3.71±1.48
Aspartic acid	0.58±0.49	0.76±0.61	0.54±0.55
Lysine	4.61±2.51	6.02±3.54	4.69±2.30
Glutamic acid	7.40±4.39	7.52±3.94	5.75±2.87
Methionine	2.81±1.42	2.83±1.27	2.55±1.12
Histidine	2.30±0.94	2.29±1.02	1.98±1.01
Phenylalanine	4.36±1.55	4.70±1.59	4.44±1.28
Arginine	4.76±2.43	5.05±2.30	4.33±1.85
Tyrosine	4.82±1.98	5.26±2.02	4.70±1.69

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-36] 등심근내 아미노산 조성의 HMGA1 유전자 효과

Amino acid	HMGA1		
	TC	TT	GA
Glycine	5.01±2.51	4.46±2.44	4.48±1.53
Alanine	19.37±6.78	17.62±5.83	19.06±7.78
Serin	3.76±1.60	3.76±1.77	4.33±3.18
Proline	4.35±1.49	4.86±1.78	4.25±2.43
Valine	5.90±2.41	6.19±2.60	6.01±3.70
Threonine	4.71±2.08	4.78±2.09	4.90±3.57
Leucine	7.46±2.90	7.49±3.03	8.23±5.31
Isoleucine	4.00±1.41	3.99±1.68	4.12±2.05
Aspartic acid	0.59±0.54	0.67±0.58	0.52±0.60
Lysine	5.11±2.75	5.32±3.10	4.81±5.17
Glutamic acid	6.82±3.66	6.98±3.90	8.66±6.06
Methionine	2.63±1.21	2.76±1.28	2.72±2.47
Histidine	2.15±0.79	2.22±1.04	1.85±0.63
Phenylalanine	4.40±1.54	4.58±1.49	4.39±2.90
Arginine	4.60±1.96	4.80±2.28	4.44±3.97
Tyrosine	4.81±1.99	5.02±1.92	4.96±3.93

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

마. 돈육의 등심근내 지방산 함량에 따른 유전자마커 효과 분석

돼지고기의 지방의 품질은 식육의 부드러움 자체에는 거의 영향을 주지는 않지만, 혀촉감을 통한 씹을 때의 딱딱한 느낌에 크게 관여한다. 일본의 경우 쇠고기 유통·소매업자는 맛에 영향을 주는 요인으로 지방의 질을 중시하고 있다. 지방이 지나치게 딱딱하면 맛이 떨어진다고 하여 경원되고 있다. 돼지고기는 딱딱한 지방보다도 반대로 부드러운 지방(연지)이 문제가 되고 있다. 연지는 냉장상태의 지육에 있어서 체지방이 연하면 박피 지육외형이 우둘우둘한 거친모

양으로 나쁘게 보여 거래가격도 하락함. 따라서, 돼지의 경우 가능한 한 지방을 딱딱하게 하는 노력이 계속되어 왔다. 동물성 지방은 트리글리세리드(Triglyceride; 이하 TG)가 주성분이고, 지방질성분의 대부분을 차지한다. TG는 돼지 지방산의 26~32%를 차지하는 팔미틴산, 12~16%를 차지하는 스테아린산, 41~51%를 차지하는 올레인산이 결합된 형태의 큰 분자이다. 다른 지방 구성성분으로서는 인지질, 콜레스테롤, 유리지방산등이 있음. TG는 근내지방, 근간지방, 피하지방, 내장지방 등의 저장지방의 주성분이다.

(표 1-37~1-42)에는 등심근내 지방산 조성에 대한 유전자마커 효과를 나타내었다.

PRKAG3 유전자는 arachidonic acid를 제외한 조사한 모든 지방산에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다.

[표 1-37] 등심근내 지방산 조성의 PRKAG3 유전자 효과

Fatty acid	PRKAG3		
	AA	AG	GG
Myristic acid(C14:0)	1.56±0.17	1.38±0.17	1.32±0.12
Palmitic acid(C16:0)	23.12±0.95	22.50±1.21	22.32±1.33
Palmitoleic acid(C16:1n7)	1.02±0.33	1.79±0.57	2.19±0.31
Stearic acid(C18:0)	13.28±1.11	13.30±1.47	13.07±1.55
Oleic acid(C18:1n9)	45.90±1.64	44.94±1.66	44.61±2.46
Linoleic acid(C18:2n6)	13.40±1.41	14.11±1.89	14.46±1.81
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.03±0.01	0.06±0.02	0.07±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.67±0.09	0.78±0.12	0.79±0.09
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.81±0.12	0.95±0.13	0.97±0.11
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.21±0.04 ^a	0.19 ^{ab} ±0.04	0.20 ^b ±0.04
SFA(포화지방산)	37.96±1.70	37.18±2.38	36.71±2.67
USFA(불포화지방산)	62.04±1.70	62.82±2.38	63.29±2.67
mono(단가불포화지방산)	47.73±1.66	47.68±1.58	47.77±2.45
poly(다가불포화지방산)	14.31±1.51	15.14±2.00	15.52±1.89
n3	0.67±0.09	0.78±0.12	0.79±0.09
n6	13.64±1.42	14.36±1.91	14.73±1.84

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

CAST유전자는 FF유전자형이 EE유전자형보다 불포화지방산 비율이 다소 높은 것으로 조사되었지만, 통계적인 유의차는 없었다. 특히 다가 불포화지방산 비율이 높은 것으로 조사되었다.

[표 1-38] 등심근내 지방산 조성의 CAST 유전자 효과

Fatty acid	CAST		
	EE	EF	FF
Myristic acid(C14:0)	1.36±0.15	1.38±0.16	1.38±0.20
Palmitic acid(C16:0)	22.54±1.48	22.49±1.11	22.18±1.03
Palmitoleic acid(C16:1n7)	2.04±0.50	1.82±0.60	1.79±0.57
Stearic acid(C18:0)	13.10±1.59	13.26±1.44	13.12±1.21
Oleic acid(C18:1n9)	44.47±2.83	45.16±1.48	45.29±1.19
Linoleic acid(C18:2n6)	14.51±2.06	13.94±1.65	14.25±1.34
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.78±0.11	0.76±0.10	0.78±0.12
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.95±0.13	0.94±0.13	0.95±0.15
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.19±0.04	0.20±0.04	0.21±0.03
SFA(포화지방산)	37.00±2.86	37.13±2.30	36.67±1.84
USFA(불포화지방산)	63.00±2.86	62.87±2.30	63.33±1.84
mono(단가불포화지방산)	47.46±2.75	47.91±1.50	48.03±1.16
poly(다가불포화지방산)	15.55±2.17	14.96±1.74	15.29±1.43
n3	0.78±0.11	0.76±0.10	0.78±0.12
n6	14.76±2.09	4.20±1.68	14.51±1.35

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

FABP 유전자는 HH유전자형이 Hh유전자형보다 Palmitic acid 비율이 다소 높은 것으로 조사되었지만, Linoleic acid는 Hh유전자형이 HH유전자형보다 높게 조사되었다.

[표 1-39] 등심근내 지방산 조성의 FABP3 유전자 효과

Fatty acid	FABP3		
	CC	TC	TT
Myristic acid(C14:0)	1.36±0.08	1.36±0.16	1.37±0.17
Palmitic acid(C16:0)	22.04 ^a ±0.85	22.44 ^b ±0.95	22.52±1.42
Palmitoleic acid(C16:1n7)	2.35±0.30	1.93±0.55	1.88±0.57
Stearic acid(C18:0)	12.22±0.82	13.08±1.34	13.27±1.56
Oleic acid(C18:1n9)	45.03±1.09	44.96±1.47	44.83±2.47
Linoleic acid(C18:2n6)	14.92±1.43	14.23±1.64	14.17±1.92
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.87±0.13	0.78±0.10	0.76±0.11
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.95 ^b ±0.16	0.95 ^a ±0.12	0.94±0.13
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.20±0.03	0.20±0.04	0.20±0.04
SFA(포화지방산)	35.61±0.76	36.89±1.98	37.16±2.76
USFA(불포화지방산)	64.39±0.76	63.11±1.98	62.84±2.76
mono(단가불포화지방산)	48.33±1.15	47.84±1.46	47.65±2.39
poly(다가불포화지방산)	16.06±1.54	15.27±1.74	15.27±2.02
n3	0.87±0.13	0.78±0.10	0.76±0.11
n6	15.19±1.44	14.49±1.67	14.43±1.94

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

F4 유전자는 CC유전자형이 GG유전자형보다 불포화지방산 비율이 다소 높은 것으로 조사되었지만, 통계적인 유의차는 없는 것으로 조사되었다.

[표 1-40] 등심근내 지방산 조성의 F4 유전자 효과

Fatty acid	F4		
	CC	CG	GG
Myristic acid(C14:0)	1.39±0.16	1.33±0.16	1.39±0.16
Palmitic acid(C16:0)	22.56±1.20	22.30±1.05	22.60±1.57
Palmitoleic acid(C16:1n7)	1.96±0.54	1.95±0.51	1.79±0.64
Stearic acid(C18:0)	13.03±1.40	13.17±1.44	13.36±1.62
Oleic acid(C18:1n9)	44.74±1.60	45.04±1.49	44.85±3.25
Linoleic acid(C18:2n6)	14.35±1.83	14.22±1.61	14.03±2.05
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.77±0.11	0.77±0.10	0.77±0.12
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.94±0.13	0.96±0.12	0.93±0.14
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.19±0.04	0.20±0.03	0.21±0.04
SFA(포화지방산)	36.99±2.34	36.79±2.18	37.36±3.03
USFA(불포화지방산)	63.01±2.34	63.21±2.18	62.64±3.03
mono(단가불포화지방산)	47.64±1.62	47.95±1.46	47.57±3.11
poly(다가불포화지방산)	15.37±1.94	15.25±1.69	15.07±2.18
n3	0.77±0.11	0.77±0.10	0.77±0.12
n6	14.60±1.85	14.48±1.64	14.30±2.09

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

MC4R 유전자는 AG유전자형이 AA, AG유전자형보다 Myristic acid비율이 다소 높은 것으로 조사되었고, 그 외 통계적인 유의차는 없는 것으로 조사되었다.

[표 1-41] 등심근내 지방산 조성의 MC4R 유전자 효과

Fatty acid	MC4R		
	AA	AG	GG
Myristic acid(C14:0)	1.35 ^b ±0.14	1.40 ^a ±0.17	1.35 ^b ±0.18
Palmitic acid(C16:0)	22.46±1.10	22.58±1.46	22.31±1.12
Palmitoleic acid(C16:1n7)	2.02±0.52	1.86±0.61	1.85±0.52
Stearic acid(C18:0)	12.98±1.56	13.20±1.55	13.41±1.19
Oleic acid(C18:1n9)	44.89±1.42	44.72±2.94	45.15±1.19
Linoleic acid(C18:2n6)	14.34±1.65	14.29±2.07	13.91±1.55
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.6±0.2	0.6±0.2	0.6±0.2
Linolenic acid(C18:3n3)	0.76±0.08	0.77±0.12	0.79±0.10
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.94±0.11	0.93±0.14	0.98±0.13
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.20±0.04	0.20±0.04	0.20±0.04
SFA(포화지방산)	36.79±2.39	37.18±2.80	37.06±2.08
USFA(불포화지방산)	63.21±2.39	62.82±2.80	62.94±2.08
mono(단가불포화지방산)	47.85±1.45	47.51±2.79	47.98±1.28
poly(다가불포화지방산)	15.36±1.74	15.32±2.19	14.96±1.65
n3	0.76±0.08	0.77±0.12	0.79±0.10
n6	14.60±1.68	14.55±2.09	14.17±1.58

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

HMGA1 유전자는 TT유전자형이 TC유전자형보다 다가불포화지방산 비율이 높은 것으로 조사되었고, Nramp1 유전자는 GG유전자형이 GA유전자형보다 다가 불포화지방산이 다소 높은 것으로 조사되었지만, 통계적인 유의차는 없었다.

[표 1-42] 등심근내 지방산 조성의 HMGA1과 Nramp1 유전자 효과

Fatty acid	MC4R		
	AA	AG	GG
Myristic acid(C14:0)	1.36±0.15	1.37±0.17	1.35±0.11
Palmitic acid(C16:0)	22.32±1.16	22.51±1.29	22.22±1.32
Palmitoleic acid(C16:1n7)	1.92±0.54	1.91±0.57	1.87±0.58
Stearic acid(C18:0)	12.99±1.31	3.23±1.51	12.97±1.01
Oleic acid(C18:1n9)	44.88±1.48	44.90±2.35	45.86±1.49
Linoleic acid(C18:2n6)	14.57±1.81	14.11±1.81	13.79±1.97
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.76±0.12	0.78±0.11	0.72±0.12
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.95±0.11	0.94±0.14	0.97±0.10
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.20±0.04	0.20±0.04	0.20±0.02
SFA(포화지방산)	36.67±2.17	37.11±2.58	36.53±2.18
USFA(불포화지방산)	63.33±2.17	62.89±2.58	63.47±2.18
mono(단가불포화지방산)	47.75±1.39	47.75±2.29	48.70±1.10
poly(다가불포화지방산)	15.58±1.93	15.14±1.91	14.77±2.11
n3	0.76±0.12	0.78±0.11	0.72±0.12
n6	14.82±1.84	14.36±1.84	14.05±2.01

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

□ 요약

- ① 본 연구에서 분석한 품종별 유전자마커에 대한 유전자형별 빈도는 기존 통계육종방식의 육종방향과 동일한 형태로 조사되었고, 특히 CAST, IGF2 유전자와 같은 육질관련 유전자 마커와 F4, FABP1, HMGA, MC4R, PRKAG3 유전자와 같은 일당증체를 및 강건성 관련 마커들의 유전자 마커의 빈도가 상반되게 조사되어 향후 마커도움선발의 효과를 조사한후 선발에 직접적인 적용이 필요할 것으로 사료된다.
- ② 돈육의 물리적, 화학적 특성에 따른 유전자마커 효과를 분석한 결과 CAST 유전자와 FABP3 유전자는 산도와 드립로스에 영향을 미치는 것으로 조사되었고, MC4R 유전자는 등지방두께와 연도에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 또한 IGF2 유전자는 명도와 보수력(water holding capacity)에 영향을 미쳐 향후 중돈의 육질개량에 효율적이라고 사료된다.
- ③ 돈육의 등심근내 아미노산조성과 지방산조성에 따른 유전자마커 효과를 분석한 대부분의 유전자마커 효과는 유의성이 없는 것으로 조사되었지만(P0.05), CAST 유전자는 Glycine에 효과가 있는 것으로 조사되었고, MC4R 유전자는 myristic acid에 있는 것으로 조사되었다.

마. 두룩종의 육질특성에 따른 유전자마커 효과

(1) 두룩종의 등심근내 물리적, 화학적 특성에 따른 유전자마커 효과 분석

부계라인으로 활용하는 두룩종의 물리적, 화학적 특성에 따른 PRKAG3 유전자의 효과를 분석하여 (표 1-43)에 나타내었다. 사후 24시간후 pH의 경우 AA와 AG유전자형이 GG유전자형보다 높은 것으로 조사되었다. 가열감량의 경우 AA유전자형이 다른 유전자형보다 우수한 것으로 조사되었다.

[표 1-43] 두룩종의 물리적, 화학적 특성에 따른 PRKAG3 유전자효과 분석

Meat quality		PRKAG2		
		AA	AG	GG
Carcass weight(kg)		115.58±5.72	113.59±9.33	96.64±11.79
Backfat thickness(mm)		25.17±5.33	23.88±8.69	19.60±8.69
pH	24hr	5.72±0.07 ^a	5.74±0.12 ^a	5.57±0.10 ^b
	14day	5.73±0.15 ^a	5.87±0.25 ^a	5.45±0.12 ^b
CLE L*		52.71±5.20 ^{ab}	48.94±4.48 ^b	54.76±4.73 ^a
CLE a*		5.78±1.80	3.69±2.95	7.93±3.73
CLE b*		9.88±1.09	8.38±1.78	11.63±2.25
Drip loss(%)	24hr	3.69±1.11	4.88±1.80	7.25±2.28
	12day	5.95±1.68 ^c	9.71±1.74 ^b	12.99±3.46 ^a
Shear force(g)		1,997.11±496.04	2,311.81±809.29	2,500.49±1023.32
Water holding capacity(%)		10.71±1.29	10.05±2.10	9.26±2.66

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b* : yellowness

두룩종의 FABP3 유전자의 효과에서 HH유전자형이 Hh유전자형대비 다소 우수한 것으로 조사되었고, hh유전자형 개체는 없었다.

[표 1-43] 두룩종의 물리적, 화학적 특성에 따른 FABP3 유전자효과 분석

Meat quality		FABP3		
		HH	Hh	hh
Carcass weight(kg)		110.62±7.89	106.59±7.91	-
Backfat thickness(mm)		22.67±7.36	23.10±7.37	-
pH	24hr	5.72±0.17 ^a	5.57±0.17 ^b	-
	14day	5.81±0.11 ^a	5.56±0.11 ^b	-
CLE L*		52.23±7.18	52.04±7.19	-
CLE a*		5.26±2.50	6.34±2.50	-
CLE b*		9.78±1.51	10.15±1.51	-
Drip loss(%)	24hr	4.99±1.53	5.56±1.53	-
	12day	9.37±2.32	9.74±2.32	-
Shear force(g)		2,101.49±684.67	2,438.12±685.89	-
Water holding capacity(%)		9.66±1.78	10.36±1.78	-

^{a, b, c} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05); L* : lightness, a* : redness, b* : yellowness

(2) 두육종의 주관적, 관능적 평가에 따른 유전자마커 효과 분석

두육종의 주관적, 관능적 특성에 따른 PRKAG4 유전자 효과를 살펴보면 육색(color)과 Hardness(경도)에서는 AA와 AG유전자형이 높게 조사되었다.

[표 1-44] 두육종의 주관적, 관능적 특성에 따른 PRKAG3 유전자효과

Meat quality		PRKAG2		
		AA	AG	GG
주관적 평가	Color	2.94±0.51 ^b	2.73±0.83 ^b	3.36±1.04 ^a
	Hardness	2.76±0.40 ^{ab}	3.05±1.14 ^a	1.52±0.75 ^b
	Marbling	2.03±0.50	1.77±0.82	1.28±1.04

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움
 1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함
 1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음
 1점 : 심한 PSE육이다. 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육이다.

(3) 두육종 등심근내 유리 아미노산 함량에 따른 유전자마커 효과

두육종 등심근내 아미노산 조성에 따른 PRKAG4 유전자 효과는 Leucine와 Glutamic acid에서 Hetero형 유전자형이 높게 조사되었다.

[표 1-45] 두육종 등심근내 아미노산 조성의 PRKAG3 유전자 효과

Amino acid	PRKAG3		
	AA	AG	GG
Glycine	6.75±1.40	7.99±2.29	5.73±2.89
Alanine	19.19±2.22	20.57±3.62	15.18±4.59
Serin	3.59±0.31	5.62±0.50	5.62±0.50
Proline	4.33±0.36	5.27±0.59	3.98±0.74
Valine	6.37±0.86	8.90±1.40	4.56±1.77
Threonine	4.61±0.37	5.98±0.61	4.71±0.77
Leucine	6.31 ^b ±0.87	9.49 ^a ±1.42	5.00 ^b ±1.79
Isoleucine	4.22±0.55	6.53±0.89	3.13±1.13
Aspartic acid	1.28±0.15	1.32±0.25	1.27±0.31
Lysine	4.95±1.14	1.79±1.86	3.68±2.36
Glutamic acid	8.85 ^b ±1.27	13.58 ^a ±2.08	7.96 ^b ±2.63
Methionine	2.33±0.28	3.39±0.45	2.64±0.57
Histidine	4.09±0.29	4.94±0.48	4.12±0.60
Phenylalanine	4.09±0.49	5.74±0.80	3.31±1.01
Arginine	4.42±0.07	5.62±0.11	4.52±0.15
Tyrosine	4.63±0.37	5.86±0.61	5.03±0.77

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

두육종 등심근내 아미노산 조성에 따른 FABP3, HMGAI, Nramp1 유전자 효과를 분석한결과 통계적인 유의차가 없었다($P > 0.05$).

[표 1-46] 두륙종 등심근내 아미노산 조성의 FABP3 유전자 효과

Amino acid	FABP3		
	HH	Hh	hh
Glycine	7.59±1.93	6.05±1.94	-
Alanine	18.08±3.07	18.55±3.07	-
Serin	4.93±0.42	3.52±0.42	-
Proline	4.78±0.50	4.27±0.50	-
Valine	7.18±1.19	6.04±1.19	-
Threonine	5.50±0.51	4.70±0.52	-
Leucine	7.93±1.20	5.94±1.20	-
Isoleucine	5.35±0.75	3.90±0.75	-
Aspartic acid	1.34±0.21	1.24±0.21	-
Lysine	3.04±1.58	3.90±1.58	-
Glutamic acid	11.98±1.76	8.28±1.76	-
Methionine	3.21±0.38	2.37±0.38	-
Histidine	4.70±0.40	4.07±0.41	-
Phenylalanine	4.98±0.68	3.77±0.68	-
Arginine	5.46±0.10	4.24±0.10	-
Tyrosine	5.61±0.51	4.73±0.51	-

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

[표 1-47] 두륙종 등심근내 아미노산 조성의 HMGA1과 Nramp1 유전자 효과

Amino acid	FABP3		
	HH	Hh	hh
Glycine	7.59±1.93	6.05±1.94	-
Alanine	18.08±3.07	18.55±3.07	-
Serin	4.93±0.42	3.52±0.42	-
Proline	4.78±0.50	4.27±0.50	-
Valine	7.18±1.19	6.04±1.19	-
Threonine	5.50±0.51	4.70±0.52	-
Leucine	7.93±1.20	5.94±1.20	-
Isoleucine	5.35±0.75	3.90±0.75	-
Aspartic acid	1.34±0.21	1.24±0.21	-
Lysine	3.04±1.58	3.90±1.58	-
Glutamic acid	11.98±1.76	8.28±1.76	-
Methionine	3.21±0.38	2.37±0.38	-
Histidine	4.70±0.40	4.07±0.41	-
Phenylalanine	4.98±0.68	3.77±0.68	-
Arginine	5.46±0.10	4.24±0.10	-
Tyrosine	5.61±0.51	4.73±0.51	-

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

(4) 두릅종 등심근내 지방산 함량에 따른 유전자마커 효과

두릅종의 등심근내 지방산조성에 대한 유전자효과를 분석한 결과 통계적인 유의성이 없게 조사되었다($P>0.05$).

[표 1-48] 두릅종 등심근내 지방산 조성의 PRKAG3 유전자 효과

Fatty acid	PRKAG3		
	AA	AG	GG
Myristic acid(C14:0)	1.65±0.11	1.61±0.17	1.43±0.22
Palmitic acid(C16:0)	22.46±1.26	21.96±2.05	23.65±2.60
Palmitoleic acid(C16:1n7)	0.85±0.25	0.93±0.41	1.17±0.52
Stearic acid(C18:0)	13.40±0.80	12.15±1.30	13.72±1.65
Oleic acid(C18:1n9)	45.95±1.58	47.94±2.57	47.89±3.26
Linoleic acid(C18:2n6)	14.00±1.50	13.61±2.44	10.77±3.09
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.03±0.02	0.03±0.03	0.06±0.03
Linolenic acid(C18:3n3)	0.72±0.07	0.69±0.11	0.50±0.14
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.76±0.10	0.85±0.16	0.64±0.21
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.20±0.02	0.22±0.04	0.19±0.05
SFA(포화지방산)	37.51±1.65	35.73±2.70	38.80±3.41
USFA(불포화지방산)	62.49±1.65	64.27±2.70	61.20±3.41
mono(단가불포화지방산)	47.56±1.63	49.73±2.66	49.69±3.36
poly(다가불포화지방산)	14.93±1.58	14.53±2.57	11.52±3.25
n3	0.72±0.07	0.69±0.11	0.50±0.14
n6	14.22±1.51	13.85±2.47	11.02±3.12

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-48] 두릅종 등심근내 지방산 조성의 FABP3 유전자 효과

Fatty acid	FABP3		
	CC	TC	TT
Myristic acid(C14:0)	1.63±0.15	1.50±1.46	-
Palmitic acid(C16:0)	23.06±1.73	22.32±1.74	-
Palmitoleic acid(C16:1n7)	0.89±0.35	1.08±0.35	-
Stearic acid(C18:0)	13.31±1.10	12.86±1.10	-
Oleic acid(C18:1n9)	46.84±2.18	47.68±2.18	-
Linoleic acid(C18:2n6)	12.67±2.07	12.92±2.07	-
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.03±0.02	0.05±0.02	-
Linolenic acid(C18:3n3)	0.60±0.09	0.66±0.09	-
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.77±0.14	0.74±0.14	-
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.22±0.03	0.19±0.03	-
SFA(포화지방산)	38.01±2.28	36.68±2.29	-
USFA(불포화지방산)	61.99±2.28	63.32±2.29	-
mono(단가불포화지방산)	48.49±2.25	49.50±2.25	-
poly(다가불포화지방산)	13.50±2.18	13.82±2.18	-
n3	0.60±0.09	0.66±0.09	-
n6	12.90±2.09	13.16±2.09	-

^{a-b} 서로 다른 위첨자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-49] 두룩종 등심근내 지방산조성의 HMGA1과 Nramp1 유전자효과

Fatty acid	HMGA1		Nramp1	
	TC	TT	GA	GG
Myristic acid(C14:0)	1.48±0.14	1.66±0.15	1.54±0.20	1.60±0.11
Palmitic acid(C16:0)	22.96±1.69	22.42±1.75	22.90±2.35	22.47±1.30
Palmitoleic acid(C16:1n7)	1.13±0.34	0.84±0.35	0.85±0.47	1.12±0.26
Stearic acid(C18:0)	12.72±1.07	13.45±1.11	13.57±1.49	12.60±0.83
Oleic acid(C18:1n9)	48.55±2.12	45.98±2.20	48.16±2.95	46.37±1.64
Linoleic acid(C18:2n6)	11.54±2.01	14.05±2.09	11.55±2.80	14.03±1.55
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.04±0.02	0.04±0.02	0.03±0.03	0.05±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.56±0.09	0.70±0.10	0.53±0.13	0.74±0.07
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.82±0.14	0.68±0.14	0.69±0.19	0.81±0.10
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.21±0.03	0.20±0.03	0.19±0.04	0.22±0.02
SFA(포화지방산)	37.16±2.23	37.53±2.31	38.02±3.10	36.67±1.72
USFA(불포화지방산)	62.84±2.23	62.47±2.31	61.98±3.10	63.33±1.72
mono(단가불포화지방산)	50.50±2.19	47.49±2.27	49.69±3.05	48.30±1.69
poly(다가불포화지방산)	12.34±2.12	14.50±2.20	12.29±2.95	15.03±1.64
n3	0.56±0.09	0.71±0.10	0.53±0.13	0.74±0.07
n6	11.78±2.04	14.27±2.11	11.76±2.84	14.30±1.57

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

(5) 두룩종 등심근내 핵산관련 물질에 대한 유전자마커 효과

(표 1-50~57)에는 두룩종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 유전자효과를 분석하였다. 분석에 활용한 모든 유전자에 대해 핵산관련 물질에 대해 통계적 유의차가 없게 조사되었다($p > 0.05$)

[표 1-50] 두룩종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 PRKAG3 유전자효과

Nucleic acid	PRKAG3		
	AA	AG	GG
Hypoxanthine	0.10±0.02	0.07±0.03	0.06±0.03
Uridine	0.02±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.11±0.04	0.13±0.04	0.14±0.05
Adenosine monophosphate(AMP)	0.04±0.01	0.05±0.02	0.06±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.49±0.14	0.55±0.12	0.56±0.13
Adenosine diphosphate(ADP)	0.10±0.03	0.10±0.06	0.09±0.03

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

[표 1-51] 두륙종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 CAST 유전자효과

Nucleic acid	CAST		
	EE	EF	FF
Hypoxanthine	0.07±0.03	0.08±0.04	0.07±0.02
Uridine	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.13±0.04	0.13±0.05	0.12±0.04
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.05±0.02	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.57±0.11	0.52±0.14	0.54±0.14
Adenosine diphosphate(ADP)	0.09±0.02	0.10±0.03	0.13±0.10

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-52] 두륙종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 FABP3 유전자효과

Nucleic acid	FABP3		
	CC	TC	TT
Hypoxanthine	0.07±0.02	0.07±0.03	0.08±0.03
Uridine	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.12±0.03	0.13±0.05	0.13±0.04
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.06±0.03	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.02	0.01±0.01	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.61±0.08	0.53±0.10	0.54±0.14
Adenosine diphosphate(ADP)	0.09±0.02	0.09±0.02	0.10±0.05

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-53] 두륙종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 F4 유전자효과

Nucleic acid	F4		
	CC	CG	GG
Hypoxanthine	0.07±0.03	0.07±0.03	0.08±0.03
Uridine	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.14±0.04	0.12±0.04	0.13±0.05
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.05±0.02	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.56±0.12	0.52±0.15	0.54±0.11
Adenosine diphosphate(ADP)	0.11±0.07	0.10±0.03	0.09±0.02

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-54] 두룩종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 MC4R 유전자효과

Nucleic acid	MC4R		
	AA	AG	GG
Hypoxanthine	0.07±0.03	0.08±0.04	0.07±0.03
Uridine	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.12±0.04	0.14±0.05	0.12±0.05
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.05±0.02	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.51±0.15	0.56±0.12	0.54±0.11
Adenosine diphosphate(ADP)	0.09±0.03	0.11±0.06	0.09±0.02

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-55] 두룩종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 HMGA1 유전자효과

Nucleic acid	HMGA1		
	CC	TC	TT
Hypoxanthine	0.04	0.08±0.03	0.07±0.03
Uridine	0.00	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.12	0.12±0.05	0.13±0.05
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.04	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02	0.02±0.01	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	0.53	0.54±0.10	0.54±0.14
Adenosine diphosphate(ADP)	0.08	0.11±0.09	0.10±0.03

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-56] 두룩종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 IGF2 유전자효과

Nucleic acid	IGF2		
	CC	GC	GG
Hypoxanthine	0.08±0.03	0.07±0.03	0.07±0.05
Uridine	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	0.13±0.04	0.12±0.05	0.16±0.07
Aadenosine monophosphate(AMP)	0.05±0.02	0.05±0.02	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.00
Inosine monophosphate(IMP)	0.56±0.12	0.52±0.14	0.52±0.10
Adenosine diphosphate(ADP)	0.10±0.03	0.11±0.06	0.09±0.01

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

[표 1-57] 두록종의 등심근내 핵산관련 물질에 대한 Nramp1 유전자효과

Nucleic acid	IGF2		
	AA	GA	GG
Hypoxanthine	-	0.07±0.02	0.07±0.03
Uridine	-	0.01±0.01	0.01±0.01
Inosine	-	0.13±0.05	0.13±0.05
Aadenosine monophosphate(AMP)	-	0.04±0.01	0.05±0.02
Guanosine monophosphate(GMP)	-	0.02±0.00	0.02±0.01
Inosine monophosphate(IMP)	-	0.50±0.20	0.54±0.13
Adenosine diphosphate(ADP)	-	0.11±0.05	0.10±0.05

^{a-b} 서로 다른 위치자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

(6) 두록종 등심근내 지방산패도(TBARS) 대한 유전자마커 효과

(표 1-58~562)에는 두록종의 등심근내 지방산패도에 대한 유전자효과를 분석하였다. 분석에 활용한 모든 유전자에 대해 지방산패도에 대해 통계적 유의차가 없게 조사되었다($p > 0.05$)

[표 1-58] 두록종의 등심근내 지방산패도에 대한 PRKAG3유전자 효과

TBARS	PRKAG3		
	AA	AG	GG
TBARS_0	89.80	90.00	91.25
TBARS_5	100.38	96.38	100.93
TBARS_10	112.85	111.74	110.44
TBARS_0	53.78	42.67	31.60
TBARS_5	55.60	44.69	50.88
TBARS_10	61.30	51.11	58.21

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

[표 1-59] 두록종의 등심근내 지방산패도에 대한 CAST유전자 효과

TBARS	CAST		
	EE	EF	FF
TBARS_0	92.54	90.12	86.18
TBARS_5	99.69	99.94	93.41
TBARS_10	113.08	110.94	108.72
TBARS_0	44.23	42.51	18.49
TBARS_5	46.87	56.18	13.17
TBARS_10	54.20	62.58	22.27

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

[표 1-59] 두룩종의 등심근내 지방산패도에 대한 FABP3유전자 효과

TBARS	FABP3		
	CC	TC	TT
TBARS_0	75.46	93.44	89.75
TBARS_5	81.81	100.64	99.13
TBARS_10	102.63	112.15	111.52
TBARS_0	33.94	43.36	39.84
TBARS_5	32.60	46.46	51.49
TBARS_10	39.58	56.11	56.73

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

[표 1-60] 두룩종의 등심근내 지방산패도에 대한 F4유전자 효과

TBARS	F4		
	CC	CG	GG
TBARS_0	92.54	90.98	88.30
TBARS_5	101.47	100.00	96.08
TBARS_10	116.02	107.85	110.99
TBARS_0	46.72	46.05	29.23
TBARS_5	48.99	58.04	40.24
TBARS_10	55.73	63.92	47.71

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

[표 1-61] 두룩종의 등심근내 지방산패도에 대한 MC4R유전자 효과

TBARS	MC4R		
	AA	AG	GG
TBARS_0	102.92	81.79	93.06
TBARS_5	111.88	91.31	99.84
TBARS_10	130.90	103.50	107.16
TBARS_0	47.05	25.58	50.25
TBARS_5	54.19	38.08	57.56
TBARS_10	62.85	44.57	61.57

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

[표 1-62] 두룩종의 등심근내 지방산패도에 대한 HMGA1유전자 효과

TBARS	HMGA1		
	CC	TC	TT
TBARS_0	117.80	97.26	88.76
TBARS_5	68.01	107.47	97.45
TBARS_10	121.13	121.10	109.23
TBARS_0	-	56.88	36.57
TBARS_5	-	58.96	47.02
TBARS_10	-	65.76	53.63

※TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

2. 육질형질 관련 유전모수 추정

가. 육질형질에 대한 유전력 추정

유전능력평가 분석모델을 실시하기 위하여 고정효과에 대한 분산분석을 실시하였다. 육질형질에 대한 고정효과로는 연도별차수, 성별 및 동복효과에 대해 분석하였고, 번식형질에 대한 고정효과로는 연도별차수, 산차 및 동복효과에 대해 분석을 실시하였다.

$$y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + Y-N_k + a W_l + \epsilon_{ijkl}$$

여기서, y_{ijkl} 는 i번째 연도별 품종, j번째 성별, k번째 검정차수, l번째 체중의 관측치, B_i I번째 품종, S_j j번째 성별, $Y-N_k$ k번째 검정 차수, $a W_l$ l번째 도체중에 대한 회귀 ϵ_{ijkl} 는 임의오차.

유전능력평가는 다형질 개체모형(multiple traits animal model)을 활용하여 분석을 실시하였으며, 유전능력평가 분석프로그램 **ASReml ver 4.0**을 활용하여 분석을 실시하였다.

$$y = X\beta + Zu + e$$

여기서, X 는 고정효과(연도별 차수, 성별 or 산차)의 행렬, Z 는 임의효과(동복효과)의 행렬 및 e 는 임의 오차임.

돼지 육질형질에 대한 유전력을 추정된 결과, 사후 24시간후 pH는 0.53으로 고도의 유전력으로 조사되었고, 명도(CLE L*)와 황색도(CLE b*)도 각각 0.65와 0.54로 고도의 유전력으로 추정되었다. 24시간후 드립로스는 0.24로 저도의 유전력으로 추정되었고, 보수력(water holding capacity, WHC)도 0.20으로 저도의 유전력으로 추정되었다. 관능평가 형질인 연도(tender), 풍미(flavor) 및 전체기호도(overall acceptability)는 각각 0.66, 0.56 및 0.41로 추정되었다.

[표 1-63] 돼지고기 육질형질에 대한 유전력(heritabilities, h^2)

형질	pH(24h)	CLE L*	CLE a*	CLE b*	Color	Hardness	marbling
유전력(h^2)	0.53	0.65	0.22	0.54	0.17	0.02	0.66

[표 1-64] 돼지고기 육질형질에 대한 유전력(heritabilities, h^2)

형질	Drip loss	Drip loss	WHC	shear force	tender	flavor	Overall acceptability
	24h	14day					
유전력(h^2)	0.24	0.69	0.20	0.30	0.66	0.56	0.41

* WHC(water holding capacity)

등심근내의 지방산조성에 대한 유전력을 추정한 결과, 포화지방산과 불포화지방산의 유전력은 0.35로 추정되었고, 불포화지방산중에 단가불포화지방산은 0.22로 저도의 유전력으로 추정되었으며, 다가불포화지방산은 0.065로 고도의 유전력으로 추정되었다(표 1-65~67).

[표 1-65] 돼지고기 등심근내의 지방산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

Fatty acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid
유전력(h^2)	0.41	0.27	0.37	0.24

* Palmitic acid(C16:0); * Stearic acid(C18:0); Oleic acid(C18:1n9); Linoleic acid(C18:2n6)

[표 1-66] 돼지고기 등심근내의 지방산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

Fatty acid	γ -Linoleic acid	Linolenic acid	Eicosenoic acid	Arachidonic acid
유전력(h^2)	0.20	0.24	0.32	0.46

* γ -Linoleic acid(C18:3n6); Linolenic acid(C18:3n3); Eicosenoic acid(C20:1n9); Arachidonic acid(C20:4n6);

[표 1-67] 돼지고기 등심근내의 지방산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

Fatty acid	포화 지방산	불포화 지방산	단가불포화 지방산	다가불포화 지방산	w-3	w-6
유전력(h^2)	0.35	0.35	0.22	0.65	0.82	0.68

* SFA(포화지방산); USFA(불포화지방산), mono(단가불포화지방산), poly(다가불포화지방산)

등심근내의 유리아미노산 조성에 대한 유전력을 추정한 결과, alanine(단맛), proline(단맛과 짠맛), aspartic acid(우마미, 신맛) 및 methionine(쓴맛, 황산맛, 우마미)이 각각 0.48, 0.59, 0.43 및 0.48로 고도의 유전력으로 추정되었고, 그 외 아미노산은 0.2~0.3으로 중도의 유전력으로 추정되었다(표 1-68~70).

[표 1-68] 돼지고기 등심근내의 유리아미노산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

유리아미노산	Glycine	Alanine	Serin	Proline	Valine
유전력(h^2)	0.26	0.48	0.22	0.59	0.17

[표 1-69] 돼지고기 등심근의 유리아미노산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

유리아미노산	Threonine	Leucine	Isoleucine	Aspartic acid	Lysine
유전력(h^2)	0.18	0.19	0.23	0.43	0.20

[표 1-70] 돼지고기 등심근의 유리아미노산조성의 유전력(heritabilities, h^2)

유리아미노산	Glutamic acid	Methionine	Histidine	Phenylalanine	Arginine	Tyrosine
유전력(h^2)	0.34	0.48	0.85	0.22	0.20	0.30

맛과 관련된 형질은 우마미(umami)에 대한 유전력은 0.38로 추정되어 유리 아미노산중 aspartic acid(우마미, 신맛) 및 methionine(쓴맛, 황산맛, 우마미)과 유사하게 추정되었다, 맛에 있어 중요한 Inosine과 IMP는 각각 0.37과 0.24로 중도의 유전력으로 추정되었다.

[표 1-71] 돼지고기 등심근의 우마미, 핵산 및 지방산패도의 유전력(heritabilities, h^2)

형질	Umami	Sweet	bitter	hypoxanthine	uridine	inosine
유전력(h^2)	0.38	0.26	0.20	0.98	0.80	0.37
형질	AMP	GMP	IMP	ADP	TBARS_5	TBARS_10
유전력(h^2)	0.29	0.21	0.24	0.49	0.05	0.26

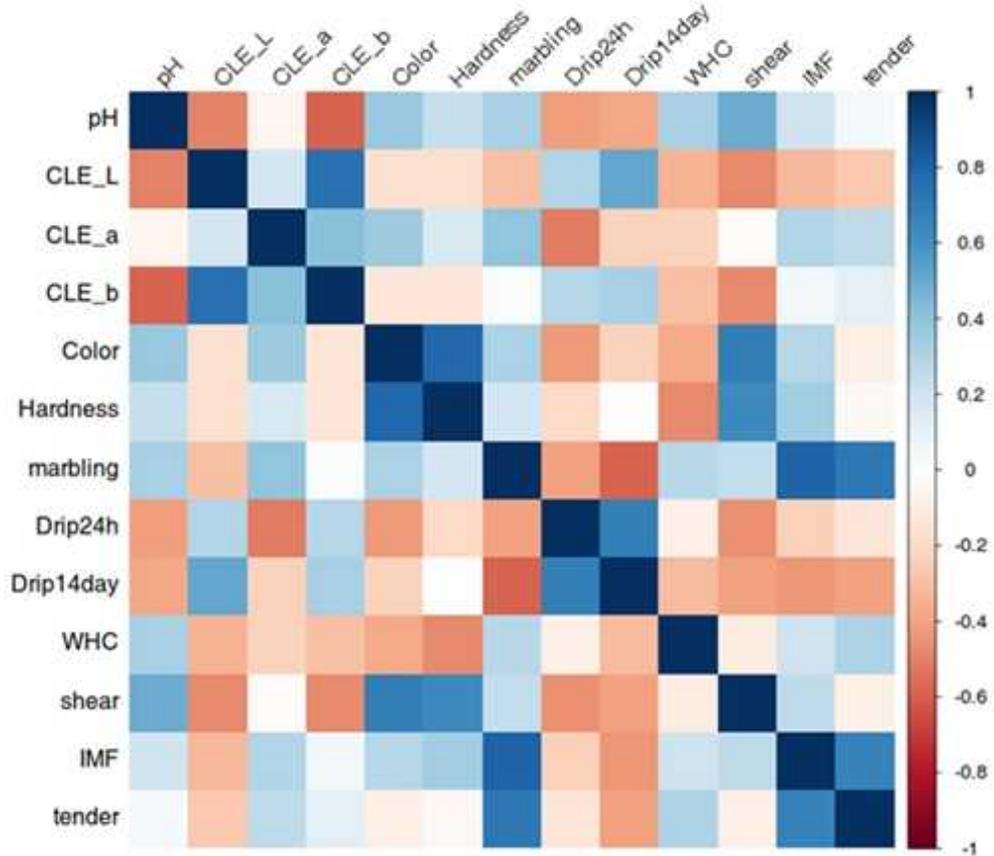
Umami : Aspartic acid+Glutamic acid

Sweet : Serine+Glycine+Alanine+Lysine

Bitter : Valine+Methionine+Isoleucine+Leucine+Phenylalanine+Histidine+Arginine

나. 육질형질에 대한 유전상관추정

육질형질간의 유전상관을 추정된 결과 사후 24시간 pH와 상관도가 있는 것은 육색, 연도와 고도의 상관도로 조사되었고, 가열감량과 상관도가 있는 형질은 명도, 적색도가 상관도가 존재하였고, 연도와 상관도가 있는 형질은 근내지방도, 보수력이 상관도가 존재하였다(그림 1-10).

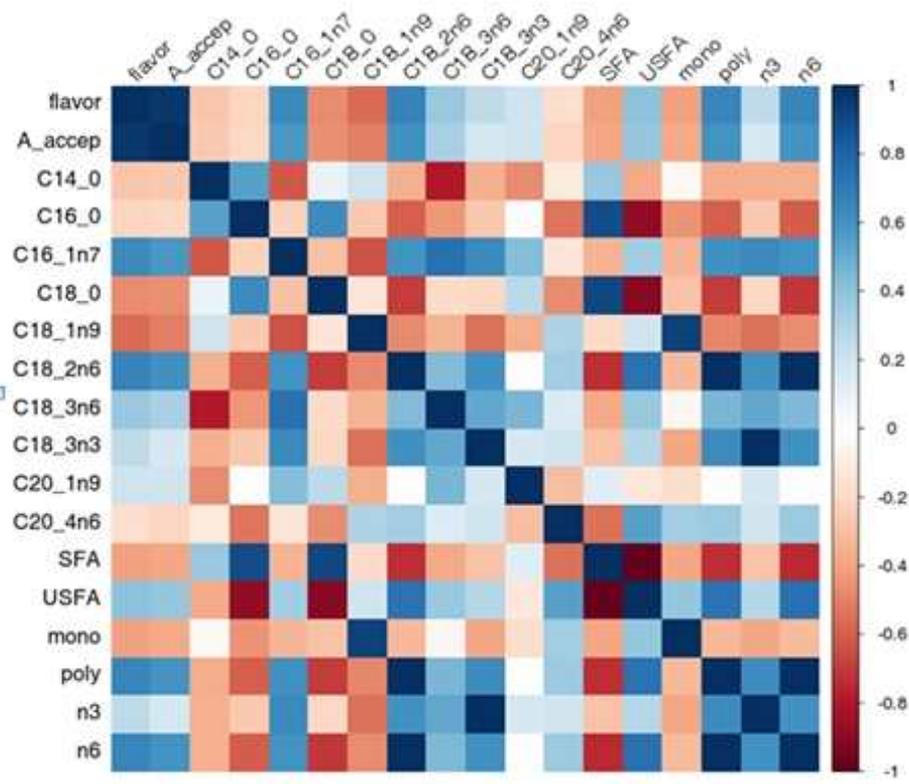


[그림 1-10] 돈육의 육질형질간의 유전상관
(상관도가 1이면 푸른색, 상관도가 -1이면 붉은색, 0이면 흰색)

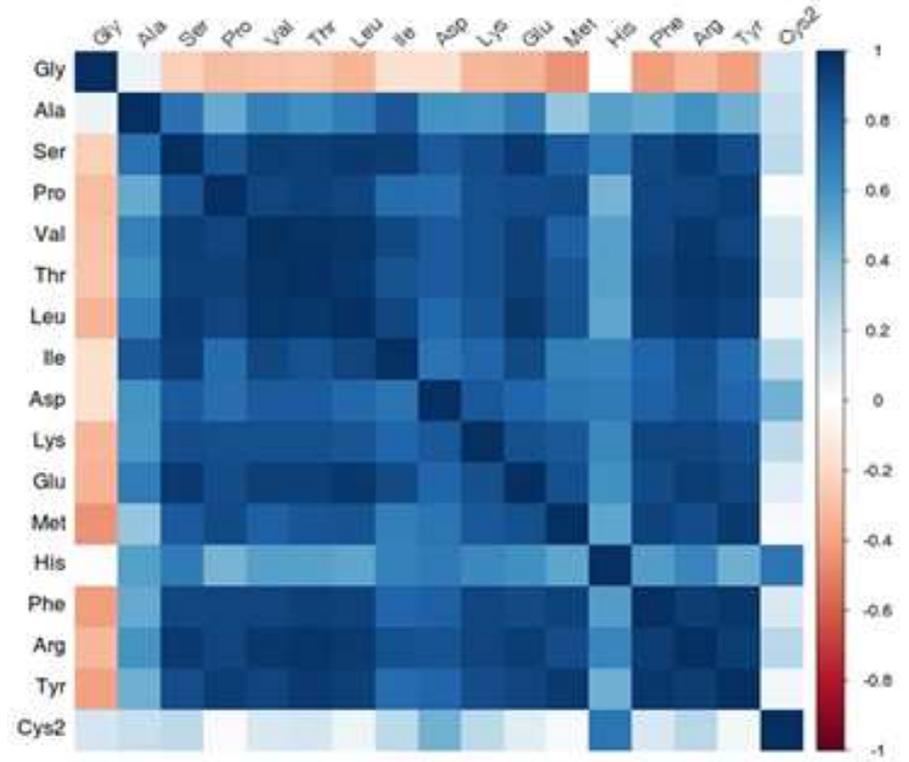
[1-72] 등심근에서 측정 한 육질형질간의 유전상관

Meat Quality	pH(24h)	CLE L*	CLE a*	CLE b*	Color	Hardness	marbling	Drip loss (24h)	Drip loss (14day)	WHC	shear force	IMF	tender
pH(24h)	-	-0.49	-0.05	-0.58	0.38	0.22	0.32	-0.41	-0.39	0.32	0.50	0.20	0.04
CLE L*		-	0.18	0.74	-0.17	-0.17	-0.29	0.30	0.52	-0.35	-0.47	-0.33	-0.27
CLE a*			-	0.41	0.36	0.16	0.39	-0.52	-0.22	-0.22	-0.02	0.29	0.25
CLE b*				-	-0.13	-0.14	0.03	0.28	0.32	-0.30	-0.48	0.06	0.11
Color					-	0.78	0.31	-0.43	-0.22	-0.38	0.69	0.28	-0.09
Hardness						-	0.18	-0.19	0.00	-0.48	0.64	0.34	-0.03
marbling							-	-0.41	-0.59	0.27	0.24	0.80	0.71
Drip loss (24h)								-	0.69	-0.09	-0.46	-0.23	-0.13
Drip loss (14day)									-	-0.31	-0.41	-0.43	-0.41
WHC										-	-0.10	0.21	0.31
shear force											-	0.25	-0.09
IMF												-	0.67
tender													-

* WHC(water holding capacity), IMF(intramuscular fat)

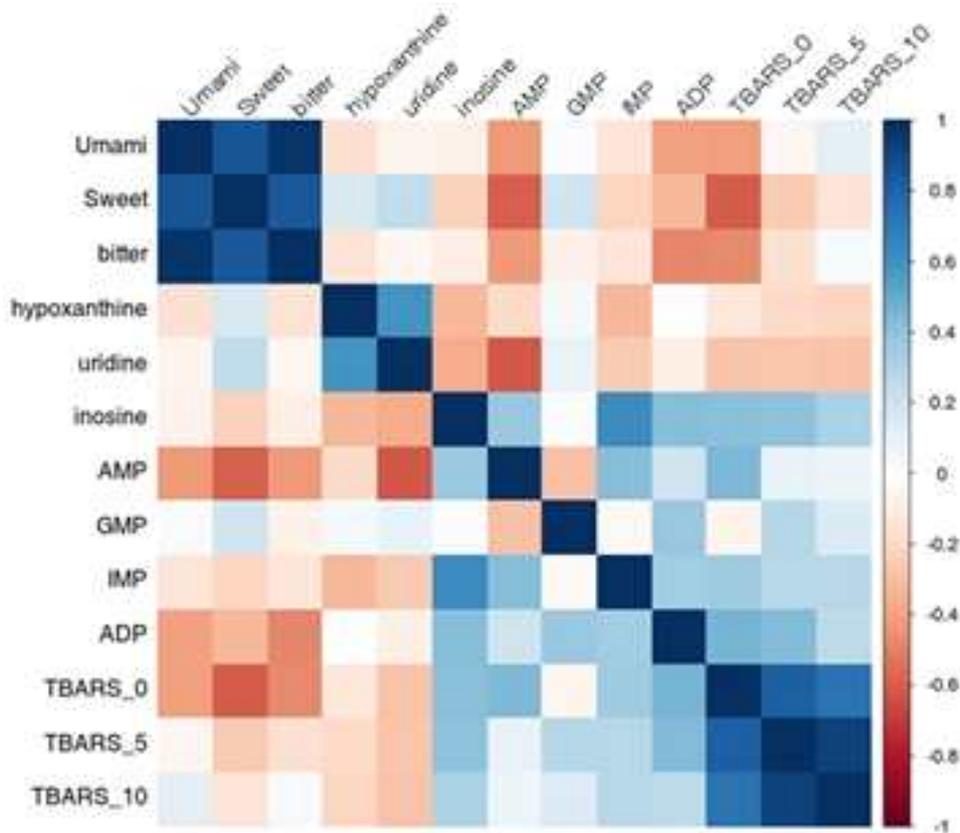


[그림 1-11) 돈육의 관능평가 결과와 지방산조성과의 유전상관
(상관도가 1이면 푸른색, 상관도가 -1이면 붉은색, 0이면 흰색)



[그림 1-12] 돈육의 유리아미노산간 유전상관
(상관도가 1이면 푸른색, 상관도가 -1이면 붉은색, 0이면 흰색)

풍미(flavor)와 다가불포화 지방산간에는 상관도가 높게 조사되었으며, 기호성과도 상관도가 높게 조사되었다. 또한 풍미와 W6간에도 상관도가 높은 것으로 조사되었다. 풍미와 기호성은 상관도가 매우 높은 것으로 조사되었다(그림 3-2). 유리아미노산간에는 상관도가 아주 높은 것으로 조사되었다(그림 3-3) 우마미(umami)와 핵산간에는 중도의 상관관계로 조사되었고, 핵산물질간에는 중도의 상관관계가 있는 것으로 조사되었다(그림 3-4).



[그림 1-13] 돈육의 우마미, 핵산과 지방산패도간의 유전상관
(상관도가 1이면 푸른색, 상관도가 -1이면 붉은색, 0이면 흰색)

[1-73] 관능평가 결과와 지방산조성과의 유전상관

Meat Quality	flavor	A _{accep}	C14:0	C16:0	C16:1n7	C18:0	C18:1n9	C18:2n6	C18:3n6	C18:3n3	C20:1n9	C20:4n6	SFA	USFA	mono	poly	n3	n6
flavor	-	0.97	-0.27	-0.22	0.63	-0.46	-0.56	0.66	0.37	0.25	0.20	-0.17	-0.40	0.40	-0.41	0.65	0.25	0.66
A _{accep}		-	-0.26	-0.20	0.57	-0.46	-0.50	0.61	0.32	0.18	0.19	-0.21	-0.38	0.38	-0.38	0.59	0.18	0.60
C14:0			-	0.54	-0.62	0.09	0.21	-0.35	-0.79	-0.36	-0.46	-0.11	0.37	-0.37	-0.04	-0.36	-0.36	-0.36
C16:0				-	-0.23	0.62	-0.26	-0.60	-0.44	-0.27	0.00	-0.54	0.89	-0.89	-0.44	-0.60	-0.27	-0.60
C16:1n7					-	-0.30	-0.63	0.59	0.75	0.63	0.43	-0.14	-0.34	0.34	-0.33	0.60	0.63	0.59
C18:0						-	-0.15	-0.70	-0.19	-0.20	0.27	-0.47	0.91	-0.91	-0.28	-0.69	-0.20	-0.70
C18:1n9							-	-0.48	-0.34	-0.55	-0.36	0.31	-0.19	0.19	0.93	-0.48	-0.55	-0.47
C18:2n6								-	0.43	0.60	0.00	0.35	-0.74	0.74	-0.32	1.00	0.60	1.00
C18:3n6									-	0.52	0.45	0.15	-0.38	0.38	-0.05	0.45	0.52	0.44
C18:3n3										-	0.17	0.20	-0.28	0.28	-0.38	0.63	-	0.60
C20:1n9											-	-0.31	0.13	-0.13	-0.18	0.01	0.17	0.00
C20:4n6												-	-0.55	0.55	0.34	0.36	0.20	0.36
SFA													-	-1.00	-0.39	-0.73	-0.28	-0.74
USFA														-	0.39	0.73	0.28	0.74
mono															-	-0.32	-0.38	-0.31
poly																-	0.63	1.00
n3																	-	0.60
n6																		-

* Overall acceptability(A_{accep}); Myristic acid(C14:0); Palmitic acid(C16:0); Palmitoleic acid(C16:1n7); Oleic acid(C18:1n9); Linoleic acid(C18:2n6); γ-Linoleic acid(C18:3n6); Linolenic acid(C18:3n3); Eicosenoic acid(C20:1n9); Arachidonic acid(C20:4n6); SFA(포화지방산); USFA(불포화지방산), mono(단가불포화지방산), poly(다가불포화지방산)

[1-74] 등심근내의 유리아미노산의 유전상관

Amino acid	Gy	Aa	Sr	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Gu	Mt	Hs	Phe	Arg	Tyr	Gs2
Gy	-	0.07	-0.23	-0.31	-0.28	-0.27	-0.34	-0.16	-0.17	-0.33	-0.34	-0.44	0.01	-0.42	-0.33	-0.40	0.18
Aa		-	0.75	0.50	0.68	0.61	0.69	0.85	0.59	0.59	0.70	0.39	0.54	0.51	0.59	0.48	0.22
Sr			-	0.86	0.95	0.94	0.96	0.95	0.83	0.88	0.95	0.83	0.70	0.90	0.96	0.89	0.27
Pro				-	0.91	0.93	0.91	0.77	0.76	0.88	0.88	0.90	0.46	0.91	0.92	0.94	0.03
Val					-	0.98	0.98	0.91	0.83	0.88	0.93	0.81	0.54	0.92	0.96	0.92	0.17
Thr						-	0.97	0.87	0.84	0.88	0.93	0.86	0.55	0.94	0.97	0.95	0.18
Leu							-	0.91	0.78	0.86	0.97	0.87	0.52	0.92	0.95	0.94	0.07
Ile								-	0.73	0.79	0.90	0.69	0.68	0.79	0.87	0.76	0.27
Asp									-	0.84	0.80	0.73	0.70	0.81	0.86	0.79	0.48
Lys										-	0.88	0.84	0.65	0.91	0.91	0.88	0.26
Gu											-	0.88	0.60	0.90	0.94	0.92	0.12
Mt												-	0.52	0.93	0.89	0.96	0.04
Hs													-	0.56	0.66	0.48	0.72
Phe														-	0.94	0.96	0.16
Arg															-	0.94	0.27
Tyr																-	0.06
Gs2																	-

[1-74] 돈육의 우마미, 핵산과 지방산패도간의 유전상관

	Umami	Sweet	bitter	hypoxanthine	uridine	inosine	AMP	GMP	IMP	ADP	TBARS0	TBARS5	TBARS10
Umami	-	0.85	0.97	-0.15	-0.06	-0.06	-0.42	0.03	-0.14	-0.41	-0.41	-0.05	0.12
Sweet		-	0.85	0.17	0.25	-0.22	-0.59	0.19	-0.22	-0.32	-0.60	-0.25	-0.14
bitter			-	-0.14	-0.04	-0.09	-0.42	-0.07	-0.14	-0.48	-0.47	-0.15	0.04
hypoxanthine				-	0.60	-0.33	-0.18	0.05	-0.33	-0.01	-0.12	-0.20	-0.21
uridine					-	-0.37	-0.61	0.10	-0.25	-0.09	-0.28	-0.27	-0.29
inosine						-	0.38	0.01	0.62	0.42	0.41	0.41	0.32
AMP							-	-0.30	0.42	0.20	0.44	0.10	0.08
GMP								-	-0.03	0.37	-0.06	0.28	0.15
IMP									-	0.35	0.36	0.28	0.27
ADP										-	0.46	0.43	0.25
TBARS0											-	0.82	0.74
TBARS5												-	0.93
TBARS10													-

Umami : Aspartic acid+Glutamic acid

Sweet : Serine+Glycine+Alanine+Lysine

Bitter : Valine+Methionine+Isoleucine+Leucine+Phenylalanine+Histidine+Arginine

□ 요약

- ① 본 연구에서 조사한 돼지고기 등심근의 물리적, 화학적특성들의 유전력은 대부분이 중도의 유전력으로 추정되었고, 유전상관을 추정한 결과 사후 24시간 pH와 상관도가 있는 것은 육색, 연도와 고도의 상관도로 조사되었고, 가열감량과 상관도가 있는 형질은 명도, 적색도가 상관도가 존재하였고, 연도와 상관도가 있는 형질은 근내지방도, 보수력이 상관도가 존재하였다.
- ② 등심근내의 유리아미노산 조성에 대한 유전력을 추정한 결과, alanine(단맛), proline(단맛과 짠맛), aspartic acid(우마미, 신맛) 및 methionine(쓴맛, 황산맛, 우마미)이 각각 0.48, 0.59, 0.43 및 0.48로 고도의 유전력으로 추정되었고, 그 외 아미노산은 0.2~0.3으로 중도의 유전력으로 추정되었다.
- ③ 등심근내의 지방산조성에 대한 유전력을 추정한 결과, 포화지방산과 불포화지방산의 유전력은 0.35로 추정되었고, 불포화지방산중에 단가불포화지방산은 0.22로 저도의 유전력으로 추정되었으며, 다가불포화지방산은 0.065로 고도의 유전력으로 추정되었다.
- ④ 맛과 관련된 형질은 우마미(umami)에 대한 유전력은 0.38로 추정되어 유리 아미노산중 aspartic acid(우마미, 신맛) 및 methionine(쓴맛, 황산맛, 우마미)과 유사하게 추정되었고, 맛에 있어 중요한 Inosine과 IMP는 각각 0.37과 0.24로 중도의 유전력으로 추정되었다.
- ⑤ 풍미(flavor)와 다가불포화 지방산간에는 상관도가 높게 조사되었으며, 기호성과도 상관도가 높게 조사되었다. 또한 풍미와 W6간에도 상관도가 높은 것으로 조사되었다. 풍미와 기호성은 상관도가 매우 높은 것으로 조사되었다. 유리아미노산간에는 상관도가 아주 높은 것으로 조사되었다. 우마미(umami)와 핵산간에는 중도의 상관관계로 조사되었고, 핵산물질간에는 중도의 상관관계가 있는 것으로 조사되었다.

3. 돼지고기 맛 지수(Pork Palatability Index)

본 연구에서 분석한 육질형질, 지방산 조성, 유리아미노산 및 핵산등 맛관련 지표를 이용해 맛 지수를 제안하기 위하여 주성분분석(principal component analysis)과 인자분석(factor analysis)을 실시하였다. 주성분분석은 여러 개의 변수들이 내포된 다변량 자료를 분석하는 방법 중 하나이며 그 자료의 구조와 해석이 복잡하고 애매한 경우에 실시한다. 이러한 상황에서 원 변수들의 몇 개의 일차 결합을 통해 간단한 구조를 갖도록 축약하게 되면 다변량 자료의 분석 및 이해에 도움이 된다. 먼저 공분산 행렬(Covariance matrix)을 최대한 설명하는 몇 개의 일차결합을 주 성분(principal component)라 부르는데 이러한 주성분을 구하고 해석 하여 원 자료를 축약하는 방법을 말한다.

인자분석(factor analysis)은 서로 상관관계를 맺고 있으나 직접적으로 해석하기 어려운 자료나, 여러 변수들 간의 구조적 연관관계를 파악하는데 용이하며 변수들의 저변 구조를 이해하기 위해 개념상의 의미를 부여 하려 할 때 사용 된다. 또한 원래의 변수들 보다 훨씬 적은 개수의 공통인자를 상징하여, 이들을 통해 분석하고자 하는 통계적 방법이다.

가. 주성분 분석에 의한 맛 지수 제안

소비자가 느끼는 맛은 주관적이지만 객관적인 지표로 종합하기 위하여 관능평가로 측정한 최종기호도와 본 연구에서 측정한 물리적 및 이화학적 특성과의 상관도 분석을 위에서 실시하였다. 맛 지수는 돼지고기 품질 평가를 용이하고 편리하게 하기 위함이며, 임의 항목의 측정값을 선형변환 시켜 수식화하여 이용할 수 있다. 따라서 다차원 자료의 단순화를 통해 서로 상관되어 있는 변수들간의 복잡한 구조의 분석이 선행되어야 한다. 수식의 도출에 있어 변수들을 선형변환 시켜 독립적인 인공변수들의 도출은 필수적이다. 본 연구에서는 다변량 자료의 통계적 분석 방법으로 주성분 분석을 실시하였으며 표본상관행렬(Correlation matrix), 고유값(Eigen values of the Correlation Matrix) 고유벡터(Eigen vectors)의 결과를 (표 1-75)에 나타내었다.

주성분(principal component) 분석을 위한 가중계수는 일반적으로 공분산행렬에 대한 고유값 분해를 이용해서 구하나 본 연구에서는 측정자료 특성상 상관행렬(Correlation matrix)에 대한 고유값의 분해를 이용해 구하였다. 상관행렬은 척도의 불변성으로 인해 측정단위와는 무관하게 주성분 분석을 실시하기 위함이었다. 모든 주성분의 고유값을 선택하여 자료를 설명하려고 하면 본래 주성분 분석의 목적인 자료의 평면화 및 자료의 축약이라는 목적과 상반된다. 상관행렬로 고유값을 구한 경우에는 고유값 1 이상 되는 성분을 주성분으로 채택하는 것이 보통이다. 하지만 본 연구의 목적은 다양한 육질 항목들의 측정값을 통해 육질을 대표 할 수 있는 육질 평가 지수를 고안 하는 것이므로 주성분을 제3 주성분까지 채택하여 자료를 설명하였다.

(표 1-76)은 각 주성분별로 고유값과 그에 대한 분산을 나타내었다. 제1 주성분은 명도, 유리육즙량이 사후 근육내 산도, NPPC 육색 및 마블링 점수와 차이를 나타내는 것이고 제2 주성분

은 pH_{24 h}, 명도, 마블링 점수와 사후 초기 산도인 pH_{45 min}, 유리육즙량, NPPC 육색과의 차이, 그리고 제3 주성분은 사후 근육의 산도와 명도, 유리육즙량, NPPC 육색, 마블링과의 차이를 나타내는 것이다. 주성분 1, 2, 3의 고유값 누적 분포를 살펴보면 각각 0.5770, 0.1331, 0.1060 으로 전체 자료의 변이의 81.61%를 설명 될 수 있음을 나타낸다. 제4 주성분은 pH_{45 min} 과 마블링 점수를 나타내는 고유벡터로 사후 초기 산도와 마블링 점수와의 관계로 해석 할 수 있으며 제5 주성분은 명도와 명도를 제외한 육질 항목간의 대조적인 경향으로 해석 할 수 있다. 제5성분은 명도와 NPPC 육색 점수와의 관계를 나타낸 자료로 해석이 가능하다.

[1-75] Eigenvalues of the correlation matrix

	Eigenvalues	Difference	Proportion	Cumulative
Principal component				
1	3.462067	2.663366	0.5770	0.5770
2	0.798701	0.162717	0.1331	0.7101
3	0.635984	0.123043	0.1060	0.8161
4	0.512941	0.167112	0.0855	0.9016
5	0.345828	0.101349	0.0576	0.9593
6	0.244479	.	0.0407	1

[1-76] Eigenvectors of principal component in meat quality traits

	principal component					
	1	2	3	4	5	6
pH _{45 min}	0.414298	-0.00223	-0.37379	0.702609	0.397487	0.192289
pH _{24 h}	0.348528	0.657517	-0.35218	-0.51343	0.237987	-0.04384
<i>L</i> *	-0.431818	0.506591	0.034045	0.187457	-0.18393	0.697689
Drip loss	-0.452943	-0.06381	0.190427	-0.12267	0.859764	0.016314
NPPC ^a color	0.435427	-0.40014	0.210828	-0.37912	0.086113	0.674312
NPPC marbling	0.354493	0.383213	0.808935	0.220931	0.070189	-0.13918

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

위에서 선정한 주성분을 통해 산출하는 점수 계산식을 Table 3-9에 나타내었다. 상관행렬에 기초하여 주성분분석을 수행하였기 때문에 분산이 1이 되도록 표준화된 변수 벡터 $z=(z_1, z_2, \dots, z_5, z_6)$ 를 분석 대상으로 분석하였으며 각 주성분의 주성분 점수는 다음과 같이 계산된다.

[1-77] The principal component score calculation

Principal component 1
$= 0.4143 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02) / 0.373] + 0.3485 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74) / 0.162] - 0.4318 \times [(L^* - 47.91) / 3.466] - 0.4529 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22) / 2.50] + 0.4354 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65) / 0.712] + 0.3544 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12) / 0.76]$
Principal component 2
$= -0.0022 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02) / 0.373] + 0.6575 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74) / 0.162] - 0.5065 \times [(L^* - 47.91) / 3.466] - 0.0638 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22) / 2.50] - 0.4001 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65) / 0.712] + 0.3832 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12) / 0.76]$
Principal component 3
$= -0.3738 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02) / 0.373] - 0.3521 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74) / 0.162] + 0.0340 \times [(L^* - 47.91) / 3.466] + 0.1904 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22) / 2.50] + 0.2108 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65) / 0.712] + 0.8089 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12) / 0.76]$

주성분 분석에 의한 점수 산출은 다양한 육질항목에 대한 주성분의 설명가능지수를 말한다. 따라서 제1에서 제 3 주성분(principal component 1~3)은 자료들의 상관관계 및 구조 해석에는 용이하나 척도화된 특정 점수를 나타냄에 있어서는 부족하다.

나. 인자분석(factor analysis)을 통한 육질지수의 고안

인자분석의 주성분분석법은 단순히 처음 설정된 주성분의 계수를 척도화하여 인자적재행렬의 추정값을 얻은 방법이다. 계산이 간단하다는 장점이 있어 본 연구에서는 주성분분석을 토대로 인자분석의 주성분분석법을 이용해 요인점수(factor score)를 산출하여 육질 평가지수 고안에 도입하고자 하였다. 인자분석 모형 중 변수와 인자사이의 인과관계를 표현하는 방정식 체계를 나타내는 것을 인자패턴(factor pattern)이라고 하며 이때 선형결합에 사용된 가중계수를 인자적재(factor loading)이라 한다. 인자 패턴과 인자 적재행렬은 주성분분석에서 구한 3개의 주성분의 고유값의 제곱근에 고유벡터와의 곱으로 구할 수 있으며 결과를 Table 2-10에 나타내었다. (표 1-79)은 주성분분석에 의해 산출된 추정치로 각 요인으로 설명할 수 있는 전체 변동을 의미한다. 또한 (표 1-80)는 주요인이 자료를 설명하는데 있어 각 육질항목들이 차지하는 비중을 말하며 pH_{45 min}이 13.95%로 가장 낮았으며 19.78%로 NPPC 마블링이 가장 높게 분석되었다.

[1-78] Factor pattern by principal factor method

Meat quality	Factor 1	Factor 2	Factor 3
pH _{45 min}	0.77087	-0.002	-0.2981
pH _{24 h}	0.64849	0.58762	-0.28086
L*	-0.80347	0.45274	0.02715
Drip loss	-0.84277	-0.05702	0.15186
NPPC ^a color	0.81018	-0.3576	0.16813
NPPC marbling	0.65959	0.34248	0.64511

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

[1-79] Variance explained by each factor (Total = 4.8968)

Factor 1	Factor 2	Factor 3
3.4621	0.7987	0.6360

[1-80] Final communality estimates (Total = 4.8968)

pH _{45 min}	pH _{24 h}	L*	Drip loss	Color standard	Marbling standard
0.6831 (13.95%)	0.8447 (17.25%)	0.8513 (17.38%)	0.7366 (15.04%)	0.8125 (16.59%)	0.9685 (19.78%)

본 연구에서는 인자분석 결과를 토대로 창조된 육질 평가지수의 설정을 위해 자료의 구조를 보다 낮은 차원으로 검토하였고 각 개체에 대해 유도된 인자의 값인 인자점수를 후속적인 통계 분석이나 보다 정확한 추정을 위해 구체적인 개념을 가진 변수 또는 지표로 설정하였다. (표 1-81)은 인자 점수를 위한 인자점수계수 행렬을 나타낸 것이다.

구해진 3개의 인자를 가지고 주성분분석법을 적용했을 때 [표 1-81]에서 얻은 인자점수계수 행렬에서 인자점수는 다음의 식으로 구해진다. 다음 식으로 개체별 인자점수를 구한 인자점수의 결과를 [표 1-82]에 나타내었다.

[1-81] Standardized scoring coefficients by principal axis factor method

Meat quality	Factor 1	Factor 2	Factor 3
pH _{45 min}	0.2227	-0.0025	-0.4687
pH _{24 h}	0.1873	0.7357	-0.4416
<i>L</i> *	-0.2321	0.5668	0.0427
Drip loss	-0.2434	-0.0714	0.2388
NPPC ^a color	0.2340	-0.4477	0.2644
NPPC marbling	0.1905	0.4288	1.0144

a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

$$f_{i1}^o = 0.2227z_{i1} + 0.1873z_{i2} - 0.2321z_{i3} - 0.2334z_{i4} + 0.2340z_{i5} + 0.1905z_{i6}$$

$$f_{i2}^o = -0.0025z_{i1} + 0.7357z_{i2} + 0.5668z_{i3} - 0.0714z_{i4} - 0.4477z_{i5} + 0.4288z_{i6}$$

$$f_{i3}^o = -0.4687z_{i1} - 0.4416z_{i2} + 0.0427z_{i3} + 0.2388z_{i4} + 0.2644z_{i5} + 1.0144z_{i6}$$

단, 여기서 $z_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k) / s_k$ 이다.

$$\text{Index 1} = f_1^o$$

$$\text{Index 2} = f_2^o$$

$$\text{Index 3} = f_3^o$$

[1-82] Factor score by principal axis factor method

Pig	pH45	pH24h	L*	Drip loss	NPPC color	NPPC marbling	f_1^o	f_2^o	f_3^o
1	6.01	5.76	47.55	2.77	4.20	2.0	0.6645	-0.9621	0.2268
2	5.99	5.64	51.47	4.18	2.00	2.0	-0.6089	0.4775	-0.0548
3	5.9	5.73	49.22	6.24	1.80	2.3	-0.5993	0.7544	0.3085
4	5.77	5.80	49.37	6.34	3.00	3.0	-0.0461	0.7349	1.6718
5	5.62	5.64	46.29	4.23	3.00	2.2	-0.1089	-0.8846	0.9890
...
257	6.54	6.01	49.30	2.35	2.30	3.3	0.8947	2.3943	-0.1092
258	6.47	5.92	42.50	1.56	3.30	2.8	1.4847	-0.0138	-0.2314
259	6.61	5.83	47.50	2.58	2.80	2.5	0.7905	0.5108	-0.5888
260	6.67	5.82	43.90	2.38	2.50	1.8	0.8014	-0.3243	-1.7457
261	6.68	5.85	45.71	2.29	3.00	3.5	1.3198	0.7548	0.6274

3. 포크 소믈리에 교재

일반 소비자들은 돼지고기에 대한 정확한 지식을 전달받기를 원하기 때문에 포크소믈리에 교재는 일반적인 돼지고기의 상식을 기초로 하여 작성을 하였다. 소비자들이 궁금해하는 내용은 ‘냉장육과 냉동육의 차이?’, ‘흑돈과 보통돼지고기의 차이?’, ‘삼겹살은 성인병 요인인가?’, ‘브랜드포크는 어떻게 다른가?’, ‘제조도 돼지고기는 왜 맛있는가?’, ‘비육돈은 몇일만에 출하하나?’, ‘친환경 축산이란?’, ‘돼지고기 부위별 요리방법은?’, ‘국산과 수입육의 차이?’ 등의 의문을 가지고 있지만, 실제 이러한 궁금증에 대해 정확한 정보를 제공할 수 있는 전문가 양성프로그램이 존재하지 않는다. 그러므로 포크소믈리에 교육교재는 돼지고기에 대한 일반적인 지식을 포함하여 영양사, 외식업체 종사자, 할인점 종사자등이 손쉽게 돼지고기 전문가가 될 수 있는 제도를 개발하고 도입함으로써 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 시스템을 구축하는 것이다. 또한 국내산 돼지고기의 우수성을 홍보할 수 있는 일반 소비자를 훈련시켜 포크 소믈리에를 양성하고 이들을 통한 국산 돈육의 소비촉진 방안을 개발하는데 있다.

(가) 소믈리에의 정의

“소믈리에”는 와인을 중심으로 하는 주류, 음료, 식품 전반의 전문적 지식을 가지고 그 구입 보존, 재고·품질 관리, 서비스 방법 등에 유의해서 고객 개개인의 요구에 맞추어 정보를 제공한다. 또 주류 및 요리 선택 시에는 적절한 조언을 아끼지 않고 식사 내용을 건전하고 풍부하게 할 수 있게 식사 환경을 깨끗하고 위생적이고 쾌적한 분위기로 하는 것을 목적으로, 양질의 물적, 인적 서비스의 제공을 실시함으로써 경영 안정화 및 음식의 쾌적성, 안전성, 문화성의 유지와 향상을 추진하는 사람이다. 그 활동의 장은 음식 제공하는 장소이며, 와인을 중심으로 음료의 서비스를 전문적으로 제공하는 종사자의 “직업”을 말한다.

후생 노동성 직업분류(대분류 E 서비스의 직업, 중분류 40接客·급사의 직업, 소 분류 403 음식물 서비스 담당, 세분류 403-03 소믈리에)에서와 같이 인정된 독자의 직업이다. 통칭으로 이미 다양한 “○○○소믈리에”로 사용되고 있지만 직업 분류에 있어서 “정식 호칭”이 아니다.

(나) 포크소믈리에

돼지고기(한돈)에 관한 소비자들의 관심과 흥미를 높이고, 맛있게 요리하는 법 등을 일반 소비자에게 널리 알릴 수 있는 소비자대상 “포크 소믈리에”인증시스템이 필요하다. “야채소믈리에”나 “포도주 소믈리에”와 같은 “포크 소믈리에”는 일반 소비자대상 돼지고기의 우수성을 홍보하는 역할을 담당할 수 있다. 포크소믈리에 인증제도는 ·한돈협회나 육가공협회와 연계하여 포크소믈리에 인증위원회(가칭)을 설립하여 인정제도를 구축되어야 한다. 일반의 소비자를 대상으로 한 포크소믈리에제도를 발족시켜 자격인정시험에 합격한 소비자에게 “포크소믈리에”의 칭호를 수여한다. 인정시험의 난이도는 1급과 2급의 2개의 자격 취득이 가능하다. 대상자는 중학생이상의 일반소비자이다.

“포크소믈리에”의 생성배경은 최근 돼지고기 수입량의 증가와 관련되어 국내산 돼지고기의

우수성을 홍보하는데 있다. 이런 상황에서 일반 소비자의 “식자재 원료”에 대한 안전성 요구가 점점 강해지고 있어 국내산 돼지고기의 우수성을 올바르게 소비자에게 전달할 수 있는 홍보 및 판촉 전략이 필요하게 되었다. 이러한 일반소비자에게 조금이나마 돼지고기의 생산, 제조, 유통을 알게 하여 돼지고기 부위나 조리지식을 체계적으로 습득하게 해 돼지고기 품질이나 위생 지식, 돼지고기를 맛있게 먹는 방법 등을 홍보하기 위해서이다.

(다) 포크 소믈리에 역할

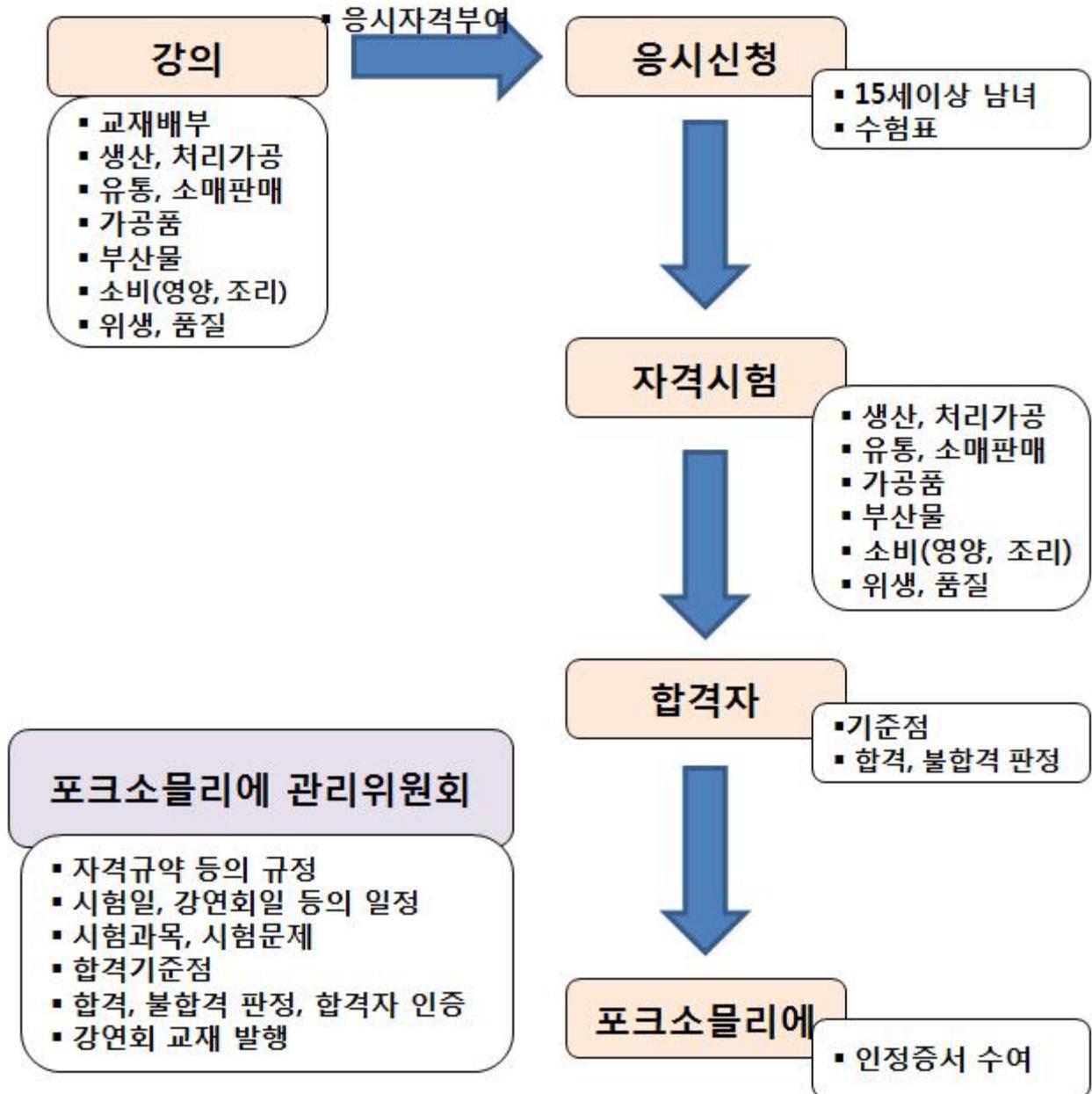
돼지고기에 대한 지식을 체계적, 지속적으로 개발하고 발굴해 지식을 일반 소비자에게 알릴 수 있는 “포크소믈리에”의 자격을 취득하게 하여 업계와 일체가 되어 돼지고기 소비촉진의 기수가 되게 하기 위함이다. 지금까지 보급된 일반소비자 대상의 자격은 “야채소믈리에”와 “포도주 소믈리에”, “생선 마이스터”, “커피 마이스터” 등 많은 업종에 인정 제도가 있어 각각 지식을 활용하여 일반인에게 어드바이스를 해주는 역할을 하고 있다. 돼지고기에 관해서도 다른 마이스터처럼 식육의 이해나 흥미, 먹는 재미를 일반 소비자에게 심어주는 것을 목적으로 하고 있다.

(라) 포크소믈리에 자격제도

구체적으로는 돼지고기에 대한 일정한 교육을 수료하고 (가칭)포크소믈리에 관리위원회가 출제하여 합격기준점을 결정하여 시험을 실시한다. ①돼지고기의 생산 ②돼지고기 가공 및 처리제도 ③돼지고기 유통, 소매판매 ④육가공품 ⑤부산물 ⑥돼지고기 소비(요리나 영양) ⑦돼지고기 위생, 품질관리 등의 지식을 요구하는 학과시험을 실시한다. 합격자에게는 자격인증서를 수여하여 민간의 돼지고기 소비 확대 및 보급의 활동을 의뢰한다. 자격인정시험대책으로 (가칭) 포크소믈리에 관리위원회가 강습회를 개최하여 시험에 관계되는 ①~⑦의 내용을 수강하여 시험을 실시한다. 강의는 6시간정도로 한돈자조금 사무국과 관련단체 및 후원단체의 조직을 합쳐 (가칭)포크소믈리에 관리위원회를 설립한다.

● **포크소믈리에 제도 목적**

- 돼지고기 생산, 제조처리가공, 유통, 소비에 관한 체계적인 지식 습득
- 돼지고기의 특성, 부위별 특징을 이해하는 것으로 용도 및 조리방법의 확대에 의한 소비 촉진
- 국내산 돼지고기의 안전성을 이해시켜 돼지고기의 정확한 지식을 전달



[그림 1-14] 포크소믈리에 자격제도 개요

포크소믈리에 교재

[ISBN : 9788988683095 93520]

목차	주요 교재내용
제 1장 포크소믈리에	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소믈리에 ○ 포크소믈리에 ○ 포크소믈리에 역할 ○ 포크소믈리에 자격제도
제 2장 세계 양돈산업 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요국의 돼지사육두수 및 생산량 ○ 주요국의 돼지고기 수출입 동향
제 3장 국내 양돈산업 현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 국내 양돈산업 현황
제 4장 돼지고기 유통현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 돼지고기 유통단계별 경로 ○ 돼지고기 유통단계별 가격 ○ 돼지고기 유통단계별 소요비용
제 5장 돼지고기 브랜드 현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ - 돼지 부분 우수브랜드 현황
제 6장 돼지고기 품질관리 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 돼지고기 육질에 영향을 미치는 요인 ○ 위해요소중점관리기준(HACCP) ○ 돼지고기 품질·위생관리
제 7장 부록	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농산물원산지 표시제도 ○ 돼지 및 돼지고기 이력제 ○ 돼지고기 도체 등급판정 ○ 돼지분야 우수축산물브랜드 평가 인증표 ○ 돼지고기 분할상태별 부위명 ○ 돼지고기 관능검사법

맛을 측정하기 위한 관능검사법

[ISBN : 9788988683088 93520]

목차	주요 교재내용
<p>제 1장 패널의 선정과 관리, 운영</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분석형 패널과 기호형 패널 ○ 패널의 조건 ○ 미각감도 실험 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 맛의 구별 테스트 - 맛의 농도차 구별 실험 - 식품의 맛 구별 실험 ○ 패널의 채용기준과 합격률 ○ 미각감도와 좋아하는 것과의 관계 ○ 양케이트에 의한 기호조사 ○ 관능 평가 특성에 따른 평가 패널에 필요한 인원 ○ 사내 패널의 특우 ○ 사내 패널 관리, 운영의 방법
<p>제 2장 관능검사의 방법 및 해석법</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2점 비교법(pair test) (1) ○ 2점 비교법(pair test) (2) ○ 3점 구별시험법(triangle test) ○ 배우법(matching test) ○ 순위법(ranking test) ○ 평점법(scoring method) ○ 일대비전법(paired comparison) ○ 셰페의 일대비교법(Scheffé's paired comparison) ○ SD법(Semantic Differential Method)

업 무 협 약 서

축산분야 「정 P&C 연구소」, 「(사)대한양계협회」와 「한국산업인력공단」은 상호업무 협력에 관한 업무 협약서를 다음과 같이 체결한다.

제 1조(목적) 자격검정 사업에 대한 거버넌스 체계를 구축하고, 유기적 연대를 확립하여 각 기관의 상호발전을 도모하는데 그 목적을 둔다.

제 2조(협력내용) 협약 대상 기관은 상호 발전을 위해 적극 교류 협력하며 그 협약사항은 **유대강화, 자격검정사업 및 관련 정보 교류, 자격시험 정보 제공 형태 표준화(SDF) 구축, 시험관련 내용 공유, 출제-검정노하우 및 고객감동 우수사례 공유** 등을 충실히 이행한다.

제 3조(업무진행방법) 기관 간 협력 내용을 이행하기 위한 세부 사항과 추가적 협력 사항 발생 시 기관 간 상호 협의하여 시행한다.

제 4조(비밀유지) 협약체결 사항이 자격시험 관련 내용을 다루고 있으므로 대상기관들은 기밀 사항을 엄중히 지키며 합의 없이 제3자에게 제공하거나 누설해서는 안 된다.

제 5조(협약기간) 효력기간은 업무 협약서 체결일로부터 효력발생하며, 어느 한쪽 당사자가 다른 쪽 당사자에게 서면으로 해지 의사를 표명하지 않는 한 그 효력은 체결일로부터 2018년 12월 31일까지로 한다.

본 협약체결을 증명하고 협력 내용을 성실하게 이행하기 위하여 업무 협약서를 작성 후 협력 기관 간 서명한 후 각각 1부씩 보관한다.

2017년 7월 31일

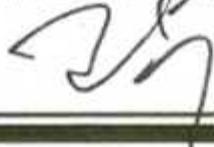
 한국산업인력공단

능력평가이사 김 시 태



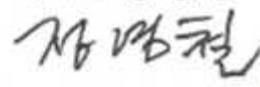
 (사)대한양계협회

대 표 관 용 숙



 정 P&C 연구소

대 표 정 영 철



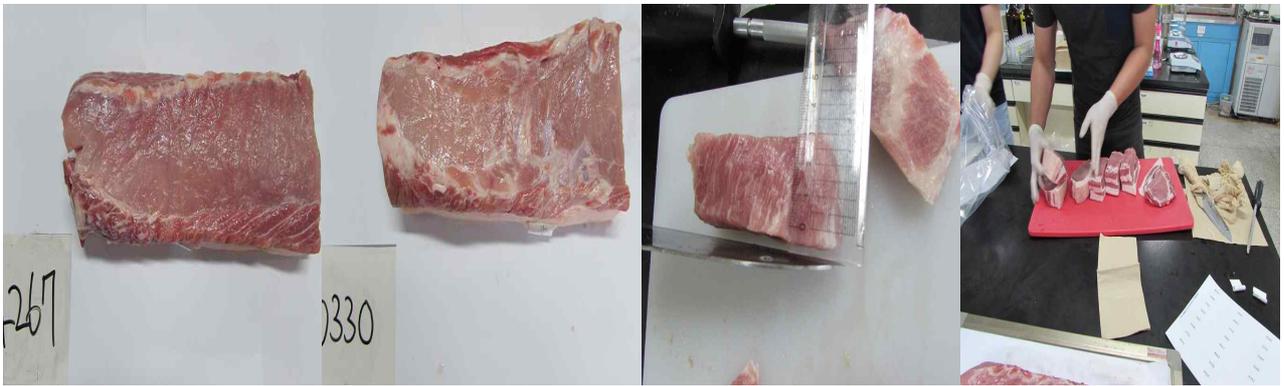
제 2절 품종 및 교배방식별 육질분석을 통한 맛 증진 요인 연구 및 산업화

1. 연구내용 및 방법

가. 실험재료 및 방법

(1) 실험재료

본 연구에서는 돼지의 품종별(듀록: 62두, 랜드레이스: 90두, 요크셔: 155두) 및 교배 듀록종의 성별(암: 1두, 거세: 2두, 수: 19두) 그리고 교배방식별(Y×Y, YL×Y, YL×D, YL×L)육질특성 분석을 위해 사육기간 평균 170일령 돈육의 지육 마지막 흉추부위로부터 2흉추(제11번 또는 12번째 갈비)전의 좌반도체 등심을 채취하여 사용하였으며, 과도한 지방 및 근막을 제거한 후 분석에 사용하였다.



[그림 2-1] 실험재료 샘플링

[표 2-1] 품종별 육질특성 분석 시료 현황

Breeds	Duroc(암)	Landrace(암)	Yorkshire(암)	F1
두수(두)	62	90	155	29
Total	336			

[표 2-2] 교배방식별 육질특성 분석 시료 현황

Breeds	Y×Y	YL×Y	YL×D	YL×L
	Y(암) × Y(수)	Y(암)× L(수) × Y(수)	Y(암)× L(수) × D(수)	Y(암)× L(수) × L(수)
두수(두)	5	5	5	5
Total	20			

[표 2-3] 듀록종의 성별에 따른 육질특성 분석 시료 현황

Breeds	Duroc(암)	Duroc(거세)	Duroc(수)
두수(두)	1	2	19
Total	22		

나. 실험방법

(1) 육색 측정

백색판(L*, 94.04; a*, 0.13; b*, -0.51)으로 표준화시킨 spectro colormeter(Model JX-777, Color Techno. System Co., Japan)로 측정하였는데, 이때 광원은 백색형광등(D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 명도(lightness)를 나타내는 L*값, 적색도(redness)를 나타내는 a*값 그리고 황색도(yellowness)를 나타내는 b* 값으로 나타냈다. 반복은 5반복으로 평균값을 취하였다.

(2) 전단력

시료를 3 cm두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 전단하여 육 내부 온도 70°C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉한 시료에서 직경 1 cm 코어(core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)을 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 3회 이상 반복 측정하였다.

(3) 보수력

Laakkonen 등(1970)의 방법에 따라 원심분리법을 이용하였다. 분쇄된 시료 0.5±0.05g을 원심분리관의 상부 filter 관에 넣고 80°C water-bath에 넣고 20분간 가열한 후 10분간 방냉시켰다. 상부 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 2000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 남은 시료를 가열 전 시료무게 비율로 표시하였다.

(4) 육즙 손실

2cm 두께의 등심 슬라이스를 Polypropylene bag에 넣고 진공 포장하여 4°C 냉장고에서 보관하면서 발생된 드립 감량을 측정하여 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

(5) 가열 감량

3cm 두께의 돈육 슬라이스를 원형(중량 150±5g)으로 정형한 후 Polypropylene bag에 넣고 진공포장하여 70°C water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후, 가열 후 감량된 무게를 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

(6) 일반성분

수분, 지방, 단백질, 회분(%)은 AOAC방법(1990)에 따라 측정하였다.

(7) pH

시료 5g에 증류수 50ml을 가한 후 측정하였다. 모든 시료는 균질기(Stomacher® 400 Circulator, Seward, UK)를 사용하여 230 rpm으로 30 초간 균질시킨 후, pH meter(Mteeler Delta 340, Mettler-tolede, Ltd, UK)로 측정하였으며, 시간 경과에 따른 pH를 측정하기 위하여 4℃로 보관 하였다.

(8) 주관적 판정

주관적 판정의 시료크기는 두께 20mm로 정형하여 사용하였으며, 5인의 판정요원이 가열한 돈육을 주관적으로 육색, 조직감, 마블링의 3개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(육색이 매우 창백함, 조직감이 매우 연약함, 마블링이 매우 없음)에서 5점(육색이 매우 어두움, 조직감이 매우 단단함, 마블링이 매우 많음)으로 평가하였다.

(9) 관능적 판정

관능적 판정의 시료의 크기는 25×700×4(높이×가로×세로)mm로 정형하여 사용하였다. 5인의 관능검사요원이 다즙성, 연도, 풍미, 전체기호도의 4개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(매우 다즙하지 않음, 매우 질감, 풍미가 매우 나쁨, 매우 나쁨)에서 7점(매우 다즙함, 매우 연함, 풍미가 매우 좋음, 매우 좋음)으로 평가하였다.

(10) 5가지 맛요인 판정

5가지 맛요인 판정의 시료육을 70mmX70mmX20mm 두께로 잘라 불고기 샘플방식으로 저장한다. 직접 18cm의 냄비에 물을 1.8ℓ 넣고 끓인 후 시료를 끓는물에 10초간 익힌다. 5인의 관능검사요원이 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛의 5개 항목으로 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(단맛이 없음, 짠맛이 없음, 신맛이 없음, 감칠맛이 없음)에서 5점(매우 달다, 매우 짜다, 매우 시다, 매우 쓰다, 매우 감칠맛이 난다)으로 평가하였다.

(11) 응취 관능검사

응취 관능검사 판정의 시료육을 70mmX70mmX20mm 두께로 잘라 불고기 샘플방식으로 저장한다. 직접 18cm의 냄비에 물을 1.8ℓ 넣고 끓인 후 시료를 끓는물에 10초간 익힌다. 5인의 관능검사요원이 평가하였으며, 배점은 1점(응취가 없음)에서 7점(응취 냄새가 매우 강함)으로 평가하였다.

(12) 지방산 분석

Foch 등(22)의 방법에 따라 시료 50g과 chloroform:methanol(2:1) 용액 250 mL을 homogenizer 3000ppm 로 균질하여 지질을 추출한 다음 무수황산나트륨을 이용하여 수분을 제거하고 여과액을 50-55℃에서 농축한다. 1ml tricosanic acid 먼저 첨가하고 1ml 0.5N NaOH를 첨가한다. 100℃에서 20분간 가열한후 30분간 방냉한 다음 BF₃를 2ml 첨가하고 20분간 가열한후 30분간 방냉한다. heptane과 4ml NaCl 첨가한후 상등액을 취하여 GC에 주입하여 지방산 측정한다.

(13) 콜라겐

삼각플라스크에 시료 약 4g을 넣고 30ml의 sulfuric acid solution을 첨가한 후, 뚜껑을 덮고 105℃ 드라이 오븐에서 16시간동안 가열한 것을 500ml의 볼륨 플라스크에 넣고 3차 증류수로 희석하여 균질시켜 Whatman No. 2 φ150mm 여과지를 이용해 여과하였다. 여과액 5ml을 넣고 100ml로 희석한 후, test tube에 희석액 2ml을 넣고, oxidant 용액 1ml을 첨가하여 흔들여 준 후 상온에서 20분간 방치하였다. 그리고 각 시험관에 발색시약(color reagent) 1ml을 첨가하고 혼합한 후 60℃ water bath에 15분간 담근 후 3분 이상 흐르는 물에 식혀 spectrophotometer를 이용하여 558nm에서 고정파장(흡광도)를 측정하였다. 표준곡선은 working standard 용액 2ml을 발색과 측정 과정을 거쳐 흡광도를 측정한 후에 회귀식에 대입하여 collagen함량(g/100g)을 분석하였다.

(14) 마이오글로빈

분쇄한 시료 2g을 팔콘 튜브에 담아 차가운(4℃)40mM Phosphate buffer(pH 6.8)용액을 튜브에 18ml씩 넣은 다음 휴대 Homogenizer로 30초 동안 균질화한 다음 5,200rpm, 10분간 원심분리 한다. 원심분리 된 전체용출물을 Whatman No. 2 φ150mm 여과지를 이용해 여과하였다. 여과액을 Spectrophotometer를 이용하여 700nm와 525nm에서의 고정파장(흡광도)을 측정하였다.

(16) 통계처리

통계분석은 SAS program(Statistics Analytical System, USA, 2012)의 GLM(General Linear Model) procedure를 통하여 분석하였고, 처리구간의 평균간 비교는 Duncan's multiple range test를 사용하여 유의성 검증($p < 0.05$)을 실시하였다.

2. 연구결과

가. 돼지 품종별 등심의 육질특성 분석

(1) 돼지 품종별 산육형질 및 도체등급 분석

(표 2-4)는 돼지 품종별 산육형질 및 도체등급을 비교하여 나타낸 결과이다. 등지방 두께에서는 듀록 및 요크셔가 다른 품종에 비해 유의적으로 높았고, 종료 체중에서는 F1이 유의적으로 가장 높은 수치를 나타내었다. 도체등급에서는 F1이 다른 품종에 비해 1+ 등급 출현율이 수치상 높은 값을 보였으며, 1등급과 1+등급을 합친 출현율은 F1이 79.31%로 다른 품종에 비해 가장 높게 나타났다.

[표 2-4] 돼지 품종별 산육형질 및 도체등급 비교

Traits		Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Backfat thickness (cm)		23.33 ±5.88 ^a	18.76 ±4.28 ^b	22.13 ±5.85 ^a	18.72 ±3.87 ^b
Final weight (kg)		105.24 ±12.30 ^{bc}	108.04 ±16.55 ^b	101.49 ±12.46 ^c	117.00 ±9.47 ^a
Carcass Grade (%)	1+	25.80	35.56	27.73	37.93
	1	30.65	18.89	25.14	41.38
	2	41.94	43.33	43.90	17.24
	등외	1.61	2.22	3.23	3.45

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

(2) 돼지 품종별 등심의 물리적 특성 분석

(표 2-5)는 돼지 품종별 등심의 물리적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 육색 중 명도에서는 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높았고, 적색도에서는 듀록이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 황색도에서는 품종별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전단력에서는 요크셔가 유의적으로 가장 낮은 수준을 보여주었고, 보수력에서는 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 가열감량에서는 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 낮은 값을 보여주었다. 육즙손실에서는 24시간에서 듀록종이 다른 품종에 가장 낮은 값을 나타내었고, 48시간 및 14일에서는 F1 유의적으로 다른 품종에 비해 가장 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-5] 돼지 품종별 등심의 물리적 특성 비교

Traits		Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
CIE L*		55.82±5.09 ^b	55.79±4.88 ^b	55.62±4.63 ^b	57.93±5.12 ^a
CIE a*		6.91±1.66 ^a	5.92±1.32 ^b	6.21±1.52 ^b	5.17±1.50 ^c
CIE b*		9.74±1.27	9.64±1.46	9.76±1.32	9.83±1.67
Shear force(g)		1906.55	1826.60	1708.69	1876.39
		±473.38 ^a	±576.31 ^a	±409.85 ^b	±580.92 ^a
WHC(%)		57.67±4.42 ^a	57.45±6.13 ^a	58.43±6.17 ^a	54.04±7.76 ^b
Cooking loss(%)		24.09±6.00 ^b	25.59±6.54 ^{ab}	26.02±5.61 ^a	16.98±3.05 ^c
Drip loss (%)	24h	4.71±2.48 ^b	6.18±2.93 ^a	6.25±3.78 ^a	5.42±2.19 ^{ab}
	48h	6.49±3.98 ^b	8.22±3.63 ^a	7.00±3.27 ^b	5.47±2.08 ^c
	14day	9.89±4.13 ^b	11.78±4.08 ^a	10.74±4.48 ^{ab}	8.39±2.17 ^c

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness

(3) 돼지 품종별 등심의 화학적 특성 분석

(표 2-6)은 돼지 품종별 등심의 화학적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 일반성분 중 수분 함량은 랜드레이스와 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었고, 지방함량은 듀록이 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, F1이 유의적으로 가장 낮은 함량을 보여 주었다. 단백질함량은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 회분함량은 랜드레이스 및 요크셔가 F1에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며 듀록과는 유의적인 차이가 없었다. 24시간 및 14일 후 pH에서는 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 낮았으며, 염도에서는 품종별 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-6] 돼지 품종별 등심의 화학적 특성 비교

Traits	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Moisture (%)	72.8±1.64 ^c	74.14±1.52 ^a	73.42±2.03 ^b	73.99±1.15 ^a
Ash (%)	1.17±0.14 ^{ab}	1.23±0.41 ^a	1.21±0.17 ^a	1.14±0.13 ^b
Fat (%)	3.60±1.41 ^a	2.44±1.00 ^c	3.21±1.27 ^b	1.84±0.87 ^d
Protein (%)	22.25±2.05 ^b	22.17±1.42 ^b	22.22±1.71 ^b	22.84±1.82 ^a
pH (24h)	5.67±0.18 ^a	5.63±0.20 ^{ab}	5.62±0.17 ^b	5.56±0.10 ^c
pH (14day)	5.67±0.19 ^a	5.63±0.20 ^{ab}	5.61±0.19 ^{bc}	5.57±0.10 ^c
Salinity(%)	0.32±0.02	0.32±0.02	0.31±0.03	-

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

(4) 돼지 품종별 등심의 주관적 평가 분석

[표 2- 7은 돼지 품종별 등심의 주관적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 육색에서는 듀록이 랜드레이스와 요크셔에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았으며, 마블링은 듀록이 유의적으로 높은 점수를 받았으며, 조직감에서도 듀록이 높은 점수를 받았다. 돈육특성에서는 랜드레이스가 유의적으로 가장 낮은 점수를 받았다.

[표 2-7] 돼지 품종별 등심의 주관적 평가

Traits	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Color	2.99±0.89 ^a	2.58±0.86 ^b	2.59±0.92 ^b	2.75±0.69 ^{ab}
Marbling	3.03±0.97 ^a	2.13±0.85 ^c	2.45±0.91 ^b	1.76±0.63 ^d
Texture	3.05±0.61	2.94±0.78	2.86±0.88	2.88±0.76
Overall acceptability	3.07±0.92 ^a	2.44±1.02 ^b	2.50±0.95 ^a	-

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움

1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음

1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함

1점 : 심한 PSE육, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육

(5) 돼지 품종별 등심의 관능적 평가 분석

[표 2-8]은 돼지 품종별 등심의 관능적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 다즙성은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 낮은 점수를 받았으며, 연도는 듀록과 요크셔가 랜드레이스와 F1에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았으며, 풍미는 F1이 유의적으로 가장 낮은 점수를 받았다. 옹취는 품종별 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 전체기호도에서는 듀록과 요크셔가 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았다.

[표 2-8] 돼지 품종별 등심의 관능적 평가

Traits	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Juiciness	3.71±1.26 ^a	3.46±1.31 ^a	3.69±1.23 ^a	2.62±0.99 ^b
Tenderness	3.85±1.28 ^a	3.40±1.27 ^b	3.81±1.37 ^a	2.61±0.85 ^c
Flavor	3.78±1.33 ^a	3.40±1.39 ^b	3.64±1.3 ^{ab}	2.44±1.01 ^c
Boartaint	1.00±0.01	1.00±0.02	1.00±0.04	-
Overall acceptability	3.98±1.28 ^a	3.39±1.41 ^b	3.75±1.28 ^a	2.70±0.82 ^c

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

1점 : 매우 다즙하지 않음, 2점 : 다즙하지 않음, 3점 : 약간 다즙하지 않음, 4점 : 보통, 5점 : 약간 다즙함, 6점 : 다즙함, 7점 : 매우 다즙함

1점 : 매우 질김, 2점 : 질김, 3점 : 약간 질김, 4점 : 보통, 5점 : 약간 연함, 6점 : 연함, 7점 : 매우 연함

1점 : 풍미가 매우 나쁨, 2점 : 풍미가 나쁨, 3점 : 풍미가 약간 나쁨, 4점 : 보통, 5점 : 풍미가 약간 좋음, 6점 : 풍미가 좋음, 7점 : 풍미가 매우 좋음

1점 : 옹취가 없음, 2점 : 옹취가 약간 약함, 3점 : 옹취가 약함, 4점 : 보통, 5점 : 옹취 냄새가 약간 강함, 6점 : 옹취 냄새가 강함, 7점 : 옹취 냄새가 매우 강함

1점 : 매우 나쁨, 2점 : 나쁨, 3점 : 약간 나쁨, 4점 : 보통, 5점 : 약간 좋음, 6점 : 좋음, 7점 : 매우 좋음

(6) 돼지 품종별 등심의 성별 5가지 맛 요인 분석

[표 2-9]는 돼지 순종 품종별 등심의 5가지 맛 요인을 비교하여 나타낸 결과이다. 단맛은 듀록이 요크셔에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았으며, 요크셔와는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 짠맛, 쓴맛에서는 유의적인 차이가 나타지지 않았으며, 신맛에서는 랜드레이스 및 요크셔가 듀록에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았다. 감칠맛은 듀록이 랜드레이스에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았으며, 요크셔와는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-9] 돼지 품종별 등심의 5가지 맛 요인 평가

Traits	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Sweetness	2.15±0.62 ^a	1.99±0.67 ^b	2.13±0.69 ^{ab}	-
Saltiness	1.62±0.47	1.70±0.57	1.66±0.60	-
Sourness	1.73±0.73 ^b	2.03±0.91 ^a	1.98±0.98 ^a	-
Bitters	1.47±0.66	1.61±0.76	1.51±0.69	-
Umami	2.49±0.65 ^a	2.30±0.73 ^b	2.36±0.75 ^{ab}	-

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

1점 : 무미, 2점 : 약간 달다, 3점 : 달다, 4점 : 매우 달다, 5점 : 대단히 달다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 짜다, 3점 : 짜다, 4점 : 매우 짜다, 5점 : 대단히 짜다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 시다, 3점 : 시다, 4점 : 매우 시다, 5점 : 대단히 시다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 쓰다, 3점 : 쓰다, 4점 : 매우 쓰다, 5점 : 대단히 쓰다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 감칠하다, 3점 : 감칠하다, 4점 : 매우 감칠하다, 5점 : 대단히 감칠하다.

(7) 돼지 품종별 등심의 특수성분 분석

[표 2-10]은 돼지 품종별 등심의 특수성분 함량을 비교하여 나타낸 결과이다. 콜라겐 함량은 요크셔가 랜드레이스보다 유의적으로 높은 함량을 나타냈으며, 듀록 및 F1과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 마이오글로빈 함량은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 랜드레이스는 다른 품종에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다.

[표 2-10] 돼지 품종별 등심의 특수성분 비교

Traits	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Collagen(g/100g)	0.58±0.37 ^{ab}	0.51±0.36 ^b	0.67±0.32 ^a	0.64±0.40 ^{ab}
Myoglobin(mg/100g)	2.37±0.70 ^b	1.94±0.59 ^c	2.28±0.55 ^b	2.83±0.56 ^a

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

(8) 돼지 품종별 등심의 지방산 분석

[표 2-11]은 돼지 품종별 등심의 지방산 함량을 비교하여 나타낸 결과이다. Myristic acid(C14:0) 및 Palmitic acid(C16:0)는 듀록이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Palmitoleic acid(C16:1n7)은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Stearic acid(C18:0)은 듀록 및 랜드레이스가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, F1이 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. Linoleic acid(C18:2n6), γ -Linoleic acid(C18:3n6), Linolenic acid(C18:3n3) 및 Eicosenoic acid(C20:1n9)는 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Arachidonic acid(C20:4n6)는 요크셔가 다른 품종에 비해 높은 함량을 나타내었다.

결과적으로, 포화지방산 함량은 듀록이 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 높았으며, 불포화 지방산 함량은 F1이 유의적으로 가장 높은 수준을 보여주었다. 단가불포화지방산은 랜드레이스, 요크셔 및 F1이 듀록에 비해 유의적으로 높았으며, 다가불포화지방산은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높았다. 또한 오메가3 및 오메가6 지방산은 F1이 다른 품종에 비해 유의적으로 높았다.

[표 2-11] 돼지 품종별 등심의 지방산 함량(%) 비교

Fatty acids	Duroc (n=62, 암)	Landrace (n=90, 암)	Yorkshire (n=155, 암)	F1 (n=29두)
Myristic acid(C14:0)	1.49±0.22 ^a	1.36±0.14 ^{bc}	1.41±0.15 ^b	1.34±0.10 ^c
Palmitic acid(C16:0)	22.72±1.17 ^a	22.25±1.06 ^b	22.36±1.31 ^b	20.99±0.94 ^c
Palmitoleic acid(C16:1n7)	1.68±0.69 ^c	1.86±0.66 ^c	2.04±0.66 ^b	2.32±0.19 ^a
Stearic acid(C18:0)	13.19±1.28 ^a	13.05±1.41 ^a	12.53±1.65 ^b	11.92±1.43 ^c
Oleic acid(C18:1n9)	45.09±1.63 ^b	45.84±1.77 ^a	45.45±2.51 ^{ab}	45.1±1.53 ^b
Linoleic acid(C18:2n6)	13.94±1.61 ^{bc}	13.64±1.49 ^c	14.27±1.80 ^b	16.08±1.48 ^a
γ -Linoleic acid(C18:3n6)	0.05±0.02 ^c	0.05±0.02 ^b	0.06±0.02 ^b	0.07±0.01 ^a
Linolenic acid(C18:3n3)	0.72±0.10 ^b	0.74±0.12 ^b	0.72±0.11 ^b	0.88±0.10 ^a
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.90±0.13 ^c	0.96±0.14 ^b	0.91±0.12 ^c	1.07±0.10 ^a
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.18±0.03 ^b	0.20±0.03 ^{ab}	0.21±0.08 ^a	0.18±0.03 ^b
Total	100	100	100	100
SFA	37.41±2.25 ^a	36.68±2.20 ^b	36.3±2.71 ^b	34.26±2.10 ^c
USFA	62.58±2.25 ^c	63.31±2.20 ^b	63.69±2.71 ^b	65.73±2.10 ^a
mono	47.68±1.85 ^b	48.66±1.84 ^a	48.42±2.58 ^a	48.49±1.64 ^a
poly	14.9±1.71 ^{bc}	14.65±1.60 ^c	15.27±1.91 ^b	17.23±1.60 ^a
n3	0.72±0.10 ^b	0.74±0.12 ^b	0.73±0.11 ^b	0.88±0.10 ^a
n6	14.17±1.63 ^{bc}	13.9±1.52 ^c	14.54±1.83 ^b	16.34±1.50 ^a

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

(9) 요약

① 돼지 품종별 산육형질 및 도체등급 비교에서 등지방두께는 듀록 및 요크셔가 가장 높게 나타났으며, 종료 체중은 F1이 가장 높은 결과를 나타내었다. 도체등급에서는 F1이 1⁺등급 출현율에서 가장 높은 결과를 보여주었다.

② 돼지 품종별 등심의 물리적 특성 비교에서 육색의 명도는 F1이 가장 높았고, 적색도는 듀록이 가장 높았으며, 황색도는 품종별 차이를 보이지 않았다. 전단력에서는 요크셔가 가장 낮았으며, 보수력에서는 듀록, 랜드레이스 및 요크셔가 높았으며, 가열감량은 F1이 가장 낮았으며, 육즙손실 24시간에서는 듀록이 가장 낮았으며, 48시간 및 14일에서는 F1이 가장 낮았다.

③ 돼지 품종별 등심의 화학적 특성 비교에서 수분함량은 랜드레이스와 F1이 가장 높았고, 지방함량은 F1이 가장 낮았다. 단백질함량은 F1이 가장 높았으며, 회분함량은 1.14~1.23%의 수준이었다. 24시간 및 14일 후 pH는 F1이 가장 낮았다.

④ 돼지 품종별 등심의 주관적 평가 비교에서 육색은 듀록이 가장 높은 점수를 받았고, 마블링은 듀록과 가장 높은 점수를 받았으며, 조직감은 품종별 차이가 없었으며, 돈육특성에서는 듀록이 가장 높은 점수를 받았다.

⑤ 돼지 품종별 등심의 관능적 평가 비교에서 다즙성은 F1이 가장 낮은 점수를 받았고, 연도 및 전체기호도에서는 듀록과 요크셔가 높은 점수를 받았다.

⑥ 돼지 품종별 등심의 5가지 맛 요인 비교에서 단맛과 감칠맛에서 듀록이 다른 품종에 비해 가장 높은 점수를 받았고, 짠맛 및 쓴맛은 품종별 차이가 없었으며, 신맛은 랜드레이스 및 요크셔가 높은 점수를 받았으며, 감칠맛은 듀록이 가장 높은 점수를 받았다.

⑦ 돼지 품종별 등심의 특수성분 비교에서 콜라겐 함량은 요크셔 및 F1이 높았으며, 마이오글로빈 함량은 F1이 높은 함량을 나타내었다.

⑧ 돼지 품종별 등심의 지방산 비교에서 포화지방산 함량은 듀록이 가장 높고 F1이 가장 낮은 함량을 나타내었으며, 불포화지방산 함량은 F1이 가장 높고 듀록이 가장 낮은 함량을 나타내었다. 오메가 3 및 6 지방산은 F1이 높은 함량을 나타내었다.

나. 돼지 교배방식별 등심의 육질분석

(1) 돼지 교배방식별 등심의 물리적 특성 분석

[표 2-12]는 돼지 교배방식별 등심의 물리적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 육색의 명도는 YL×Y가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 높았으며, 적색도에서는 YL×D가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 낮았다. 황색도는 Y×Y 및 YL×Y가 YL×D에 비해 유의적으로 높았다. 전단력, 보수력, 육즙손실 및 가열감량은 교배방식별 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

[표 2-12] 돼지 교배방식별 등심의 물리적 특성 비교

Traits	Y×Y1) (n=5)	YL×Y (n=5)	YL×D (n=5)	YL×L (n=5)
CIE L*	60.81±7.90 ^b	65.38±4.71 ^a	60.04±4.97 ^b	61.05±3.34 ^b
CIE a*	6.29±1.77 ^a	5.58±1.73 ^{ab}	5.20±1.99 ^b	5.85±1.41 ^{ab}
CIE b*	10.60±2.12 ^a	10.89±1.71 ^a	9.36±1.52 ^b	10.08±1.31 ^{ab}
Shear force (g)	1653.67±634.27	1410.34±571.67	2262.78±563.63	2199.49±380.48
WHC (%)	61.30±3.97	60.21±3.83	61.13±2.81	62.31±7.59
Drip loss (%)	2.87±0.75	3.89±1.57	3.62±1.23	3.92±0.89
Cooking loss(%)	29.56±1.59	30.02±1.55	29.94±1.76	30.11±0.77

Y(Yorkshire), L(Landrace), D(Duroc)

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

(2) 돼지 교배방식별 등심의 화학적 특성 분석

[표 2-13]은 돼지 교배방식별 등심의 화학적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 교배방식별 등심의 일반성분에서 수분함량은 YL×D가 Y×Y 및 YL×Y에 비해 유의적으로 높았으며, YL×Y가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 낮았다. 지방함량은 YL×Y가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 높았다. 단백질함량은 교배방식별 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 회분함량은 Y×Y가 YL×Y 및 YL×D에 비해 유의적으로 높았다. pH는 Y×Y가 YL×Y 및 YL×D에 유의적으로 높았으며, YL×L이 Y×Y 및 YL×D에 비해 유의적으로 낮았다.

[표 2-13] 교배방식별 등심의 화학적 특성 비교

Traits	Y×Y (n=5)	YL×Y (n=5)	YL×D (n=5)	YL×L (n=5)
Moisture (%)	73.10±1.56 ^b	71.78±0.67 ^c	74.13±1.21 ^a	73.79±0.36 ^{ab}
Fat (%)	3.01±1.53 ^b	4.59±1.03 ^a	2.64±0.99 ^b	2.31±0.30 ^b
Protein (%)	22.71±1.18	22.52±0.49	22.15±0.97	22.76±0.37
Ash (%)	1.16±0.09 ^a	1.10±0.05 ^{bc}	1.06±0.04 ^c	1.12±0.05 ^{ab}
pH	5.73±0.40 ^a	5.48±0.06 ^{bc}	5.60±0.12 ^{ab}	5.41±0.05 ^c

Y(Yorkshire), L(Landrace), D(Duroc)

^{a-c}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

(3) 돼지 교배방식별 등심의 주관적 평가 분석

[표 2-14]는 돼지 교배방식별 등심의 주관적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 주관적 평가에서 육색은 Y×Y가 YL×Y 및 YL×L에 비해 유의적으로 가장 높은 점수를 받았다. 마블링, 조직감, 돈육특성은 유의적인 차이를 나타내지 않았다, 마블링은 YL×Y가 다른 교배방식에 비해 수치상 높았으며, 조직감은 YL×D가 다른 교배방식에 비해 수치상 높았다. 돈육특성은 Y×Y가 다른 교배방식에 비해 수치상 가장 높았다.

[표 2-14] 교배방식별 등심의 주관적 평가 비교

Traits	Y×Y (n=5)	YL×Y (n=5)	YL×D (n=5)	YL×L (n=5)
Color	3.03±0.54 ^a	2.50±0.42 ^b	2.70±0.49 ^{ab}	2.48±0.49 ^b
Marbling	1.23±0.31	1.46±0.29	1.32±0.35	1.23±0.25
Texture	2.26±0.56	2.23±0.45	2.63±0.60	2.38±0.52
Overall acceptability	2.53±0.57	2.26±0.58	2.45±0.60	2.12±0.57

Y(Yorkshire), L(Landrace), D(Duroc)

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움

1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음

1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함

1점 : 심한 PSE육, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 심한 DFD육

(4) 돼지 교배방식별 등심의 관능적 평가 분석

[표 2-15]는 돼지 교배방식별 등심의 관능적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 교배방식별 관능평가에서 다즙성은 Y×Y가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 낮았으며, 나머지 교배 방식에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 연도에서는 YL×Y 및 YL×D가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 높았고, 풍미는 YL×D가 Y×Y 및 YL×L에 비해 유의적으로 높았으며, 전체 기호도에서는 YL×Y 및 YL×D가 다른 교배방식에 비해 유의적으로 높았다.

[표 2-15] 돼지 교배방식별 등심의 관능적 평가 비교

Traits	Y×Y (n=5)	YL×Y (n=5)	YL×D (n=5)	YL×L (n=5)
Juiciness	2.10±0.47 ^b	2.86±0.77 ^a	2.98±0.69 ^a	2.64±0.77 ^a
Tenderness	2.72±0.61 ^b	3.18±0.64 ^a	3.22±0.75 ^a	2.72±0.86 ^b
Flavor	2.68±0.71 ^b	3.00±0.40 ^{ab}	3.22±0.72 ^a	2.70±0.70 ^b
Overall acceptability	2.64±0.55 ^b	3.18±0.61 ^a	3.24±0.77 ^a	2.74±0.73 ^b

Y(Yorkshire), L(Landrace), D(Duroc)

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p < 0.05$).

1점 : 매우 다즙하지 않음, 2점 : 다즙하지 않음, 3점 : 보통, 4점 : 다즙함, 5점 : 매우 다즙함

1점 : 매우 질감, 2점 : 질감, 3점 : 보통, 4점 : 연함, 5점 : 매우 연함

1점 : 풍미가 매우 나쁘다, 2점 : 풍미가 나쁘다, 3점 : 보통, 4점 : 풍미가 좋다, 5점 : 풍미가 매우 좋다

1점 : 매우 나쁘다, 2점 : 나쁘다, 3점 : 보통, 4점 : 좋다, 5점 : 매우 좋다

(5) 요약

① 돼지 교배방식별 등심의 물리적 특성 비교에서 명도는 YL×Y가 가장 높았으며, 적색도는 Y×Y가 가장 높은 수치를 나타내었다. 전단력, 보수력, 육즙손실 및 가열감량은 교배방식별 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

② 돼지 교배방식별 등심의 화학적 특성 비교에서 수분함량은 YL×D가 가장 높은 수치를 나타내었으며, 지방함량은 YL×Y가 가장 높았다. 단백질함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 회분함량은 YL×D가 가장 낮았다. pH는 Y×Y가 가장 높은 수치를 나타내었다.

③ 돼지 교배방식별 등심의 주관적 평가 비교에서 육색은 Y×Y가 가장 높은 수치를 나타내었으며, 나머지 3개 항목(마블링, 조직감, 돈육특성)은 교배방식별 유의적인 차이를 보이지 않았다.

④ 돼지 교배방식별 관능적 평가 비교에서 YL×D가 모든항목(육즙, 연도, 풍미, 전체기호도)에서 다른 교배방식에 비해 유의적으로 가장 높은 수치를 나타내었다.

다. 듀록순종 돼지의 성별에 따른 육질분석

(1) 듀록순종 돼지의 성별에 따른 산육형질 및 도체등급 분석

[표 2-16]은 듀록순종 돼지의 성별에 따른 산육형질 및 도체등급을 비교하여 나타낸 결과이다. 등지방 두께는 성별에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았고, 종료 체중에서는 거세가 암컷보다 유의적으로 높게 나타났으며, 도체등급에서는 모두 등의 판정을 받았다.

[표 2-16] 듀록순종 돼지의 성별에 따른 산육형질 및 도체등급 비교

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Backfat thickness (cm)	10.00±0.00	30.00±12.72	18.63±12.05
Final weight (kg)	51.00±0.00 ^b	89.00±21.21 ^a	73.47±13.89 ^{ab}
Carcass Grade (%) 등 외	100	100	100

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

(2) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 물리적 특성 분석

[표 2-17]은 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 물리적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 육색 중 명도에서는 거세와 수컷이 암컷에 비해 유의적으로 높았으며, 적색도에서는 유의적인 차이가 없었으나 거세가 높은 값을 나타내었고, 황색도에서는 거세와 수컷이 암컷에 비해 유의적으로 높은 결과를 보여주었다. 전단력에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 암컷이 거세 및 수컷에 비해 낮은 수치를 나타내었고, 보수력에서는 성별에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다. 가열감량에서는 유의적인 차이 없이 거세가 암컷 및 수컷에 비해 낮은 값을 나타냈고, 육즙손실에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 24시간, 48시간 및 14일 전 기간에서 거세가 가장 낮았고, 암컷이 가장 높은 결과를 보여주었다.

[표 2-17) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 물리적 특성 비교

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
CIE L*	49.27±1.86 ^b	54.31±2.76 ^a	55.94±3.29 ^a
CIE a*	6.04±0.48	6.75±0.78	5.74±1.29
CIE b*	6.51±0.75 ^b	8.53±1.32 ^a	8.36±1.04 ^a
Shear force(g)	1964.56±339.82	2182.28±469.40	2321.26±561.47
WHC(%)	75.11±0.00	75.06±0.28	74.96±0.99
Cooking loss(%)	20.57±0.22	18.12±2.84	20.49±5.96
Drip loss			
24hr	6.04±0.15	2.44±1.39	4.87±3.06
48hr	7.38±0.19	3.48±2.04	5.68±3.06
14day (%)	11.53±2.04	8.60±3.03	9.50±4.25

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 ($p<0.05$).

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness

(3) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 화학적 특성 분석

[표 2-18]은 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 화학적 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 일반성분 중 수분함량은 유의적인 차이는 나타나지 않았고, 지방함량은 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 수컷이 암컷 및 거세에 비해 낮은 함량을 보여주었다. 단백질함량은 유의적인 차이가 없었으며, 회분함량은 수컷이 암컷 및 거세에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 24시간 및 14일 후 pH에서는 암컷이 거세 및 수컷에 비해 유의적으로 가장 높은 값을 보여주었다.

[표 2-18] 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 화학적 특성 비교

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Moisture (%)	75.11±0.07	75.06±0.27	74.95±1.02
Fat (%)	2.59±0.18	2.37±0.68	1.95±0.77
Protein (%)	21.27±0.20	21.5±0.69	21.95±0.68
Ash (%)	1.01±0.05 ^b	1.05±0.04 ^b	1.13±0.07 ^a
pH (24h)	6.74±0.00 ^a	6.04±0.13 ^b	5.89±0.25 ^b
pH (14day)	6.53±0.02 ^a	5.91±0.14 ^b	5.85±0.19 ^b

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 (p<0.05).

(4) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 주관적 평가 분석

[표 2-19]는 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 주관적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 주관적 평가에서 육색은 암컷이 거세와 수컷에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았고, 마블링은 암컷 및 거세가 수컷에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았다. 조직감에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-19] 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 주관적 평가

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Color	4.60±0.54 ^a	3.70±0.94 ^b	3.04±0.78 ^b
Marbling	4.20±1.09 ^a	3.40±0.96 ^a	2.32±0.95 ^b
Texture	3.60±0.89	3.30±1.05	2.98±0.86

^{a-b} 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음(p<0.05).

1점 : 매우 창백함, 2점 : 창백함, 3점 : 보통, 4점 : 어두움, 5점 : 매우 어두움

1점 : 매우 없음, 2점 : 없음, 3점 : 보통, 4점 : 많음, 5점 : 매우 많음

1점 : 조직감이 매우 연약함, 2점 : 연약함, 3점 : 보통, 4점 : 단단함, 5점 : 매우 단단함

(5) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 관능적 평가 분석

[표 2-20]은 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 관능적 평가를 비교하여 나타낸 결과이다. 육즙은 암컷과 거세가 수컷에 비해 유의적으로 가장 높았고, 연도는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 풍미는 거세가 수컷에 비해 유의적으로 높은 결과를 나타내었다. 전체기호도에서도 풍미와 마찬가지로 거세가 수컷에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았다. 또한 옹취에서는 유의적인 차이가 없었지만 거세가 수컷이나 암컷에 비해 높은 점수를 받았다.

[표 2-20] 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 관능적 평가

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Juiciness	4.20±0.83 ^a	4.10±0.99 ^a	2.91±1.08 ^b
Tenderness	4.20±1.09	4.40±1.42	3.28±1.27
Flavor	3.60±0.89 ^{ab}	4.10±1.19 ^a	2.93±1.01 ^b
Boartaint	2.60±1.14	2.70±1.25	2.51±1.11
Overall acceptability	4.00±1.00 ^{ab}	4.40±1.42 ^a	3.13±1.18 ^b

^{a,b} 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음($p < 0.05$).

1점 : 매우 다즙하지 않음, 2점 : 다즙하지 않음, 3점 : 약간 다즙하지 않음, 4점 : 보통, 5점 : 약간 다즙함, 6점 : 다즙함, 7점 : 매우 다즙함

1점 : 매우 질김, 2점 : 질김, 3점 : 약간 질김, 4점 : 보통, 5점 : 약간 연함, 6점 : 연함, 7점 : 매우 연함

1점 : 풍미가 매우 나쁨, 2점 : 풍미가 나쁨, 3점 : 풍미가 약간 나쁨, 4점 : 보통, 5점 : 풍미가 약간 좋음, 6점 : 풍미가 좋음, 7점 : 풍미가 매우 좋음

1점 : 옹취가 없음, 2점 : 옹취가 약간 약함, 3점 : 옹취가 약함, 4점 : 보통, 5점 : 옹취 냄새가 약간 강함, 6점 : 옹취 냄새가 강함, 7점 : 옹취 냄새가 매우 강함

1점 : 매우 나쁨, 2점 : 나쁨, 3점 : 약간 나쁨, 4점 : 보통, 5점 : 약간 좋음, 6점 : 좋음, 7점 : 매우 좋음

(6) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 5가지 맛 요인 분석

[표 2-21]은 듀록순종 돼지 등심의 성별 5가지 맛 요인을 비교하여 나타낸 결과이다. 단맛은 암컷이 수컷에 비해 유의적으로 높은 점수를 받았고, 짠맛, 신맛, 쓴맛에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 감칠맛에서는 거세가 암컷이나 수컷에 비해 유의적으로 가장 높은 점수를 받았다.

[표 2-21. 듀록종 돼지 등심의 성별에 따른 5가지 맛 요인 평가

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Sweetness	3.20±0.44 ^a	2.80±0.63 ^{ab}	2.37±0.71 ^b
Saltiness	2.00±0.70	2.00±0.81	1.78±0.65
Sourness	2.40±0.54	2.00±0.94	1.87±0.76
Bitters	1.80±0.83	1.70±0.82	1.66±0.64
Umami	2.20±0.44 ^b	3.30±0.67 ^a	2.34±0.78 ^b

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 (p<0.05).

1점 : 무미, 2점 : 약간 달다, 3점 : 달다, 4점 : 매우 달다, 5점 : 대단히 달다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 짜다, 3점 : 짜다, 4점 : 매우 짜다, 5점 : 대단히 짜다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 시다, 3점 : 시다, 4점 : 매우 시다, 5점 : 대단히 시다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 쓰다, 3점 : 쓰다, 4점 : 매우 쓰다, 5점 : 대단히 쓰다.

1점 : 무미, 2점 : 약간 감칠하다, 3점 : 감칠하다, 4점 : 매우 감칠하다, 5점 : 대단히 감칠하다.

(7) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 특수성분 분석

[표 2-22]는 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 특수성분 함량을 비교하여 나타낸 결과이다. 콜라겐 함량은 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 거세와 수컷이 암컷에 비해 높은 값을 나타내었다. 마이오글로빈 함량은 암컷이 거세 및 수컷에 비해 유의적으로 가장 높은 3.18 mg/100g의 함량을 보여주었다.

[표 2-22] 듀록종 돼지 등심의 성별에 따른 특수성분 비교

Traits	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Collagen(g/100g)	0.71±0.06	0.79±0.06	0.77±0.12
Myoglobin(mg/100g)	3.18±0.01 ^a	1.83±0.10 ^b	1.77±0.25

^{a-b}서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음 (p<0.05).

(8) 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 지방산 분석

[표 2-23]은 듀록순종 돼지 등심의 성별에 따른 지방산을 분석을 비교하여 나타낸 결과이다. 지방산 분석 모든 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 포화지방산의 주된 지방은 Palmitic acid(C16:0)와 Stearic acid(C18:0)였으며, Palmitic acid는 암컷이 거세와 수컷에 비해 높은 함량을 보여주었고, Stearic acid는 암컷이 거세와 수컷에 비해 수치상 가장 높았다. 불포화 지방산 중 주된 지방은 Oleic acid(C18:1n9)였으며 암컷이 거세와 수컷에 비해 높은 함량을 나타내었다. 포화지방산 함량은 암컷이 거세와 수컷에 비해 높은 수치를 보여주었고, 불포화지방산 함량은 수

컷이 암컷과 거세에 비해 높은 함량을 나타내었다. 단일불포화지방산은 암컷이 거세와 수컷에 비해 높은 수준을 보였고, 다가불포화지방산은 수컷이 암컷과 거세에 비해 높은 함량을 나타내었다. 오메가3와 6 지방산은 수컷이 암컷과 거세에 비해 높은 수치를 보여주었다.

[표 2-23] 듀록종 돼지 등심의 성별 지방산 함량(%)

Fatty acids	Duroc (n=1, 암)	Duroc (n=2, 거세)	Duroc (n=19, 수)
Myristic acid(C14:0)	1.55±0.00	1.50±0.05	1.38±0.15
Palmitic acid(C16:0)	24.66±0.00	24.27±0.48	22.77±1.55
Palmitoleic acid(C16:1n7)	2.75±0.00	2.67±0.25	2.42±0.24
Stearic acid(C18:0)	13.9±0.00	13.48±1.02	13.05±1.12
Oleic acid(C18:1n9)	44.09±0.00	43.29±0.73	42.66±1.65
Linoleic acid(C18:2n6)	11.24±0.00	12.89±0.78	15.43±2.32
γ-Linoleic acid(C18:3n6)	0.06±0.00	0.08±0.02	0.07±0.02
Linolenic acid(C18:3n3)	0.57±0.00	0.69±0.02	0.79±0.14
Eicosenoic acid(C20:1n9)	0.79±0.00	0.73±0.10	0.85±0.06
Arachidonic acid(C20:4n6)	0.35±0.00	0.36±0.04	0.54±0.24
Total	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
SFA	40.12±0.00	39.26±1.45	37.22±2.61
USFA	59.87±0.00	60.73±1.45	62.77±2.61
mono	47.64±0.00	46.7±0.58	45.94±1.81
poly	12.23±0.00	14.03±0.87	16.83±2.58
n3	0.57±0.00	0.69±0.02	0.79±0.14
n6	11.65±0.00	13.33±0.85	16.04±2.46

(9) 요약

- ① 듀록순종 돼지의 성별에 따른 산육형질 비교에서 등지방두께는 유의적인 차이를 보이지 않았고 종료 체중은 듀록이 가장 높았다. 도체등급에서는 모두 등외판정을 받았다.
- ② 듀록순종 돼지의 성별에 따른 물리적 특성 비교에서 육색의 명도와 황색도에서는 암컷이 거세와 수컷에 비해 낮았다. 전단력, 보수력, 가열감량, 육즙손실에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- ③ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 화학적 특성 비교에서 수분은 74.95~75.11%, 지방은 1.95~2.59%, 단백질은 21.27~21.95%의 분포에 있었고, 회분은 수컷이 유의적으로 가장 높은 함량을 보여주었다. 시간 경과에 따른 pH는 24시간, 14일 모두 암컷이 가장 높았다.
- ④ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 주관적 평가에서 육색은 암컷이 가장 높았고, 마블링은 암컷 및 거세가 수컷에 비해 높은 수준을 나타내었다.
- ⑤ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 관능적 평가에서 육즙은 암컷 및 거세가 높았고, 연도는 유의적인 차이가 없었으며, 풍미와 전체기호도에서는 거세가 수컷보다 높은 점수를 받았다. 또한 옹취는 유의적 차이가 없었으나, 거세가 높은 수치를 보여주었다.
- ⑥ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 5가지 맛 요인 비교에서 단맛은 암컷이 수컷에 비해 높은 점수를 받았고, 짠맛, 신맛, 쓴맛은 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 감칠맛은 거세가 높은 점수를 받았다.
- ⑦ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 특수성분 비교에서 콜라겐은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 암컷이 수치상으로 가장 낮았다. 마이오글로빈은 암컷이 거세 및 수컷에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.
- ⑧ 듀록순종 돼지의 성별에 따른 지방산 비교에서 포화지방산의 주된 지방산은 Palmitic acid(22.77~24.66%)와 Stearic acid(13.05~13.90%)였으며, 불포화지방산의 주된 지방산은 Oleic acid(42.66~44.09%)로 나타났다. 포화지방산은 암컷이 높았고, 불포화지방산은 수컷이 높은 수치를 보여주었다. 오메가 3 및 6 지방산은 수컷이 가장 높았다.

제 3절 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구

1. 연구내용 및 방법

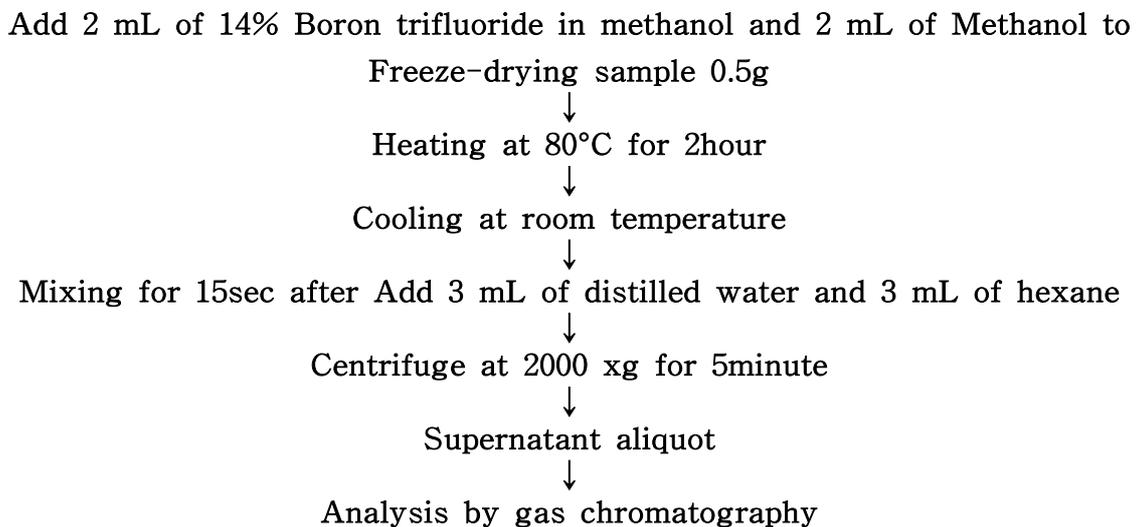
가. 공시축

본 연구에 이용된 공시축은 Duroc(D) 85두, Landrace(L) 89두, Yorkshire(Y) 155두, F1(Landrace×Yorkshire) 29두, 삼원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc, LYD) 80두로 도축 후 등심 부위를 채취하여 진공 포장하여 실험실로 이동하였다. 시료는 핵산관련물질 및 유리아미노산 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 -80°C 에 분석 전까지 보관하였으며, 지방산 분석을 위해 동결건조기(PVTFD100R, 일신랩, 대한민국)를 이용하여 건조 후 분석 전까지 -80°C 에 보관하였다. 또한 지방산패도 분석을 위해서 생육을 각각 0일, 5일 및 10일간 냉장하여 보관하였다.

나. 실험방법

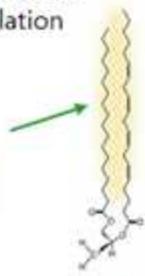
(1) 지방산 분석

지방산 분석은 동결건조 된 시료를 0.5g씩 준비하여 glass bottle에 넣고, 14% boron trifluoride in methanol 2mL과 HPLC급 methanol 2mL을 첨가 한 후 80°C 의 Dry block heater에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응 한 시료를 상온에 방치하여 냉각시키고 증류수 3mL과 hexane 3mL을 넣고 15초간 mixing하여 2000xg에서 5분간 원심분리 한다. hexane층인 상층액을 추출하여 gas chromatography/FID (GC, shimadzu2014, japan)로 분석하였다. 표준물질은 FAMES Mineral Oil Standard(Restek Corporation, USA)를 이용하였으며 분석 조건은 [표 3-1] 과 같다.

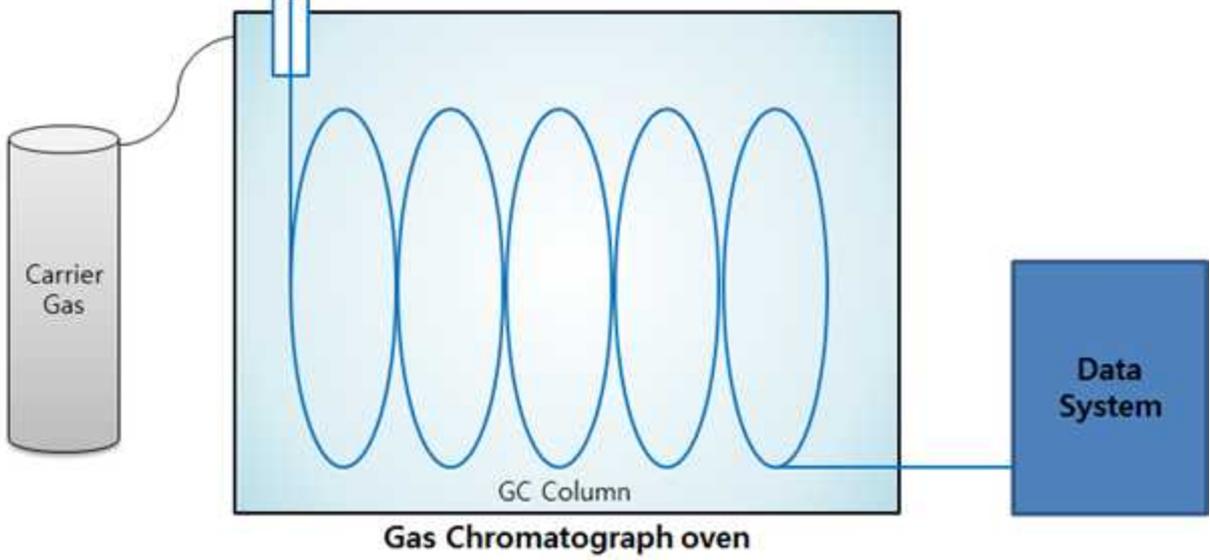


[그림 3-1] 돈육 등심 내 지방산 분석 방법(1)

Sample preparation
-fatty acid methylation



Injection



[그림 3-1] 돈육 등심 내 지방산 분석 방법(2)

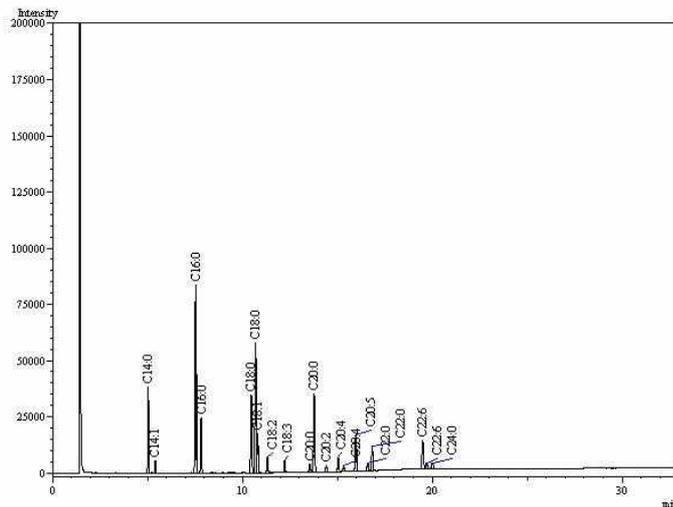
[표 3-1] 지방산 분석 조건

Consist	Conditions
Instrument	SIMADZU GC 2014
Column	FAMEWAX CAP. Column (30m x 0.32mm ID x 0.25 um)
Injection temperature	250
Detector temperature	250
Detector	Flame ionization detector (FID)
Oven temperature	240
Carrier gas	N ₂ , H ₂ , Air
Split ratio	30.0 : 1
Gas flow rate	0.7ml/min
Injection volume	1ul

GC

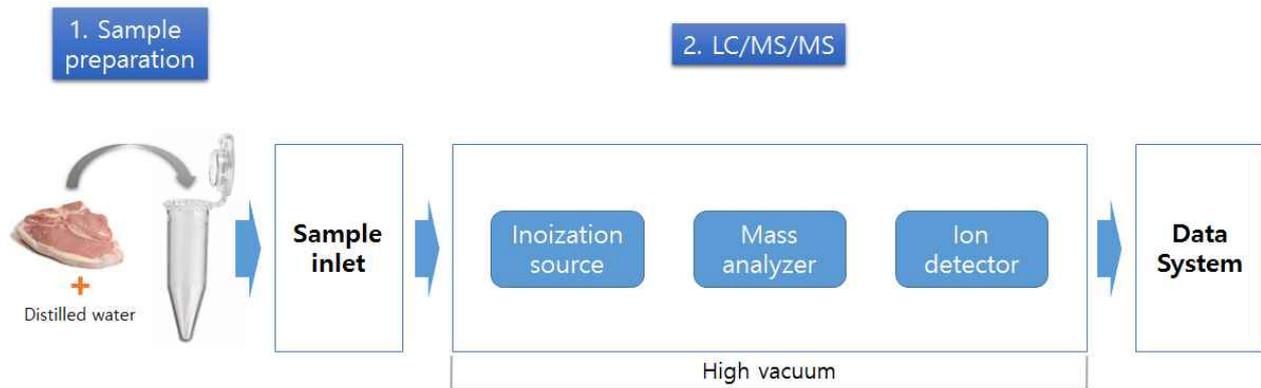


지방산 Standard



(2) 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석은 등심근 0.5g과 DW 1mL을 혼합한 후 homogenizer를 이용하여 30초씩 3회 균질화한 후 균질액을 15,000rpm, 4°C에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액을 100uL 분주한 뒤, 0.4% formic acid in ethanol 900uL를 첨가하여 -20°C에서 약 1h정도 보관 후에 다시 10,000rpm, 4°C에서 10분간 원심분리 하였다. vial에 상등액 100uL를 분주하여 0.4% formic acid in ethanol 900uL를 넣어 희석한 후 LC/MS/MS(Waters Xevo TQ-S)에 injection하였다. LC/MS/MS의 분석 조건은 [표 3-2] 와 같다.



[그림 3-2] 유리아미노산 분석 과정

[표 3-2] 유리아미노산 분석 조건

Consist	Conditions	
Mobile phase	A : ACN/THF/25mM HCOONH ₄ /HCOOH = 9/75/16/0.3(v/v/v/v) B : ACM/100mM HCOONH ₄ = 20/80(v/v)	
Column	Imtakt Intrada Amino Acid C18 (3um, 50×2um)	
Flow rate	0.4mL/min,	
Injection volume	3 uL	
MRM	ESI positive	
Gradient program	Time	B%
	0.0	100%
	3.0	100%
	6.5	83%
	10.0	0%
	12.0	100%
17.0	100%	
LC/MS/MS		

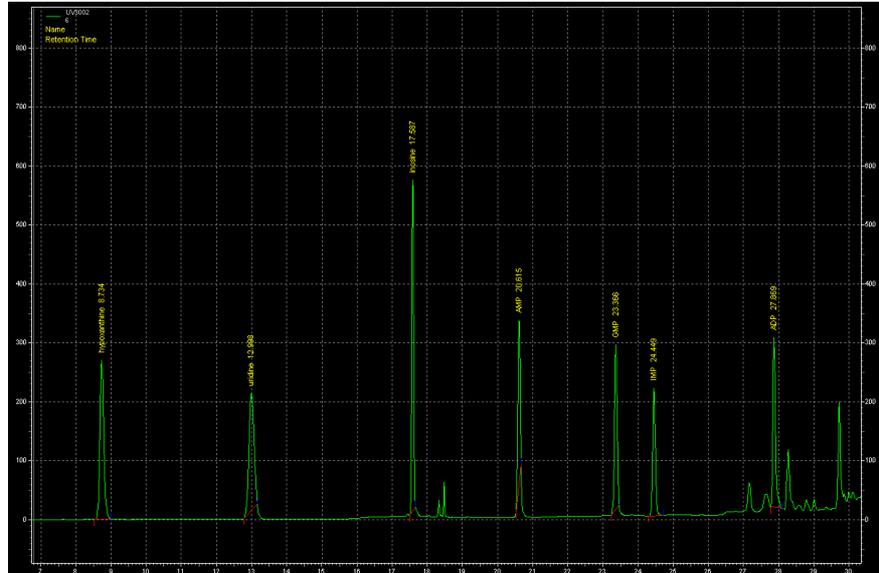
(3) 핵산관련물질 분석

핵산관련물질의 분석은 액체질소로 잘게 분쇄한 등심근 5g에 DW 20mL를 혼합하여 homogenizer로 30초씩 2회 균질화한 후, DW 25mL를 첨가하여 3000rpm, 4°C에서 20분간 원심 분리 하였다. 상등액을 5mL 분주한 뒤, 0.5N perchloric acid 10mL를 넣고 상온에서 5분간 방치하였다. 0.45um membrane filter로 정제한 후 vial에 10uL를 넣고 HPLC(Shiseido company, Ltd., japan)에 injection하였다. 표준물질은 Sigma사(USA)의 Hypoxanthine, Uridine, Inosine, GMP, AMP, ADP, IMP를 이용하였으며, HPLC의 분석 조건은 표 3 과 같다.

[표 3-3] 핵산관련물질 분석 조건

Consist	Conditions	
Mobile phase	A- 1000mL DW +2.5mL TBA-OH(40%) + 500uL H3PO4 B- 1000mL 80% MeOH +2.5mL TBA-OH + 500uL H3PO4 *TBA-OH ; Tetra-Butyl ammonium hydroxide	
Column	Imtakt Cadenza CD (C 18, 4.6×150mm, 3um)	
Injection volume	10 uL	
Oven Temp	40°C	
detector	PDA 254 nm	
Flow rate	0.8mL/min,	
Gradient program	Time	B%
	0.0	5%
	5.0	5%
	18.0	30%
	25.0	70%
	33.0	70%
	33.1	5%
42.0	5%	
HPLC		

핵산관련물질의 Standard



(4) 지방산패도(TBARS) 조사

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Zeb와 Ullah(2016)의 방법을 수정하여 실시하였다. 액체질소로 잘게 분쇄한 등심근 1g을 취하여 50% glacial acetic acid in water 5mL와 0.01% BHT 50uL를 넣고 1시간동안 교반 후, 3000xg에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 한 상등액 1mL에 4mM TBA 1mL를 첨가하여 잘 섞고 95℃ 항온 수조에서 1시간 동안 열처리 후 상온에서 냉각시킨다. 상등액을 회수하여 Spectrophotometer로 531nm에서 흡광도를 측정하고 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{TBARS}(\text{mg of malonaldehyde} / \text{Kg tissue}) = \text{absorbance at } 531 \text{ nm} \times 5.88$$

Add 5 mL of 50% Glacial acetic acid in water to sample 1.0g

↓
Add 50 uL of 0.01% BHT

↓
Shaking for 1hour

↓
Add 1mL of 4mM TBA to sample 1mL

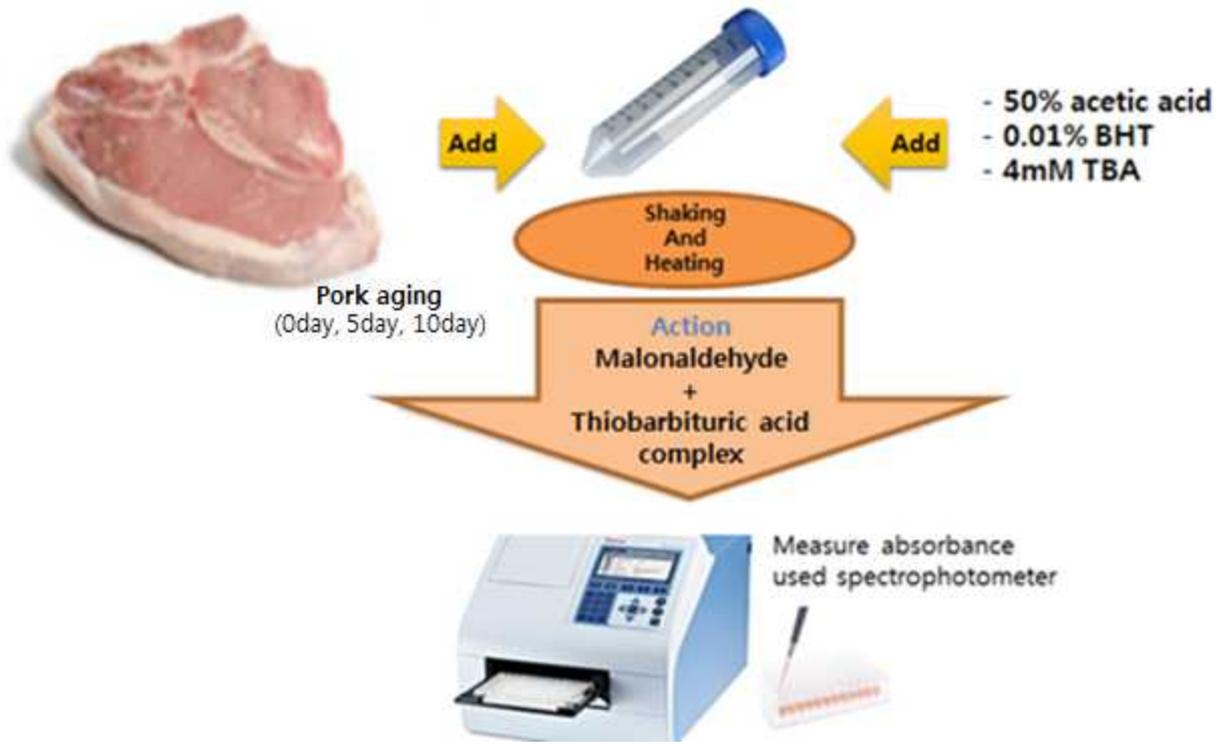
↓
Incubate at 90°C for 1hour

↓
Cooling in room temperature

↓
Centrifuge at 3,000rpm for 10min

↓
Measure absorbance on the plate reader at 531nm

[그림 3-3] 지방산패도의 분석 과정(1)



[그림 3-3] 지방산패도의 분석 과정(2)

2. 연구결과

가. 품종별 돈육 등심 내 지방산 조성 분석

돈육 등심 내 지방산 조성 분석 결과는 [표 3-4]와 같다. 각 지방산 분석 결과 가장 높은 비율을 차지한 포화지방산은 Palmitic acid(C16:0)으로 나타났으며 각각 랜드레이스에서 23.10%, 요크셔에서 23.72%, 듀록에서 24.44%, F₁에서 21.68% 및 LYD에서 24.93%로 듀록과 LYD에서 유의적으로 높은 함량을 나타냈다(P<0.05). Palmitic acid 다음으로 높게 나타난 포화지방산은 Stearic acid(C18:0)으로 각각 랜드레이스에서 11.62%, 요크셔에서 11.89%, 듀록에서 12.19%, F₁에서 11.31% 및 LYD에서 12.83%로 LYD에서 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 가장 높게 나타난 불포화지방산은 Oleic acid(C18:1)로 듀록에서 44.39%로 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 랜드레이스 42.75%, 요크셔 43.80%, F₁ 42.53% 및 LYD 42.39%로 조사되었다. Oleic acid는 육류에서 맛과 정의 상관관계가 있다고 알려져 있으며(Westerling and Hedrick, 1979) 성인병에 유익한 효과가 있다는 연구결과가 보고되었다(Grundy, 1986). Linolenic acid(C18:3)은 랜드레이스 0.52%, 요크셔 0.41%, 듀록 0.46%, F₁ 0.63% 및 LYD 0.53%로 F₁에서 가장 높은 결과를 나타냈으나 각 품종별로 유의적인 차이는 보이지 않았다. Linolenic acid를 포함한 불포화지방산의 비율이 높고 포화지방산의 비율이 낮을수록 동맥경화증과 고혈압 예방 등 인체의 건강에 유익한 것으로 보고되었다(Deeker and Shantha, 1994). 포화지방산인 Myristic acid(C14:0)은 듀록과 LYD에서 각각 1.45% 및 1.48%로 다른 품종보다 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 단가불포화지방산인 Palmitoleic acid(C16:1)은 요크셔와 듀록에서 각각 2.92%와 3.07%로 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). Eicosenic acid(C20:1)은 품종 간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 고도불포화지방산의 하나로 대부분의 포유동물에서 필요로 하는 필수지방산인 Linoleic acid(C18:2)는 F₁에서 15.18%, Arachidonic acid(C20:4)는 랜드레이스와 F₁에서 각각 3.23%와 3.52%로 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

포화지방산은 LYD에서 39.20%로 랜드레이스, 요크셔, 듀록 및 F₁보다 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 불포화지방산은 65.73%로 F₁에서 유의적으로 가장 높게 나타났다(P<0.05). 포화지방산의 함량이 높을수록 육내 지방산화 안정성을 높일 수 있으며(Du ea al., 2000) 육색 안정성 또한 가져올 수 있다고 보고되었으나(Joo 등, 2002), 인체의 건강적인 측면에서는 불포화지방산의 함량이 높고 포화지방산의 비율이 낮을수록 건강에 좋다고 보고되었다(Engler ea al., 1991). 단가불포화지방산은 듀록에서 48.03%로 다른 품종들보다 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 다가불포화지방산은 F₁에서 유의적으로 가장 높았고 요크셔에서 가장 낮은 것으로 조사되었다(P<0.05).

[표 3-4] 품종별 돈육 등심 내 지방산 조성

Items(%)	L	Y	D	F ₁	LYD
C14:0	1.23±0.02 ^b	1.27±0.02 ^b	1.45±0.03 ^a	1.28±0.03 ^b	1.48±0.02 ^a
C16:0	23.10±0.13 ^c	23.72±0.12 ^b	24.44±0.17 ^a	21.68±0.21 ^d	24.93±0.18 ^a
C16:1	2.88±0.06 ^{ab}	2.92±0.04 ^a	3.07±0.06 ^a	2.64±0.08 ^b	2.81±0.14 ^{ab}
C18:0	11.62±0.15 ^{cd}	11.89±0.11 ^{bc}	12.19±0.13 ^b	11.31±0.18 ^d	12.83±0.14 ^a
C18:1	42.75±0.34 ^{bc}	43.80±0.27 ^{ab}	44.39±0.33 ^a	42.53±0.53 ^c	42.39±0.39 ^c
C18:2	14.11±0.32 ^b	12.75±0.26 ^c	11.67±0.32 ^c	15.78±0.41 ^a	12.08±0.33 ^c
C18:3	0.52±0.02	0.41±0.01	0.46±0.02	0.63±0.02	0.53±0.13
C20:1	0.65±0.01	0.63±0.01	0.64±0.02	0.64±0.02	0.70±0.10
C20:4	3.23±0.14 ^a	2.70±0.12 ^b	1.89±0.14 ^c	3.52±0.25 ^a	2.55±0.18 ^b
SFA(%)	35.93±0.22 ^d	36.88±0.19 ^c	38.03±0.27 ^b	34.27±0.36 ^e	39.20±0.30 ^a
UFA(%)	64.07±0.22 ^b	63.12±0.19 ^c	61.97±0.27 ^d	65.73±0.36 ^a	60.80±0.30 ^e
MUFA(%)	46.25±0.35 ^{bc}	47.32±0.29 ^{ab}	48.03±0.35 ^a	45.81±0.52 ^c	45.77±0.38 ^c
PUFA(%)	17.82±0.44 ^b	15.80±0.36 ^c	13.94±0.45 ^d	19.92±0.62 ^a	15.04±0.44 ^{cd}

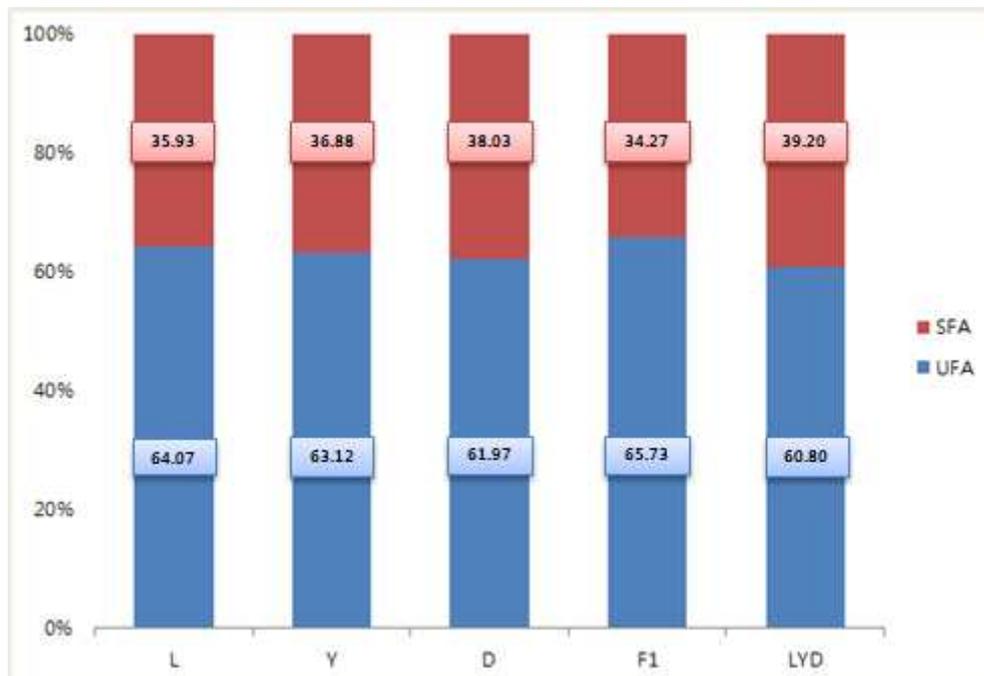
Means±SE, P<0.05, unit : %

D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire, F₁: Landrace×Yorkshire, LYD: Landrace×Yorkshire×Duroc

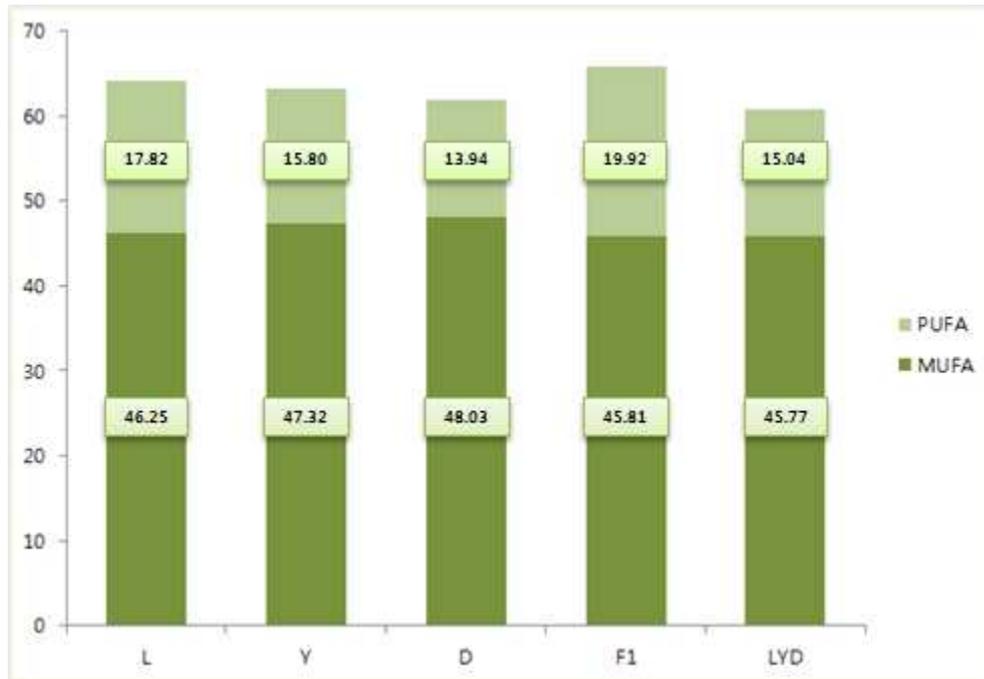
C14:0 ; Myristic acid, C16:0 ; Palmitic acid, C16:1 ; Palmitoleic acid, C18:0 ; Stearic acid, C18:1 ; Oleic acid, C18:2 ; Linoleic acid, C18:3 ; Linolenic acid, C20:1 ; Eicosenic acid, C20:4 ; Arachidonic acid

SFA : Saturated fatty acid, UFA : Unsaturated fatty acid, MUFA : Monounsaturated fatty acid, PUFA : Polyunsaturated fatty acid

[그림 3-4] 품종별 등심 내 포화지방산과 불포화지방산 비율(%)



[그림 3-5] 품종별 등심 내 단가불포화지방산과 다가불포화지방산 비율(%)



나. 품종별 돈육 등심 내 유리아미노산 조성 분석

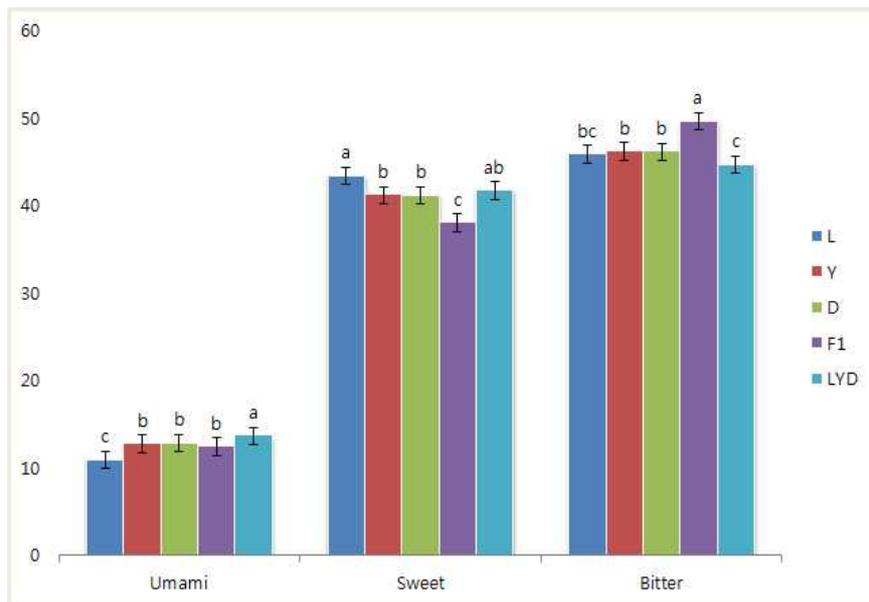
품종별 등심 내 유리아미노산 함량 분석 결과는 [표 3-5]와 같다. 분석된 유리아미노산 중 Alanine이 12.92~14.37mg/100g으로 품종에 관계없이 가장 많았다. Glycine과 Proline은 랜드레이스, 요크셔, 듀룩이 F1과 LYD보다 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). Leucine과 Lysine은 랜드레이스, 요크셔, 듀룩 및 LYD가 F1보다 유의적으로 높았고($P<0.05$), Aspartic acid와 Histidine의 함량은 요크셔와 듀룩에서 유의적으로 높았다($P<0.05$). Isoleucine은 듀룩에서, Glutamic acid는 LYD에서, 그리고 Methionine, Arginine 및 Tyrosine은 F1에서 다른 품종들과 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). Phenylalanine은 듀룩과 LYD에서 유의적으로 높았으며, Alanine, Serine, Valine, Threonine 및 Cys2에서는 품종간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Umami는 일반적으로 잘 알려져 있는 단맛, 짠맛, 쓴맛, 신맛의 네 가지 맛에 이어 최근 과학적으로 다섯 번째 맛으로 인정되는 맛이며 감칠맛을 내는 것으로 알려져 있다. Aspartic acid와 Glutamic acid의 함량으로 Umami를 측정하는데, 돈육 등심 내 유리아미노산 조성 중 Umami는 13.65%로 LYD에서 유의적으로 가장 높게 나타났다($P<0.05$). 단맛을 내는 것으로 알려진 Glycine, Alanine, Serine 및 Lysine의 함량은 43.33%로 랜드레이스가 요크셔, 듀룩, F1 및 LYD보다 유의적으로 높았고, 쓴맛을 내는 아미노산 성분인 Valine, Leucine, Isoleucine, Methionine, Histidine, Phenylalanine 및 Arginine의 함량은 LYD가 44.62%로 다른 품종들에 비해 가장 낮아($P<0.05$), 맛에 부정적인 영향을 끼치는 유리아미노산이 가장 적게 들어있는 것으로 조사되었다. 육류의 체내 아미노산 함량은 품종에 따라 차이가 있다고 보고되었으며 (Nicastro, 1999), 본 연구에서도 대부분의 아미노산 함량이 품종에 따라 차이가 나는 것으로 나타나 기존의 연구결과와 일치하였다.

(표 5) 품종별 돈육 등심 내 유리아미노산 조성

Items	L	Y	D	F1	LYD
Glycine	4.25±0.29 ^a	3.57±0.16 ^a	3.94±0.25 ^a	2.13±0.16 ^b	1.23±0.13 ^c
Alanine	14.20±0.65	12.92±0.50	14.37±0.66	13.18±0.40	13.87±0.34
Serine	3.32±0.15	3.45±0.11	3.82±0.17	3.44±0.17	3.49±0.11
Proline	4.00±0.18 ^a	3.73±0.14 ^a	3.88±0.15 ^a	2.75±0.09 ^b	3.05±0.09 ^b
Valine	4.88±0.25	4.43±0.20	4.89±0.22	3.91±0.14	4.42±0.14
Threonine	4.00±0.20	3.72±0.14	4.05±0.17	3.34±0.13	3.56±0.09
Leucine	5.81±0.29 ^a	5.39±0.24 ^a	6.32±0.30 ^a	4.36±0.18 ^b	6.08±0.26 ^a
Isoleucine	3.21±0.16 ^b	3.04±0.12 ^b	3.78±0.17 ^a	2.80±0.11 ^b	2.15±0.14 ^c
Aspartic acid	1.01±0.08 ^b	1.49±0.06 ^a	1.57±0.10 ^a	0.95±0.03 ^b	1.04±0.05 ^b
Lysine	4.41±0.24 ^a	4.31±0.17 ^a	4.65±0.29 ^a	0.70±0.04 ^b	4.49±0.14 ^a
Glutamic acid	5.33±0.31 ^c	5.54±0.27 ^{bc}	6.52±0.33 ^{ab}	5.41±0.25 ^c	6.67±0.23 ^a
Methionine	2.52±0.10 ^c	2.72±0.08 ^{bc}	3.00±0.13 ^b	3.51±0.17 ^a	1.98±0.10 ^d
Histidine	2.13±0.09 ^b	2.45±0.05 ^a	2.60±0.09 ^a	1.53±0.07 ^c	2.09±0.06 ^b
Phenylalanine	3.97±0.15 ^{ab}	3.76±0.13 ^{bc}	4.50±0.19 ^a	3.34±0.29 ^c	4.44±0.21 ^a
Arginine	4.11±0.19 ^b	4.12±0.15 ^b	4.05±0.17 ^b	6.33±0.32 ^a	4.33±0.15 ^b
Tyrosine	4.37±0.17 ^b	4.29±0.13 ^b	4.72±0.19 ^b	6.44±0.23 ^a	4.35±0.13 ^b
Cys2	1.36±0.16 ^b	1.76±0.09 ^a	1.40±0.12 ^b	0.01±0.01 ^d	0.61±0.01 ^c
Umami(%)	10.86±0.29 ^c	12.72±0.19 ^b	12.79±0.26 ^b	12.42±0.39 ^b	13.65±0.29 ^a
Sweet(%)	43.33±0.55 ^a	41.13±0.39 ^b	41.10±0.60 ^b	38.00±0.57 ^c	41.74±0.55 ^{ab}
Bitter(%)	45.81±0.42 ^{bc}	46.16±0.27 ^b	46.10±0.44 ^b	49.58±0.54 ^a	44.62±0.43 ^c

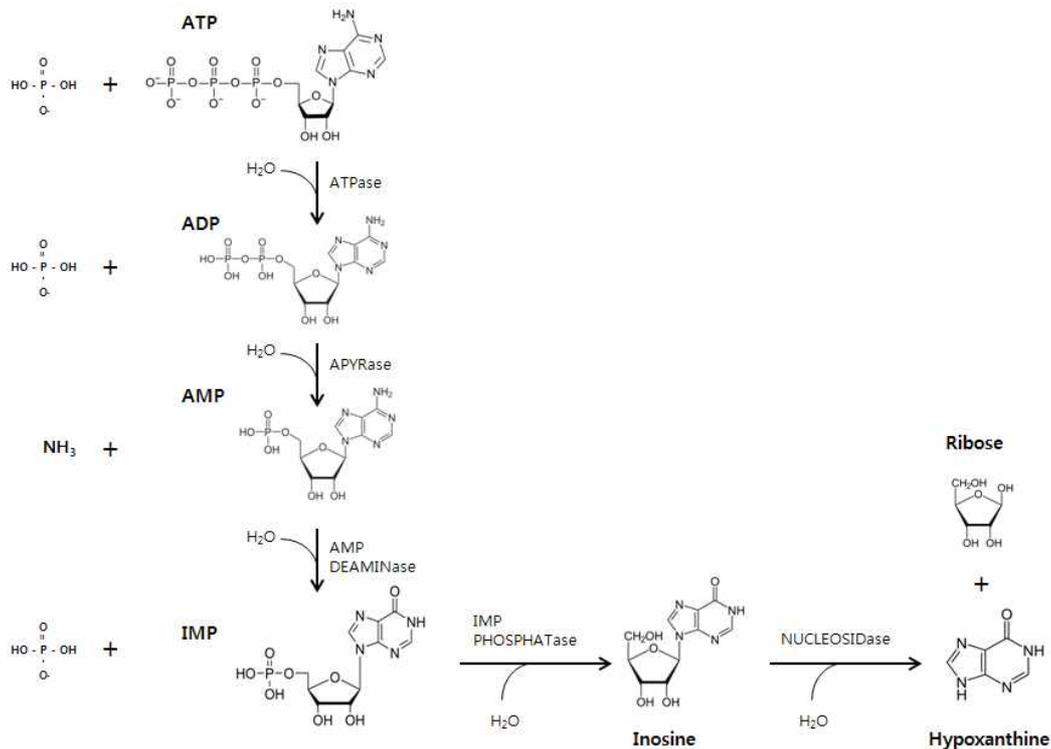
Means±SE, P<0.05, unit : mg/100g; D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire, F1: Landrace×Yorkshire, LYD: Landrace×Yorkshire×Duroc; Umami : Aspartic acid+Glutamic acid; Sweet : Serine+Glycine+Alanine+Lysine; Bitter : Valine+Methionine+Isoleucine+Leucine+Phenylalanine+Histidine+Arginine



[그림 3-6] 품종별 유리아미노산 조성의 Umami, Sweet, Bitter 비교

다. 품종별 돈육 등심 내 핵산관련물질 함량 분석

품종별 등심 내 핵산관련물질 함량 분석 결과는 [표 3-6]과 같다. 핵산관련물질의 대사는 ATP → ADP → AMP → GMP → IMP → Inosine → Uridine → Hypoxanthine → Xanthine의 순서로 분해된다. 본 연구에서는 ADP, IMP, GMP, AMP, Inosine, Uridine 및 Hypoxanthine 총 7개의 compound를 분석하였다. 분석 결과, 7개의 핵산관련물질 중 IMP의 함량이 가장 높았으며, IMP 다음으로 Inosine, ADP, Hypoxanthine 순으로 높게 나타났다. ADP, GMP, IMP 및 Inosine은 LYD가 랜드레이스, 요크셔, 듀록 및 F1보다 유의적으로 높았다($P < 0.05$). Yokotsuka et al.(1969)는 GMP는 MSG(Mono Sodium Glutamate)와 상쇄하여 감칠맛을 내는 것으로 보고하였다. GMP와 IMP는 식육에서 Umami맛에 관여한다고 알려져 있으며(Koutsidis et al., 2008), 주 등(1997)은 IMP가 맛들과 양의 상관관계를 보이므로 맛의 상승작용에 관여한다고 보고한 바 있다. AMP는 LYD가 유의적으로 가장 높았으며 랜드레이스, 요크셔 및 듀록은 비슷한 수준으로 나타났고, F1에서 가장 낮았다($P < 0.05$). Uridine은 삼원교 잡종인 LYD가 다른 품종들과 유의적인 차이를 보였다($P < 0.05$). Hypoxanthine 또한 LYD에서 가장 높았으며, 다음으로 F1이 높고 순종인 랜드레이스와 요크셔 및 듀록에서 비슷하게 낮은 경향이 나타났다($P < 0.05$). Hypoxanthine은 IMP를 분해하는 미생물 작용에 의해 Inosine을 거쳐 생성된다고 알려져 있으며 시간이 경과함에 따라 Hypoxanthine의 양은 증가하고 맛과 관련된 인자인 IMP는 감소한다고 보고되었다(Lee and Newbold, 1963; Yano et al., 1995).



[그림 7] 핵산관련물질의 대사과정

(자료 : Meelis Kikk et al., 2006)

[표 3-6] 품종별 돈육 등심 내 핵산관련물질 함량

Items	L	Y	D	F1	LYD
ADP	0.096±0.004 ^b	0.100±0.004 ^b	0.107±0.009 ^b	0.091±0.004 ^b	0.885±0.096 ^a
AMP	0.050±0.003 ^b	0.048±0.003 ^b	0.050±0.003 ^b	0.030±0.001 ^c	0.133±0.020 ^a
GMP	0.018±0.001 ^b	0.019±0.001 ^b	0.022±0.001 ^b	0.022±0.000 ^b	0.306±0.046 ^a
IMP	0.480±0.019 ^b	0.419±0.019 ^b	0.468±0.023 ^b	0.466±0.019 ^b	6.497±0.597 ^a
Inosine	0.112±0.006 ^b	0.104±0.006 ^b	0.122±0.007 ^b	0.118±0.007 ^b	1.165±0.113 ^a
Uridine	0.016±0.002 ^c	0.020±0.001 ^{bc}	0.020±0.002 ^{bc}	0.024±0.004 ^b	0.127±0.007 ^a
Hypoxanthine	0.065±0.004 ^c	0.054±0.002 ^c	0.061±0.004 ^c	0.120±0.006 ^b	0.337±0.055 ^a

Means±SE, P<0.05, unit : umol/g; D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire, F1: Landrace×Yorkshire, LYD: Landrace×Yorkshire×Duroc

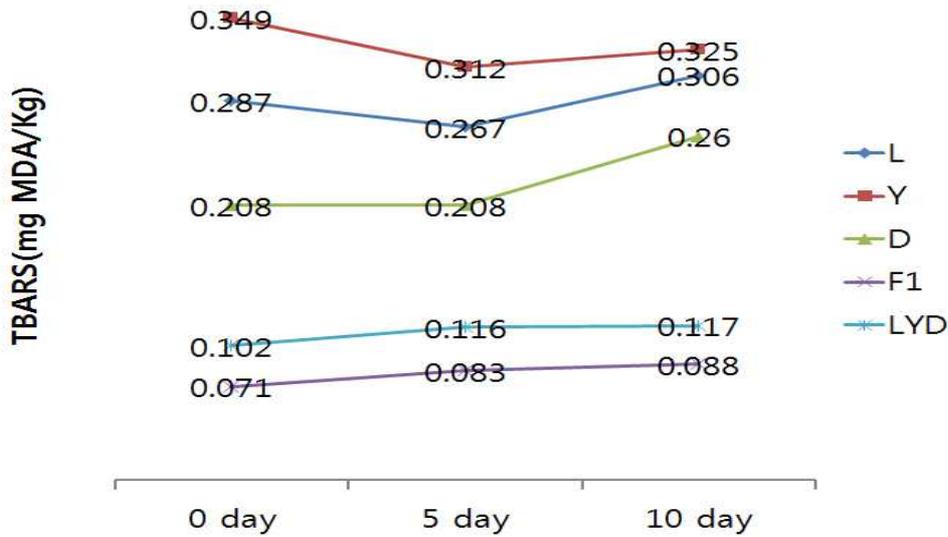
라. 품종별 돈육 등심 내 지방산패도 조사

저장기간에 따른 품종별 돈육 등심 내 지방산패도 조사 결과는 [표 3-7]에 나타내었다. 등심 내 지방의 산패도는 저장기간에 따라 전반적으로 증가하였고, 산패 정도는 요크셔에서 가장 높은 경향을 보였다. 0일차와 5일차의 지방산패도는 요크셔가 다른 품종들과 유의적인 차이를 보였으며, 10일차에는 랜드레이스, 요크셔 및 듀룩이 F1과 LYD보다 유의적으로 높게 나타났다. TBARS는 지방의 산화에 의해 생기는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid(TBA)가 반응하여 생성되는 복합체를 흡광도계로 측정하는 방법으로, MDA의 양이 0.20mg/Kg이하의 범위가 신선하다고 보고하였다(Brewer et al., 1992). 또한 한 등 (2006)은 MDA의 양이 0.46 mg/Kg 이하까지는 섭취할 수 있는 수준이며, 1.2 mg/Kg 이상은 완전히 산패된 것으로 판정하였다. 품종별 저장기간 동안 지방의 산패도를 알아보기 위하여 TBARS를 측정한 결과는 그림 8과 같다.

(표 7) 저장기간에 따른 품종별 돈육 등심 내 지방산패도

Items	L	Y	D	F1	LYD
0 day	0.287±0.036 ^{ab}	0.349±0.038 ^a	0.208±0.032 ^{bc}	0.071±0.002 ^{dB}	0.102±0.006 ^{cd}
5 day	0.267±0.026 ^{ab}	0.312±0.030 ^a	0.208±0.029 ^{bc}	0.083±0.003 ^{dA}	0.116±0.008 ^{cd}
10 day	0.306±0.030 ^a	0.325±0.029 ^a	0.260±0.037 ^a	0.088±0.003 ^{bA}	0.117±0.008 ^b

Means±SE, P<0.05, unit : mg MDA(Malonaldehyde)/Kg; D: Duroc, L: Landrace, Y: Yorkshire, F1: Landrace×Yorkshire, LYD: Landrace×Yorkshire×Duroc; ^{a-d} Means within a row with different superscript letters are significantly different at P<0.05; ^{A-B} Means within a column with different superscript letters are significantly different at P<0.05



[그림 3-8] 저장기간에 따른 품종별 지방산패도

마. 품종별 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

(1) 전체 품종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

전체 품종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-8]과 같다. pH 24h는 C14:0, C16:0과 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으나($P < 0.01$), C18:2와는 부의 상관을 보였으며 ($P < 0.01$), C20:4와도 -0.11 로 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). Meat color에서 명도(L)과 황색도 (b)는 C16:1과 유의적으로 정의 상관을 보였으며($P < 0.05$), 적색도(a)는 C16:0, C16:1, C18:1과는 정의 상관으로 유의하게 나타났으나 C18:2, C20:4와는 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). WHC는 C18:0과 유의한 정의 상관관계를 보였으나, Drip loss 24h와 shear force는 분석한 지방산들과의 상관에서 유의하지 않았다.

[표 3-8] 전체 품종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	0.18546	0.19757	0.02192	0.06926	0.05957	-0.15681	0.05334	0.03068	-0.11412
	0.0002	<.0001	0.6617	0.1647	0.2322	0.0016	0.3023	0.5474	0.0228
L	0.04324	-0.05764	0.12202	-0.04153	-0.01573	0.03171	-0.02998	-0.03063	-0.01449
	0.3896	0.2477	0.0145	0.4051	0.7526	0.5250	0.5622	0.5480	0.7732
Meat Color	0.07745	0.11161	0.11294	-0.00850	0.20422	-0.20547	-0.01784	0.05924	-0.17408
	0.1229	0.0249	0.0237	0.8648	<.0001	<.0001	0.7302	0.2450	0.0005
b	0.01182	0.02197	0.12702	0.04843	0.08715	-0.07738	-0.08685	-0.07736	-0.11431
	0.8142	0.6597	0.0109	0.3315	0.0802	0.1205	0.0927	0.1287	0.0226
Drip loss 24h	-0.08037	-0.03518	0.05101	-0.03832	-0.05550	0.07123	-0.07122	-0.03797	0.05111
	0.1094	0.4807	0.3082	0.4424	0.2658	0.1530	0.1681	0.4564	0.3091
WHC	0.06065	0.06965	-0.05053	0.15445	-0.06263	-0.02377	0.02957	0.07739	-0.00293
	0.2273	0.1623	0.3128	0.0018	0.2090	0.6338	0.5677	0.1285	0.9535
Shear force	0.09441	-0.01545	0.05967	-0.09009	0.03616	-0.01947	0.10481	-0.00712	-0.00341
	0.0599	0.7568	0.2332	0.0705	0.4685	0.6965	0.0422	0.8889	0.9459

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

(2) 랜드레이스종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

랜드레이스종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-9]에 나타내었다. pH 24h는 C18:1, C20:4와 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.05$). Meat color에서 L은 C16:0과 정의 상관을 보였으며($P<0.05$), b는 C16:0과는 정의 상관을, C20:1과는 부의 상관으로 유의하게 나타났(0.05). Meat color에서 a는 분석한 지방산들과 유의한 상관을 보이지 않았다. Drip loss 24h와 WHC 또한 지방산들과의 상관에서 유의하지 않았다. Shear force는 0.29로 C18:3과 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.01$).

(3) 요크셔종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

요크셔종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-10]과 같다. pH 24h는 C18:0과 부의 상관으로 유의하게 나타났으며, C18:3과는 0.18로 정의 상관을 보였다($P<0.05$). Meat color에서 L은 C16:0, C18:3과 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으며($P<0.05$), a는 C18:1과 정의 상관을, C18:2, C20:4와는 부의 상관을 보였다($P<0.01$). Meat color의 b, Drip loss 24h 및 Shear force는 통계적으로 유의한 상관을 보이지 않았으며, WHC는 C18:3, C20:1과 정의 상관으로 유의하게 나타났다.

(4) 듀룩종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

듀룩종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-11]과 같다. pH 24h는 C20:1과 정의 상관을 보였으며($P<0.05$), Meat color에서 L은 C18:3과 0.35로 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.01$). Meat color에서 a와 b는 분석한 지방산들과 유의한 상관을 나타내지 않았다. Drip loss 24h는 C18:2, C20:4와 정의 상관으로 유의하게 나타났으나, C18:1, C20:1과는 부의 상관을 보였다($P<0.01$). WHC는 C16:0, C18:0과 정의 상관을, C18:2와는 -0.32로 부의 상관으로 유의하게 나타났다($P<0.05$). Shear force는 지방산들과 유의한 상관을 보이지 않았다.

(5) F1(Landrace×Yorkshire)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

F1(Landrace×Yorkshire)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-12]에 나타내었다. Drip loss 24h는 C16:1과 0.50으로 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으나, pH 24h, Meat color, WHC 및 Shear force는 분석한 지방산들과 유의한 상관을 나타내지 않았다.

(6) LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계 분석

LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-13]과 같다. pH 24h는 C18:2와 -0.24로 통계적으로 유의한 부의 상관을 보였다($P<0.05$). Meat color에서 L과 b는 C18:3과 부의 상관으로 유의하게 나타났으나($P<0.05$), a는 유의한 상관을 보이지 않았다. Drip loss 24h와 WHC 또한 통계적으로 유의한 상관을 보이지 않았고, Shear force는 C18:2와 -0.25로 유의한 부의 상관으로 나타났다.

[표 3-9] 랜드레이스종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	0.17122	0.05326	0.07050	0.00531	0.22086	-0.21239	0.16498	0.28649	-0.19726
	0.1128	0.6201	0.5115	0.9606	0.0375	0.0457	0.1337	0.0079	0.0639
L	0.10309	0.08663	0.25885	0.02854	-0.08694	-0.01416	0.06997	-0.19445	-0.02590
	0.3420	0.4196	0.0143	0.7907	0.4179	0.8952	0.5271	0.0745	0.8096
Meat Color	-0.00966	0.14283	0.07617	-0.00956	0.09643	-0.11800	-0.08904	-0.05676	-0.09273
	0.9292	0.1818	0.4780	0.9291	0.3687	0.2708	0.4206	0.6059	0.3874
b	0.05580	0.16027	0.25399	0.11773	-0.06862	-0.04457	-0.15141	-0.32466	-0.09048
	0.6077	0.1335	0.0163	0.2719	0.5229	0.6783	0.1692	0.0024	0.3991
Drip loss 24h	-0.09971	-0.03293	-0.03801	0.09247	-0.12477	0.13801	-0.11389	-0.17881	-0.00239
	0.3582	0.7593	0.7236	0.3888	0.2440	0.1971	0.3023	0.1016	0.9823
WHC	0.04896	-0.02596	0.01475	0.06654	0.00845	-0.01441	0.20320	0.16621	-0.05168
	0.6525	0.8092	0.8909	0.5356	0.9374	0.8934	0.0638	0.1284	0.6305
Shear force	0.10779	-0.17338	-0.02919	-0.08262	0.01159	0.02835	0.29482	0.17003	0.12663
	0.3204	0.1042	0.7860	0.4415	0.9142	0.7920	0.0065	0.1198	0.2370

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-10] 요크셔종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	-0.01221	0.03369	0.02790	-0.21116	-0.00667	0.05466	0.17804	0.12343	0.05358
	0.8817	0.6813	0.7338	0.0093	0.9352	0.5051	0.0360	0.1391	0.5163
L	-0.01256	-0.12814	0.17686	-0.05799	0.06273	0.01306	0.27236	-0.01885	-0.05683
	0.8784	0.1169	0.0298	0.4794	0.4441	0.8735	0.0012	0.8220	0.4912
Meat Color	0.10728	0.04695	0.09651	-0.05641	0.28228	-0.23792	0.00224	0.12637	-0.21119
	0.1898	0.5670	0.2384	0.4914	0.0004	0.0033	0.9791	0.1299	0.0097
b	-0.00317	-0.02258	0.02305	0.12655	0.10966	-0.09870	0.05531	-0.05273	-0.15588
	0.9692	0.7832	0.7787	0.1215	0.1801	0.2279	0.5178	0.5288	0.0577
Drip loss 24h	0.03996	0.05093	-0.00064	0.03752	0.01213	-0.03241	-0.12103	-0.04367	-0.04423
	0.6261	0.5346	0.9938	0.6474	0.8824	0.6928	0.1558	0.6020	0.5922
WHC	0.01948	-0.13317	-0.1191	0.07545	-0.16112	0.14142	0.24134	0.23351	0.14863
	0.8124	0.1031	0.1453	0.3572	0.0481	0.0833	0.0042	0.0047	0.0704
Shear force	0.11124	0.09317	0.04395	-0.15866	0.01887	0.01177	0.07966	-0.00266	-0.03632
	0.1739	0.2552	0.5921	0.0517	0.8181	0.8860	0.3512	0.9747	0.6601

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-11] 두룩종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	0.11575	0.15623	0.02471	0.09758	0.14665	-0.20068	-0.17832	0.28255	-0.12984
	0.3744	0.2214	0.8488	0.4468	0.2514	0.1148	0.1728	0.0274	0.3186
L	-0.02542	-0.15583	0.16207	-0.06258	-0.19541	0.12574	0.34501	-0.04073	0.20615
	0.8458	0.2226	0.2082	0.6261	0.1248	0.3261	0.0069	0.7553	0.1109
Meat Color	0.01228	0.06590	-0.05228	0.08287	0.23192	-0.15015	-0.04721	0.05257	-0.13780
	0.9252	0.6078	0.6866	0.5185	0.0674	0.2402	0.7202	0.6874	0.2896
b	0.14110	0.05854	0.18768	0.02798	0.07918	-0.07436	0.18610	-0.18114	-0.05218
	0.2781	0.6486	0.1441	0.8277	0.5374	0.5625	0.1545	0.1624	0.6896
Drip loss 24h	-0.14815	-0.15259	0.06380	-0.18839	-0.35307	0.37788	0.02938	-0.38124	0.33467
	0.2545	0.2325	0.6223	0.1392	0.0045	0.0023	0.8237	0.0024	0.0084
WHC	0.00327	0.28504	0.11665	0.27150	0.17420	-0.32039	-0.20688	0.13838	-0.17922
	0.9801	0.0236	0.3666	0.0314	0.1721	0.0105	0.1127	0.2875	0.1670
Shear force	-0.00357	-0.13856	0.10666	-0.09081	0.14913	-0.04069	0.11763	0.15879	-0.01263
	0.9782	0.2788	0.4093	0.4790	0.2434	0.7515	0.3707	0.2216	0.9231

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-12] F1(Landrace×Yorkshire)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	0.34867	0.24236	0.01259	0.07338	-0.03172	-0.11097	0.01722	-0.29181	-0.04122
	0.0690	0.2140	0.9493	0.7106	0.8727	0.5740	0.9307	0.1319	0.8350
L	0.29724	0.13186	0.08077	-0.03335	0.24220	-0.21295	0.23984	0.21549	-0.34998
	0.1245	0.5036	0.6828	0.8662	0.2143	0.2766	0.2190	0.2708	0.0679
Meat Color	0.21934	0.05883	0.08603	-0.15367	-0.10850	0.05286	-0.03012	-0.10726	0.15485
	0.2621	0.7662	0.6634	0.4350	0.5826	0.7893	0.8791	0.5869	0.4314
b	0.34769	0.18033	0.07804	-0.15589	-0.08188	0.04827	0.14042	-0.10397	-0.02128
	0.0698	0.3585	0.6931	0.4283	0.6787	0.8073	0.4760	0.5985	0.9144
Drip loss 24h	0.06463	0.09945	0.50241	-0.19785	-0.20249	0.07574	-0.29245	-0.25969	0.22748
	0.7439	0.6146	0.0064	0.3129	0.3014	0.7017	0.1310	0.1820	0.2443
WHC	-0.10409	-0.03467	-0.08919	0.20322	0.27305	-0.22771	-0.00828	-0.11365	-0.26413
	0.5981	0.8610	0.6518	0.2996	0.1598	0.2439	0.9666	0.5647	0.1744
Shear force	-0.09107	-0.05462	-0.08999	-0.17727	0.07105	0.05406	0.14988	0.04193	-0.03415
	0.6449	0.7825	0.6488	0.3668	0.7194	0.7847	0.4465	0.8322	0.8631

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-13] LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc)종 등심의 지방산과 육질 특성과의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
pH 24h	-0.01166	0.06905	0.03264	0.08224	0.22152	-0.24363	0.03344	-0.09463	-0.22001
	0.9231	0.5616	0.7870	0.4891	0.0596	0.0378	0.7915	0.4427	0.0652
L	0.16316	0.19396	0.06864	-0.00463	0.04400	-0.08776	-0.28489	-0.05001	-0.09322
	0.1740	0.1001	0.5695	0.9690	0.7117	0.4603	0.0214	0.6855	0.4394
Meat Color	0.11889	0.05734	0.10784	0.06886	-0.05156	-0.07810	0.05760	0.15942	-0.00101
	0.3234	0.6299	0.3707	0.5627	0.6649	0.5113	0.6486	0.1941	0.9934
b	0.08830	0.18582	0.13420	0.14684	0.11682	-0.20360	-0.26965	-0.07917	-0.13553
	0.4640	0.1155	0.2645	0.2151	0.3250	0.0840	0.0298	0.5210	0.2598
Drip loss 24h	0.14795	0.06859	0.22774	-0.11952	-0.04205	-0.04131	-0.14263	0.05462	0.03465
	0.2182	0.5642	0.0561	0.3139	0.7239	0.7286	0.2570	0.6582	0.7742
WHC	-0.16108	-0.03525	-0.15128	0.04415	-0.16499	0.19653	-0.01312	0.07873	0.11445
	0.1796	0.7672	0.2079	0.7107	0.1630	0.0956	0.9174	0.5233	0.3419
Shear force	0.09064	0.13220	0.17970	0.02700	0.06143	-0.24814	0.13514	-0.09081	-0.10719
	0.4522	0.2649	0.1337	0.8206	0.6056	0.0343	0.2831	0.4614	0.3736

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

바. 품종별 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

(1) 전체 품종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

전체 품종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-14]에 나타내었다. pH 24h는 Ser, Thr, Leu, Ile, Asp, Lys, Glu, Met, His, Phe, Arg, Tyr과 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으며($P<0.01$), Val과도 정의 상관으로 유의하게 나타났으나($P<0.05$). 이 중 Ser은 상관계수가 0.33으로 다른 유리아미노산들보다 높은 상관을 나타내었으며, 다음으로 Phe와 His의 상관계수가 각각 0.29와 0.27로 높은 상관을 보였다. Ala와 Pro 또한 통계적으로 유의하지는 않으나 정의 상관을 보였는데, 이는 돈육의 pH에 많은 유리아미노산들이 영향을 주는 것으로 판단된다. Meat color에서 명도(L)은 Ala, Pro, Val, Thr, Leu, Ile, Glu, Met, Phe, Arg, Tyr와 정의 상관으로 유의하게 나타났으나($P<0.05$), Asp와 His 및 Cys2와는 부의 상관을 보였다($P<0.01$). 적색도(a)는 Gly, His, Cys2와 유의한 정의 상관을 보였고 Tyr와는 부의 상관을 보였으며($P<0.05$), 황색도(b)는 Ser, Asp, Glu, His 및 Phe와 통계적으로 유의한 부의 상관이 나타났으나($P<0.05$). 신선도와 관련하여 소비자의 구매의욕에 육색이 많은 영향을 미친다고 보고되었다(Zhu와 Brewer, 1998). Drip loss 24h는 Ala를 포함한 Ser, Ile, Glu, His, Phe, Arg 모두와 유의한 부의 상관을 보였다($P<0.05$). WHC는 Gly와는 -0.16 으로 부의 상관이 유의하게 나타났으나, Asp, His, Phe 및 Cys2와는 유의한 정의 상관이 나타났으나($P<0.05$). Shear force는 Ser, Leu, Ile, Asp, Glu, Met, His, Phe, Tyr 모두와 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으며, 그 중 Ile는 상관계수가 0.24로 다른 유리아미노산들보다 높은 상관을 보였다.

(2) 랜드레이스종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

랜드레이스종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-15]와 같다. pH 24h는 Ser, Leu, Ile, Glu, His 및 Arg와 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.05$). Meat color에서 L은 Met, Phe, Tyr와 정의 상관을, His, Cys2와는 부의 상관으로 유의하게 나타났으며($P<0.05$), b는 -0.42 로 His와 유의한 부의 상관을 보였다($P<0.01$). Meat color의 a와 WHC는 분석한 유리아미노산들과 유의한 상관을 보이지 않았다. Drip loss 24h는 Ala를 포함하여 Ser, Ile, His 및 Cys2 모두에서 부의 상관으로 유의하게 나타났으며($P<0.05$), Shear force는 Ile와 His에서 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.05$).

[표 3-14] 전체 품종 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	-0.08597	0.07115	0.33043	0.05174	0.10443	0.13656	0.23307	0.20254	0.17291	0.16151	0.25751	0.14019	0.27461	0.29418	0.18034	0.14260	-0.00667
	0.0969	0.1371	<0.001	0.2800	0.0289	0.0042	<0.001	<0.001	0.0003	0.0007	<0.001	0.0033	<0.001	<0.001	0.0001	0.0028	0.9115
L	0.03506	0.10840	0.00394	0.15432	0.16340	0.16339	0.18953	0.14026	-0.16175	0.07521	0.11936	0.14680	-0.23073	0.19509	0.14497	0.19662	-0.23018
	0.4991	0.0233	0.9344	0.0012	0.0006	0.0006	<0.001	0.0033	0.0007	0.1160	0.0124	0.0021	<0.001	<0.001	0.0024	<0.001	0.0001
Meat Color	0.13190	0.05427	-0.01030	-0.02183	0.01310	0.00685	-0.01600	0.07310	0.05922	0.03021	-0.00118	-0.02964	0.11008	-0.04129	-0.07852	-0.10587	0.17182
	0.0107	0.2570	0.8298	0.6486	0.7845	0.8864	0.7384	0.1266	0.2161	0.5283	0.9804	0.5361	0.0212	0.3887	0.1008	0.0267	0.0039
a	0.06360	-0.00987	-0.20247	0.01316	0.01899	-0.00310	-0.06936	-0.07884	-0.11259	0.02590	-0.12959	-0.05741	-0.21184	-0.10712	-0.08106	-0.06661	0.05319
	0.2198	0.8368	<0.001	0.7836	0.6918	0.9484	0.1473	0.0994	0.0184	0.5888	0.0066	0.2305	<0.001	0.0250	0.0902	0.1458	0.3752
b	-0.09123	-0.20813	-0.20886	0.00532	-0.07432	-0.08302	-0.11699	-0.17614	-0.04195	-0.01625	-0.10467	-0.01266	-0.19831	-0.10016	-0.10673	-0.07583	-0.00563
	0.0781	<0.001	<0.001	0.9116	0.1204	0.0826	0.0143	0.0002	0.3811	0.7345	0.0285	0.7917	<0.001	0.0361	0.0255	0.1130	0.9253
Drip loss 24h	-0.11595	-0.02245	0.09550	-0.03153	-0.01120	0.03070	0.05236	0.04861	0.10041	0.07480	0.05175	0.00989	0.13946	0.12843	0.05378	-0.03626	0.21752
	0.0249	0.6394	0.0458	0.5104	0.8151	0.5216	0.2742	0.3101	0.0357	0.1180	0.2799	0.8365	0.0034	0.0071	0.2613	0.4490	0.0002
WHC	0.10134	0.06934	0.16578	0.01901	0.06232	0.05025	0.12555	0.23631	0.10053	0.01919	0.13584	0.11176	0.18397	0.14824	0.07899	0.11191	-0.01827
	0.0502	0.1474	0.0005	0.6915	0.1930	0.2940	0.0085	<0.001	0.0354	0.6888	0.0044	0.0193	0.0001	0.0019	0.0987	0.0191	0.7608
Shear force																	

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-15] 랜드레이스종 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	0.17511	0.15073	0.29858	0.08490	0.16858	0.11072	0.21711	0.35715	-0.02822	0.13914	0.22489	0.07959	0.40550	0.08903	0.25525	0.04364	0.25232
	0.1303	0.1586	0.0045	0.4289	0.1143	0.3017	0.0410	0.0006	0.7929	0.1935	0.0341	0.4585	<.0001	0.4067	0.0158	0.6847	0.1115
L	-0.14112	-0.04999	-0.12640	0.10942	0.11219	0.17414	0.16588	-0.00758	-0.16646	0.00304	0.08353	0.22388	-0.42410	0.26107	0.05394	0.23032	-0.46756
	0.2240	0.6418	0.2379	0.3074	0.2952	0.1027	0.1203	0.9438	0.1190	0.9775	0.4364	0.0349	<.0001	0.0135	0.6157	0.0299	0.0021
Meat Color	-0.11080	-0.04108	-0.02850	-0.06452	-0.02499	-0.01531	-0.00862	-0.07509	0.04159	-0.16666	0.06940	0.08472	-0.10200	0.02193	0.00314	0.01987	-0.12190
	0.3407	0.7023	0.7909	0.5480	0.8162	0.8868	0.9361	0.4843	0.6987	0.1185	0.5181	0.4299	0.3415	0.8384	0.9767	0.8534	0.4477
a	-0.20742	-0.17398	-0.17871	-0.05715	-0.00724	0.04343	0.00885	-0.15835	0.00114	-0.04837	-0.02094	0.18271	-0.42076	0.12584	-0.07208	0.13961	-0.26843
	0.0722	0.1030	0.0938	0.5948	0.9463	0.6861	0.9344	0.1383	0.9916	0.6526	0.8456	0.0866	<.0001	0.2400	0.5021	0.1920	0.0897
b	-0.13519	-0.23575	-0.28861	-0.01944	-0.09239	-0.05311	-0.15520	-0.31352	-0.00137	-0.05424	-0.04728	-0.03820	-0.35367	-0.06548	-0.16232	-0.04389	-0.34707
	0.2443	0.0261	0.0061	0.8565	0.3891	0.6211	0.1464	0.0028	0.9898	0.6136	0.6599	0.7223	0.0007	0.5421	0.1286	0.6830	0.0262
Drip loss 24h	-0.00421	0.02850	0.11675	0.04156	0.06303	0.06348	0.12187	0.20011	0.06315	0.08137	0.14467	0.11392	0.14019	0.13484	0.13169	0.07307	0.07278
	0.9712	0.7909	0.2759	0.6990	0.5573	0.5545	0.2552	0.0301	0.5566	0.4484	0.1762	0.2878	0.1901	0.2077	0.2187	0.4962	0.6511
WHC	0.10391	0.07679	0.10512	0.01789	0.09069	-0.00909	0.10595	0.22930	-0.13433	0.00992	0.07187	-0.08151	0.32435	0.02517	0.05713	-0.03702	0.11680
	0.3717	0.4745	0.3269	0.8678	0.3980	0.9326	0.3231	0.0307	0.2095	0.9265	0.5033	0.4476	0.0019	0.8149	0.5949	0.7305	0.4671
Shear force																	

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

(3) 요크셔종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

요크셔종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-16]과 같다. pH 24h는 Ser, Leu, Ile, Lys, Glu, Met, His, Phe, Arg와 정의 상관으로 유의하게 나타났으며, 그 중 His가 0.37로 상관계수가 가장 높게 나타났다($P < 0.05$). Meat color에서 L은 Ala를 비롯하여 Pro, Val, Thr, Leu, Ile, Lys, Glu, Met, Phe, Arg 및 Tyr 모두와 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였다($P < 0.05$). a는 Ser와 유의한 정의 상관을 보였으며, b는 통계적으로 유의한 상관을 보이지 않았다. Drip loss 24h는 Ala와 -0.20 으로 유의한 부의 상관을 보였으며($P < 0.05$), WHC는 Asp, Met, Phe, Cys2와 정의 상관으로 유의하게 나타났다($P < 0.01$). Shear force 또한 분석한 유리아미노산들과 유의한 상관을 보이지 않았다.

(4) 듀록종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

듀록종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-17]과 같다. pH 24h는 Ser, Ile, Asp, Met, His, Phe 및 Tyr와 통계적으로 유의한 상관을 보였으며($P < 0.01$), 그 중 Asp의 상관계수가 0.49로 가장 높게 나타났고, 다음으로 Ser과 Met의 상관계수가 각각 0.41과 0.40으로 높게 나타났다. Meat color에서 L은 Asp와 유의한 부의 상관을 보였으며($P < 0.05$), a는 Pro, Met, Phe, Tyr과 통계적으로 유의한 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). b 또한 Ser를 비롯한 Leu, Ile, Asp, Glu, Met, His, Phe 및 Tyr 모두와 부의 상관으로 유의하게 나타났다($P < 0.05$). Drip loss 24h는 Ser, Ile, Glu, His, Arg와 유의한 부의 상관을 보였으며, WHC는 분석한 유리아미노산들과 유의한 상관을 보이지 않았다. Shear force는 Ala, Ser, Val, Thr, Leu, Ile, Asp, Glu, Met, His, Phe 및 Tyr 모두와 통계적으로 유의한 정의 관계를 나타내었다($P < 0.05$).

[표 3-16] 요크셔종 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	-0.03161	0.05034	0.31665	0.07752	0.08797	0.14375	0.17599	0.22061	0.12441	0.17981	0.23171	0.29963	0.37043	0.28155	0.26523	0.16492	0.17003
	0.7396	0.5339	<0.001	0.3377	0.2764	0.0743	0.0285	0.0058	0.1230	0.0252	0.0037	0.0002	<0.001	0.0004	0.0009	0.0403	0.1133
L	0.09631	0.20879	0.13861	0.29388	0.28717	0.28751	0.29530	0.27697	-0.15659	0.28066	0.21027	0.19645	-0.10109	0.28106	0.23423	0.25618	-0.17058
	0.3102	0.0091	0.0854	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0005	0.0517	0.0004	0.0086	0.0143	0.2107	0.0004	0.0034	0.0013	0.1121
Meat Color	0.10507	0.16054	0.06925	-0.02997	0.05795	0.03171	0.05572	0.16347	-0.01606	0.00633	0.08695	-0.01320	0.15784	0.02046	0.03308	-0.02260	0.04160
	0.2681	0.0460	0.3919	0.7113	0.4739	0.6953	0.4910	0.0421	0.8428	0.9377	0.2820	0.8705	0.0498	0.8006	0.6828	0.7802	0.7003
a	0.03284	0.05244	-0.03007	0.09969	0.09097	0.08327	0.08348	0.06096	0.03314	0.12744	0.01736	0.08176	-0.10218	0.09616	0.06595	0.07998	-0.01284
	0.7299	0.5169	0.7103	0.2172	0.2603	0.3030	0.3017	0.4511	0.6823	0.1141	0.8303	0.3118	0.2058	0.2340	0.4149	0.3225	0.9055
Drip loss 24h	-0.18532	-0.19912	-0.12559	0.00096	-0.04741	-0.06108	-0.05023	-0.13998	-0.03500	-0.00065	-0.02576	0.03784	-0.15846	-0.03448	-0.02237	-0.01429	0.01421
	0.0494	0.0130	0.1195	0.9906	0.5580	0.4503	0.5348	0.0824	0.6655	0.9936	0.7503	0.6401	0.0489	0.6702	0.7824	0.8599	0.8954
WHC	-0.18445	-0.09840	0.07077	-0.09260	-0.10401	-0.03158	0.02526	0.15006	0.27938	0.01645	-0.01798	0.17721	0.08677	0.22967	0.07870	0.00178	0.32224
	0.0505	0.2232	0.3816	0.2518	0.1978	0.6965	0.7550	0.0624	0.0004	0.8390	0.8243	0.0274	0.2830	0.0040	0.3304	0.9824	0.0022
Shear force	-0.00848	-0.03742	0.01528	-0.08702	-0.04853	-0.06533	-0.05347	0.02666	0.05033	-0.04344	-0.02770	-0.05089	0.08753	-0.02826	-0.03029	-0.09900	0.08125
	0.9290	0.6439	0.8503	0.2816	0.5487	0.4193	0.5088	0.7420	0.5340	0.5915	0.7323	0.5295	0.2788	0.7271	0.7083	0.2204	0.4517

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-17] 두룩종 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	-0.10236	-0.04666	0.41110	0.14270	0.09644	0.20133	0.21345	0.36099	0.49287	-0.01446	0.19938	0.40149	0.34710	0.38760	0.19384	0.33036	0.13158
	0.3789	0.6715	<0001	0.1926	0.3799	0.0647	0.0498	0.0007	<0001	0.8955	0.0673	0.0001	0.0011	0.0002	0.0755	0.0020	0.3337
L	0.07270	0.15469	-0.02502	0.11189	0.14659	0.09164	0.15841	0.07441	-0.26546	0.18126	0.10793	0.00039	-0.12564	0.08737	0.10021	0.05291	-0.22159
	0.5326	0.1575	0.8202	0.3079	0.1807	0.4042	0.1476	0.4985	0.0141	0.0969	0.3255	0.9950	0.2519	0.4266	0.3615	0.6306	0.1007
Meat Color	0.15985	-0.00132	-0.17915	-0.25795	-0.11645	-0.14812	-0.19115	-0.18397	-0.09106	0.00064	-0.12988	-0.27906	-0.05150	-0.27268	-0.08070	-0.23734	0.11237
	0.1678	0.9904	0.1009	0.0171	0.2885	0.1761	0.0797	0.0919	0.4072	0.9954	0.2361	0.0097	0.6397	0.0116	0.4628	0.0287	0.4096
b	0.16174	0.07101	-0.43238	-0.20512	-0.09958	-0.19827	-0.24530	-0.37255	-0.51580	0.09247	-0.26638	-0.49329	-0.34651	-0.45287	-0.17759	-0.36704	-0.02904
	0.1628	0.5184	<0001	0.0597	0.3646	0.0689	0.0237	0.0004	<0001	0.3999	0.0137	<0001	0.0012	<0001	0.1040	0.0005	0.8317
Drip loss 24h	-0.23432	-0.20032	-0.32894	-0.06000	-0.13782	-0.21950	-0.18479	-0.31249	-0.15593	-0.01647	-0.22814	-0.12303	-0.35781	-0.18164	-0.27404	-0.16436	-0.16163
	0.0416	0.0660	0.0021	0.5854	0.2085	0.0435	0.0904	0.0036	0.1541	0.8811	0.0357	0.2619	0.0008	0.0962	0.0112	0.1328	0.2340
WHC	-0.10088	-0.00670	0.20111	0.07018	0.03508	0.13182	0.12402	0.16023	0.12512	-0.08191	0.08482	0.17566	0.12677	0.20011	0.18980	0.12774	0.01681
	0.3859	0.9515	0.0649	0.5233	0.7499	0.2292	0.2581	0.1430	0.2539	0.4561	0.4402	0.1078	0.2476	0.0663	0.0819	0.2440	0.9021
Shear force	0.09117	0.23498	0.33332	0.18063	0.25227	0.27121	0.28984	0.42226	0.27218	0.06827	0.32342	0.27498	0.30492	0.32089	0.15602	0.31092	-0.15550
	0.4335	0.0304	0.0015	0.0981	0.0198	0.0121	0.0071	<0001	0.0117	0.5347	0.0025	0.0109	0.0045	0.0028	0.1539	0.0038	0.2525

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

(5) F1(Landrace×Yorkshire)종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

F1(Landrace×Yorkshire)종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 [표 3-18]에 나타내었다. pH 24h는 Cys2와 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.01$). Meat color에서 L은 상관계수 0.40으로 Asp와 유의한 정의 상관을 보였으며($P<0.05$), a와 b는 유의한 상관을 보이지 않았다. Drip loss 24h 와 Shear force 또한 통계적으로 유의한 상관을 보이지 않았으며, WHC는 Ala, His와 정의 상관으로 유의하게 나타났다($P<0.05$).

(6) LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc)종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계 분석

LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc)종 등심의 유리아미노산과 육질 특성과의 상관관계는 표 [3-19]와 같다. pH 24h는 Ser, Leu, Lys, Glu 및 Arg와 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.05$). Meat color에서 L은 Cys2와 유의한 부의 상관을 보였으며, b는 Ser, Leu, Lys, Glu, Met Arg, Tyr과 통계적으로 유의한 부의 상관이 나타났다($P<0.05$). Meat color의 a와 Drip loss 24h는 분석한 유리아미노산들과 유의한 상관을 나타내지 않았다. WHC는 Cys2와는 상관계수 0.57로 높은 상관을 보였으나, Gly를 포함하여 Leu, Ile, Asp, Met, Phe 및 Tyr 모두와 통계적으로 유의한 부의 상관을 보였다($P<0.01$). Shear force는 Cys2와 유의한 부의 상관을, Gly, Ile, Asp, Glu, Met, Phe, Arg 및 Tyr와는 유의한 정의 상관을 보였다($P<0.05$).

[표 3-18] F1(Landrace×Yorkshire) 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	0.08562	0.15401	0.04250	0.17656	0.09643	0.09296	-0.01068	0.06987	-0.07957	0.00367	-0.32752	-0.06773	0.14349	0.08055	-0.00232	-0.08540	0.73890
	0.6588	0.4251	0.8267	0.3595	0.6188	0.6315	0.9561	0.7187	0.6816	0.9849	0.0828	0.7270	0.4577	0.6779	0.9905	0.6596	0.0016
L	0.21889	0.10165	0.15164	0.29341	0.16186	0.28383	0.11681	0.23345	0.39944	0.07801	-0.13511	0.07681	-0.06077	0.13959	0.10328	0.08119	-0.37943
	0.2539	0.5998	0.4323	0.1224	0.4016	0.1357	0.5462	0.2229	0.0318	0.6875	0.4847	0.6921	0.7542	0.4702	0.5939	0.6754	0.1631
Meat Color	-0.01131	-0.21632	-0.14417	-0.10941	-0.05446	-0.03877	-0.15408	-0.06904	0.09345	0.14422	-0.22102	-0.13456	-0.22456	0.07871	-0.18440	-0.09514	0.37702
	0.9536	0.2597	0.4556	0.5721	0.7790	0.8418	0.4248	0.7219	0.6297	0.4554	0.2492	0.4865	0.2416	0.6848	0.3383	0.6235	0.1660
a	0.12672	-0.17882	-0.26593	-0.05015	-0.18195	-0.11454	-0.31437	-0.18957	0.14926	-0.08398	-0.36643	-0.26532	-0.36011	0.00125	-0.32756	-0.27411	0.19468
	0.5124	0.3533	0.1632	0.7961	0.3448	0.5541	0.0967	0.3247	0.4397	0.6649	0.0506	0.1642	0.0550	0.9949	0.0828	0.1502	0.4869
b	-0.15350	-0.14638	0.06912	-0.07072	-0.10918	-0.01443	-0.01321	-0.10701	0.04226	-0.28846	0.25683	0.10813	0.06347	-0.05888	0.05830	0.10724	0.12570
	0.4266	0.4486	0.7216	0.7154	0.5729	0.9408	0.9458	0.5806	0.8277	0.1291	0.1786	0.5766	0.7436	0.7616	0.7639	0.5798	0.6553
Drip loss 24h	0.13863	0.40814	0.31977	0.18911	0.12775	0.18644	0.25646	0.11104	-0.03407	0.06967	0.13258	0.18149	0.55482	0.25334	0.30219	0.24623	-0.37390
	0.4733	0.0280	0.0908	0.3259	0.5090	0.3329	0.1793	0.5664	0.8607	0.7195	0.4930	0.3461	0.0018	0.1848	0.1111	0.1979	0.1698
WHC	0.12673	0.09335	0.02977	0.08450	0.30532	0.11821	0.13256	0.21471	-0.08999	0.30119	-0.00351	-0.00844	0.02641	-0.01480	0.07552	0.02130	0.09067
	0.5124	0.6301	0.8782	0.6630	0.1073	0.5414	0.4930	0.2634	0.6425	0.1123	0.9856	0.9654	0.8918	0.9393	0.6970	0.9127	0.7479

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

[표 3-19] LYD(Landrace×Yorkshire×Duroc) 등심의 유리아미노산과 육질특성과의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
pH 24h	0.11833	0.10799	0.34130	0.13101	0.06356	0.19624	0.23501	0.19709	0.21017	0.35082	0.24935	0.16665	-0.00850	0.17300	0.28800	0.22555	-0.14012
	0.2958	0.3404	0.0019	0.2467	0.5754	0.0811	0.0359	0.0797	0.0613	0.0014	0.0257	0.1395	0.9404	0.1249	0.0096	0.0443	0.2151
L	0.17520	-0.04003	-0.13018	-0.00427	-0.09733	-0.17554	0.09006	0.22266	0.19320	-0.22747	0.00177	0.17822	-0.22955	0.18432	-0.11530	0.07497	-0.27569
	0.1201	0.7244	0.2498	0.9700	0.3904	0.1194	0.4269	0.0471	0.0860	0.0424	0.9875	0.1137	0.0405	0.1017	0.3084	0.5087	0.0133
Meat Color	-0.18906	0.01237	-0.03237	-0.09312	-0.06226	-0.02210	-0.12023	-0.09391	-0.06899	-0.10852	-0.16679	-0.08973	0.01121	-0.07648	-0.06926	-0.12051	0.10419
	0.0930	0.9133	0.7756	0.4113	0.5833	0.8457	0.2881	0.4073	0.5431	0.3380	0.1392	0.4286	0.9214	0.5001	0.5416	0.2870	0.3577
a	-0.21877	0.03901	-0.29981	-0.08589	0.04236	-0.13762	-0.23023	-0.16233	-0.19975	-0.25765	-0.32759	-0.24763	-0.12518	-0.21404	-0.32436	-0.27707	0.19340
	0.0512	0.5430	0.0069	0.4487	0.7091	0.2235	0.0399	0.1503	0.0757	0.0210	0.0030	0.0268	0.2685	0.0566	0.0033	0.0128	0.0856
b	-0.19311	-0.12943	-0.21687	-0.16555	-0.09467	-0.13865	-0.15863	-0.08083	-0.10054	-0.19860	-0.21441	-0.07592	-0.16282	-0.08504	-0.1861	-0.09913	0.04529
	0.0861	0.2525	0.0533	0.1422	0.4036	0.2200	0.1599	0.4760	0.3749	0.0774	0.0562	0.5033	0.1490	0.4533	0.0984	0.3817	0.6899
Drip loss 24h	-0.41761	-0.00737	-0.14761	-0.08088	0.08889	0.04952	-0.38421	-0.48901	-0.54079	0.02046	-0.22577	-0.48302	0.16034	-0.45084	-0.17534	-0.44207	0.57113
	0.0001	0.9482	0.1913	0.4757	0.4330	0.6627	0.0004	<0.001	<0.001	0.8570	0.0440	<0.001	0.1554	<0.001	0.1198	<0.001	<0.001
WHC	0.24794	-0.14459	0.22042	0.02738	-0.15688	-0.01736	0.22689	0.26800	0.39672	0.18721	0.28205	0.29948	-0.03776	0.27319	0.25776	0.33244	-0.33895
	0.0266	0.2007	0.0494	0.8095	0.1646	0.8785	0.0430	0.0162	0.0003	0.0963	0.0113	0.0070	0.7395	0.0142	0.0210	0.0026	0.0021
Shear force																	

Pearson's correlation coefficient / probability value; L: lightness, a: redness, b: yellowness

사. 돈육 등심의 지방산과 관능평가와의 상관관계 분석

돈육의 등심 내 지방산과 관능평가와의 상관관계는 표 20에 나타내었다. Flavor는 포화지방산인 C14:0, C16:0, C18:0과 상관계수는 낮으나 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으며 ($P < 0.01$), 불포화지방산인 C18:2, C20:1 및 C20:4와는 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). 고기 내 linoleic acid의 함량이 높아지면 풍미가 떨어지는 것으로 보고하였으며(Larick 등, 1992; Shackelford 등, 1990), Linolenic acid는 육류 내 함량이 많을 경우 풍미에 좋지 않은 영향을 끼친다고 보고되었는데(Kouba et al., 2003; Sheard et al., 2000), 본 연구에서도 Flavor는 상관계수 -0.13으로 C18:2와 유의한 부의 상관을 보였고, 통계적으로 유의하지는 않았지만 Linolenic acid(C18:3)와도 상관계수 -0.01로 부의 상관을 나타내어 기존의 연구결과와 일치하였다. Juiciness는 C14:0, C16:0, C18:0 및 C18:1과는 유의한 정의 상관을, C18:2, C20:4와는 유의한 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). Tenderness는 C16:0, C18:0, C18:1와 정의 상관으로 유의하게 나타났으며, C18:2, C20:4와는 부의 상관관계를 보였다($P < 0.05$). 포화지방산과 다가불포화지방산은 일반적으로 연도 및 다즙성 등의 채식성과 정의 상관관계를 보이며, 다가불포화지방산은 부의 상관관계를 보이는 것으로 보고되었다(Cameron, 1991). 본 연구에서도 기존의 연구결과와 같이, Juiciness와 Tenderness는 포화지방산과 다가불포화지방산은 정의 상관을, 다가불포화지방산은 부의 상관을 나타내었다. Overall like는 포화지방산인 C14:0, C16:0, C18:0과 다가불포화지방산인 C18:1과는 통계적으로 유의한 정의 상관으로 나타났으며($P < 0.05$), 다가불포화지방산인 C18:2, C20:4와는 유의한 부의 상관으로 나타났다($P < 0.05$).

[표 3-20] 지방산과 관능평가와의 상관관계

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4
Flavor	0.07911	0.15592	-0.00964	0.12740	0.04921	-0.13288	-0.01464	-0.06791	-0.08874
	0.0078	<.0001	0.7446	<.0001	0.0939	<.0001	0.6406	0.0260	0.0028
Juiciness	0.06747	0.18183	0.01911	0.09690	0.09351	-0.17031	-0.00304	-0.04772	-0.12939
	0.0233	<.0001	0.5184	0.0010	0.0014	<.0001	0.9227	0.1179	<.0001
Tenderness	0.04936	0.19637	0.02286	0.09474	0.06255	-0.15391	-0.03539	-0.05671	-0.12922
	0.0972	<.0001	0.4396	0.0012	0.0332	<.0001	0.2589	0.0630	<.0001
Overall like	0.11423	0.21543	0.01976	0.18938	0.07224	-0.19815	-0.00487	-0.03747	-0.1432
	0.0001	<.0001	0.5042	<.0001	0.0139	<.0001	0.8765	0.2196	<.0001

Pearson's correlation coefficient / probability value

아) 돈육 등심의 유리아미노산과 관능평가와의 상관관계 분석

돈육의 등심 내 유리아미노산과 관능평가와의 상관관계는 [표 3-21]에 나타내었다. Flavor는 Ile, Asp와 부의 상관으로 유의하게 나타났다($P < 0.05$). Juiciness는 Ala와 유의한 정의 상관을 보였으나($P < 0.05$), Ile를 비롯한 Asp, Met, His 및 Cys2와는 유의한 부의 상관을 보였다($P < 0.05$). Tenderness는 Ala, Pro, Lys, Arg와 통계적으로 유의한 정의 상관을 보였으며($P < 0.05$), Asp, Cys2와는 유의한 부의 상관으로 나타났다($P < 0.01$). Overall like는 Asp, Cys2와 부의 상관을 보였으나($P < 0.01$), Ala를 포함하여 Ser, Pro, Val, Thr, Leu, Lys, Glu, Arg와는 통계적으로 유의한 정의 상관을 나타냈다($P < 0.05$). 이 중 Val, Thr, Leu, Lys은 사람의 체내에서 합성이 불가능하여 음식을 통해 섭취해야하는 필수아미노산으로, 높은 상관계수는 아니지만 통계적으로 유의한 정의 상관을 보여 종합적인 기호도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 육류 내 아미노산의 조성비율에 따라 풍미와 기호성 등의 관능평가에 많은 영향을 끼치는 것으로 보고되었는데(Koga 등, 1988), 본 연구에서도 Ile, Asp, Met, His, Phe 및 Cys2는 분석한 Flavor, Juiciness, Tenderness, Overall like 모두에서 부의 상관으로 나타나 맛에 부정적인 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, Ala, Pro, Lys, Arg 등의 아미노산은 모든 관능평가 요인들과 정의 상관을 보여 맛에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 나타나 기존의 연구결과와 일치하였다.

[표 3-21] 유리아미노산과 관능평가와의 상관관계

	Gly	Ala	Ser	Pro	Val	Thr	Leu	Ile	Asp	Lys	Glu	Met	His	Phe	Arg	Tyr	Cys2
Flavor	0.00439	0.04431	0.01585	0.08885	-0.00766	-0.00168	0.00885	-0.06330	-0.08046	0.04522	0.00556	-0.03691	-0.04301	-0.03414	0.05418	0.00488	-0.05092
	0.8885	0.1069	0.5644	0.1576	0.7807	0.9513	0.7449	0.0212	0.0084	0.0099	0.8398	0.1794	0.1176	0.2143	0.0486	0.8578	0.1158
Juiciness	-0.05743	0.03904	-0.01090	0.01724	-0.00574	-0.03065	-0.00144	-0.10384	-0.15349	0.04710	-0.00003	-0.09185	-0.03987	-0.04518	0.03121	-0.01630	-0.13104
	0.0688	0.0316	0.6919	0.5306	0.8346	0.2649	0.9583	<0.001	<0.001	0.0866	0.9992	0.0008	0.0110	0.1002	0.2563	0.5533	<0.001
Tenderness	-0.01388	0.08243	0.05446	0.08238	0.02791	0.01926	0.04725	-0.04602	-0.10914	0.03615	0.04815	-0.02434	-0.01991	-0.00197	0.07181	0.04797	-0.11114
	0.6650	0.0027	0.0475	0.0232	0.3101	0.4837	0.0856	0.0941	<0.001	0.0005	0.0798	0.3760	0.4689	0.9427	0.0089	0.0809	0.0006
Overall like	-0.04418	0.10744	0.07449	0.07722	0.03088	0.03675	0.05840	-0.0527	-0.12647	0.11417	0.05707	-0.04188	-0.01791	-0.00095	0.10422	0.03655	-0.03994
	0.1617	<0.001	0.0067	0.0049	0.0267	0.0151	0.0335	0.0551	<0.001	<0.001	0.0378	0.1276	0.5147	0.9724	0.0001	0.1837	0.0020

Pearson's correlation coefficient / probability value

3. 요약

- (1) 돼지고기의 등심 내 지방산을 분석한 결과, 품종 간에 유의적인 차이를 보였으며, F1에서 불포화지방산의 비율이 유의적으로 가장 높게 나타났다. 등심 내 지방산과 육질 특성들을 비교분석한 결과, Myristic acid와 Palmitic acid가 pH를 높여 고기의 맛에 긍정적인 영향을 끼치며, Oleic acid는 고기의 보수력을 높이는 요인으로 나타났다.
- (2) 돼지고기의 등심 내 유리아미노산을 분석한 결과, 맛과 관련이 깊은 것으로 알려진 Glutamic acid와 Aspartic acid는 품종 간에 유의적인 차이를 보였으며, 두 아미노산을 합친 Umami 항목은 LYD에서 유의적으로 가장 높게 나타났다. 단맛을 내는 아미노산은 랜드레이스에서 유의적으로 높게 조사되었으며, 쓴맛을 내는 아미노산은 F1에서 유의적으로 높게 나타났다. 또한 등심 내 유리아미노산과 육질 특성들을 비교분석한 결과, 필수아미노산을 비롯한 많은 유리아미노산이 고기의 pH를 높여주며, 육색의 명도와 전단력에 긍정적인 영향을 주는 것으로 조사되었다.
- (3) 돼지고기의 등심의 지방산과 관능평가의 요인들을 비교분석한 결과, 향미를 포함한 다즙성, 연도 및 종합적인 기호도 모두에서 포화지방산과 단가불포화지방산은 대부분 정의 상관으로 긍정적인 요인으로 작용하고 불포화지방산은 부의 상관으로 부정적인 요인으로 작용하는 것으로 나타났다. 이는 돼지고기의 지방산 조성 비율에 따라 관능적인 요소들이 달라질 수 있는 것으로 판단된다.
- (4) 돼지고기의 등심의 유리아미노산과 관능평가 요인들을 비교분석한 결과, 향미에 있어서는 유리아미노산과 연관성이 거의 없었으며, 다즙성에는 부정적인 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 또한 연도와 종합적인 기호도에 있어 유리아미노산은 대부분 정의 상관을 보였으나, Aspartic acid와 Cystein2는 부의 상관으로 유의하게 나타났다.

제 4절 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발

1. 연구내용 및 방법

가. 실험재료 및 시약

(1) 실험재료

1-3차년도에 수급된 시료는 아래 표기된 것과 같다. 각각의 시료는 시료라벨을 부착하고 시료접수대장에 정보를 입력 후 지방과 단백질 부위를 분리하여 무기원소분석과 무기원소 동위원소 분석을 위한 시료로 사용하였다. 무기원소분석을 위해 시료를 균질화하여 실험 전까지 -72℃에서 보관하였다. 동위원소 분석을 위해 azeotropic distillation 방법을 이용하여 단백질 내 수분을 분리하였고, 수분이 제거된 단백질을 건조기에서 남은 유기용매를 제거 후 균질화하여 보관하였다. 분석을 위한 시료 준비과정은 아래 [그림 4-2]와 같다.

1차년도

국내산: 순천 20건, 나주 10건, 충주 18건, 강진 12건, 용인 10건으로 총 70건

수입산: 독일 12건, 미국 36건, 오스트리아 10건, 네덜란드 3건, 벨기에 3건으로 총 64건

2차년도

국내산: 군위 50건, 안양 50건, 포천 50건, 원주 50건, 김해 50건, 제주 50건, 천안 50건, 광주 50건, 김제 50건, 청주 52건으로 총 502건

수입산: 독일 52건, 스페인 14건, 캐나다 15건, 미국 7건, 멕시코 51건, 칠레 12건으로 총 151건

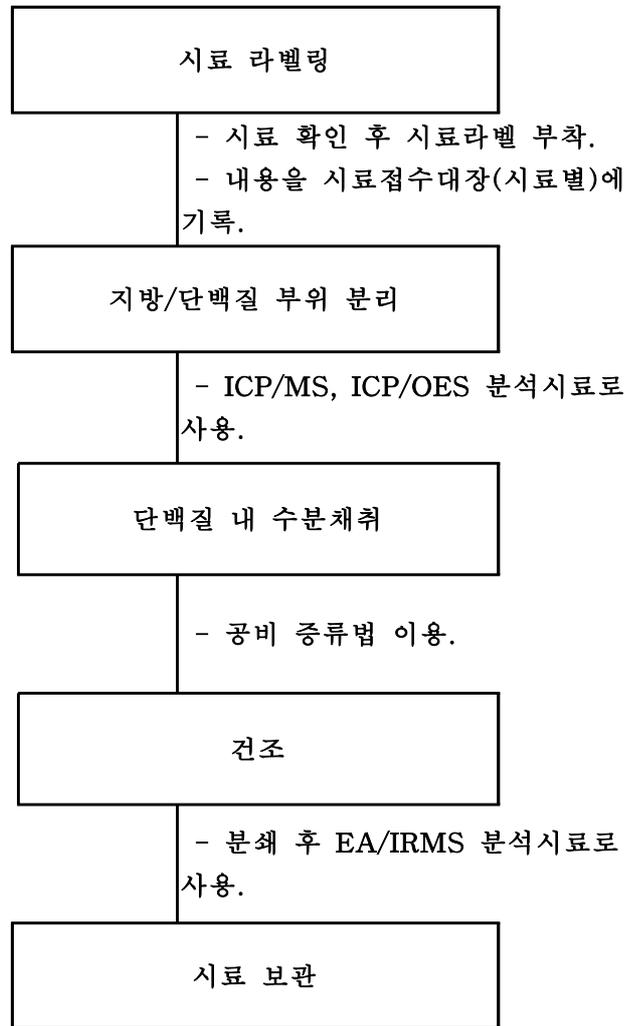
3차년도

국내산: 군위 50건, 안양 50건, 포천 50건, 원주 50건, 김해 50건, 제주 50건, 천안 50건, 광주 50건, 김제 50건, 청주 52건으로 총 502건

수입산: 독일 52건, 스페인 14건, 캐나다 15건, 미국 79건, 멕시코 51건, 칠레 12건으로 총 223건



[그림 4-1] 돈육 실험 시료 및 전처리 모습



[그림 4-2] 분석을 위한 시료의 준비 과정

(2) 시약

본 연구에 사용한 시약은 분석용 특급시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 Milli-Q ultrapure water purification system(Millipore Co., Massachusetts, USA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 3차 증류수를 사용하였다. 분석원소들의 Stock Solution은 Multi-Element Calibration Standard 3(PerkinElmer, USA) 10 mg/kg(in 5% HNO₃) 제품을 사용하였다. 시료의 분해를 위해 사용한 시약 질산(HNO₃, purity 70%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan, Korea)과 과산화수소수(H₂O₂, purity 30%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Iksan, Korea)는 반도체급을 사용하였다.

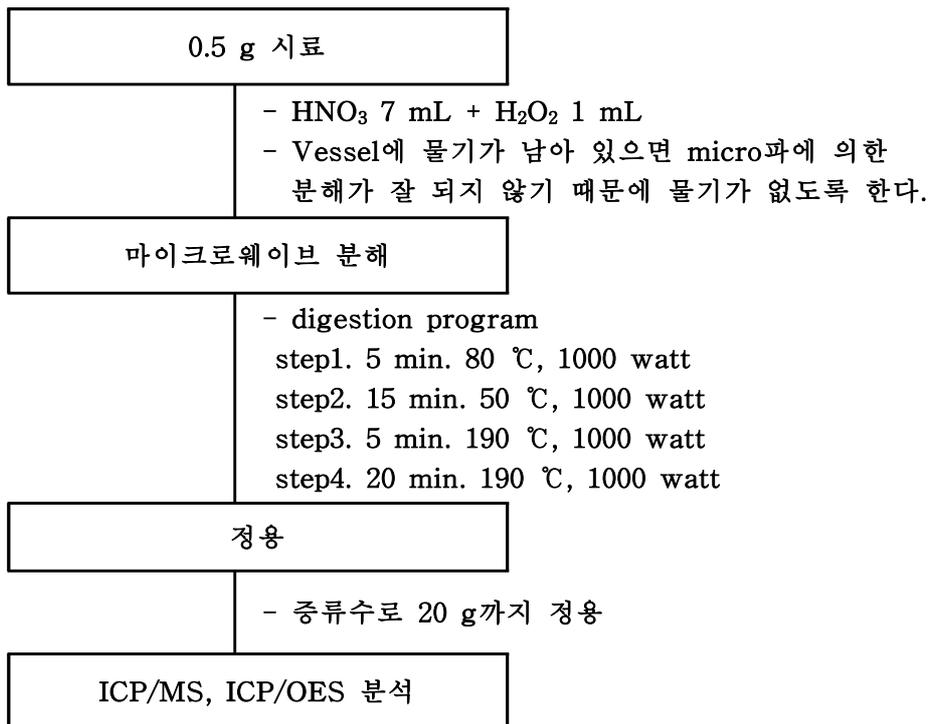
나. 실험방법

(1) ICP/MS 및 ICP/OES를 이용한 무기원소 분석

최근 ICP/MS와 ICP/OES 등을 이용한 극미량 원소 분석에 따른 식품의 원산지 판별 연구가 이루어지고 있다. 미량원소는 작물 재배 시 지질 및 토양 조성, pH, 습도, 다공성, 점토와 부식 등 복합적인 환경에 영향을 받아 지역별 농도의 특성차이를 확인할 수 있다. 이는 기준에 마늘, 소고기, 와인 등의 원산지 판별에 이용되고 있으며, 특히 다중 원소와 동위원소 분석 결과를 결합한 연구가 활발히 진행 중이다. 따라서 본 연구에서는 지역적인 특이성, 성장환경에 따라 특징적인 무기원소가 축적되는 특성을 반영하여 각 국가별, 국내 지역별 산지판별에 무기원소 분석을 이용하고자 하였다.

(가) Microwave를 이용한 돈육의 분해

식품은 유기물이 많이 함유되어 있어, 미량 분석을 위해서는 유기물을 완전히 분해해야 할 뿐 아니라, 전처리시 오염도를 최소화해야 한다. 마이크로웨이브법은 분해시 산이 분자에 직접 작용하여 온도를 급속히 올리고, closed system으로 전처리 효율을 극대화시키는 방법이다. 분리된 지방 0.5 g을 마이크로웨이브용 teflon vessel에 취하고 70 % HNO₃ 7 mL, 30 % H₂O₂ 1 mL를 첨가하여 microwave digestion system(Top wave, analytic jena, Jena, Germany)으로 전처리하였다. 분해조건은 표 1과 같다. 반응이 끝난 후, 용기를 충분히 식히고 증류수로 용기 벽면을 씻어 최종 20 g으로 정용하여 시험용액으로 사용하였다.



[그림 4-3] Microwave Digestion 시스템을 이용한 분해 방법 체계도

[표 4-1] Microwave digestion 시스템 분해 조건.

Step	Time (min)	Temp. (°C)
1	5	80
2	15	50
3	5	190
4	20	190



(나) ICP/MS 및 ICP/OES를 이용한 미량 무기원소 분석

1-2차년도에는 미량, 다량원소 분석을 위해 ICP/MS 및 ICP/OES를 이용하여 분석을 하였고, 3차년도에는 ICP/MS를 이용한 동위원소 분석을 중심으로 분석하였다.

1차년도 분석원소

ICP/MS 분석: Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Rb, Sr, Cd, Cs, Ba, Pb, Bi, U 19개

ICP/OES 분석: Al, B, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Zn 10개 원소

2차년도 분석원소

ICP/MS 분석: Li, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Cd, Cs, Ba, Pb, Cd, In, Bi, Tl 18개

ICP/OES 분석: Al, Ca, Fe, K, Na, P, S, Zn 8개 원소

3차년도 분석원소

ICP/MS 분석: ^6Li , ^7Li , ^{10}B , ^{11}B , ^{50}Cr , ^{51}V , ^{52}Cr , ^{53}Cr , ^{54}Fe , ^{55}Mn , ^{57}Fe , ^{58}Ni , ^{59}Co , ^{60}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Zn , ^{65}Cu , ^{66}Zn , ^{69}Ga , ^{71}Ga , ^{75}As , ^{76}Se , ^{78}Se , ^{82}Se , ^{84}Sr , ^{85}Rb , ^{86}Sr , ^{87}Sr , ^{88}Sr , ^{94}Mo , ^{95}Mo , ^{97}Mo , ^{107}Ag , ^{109}Ag , ^{110}Cd , ^{111}Cd , ^{112}Cd , ^{113}Cd , ^{114}Cd , ^{115}In , ^{116}Cd , ^{133}Cs , ^{138}Ba , ^{187}Os , ^{188}Os , ^{203}Tl , ^{204}Pb , ^{205}Tl , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{209}Bi , ^{235}U , ^{238}U 54개

ICP/MS 동위원소 비율 분석: $^7\text{Li}/^6\text{Li}$, $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$, $^{53}\text{Cr}/^{52}\text{Cr}$, $^{53}\text{Cr}/^{50}\text{Cr}$, $^{52}\text{Cr}/^{50}\text{Cr}$, $^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$, $^{60}\text{Ni}/^{58}\text{Ni}$, $^{65}\text{Cu}/^{63}\text{Cu}$, $^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn}$, $^{71}\text{Ga}/^{69}\text{Ga}$, $^{78}\text{Se}/^{76}\text{Se}$, $^{82}\text{Se}/^{78}\text{Se}$, $^{88}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$, $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{88}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$, $^{97}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$, $^{97}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$, $^{95}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$, $^{109}\text{Ag}/^{107}\text{Ag}$, $^{114}\text{Cd}/^{113}\text{Cd}$, $^{114}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$, $^{114}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$, $^{114}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$, $^{113}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$, $^{113}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$, $^{113}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$, $^{112}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$, $^{112}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$, $^{111}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$, $^{188}\text{Os}/^{186}\text{Os}$, $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ 41개

① ICP/MS 기기 조건

ICP/MS(Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry)는 시료 중의 이온화된 목적 원소의 질량분석을 수행하는 기기 분석 방법이다. 현재 국·내외 미량원소 분석에 많이 사용하고 있는 ICP/MS방법은 유도결합플라즈마에 의해 이온화하여, 이온화된 원소의 질량/전하수의 비 (m/z)에 따라 분리된 이온 스펙트라와 그의 강도에 의해 시험용액 중의 분석 원소를 정량하는 분석기기이다. 본 연구에 사용한 ICP/MS 분석 장비는(Perkin Elmer 3000D (Perkin Elmer, USA))를 이용하여 분석하였으며, 그 조건은 아래 표 2에 나타내었다.

일반적인 ICP/MS를 이용한 중금속 분석방법은 다음과 같다.

- ㉔ Microwave로 전처리한 시료를 검액으로 하며, ICP/MS 분석시 플라즈마를 발생시킨 후 초기 30분 동안 안정화시킨다.
- ㉕ 원소별로 제조된 표준용액으로 검량선을 작성하여 분석한다.
- ㉖ 시료를 3회 분석하여 평균값과 재현성을 측정한다. 재현성이 $\pm 3\%$ 이내의 측정 결과를 사용한다.
- ㉗ 분석 시 시료 20개마다 표준용액을 분석하여 기기의 안정성을 확인한다.
- ㉘ 분석이 끝난 후 표준용액을 다시 측정하여 기기의 안정도를 측정한다.
- ㉙ 작성된 검정곡선에 의하여 측정농도를 결정하고 희석배율에 따라 최종농도를 계산한다.

[표 4-2] ICP/MS(PerkinElmer 3000D (PerkinElmer, USA)) 분석 조건

Descriptions	Conditions
Nebulizer	Meinhard
Spray chamber	Cychronic type
RF Power (W)	1350
Coolant gas flow rate (L/min)	16.0
Auxiliary gas flow rate (L/min)	1.1
Nebulizer gas flow rate (L/min)	1.03
Sample uptake flow (mL/min)	1.0



② ICP/OES 기기 조건

ICP/OES(Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry)는 극미량 정성 및 정량분석이 가능한 첨단 분석기기이나, ICP/MS보다 고농도 함량의 시료를 주로 분석한다. 아르곤(Ar) 플라즈마로 이온화가 어려운 불활성 기체 원소를 제외한 대부분의 무기원소에 대해

극미량 분석이 가능하며 시료는 주로 액체 상태에서 분석이 가능하다. ICP/OES 분석 장비는 PerkinElmer Optima 8300(PerkinElmer, USA)를 이용하여 분석하였고, 분석조건은 아래 표 3에 나타내었다.

[표 4-3] ICP/OES(PerkinElmer Optima 8300 (PerkinElmer, USA)) 분석 조건

Descriptions	Conditions
Nebulizer	Concentric type
Spray chamber	Cychronic type
RF Power (W)	1400
Coolant gas flow rate (L/min)	10.0
Auxiliary gas flow rate (L/min)	0.20
Nebulizer gas flow rate (L/min)	0.80
Sample uptake flow (mL/min)	1.50
Replicates	3



(다) 표준용액 제조

표준용액 제조는 ICP용 multi standard 10 mg/kg를 구입하여 사용하였으며, 증류수는 Milli-Q ultrapure water purification system(Millipore Co., Massachusetts, USA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 물을 사용하였다. 표준용액 제조 시 사용한 base용매의 산의 농도는 시료분해 시 산 농도와 동일하게 맞추어 이를 이용해 표준원액을 희석하여 제조하였다.

(2) EA-IR/MS를 이용한 C 및 N 동위원소비율 분석

유기물을 구성하는 중요 구성요소인 탄소, 질소의 동위원소는 일반적으로 와인, 정유, 우유, 유제품 그리고 꿀 등의 식품의 진위판별에 이용되고 있다. 대부분의 원소는 하나 이상의 안정 동위원소로 구성되어 있으며, 탄소의 경우 두 개의 안정 동위원소 ^{13}C 와 ^{12}C , 질소의 경우 두 개의 안정 동위원소 ^{15}N 와 ^{14}N 로 구성되어 있다. 원소를 이루는 두 개의 안정 동위원소는 각각 무거운 원소와 가벼운 원소로 볼 수 있으며, 이의 비율 차이를 이용해 식품의 진위판별이 가능하다. 동위원소의 비율은 δ값으로 표시되며, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율은 식이에 대한 정보를 알 수 있다. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율은 식물의 광합성 과정에서 CO_2 고정에 의해 차이가 난다. Hatch&Slack cycle은 C_4 식물로 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율값은 -12 ~ -14% 값을 갖고, Calvin cycle은 C_3 식물로써 -26 ~ -28% 값을 갖는다. 그 결과, 동물이 C_3 또는 C_4 식물을 섭취하게 되면 ^{13}C 와 ^{12}C 의 비율이 영향을 받게 된다. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 의 비율은 지리에 대한 정보를 알 수 있다. 토양의 상태는 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 에 영

향을 줄 수 있으며 그 결과 자라는 식물에게도 영향을 준다. 토양이 비옥한 곳에서 자란 식물을 먹게 되면 ^{15}N 값이 증가 하게 되며, 질소 고정 식물은 비질소고정 식물보다 낮은 $\delta^{15}\text{N}$ value를 갖는다. 결과적으로 동위원소 비율 $\delta^{13}\text{C}$ values와 $\delta^{15}\text{N}$ values를 이용하여 식이와 지리적 차이를 확인하여 돈육의 원산지를 판별하였다.

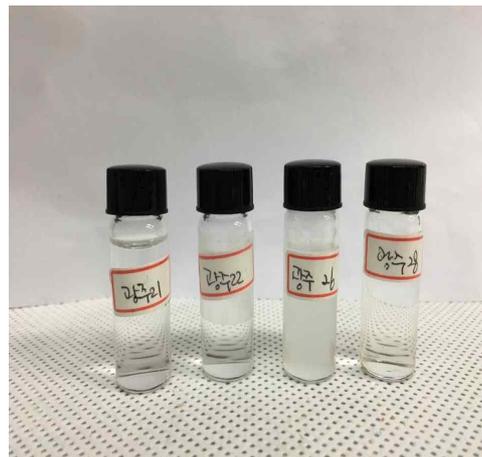
(가) Azeotropic distillation(공비증류법)을 이용한 증류공정

공비증류에 의한 시료 중의 수분을 분리 추출하기 위하여 리비히 냉각기, 정량장치 및 증류 플라스크 등으로 구성된 장치를 사용하였다. 수분의 분리는 지방을 제거한 단백질 부분의 시료 10 g을 100 mL의 toluene을 가하여 상압에서 2시간 공비증류하였다. 이 방법에 의하여 탈수된 단백질 부위는 동위원소 $\delta^{13}\text{C}$ 및 $\delta^{15}\text{N}$ 분석을 위하여 -18°C 에 보관하였다.

[표 4-4] 톨루엔과 물의 화학적 조성 비교

	MF ¹⁾	BP ²⁾	SG ³⁾	SP ⁴⁾	SB ⁵⁾
Toluene	C ₇ H ₈	110.6	0.87	2.4	0.051
Water	H ₂ O	100	1	9	100

¹⁾Molecular formula, ²⁾Boling point, ³⁾Specific gravity, ⁴⁾Solvent polarity, ⁵⁾Solubility



[그림 4-4] 증류장치(distillation apparatus)를 이용한 공비 증류모습과 채취한 증류액

(나) EA/IRMS(EA-IR/MS)에 의한 안전 동위원소 비율 분석($\delta^{13}\text{C}$ & $\delta^{15}\text{N}$)

자동원소분석기(Automated elemental analyzer, Eurovector 3000 Series)를 continuous flow-through inlet system-isotope ratio mass spectrometer(CF-IRMS, Isoprime)에 부착시켜 사용하였다. 돈육의 탄소동위원소 비율 분석은 EA/IRMS 분석기기를 사용하여 분석하였다. EA/IRMS 분석 조건은 표 3과 같이 combustion furnace 온도는 $1,050^{\circ}\text{C}$ 로 하였고, reduction furnace 온도는 650°C 로 하였으며, GC packed column oven은 115°C 로 설정하였다. Column은

reference capillary column은 L=1.5 m, I.D.(f)=100 mm, sample capillary column은 L=2.5 m, I.D.(f)=75 mm으로 설정하였다. Run time은 385sec로 하였으며, carrier gas는 helium을 사용하여 유속은 115 mL/min으로 하였다.

균질화된 돈육의 탄소분석에는 약 0.1 mg을, 질소분석에는 약 1 mg을 tin capsule에 넣고 압착, 밀봉하여 자동원소분석기(Automated elemental analyzer, Eurovector 3000 Series)에 넣고 산화로 및 환원로의 온도를 각각 1,050°C 및 650°C로 하여 유기물을 완전 연소시킨 후 발생하는 CO₂와 N₂의 gas를 헬륨(He)을 유도기체로 사용하여 EA/IRMS에 주입하여 탄소와 질소 안정동위원소 비를 분석하였다. 동위원소 분석에 사용된 tin capsule 과 silver capsule은 EuroVector(Milan, Italy)로부터 구입하였으며, 분석에 사용된 가스는 모두 순도 99.999% 이상의 초고순도 가스를 사용하였다. 돈육의 안정동위원소인 탄소의 비율 값은 국제 표준물질(International standard material)에 대한 시료의 비율 값 변위를 천분율(‰)로 환산하여 δ 기호로 표기하였다.

$$\text{Delta } \text{‰} = \left(\left(\frac{R \text{ sample}}{R \text{ std}} \right) - 1 \right) \times 1000$$

$$R = (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}), (^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$$

이때 사용한 표준물질은 국제표준 기준물질로 PDB(Pee Dee Belmnnite)를 사용하였으며, 실제 분석에는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA CH-6(sucrose, δ¹³C=-10.4 ± 0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구하였다. 질소의 표준물질은 국제표준 기준물질로 대기 질소 air N₂를 사용하였으며, 실제 분석에는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA-N1(ammonium sulfate, δ¹⁵N=+0.4 ± 0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구하였다. 분석의 정확성을 위해 reference 물질로 urea와 glutamate를 사용하였고, δ¹³C 분석에는 urea 약 0.2 mg, glutamate 약 0.1 mg을 사용하였다. δ¹⁵N 분석에는 urea 약 0.2 mg, glutamate 약 0.5 mg을 사용하였다.

[표 4-5] C, N(δ¹³C 와 δ¹⁵N)분석을 위한 EA-IRMS 기기 조건

Parameters	Operating conditions
Combustion furnace	1,050 °C
Reduction furnace	650 °C
GC packed column oven	115 °C
Reference capillary column	L=1.5 m, I.D.(f)=100 mm
Sample capillary column	L=2.5 m, I.D.(f)=75 mm
Run time	385 sec
He carrier flow	115 ml/min

[표 4-6] 주요 안정동위원소와 표준물질

Isotope Ratio	International reference	Delta value
$^2\text{D}/^1\text{H}$	Standard Mean Ocean Water (SMOW)	R = 0.0001558
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	Pee Dee Belemnite (PDB)	R = 0.0112372
$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	Atmospheric air (AIR)	R = 0.0036765
$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	Standard Mean Ocean Water (SMOW)	R = 0.0020052
$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	Canyon Diablo Triolite (CDT)	R = 0.0450045

(3) 분석법 검증

(가) 방법의 유효성 (Method Validation)

분석법에는 신뢰성이 있는 결과를 주어야 하며, 분석법의 신뢰성을 예상, 확인하는 작업이 분석법 검증이다. 육류 중 돼지고기에 대한 중금속 함량 분석 시 유효성 검증을 통하여 신뢰성 높은 분석법을 수행하였다. 시험방법의 유효성 검증은 시험 방법을 통해 얻은 시험결과가 기술적으로 완벽하며 분석 결과를 만족시킬 수 있도록 엄격하게 이루어져야 한다. 사용하는 시험방법에 대한 요구사항을 명확히 이해해야 시험방법의 유효성 확인 연구를 올바르게 할 수 있다. 당해 연도 연구에서는 육류 중 돼지고기의 유효성 검증을 통하여 신뢰성 높고 명확한 분석법을 확립하고자 하였다. 정밀도 및 편의에 대한 정보는 CRM의 반복 분석을 통해 얻을 수 있으며 정밀도 데이터는 검출한계 (LOD)를 구하는 과정에서 얻을 수 있다.

본 연구에서 사용되는 시료전처리 및 분석방법의 유효성 검증을 위한 구성요건은 검출한계 (Limit of Detection), 정량한계(Limit of Quantitation), 정밀성(Precision), 직선성(Linearity)이 있다.

① Limit of Detection (검출한계), Limit of Quantitation (정량한계)

시료에 존재하는 분석 대상물질로 정량할 수 있는 최소농도를 Limit of Detection (검출한계, LOD), 시료에서 분석 대상물질의 존재를 확인할 수 있는 최소농도를 Limit of Quantitation (정량한계, LOQ)이라 한다.

- Limit of Detection (검출한계) : 10개의 blank를 측정 후 표준편차를 계산한 값의 3배
- Limit of Quantitation (정량한계) : 10개의 blank를 측정 후 표준편차를 계산한 값의 10배

② Precision (정밀성)

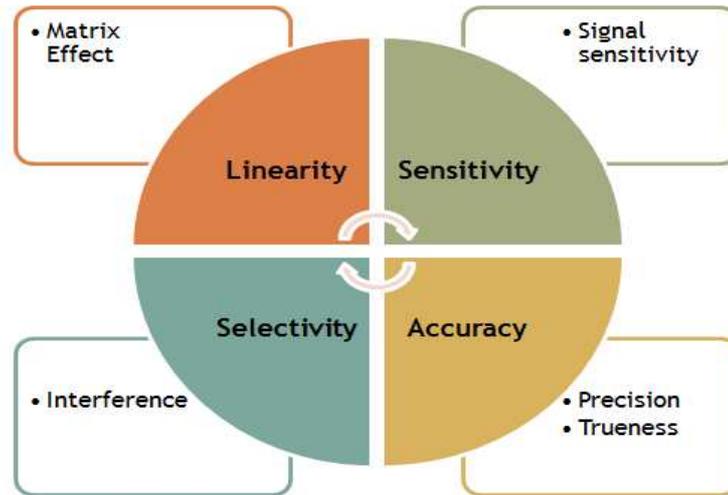
반복실험을 통한 일치도를 확인하는 시험을 진행하였다. 시료를 반복 측정하여 동일한 값이 나오는지 확인하였다.

③ Linearity (직선성)

Calibration curve를 이용하여 측정 범위 내에서의 직선성을 확인하였다. 분석하고자 하는 시료의 농도에 해당되는 검량선의 범위가 적당한지 확인하였다.

(나) 외부정도 관리

정도관리는 국제적인 숙련도 시험에 참가하는 외부정도 관리인 FAPAS(2015년 10월 Contaminants in Powdered brown rice, 2016년 5월 Contaminants in Tomato paste)를 진행하였다.



[그림 4-5] 분석방법의 유효성 검증 요소

(4) 무기원소를 이용한 돈육 원산지 판별을 위한 통계처리

돼지고기의 원산지 판별을 위해 분석된 미량 무기원소의 지역별 차이를 확인함에 있어 데이터의 변수와 다변량 데이터 분석관령 정보를 추출하기 위하여 PCA와 LDA 통계방법을 사용하였다.

(가) ANOVA(Analysis of Variance, ANOVA)

ANOVA(Analysis of Variance) 분석은 통계 모델들의 집합이며, 특정 변수의 유의적 차이를 비교대상의 시료와 비교, 분석하는 방법으로 집단 간의 평균차가 통계적으로 유의한가를 검증하며 각 집단의 분산을 기반으로 유의성을 검증한다. 사후분석 중 하나인 Ducan test는 집단별 평균비교에서 세 집단 이상이 종속 변수에 대한 평균의 차이를 설정된 유의 확률을 기준으로 분석하는 방법이다. 따라서, 실험군 간 평균의 차이는 one-way ANOVA로 유의성이 있는 경우 Ducan의 다중범위검정 (Ducan's multiple range test)으로 사후 검정하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의차를 검증하였다. 모든 통계 분석은 SPSS(statistical package for the social science) version 12.0 프로그램 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다.

(나) PCA(Principal Component Analysis, PCA)

PCA 분석은 데이터 하나하나에 대한 성분을 분석하는 것이 아니라, 주요성분 데이터들이 모여 하나의 분포를 이룰 때 이 분포의 주성분을 분석하는 방법이다. 여기서 주성분은 그 방향으로 데이터들의 분산이 가장 큰 방향 벡터를 의미한다. PCA는 2차원의 데이터 집합에 대하

여 PCA를 수행하면 2개의 서로 수직인 주성분 벡터를 설정하고 이 때 나오는 고유벡터가 주성분 벡터로서 데이터 분포에서 분산이 큰 방향을 나타내며, 대응되는 고유값으로 그룹간 차이를 분석한다.

(다) LDA (Linear Discriminant Analysis, LDA)

LDA 분석은 클래스간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화 하는 방식으로 특정 벡터의 차원을 축소시켜 시료 대상간의 차이를 확인하는 통계적 기법이다. 한 클래스 내에 분산을 좁게 그리고 여러 클래스간 분산을 크게 적용하여 그 비율의 패턴을 축소한 뒤, 그래프로 도식화하여 각각의 클래스를 구분한다. 즉, 시료 각각의 분석 항목과 분석 결과를 패턴화하여 군집별 도식이 가능한 방법이다.

2. 연구결과

1차년도 연구결과

가. 분석법검증

(1) 방법의 유효성

검출한계 및 정량한계

본 실험에서 분석된 무기성분의 LOD값은 0.080 ~ 0.311 ng/g 이며, LOQ 값은 0.240 ~ 0.932 ng/g으로 확인되었다.

나) 직선성

분석된 무기성분 각각의 표준품의 직선성은 0.9937 ~ 0.9999를 보였으며, 시료의 검출값은 검량선 범위 안에 포함됨을 확인하였다.

다) 정밀성 (Precision (CV%))

분석 결과값의 정밀성을 나타내는 값으로 1.01 ~ 2.98%로 정밀성이 우수함을 확인하였다.

라) 회수율 (Recovery, %)

Spiking test를 통한 회수율 실험에서 89.6 ~ 104.3 %으로 AOAC (Association of Official Analytical Chemists)가 권고하는 80 ~ 120% 이내 값으로 확인하였다.

[표 4-7] 무기원소 분석 방법의 유효성 검증

Element	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)	Correlation coefficient (R ²)	Precision (CV%)	Spike Recovery (%)
Macro elements (µg/g) (ICP-OES)					
Al	0.214	0.706	0.9956	2.84	99.6
B	0.198	0.653	0.9954	2.68	95.1
Ca	0.265	0.875	0.9937	2.91	94.9
Fe	0.125	0.413	0.9965	2.19	95.7
K	0.341	1.125	0.9972	2.32	93.2
Mg	0.176	0.581	0.9948	2.85	91.6
Na	0.217	0.716	0.9963	2.35	95.2
P	0.229	0.756	0.9948	2.48	98.9
S	0.208	0.686	0.9975	2.61	95.8
Zn	0.216	0.713	0.9951	2.65	91.6
Trace elements (ng/g) (ICP-MS)					
Li	0.174	0.522	0.9997	2.87	89.6

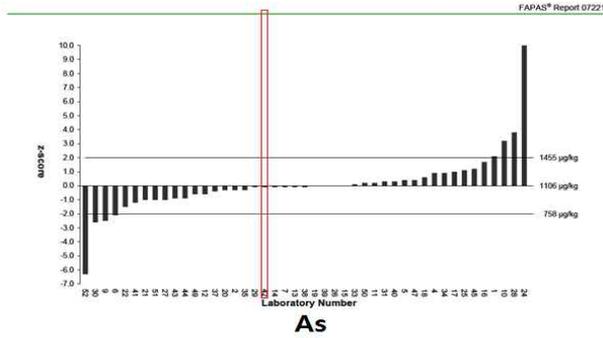
Be	0.098	0.295	0.9998	1.38	96.0
V	0.162	0.486	0.9999	1.68	92.5
Cr	0.235	0.706	0.9992	2.11	91.4
Mn	0.102	0.306	0.9999	2.22	98.1
Co	0.160	0.480	0.9991	1.95	96.8
Ni	0.284	0.852	0.9995	2.63	93.4
Cu	0.228	0.684	0.9999	2.81	95.8
Ga	0.175	0.525	0.9999	1.49	88.6
As	0.135	0.405	0.9999	1.01	103
Se	0.310	0.930	0.9995	2.55	104.3
Rb	0.180	0.540	0.9996	1.38	97.0
Sr	0.311	0.932	0.9992	2.19	105.3
Cd	0.102	0.306	0.9998	2.83	98.9
Cs	0.080	0.240	0.9996	2.90	91.0
Ba	0.298	0.893	0.9990	2.89	94.2
Pb	0.114	0.342	0.9998	2.98	97.3
U	0.251	0.752	0.9999	1.54	102

(2) 외부정도관리

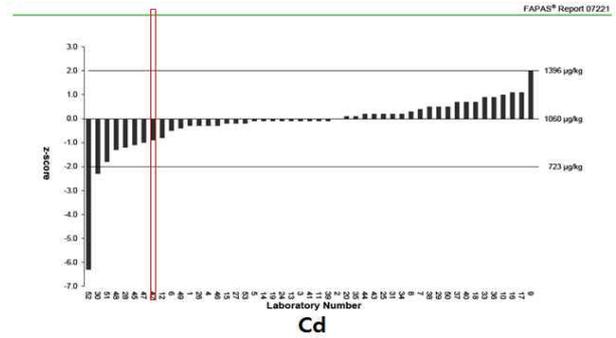
외부정도관리는 국제적인 숙련도 시험에 참가하는 FAPAS (2014년 10월 Metallic Contaminants in Offal(Liver), 2015년 7월 Metallic Contaminants in Tomato paste)를 진행하여 신뢰성을 확보할 수 있는 $|Z| < 2$ 값을 얻어 분석결과에 대한 신뢰도를 확보하였다.

[표 4-8] 외부정도관리(FAPAS) 결과

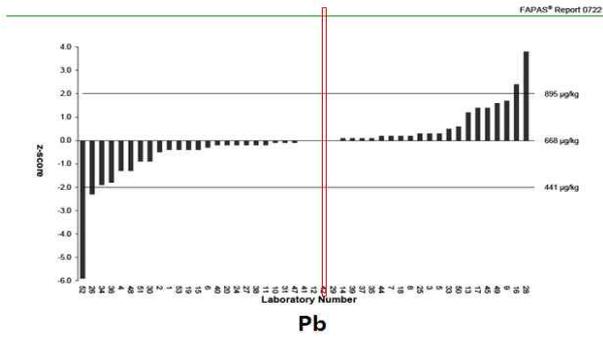
Metallic Contaminants in Offal (Liver)	
분석원소	As, Cd, Pb, Hg
일자	2014.10
결과	만족 $ Z < 2$ (z-score : As -0.1, Cd -0.9, Pb 0.0, Hg 0.4)
Metallic Contaminants in Tomato paste	
분석원소	Cd, Pb
일자	2015.07
결과	만족 $ Z < 2$ (z-score : Cd 0.5, Pb -0.3)



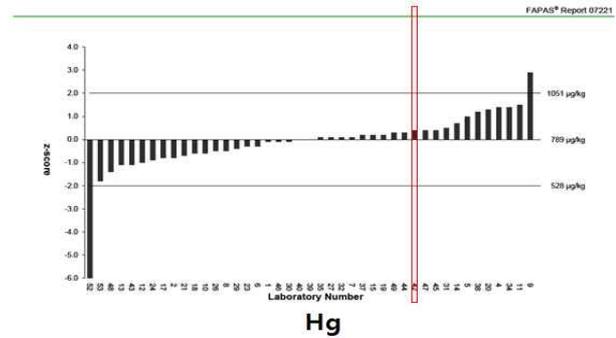
Total Arsenic 결과 (Z score : -0.1)



Cadmium 결과 (Z score : -0.9)

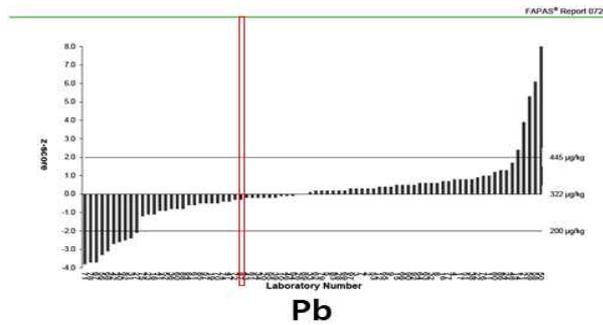


Lead 결과 (Z score : 0.0)

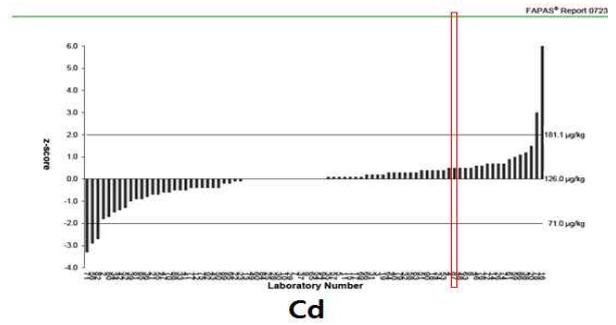


Mercury 결과 (Z score : 0.4)

[그림4-6] 외부정도관리 결과 (Offal(Liver))



Lead 결과 (Z score : -0.3)



Cadmium 결과 (Z score : 0.5)

[그림 4-7] 외부정도관리 결과 (Tomato paste)

나. ICP/MS 및 ICP/OES를 이용한 미량 무기원소 분석결과

(1) ICP/MS 이용 무기원소 분석결과

돈육의 미량원소 분석을 위해 미국, 독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 등 수입 5개국의 63점과 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 등 국내 5개 지역 돈육 70점의 지방만을 분리하여 ICP/MS로 분석한 결과를 표 9와 10에 나타내었다. Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Rb, Sr, Cd, Cs, Ba, Pb, Bi, U 등 19개 원소를 분석하였으며 수입 국가별 미량무기원소특징을 확인한 결과 V(mg/kg) 미국 0.012, 독일 0.002, 오스트리아 0.004, 네덜란드 0.008, 벨기에 0.006, Cr(mg/kg) 미국 0.909, 독일 0.573, 오스트리아 0.071, 네덜란드 0.473, 벨기에 0.470, Mn(mg/kg) 미국 0.346, 독일 0.149, 오스트리아 0.038, 네덜란드 0.074, 벨기에 0.053, Co(mg/kg) 미국 0.011, 독일 0.002, 오스트리아 0.001, 네덜란드 0.0001, 벨기에 ND, Sr(mg/kg) 미국 3.868, 독일 1.244, 오스트리아 0.314, 네덜란드 0.123, 벨기에 0.140, Ba(mg/kg) 미국 0.197, 독일 0.175, 오스트리아 0.061, 네덜란드 0.125, 벨기에 0.121로 미국이 유럽국가에 비해 높은 평균값을 보였으며, Ni(mg/kg) 미국 0.230, 독일 0.043, 오스트리아 0.983, 네덜란드 및 벨기에 ND, Cu(mg/kg) 미국 0.760, 독일 2.174, 오스트리아 1.914, 네덜란드 0.710, 벨기에 0.081로 국가별 평균함량차이가 컸다. 위해금속에 속하는 Pb(mg/kg)는 미국 0.029, 독일 0.060, 오스트리아 0.048, 네덜란드 0.047, 벨기에 0.057, Cd(mg/kg) 미국 0.002, 독일 0.003, 오스트리아 0.001, 네덜란드 0.004, 벨기에 0.004 및 As(mg/kg)의 경우 미국 0.215, 독일 0.141, 오스트리아 0.006, 네덜란드 0.008, 벨기에 0.006으로 국가간 차이는 보였으나 식품공전 중금속 기준 Pb 0.1 mg/kg, Cd 0.05 mg/kg에 미치지 않는 수준이었다.

국내 5개 지역의 돈육 미량무기원소 분석결과, Li(mg/kg) 순천 0.007, 나주 0.009, 충주 0.008, 강진 0.007, 용인 0.003, Cr(mg/kg) 순천 2.841, 나주 2.712, 충주 2.247, 강진 2.889, 용인 1.968, Se(mg/kg) 순천 0.121, 나주 0.174, 충주 0.137, 강진 0.103, 용인 0.093, Sr(mg/kg) 순천 0.375, 나주 0.460, 충주 0.363, 강진 0.319, 용인 0.294로 다른 지역에 비해 용인이 상대적으로 낮게 확인되었고, Ni(mg/kg)은 순천 0.161, 나주 0.185, 충주 0.122, 강진 0.117, 용인 1.466으로 용인지역이 약 10배 높은 수준으로 검출되었다. Ba(mg/kg)의 경우 순천 0.101, 나주 0.066, 충주 0.044, 강진 0.076, 용인 0.048로 전남지역에 속하는 순천, 나주, 강진이 상대적으로 높은 값을 보였으며, Cs(mg/kg)의 경우 순천 0.005, 나주 0.006, 충주 0.019, 강진 0.009, 용인 0.013으로 그와 반대였다. Cu(mg/kg)는 순천 0.585, 나주 0.802, 충주 0.663, 강진 0.653, 용인 0.520으로 나주, 충주, 강진, 순천 및 용인 순으로 확인되었으나 지역적 특이성을 찾기 힘들었고, 위해금속에 해당하는 Pb와 Cd, As의 경우 5개 지역 평균값이 0.049, 0.001, 0.013mg/kg으로 기준치에 미치지 않는 수준이었다. 결과적으로 각 미량무기원소별 평균에 대한 지역별 특성은 확인가능하였으나 표준편차가 커 유의적 차이는 보이지 않았다.

[표 4-9] ICP-MS를 이용한 수입산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	미국 (n=36)	독일 (n=12)	오스트리아 (n=10)	네덜란드 (n=3)	벨기에 (n=3)
Li	0.002±0.002** (ND~0.009)***	0.002±0.003 (ND~0.009)	0.0005±0.001 (ND~0.003)	0.003±0.001 (0.001~0.004)	0.001±0.001 (0.0003~0.002)
Be	0.0001±0.0002 (ND~0.001)	ND ND	0.00004±0.0001 (ND~0.0004)	0.00004±0.0001 (ND~0.0001)	ND ND
V	0.012±0.014 (0.003~0.065)	0.002±0.003 (ND~0.008)	0.004±0.006 (ND~0.015)	0.008±0.002 (0.005~0.009)	0.006±0.002 (0.005~0.008)
Cr	0.909±0.464 (ND~2.04)	0.573±0.197 (0.31~0.95)	0.071±0.1021 (ND~0.29)	0.473±0.1422 (0.31~0.57)	0.47±0.0819 (0.40~0.56)
Mn	0.346±0.218 (0.09~1.174)	0.149±0.04 (0.104~0.212)	0.038±0.112 (ND~0.355)	0.074±0.007 (0.067~0.08)	0.053±0.015 (0.035~0.064)
Co	0.011±0.016 (0.001~0.077)	0.002±0.003 (ND~0.006)	0.001±0.003 (ND~0.009)	0.0001±0.0002 (ND~0.0004)	ND ND
Ni	0.23±0.428 (0.015~2.033)	0.043±0.094 (ND~0.326)	0.983±0.434 (ND~1.598)	ND ND	ND ND
Cu	0.760±0.600 (0.02~3.62)	2.174±2.19 (0.61~8.27)	1.914±2.255 (0.52~7.67)	0.71±0.036 (0.68~0.75)	0.81±0.576 (0.41~1.47)
Ga	0.02±0.027 (0.003~0.155)	0.017±0.012 (0.007~0.05)	0.005±0.003 (0.002~0.011)	0.012±0.003 (0.008~0.014)	0.012±0.004 (0.008~0.016)
As	0.215±0.100 (0.057~0.441)	0.141±0.015 (0.116~0.174)	0.006±0.005 (0.001~0.017)	0.008±0.002 (0.007~0.011)	0.006±0.002 (0.004~0.007)
Se	0.376±0.244 (0.074~1.151)	0.238±0.086 (0.155~0.478)	0.22±0.078 (0.087~0.325)	0.309±0.044 (0.26~0.345)	0.231±0.091 (0.143~0.326)
Rb	1.854±1.275 (0.01~5.01)	2.388±1.297 (0.95~5.20)	2.455±1.28 (0.52~4.83)	2.103±0.603 (1.54~2.74)	2.883±2.068 (0.99~5.09)
Sr	3.868±9.708 (ND~34.818)	1.244±3.899 (ND~13.621)	0.314±0.316 (0.04~1.128)	0.123±0.141 (0.021~0.284)	0.14±0.053 (0.091~0.196)
Cd	0.002±0.005 (0.0001~0.027)	0.003±0.002 (0.001~0.007)	0.001±0.001 (0.0002~0.003)	0.004±0.001 (0.003~0.005)	0.004±0.001 (0.002~0.004)
Cs	0.010±0.008 (0.001~0.035)	0.013±0.014 (0.004~0.053)	0.012±0.007 (0.004~0.028)	0.010±0.004 (0.006~0.014)	0.025±0.021 (0.005~0.047)
Ba	0.197±0.263 (0.043~1.491)	0.175±0.122 (0.08~0.513)	0.061±0.035 (0.031~0.125)	0.125±0.03 (0.09~0.148)	0.121±0.042 (0.085~0.166)
Pb	0.029±0.027 (0.004~0.142)	0.060±0.024 (0.025~0.099)	0.048±0.033 (0.02~0.099)	0.047±0.005 (0.043~0.053)	0.057±0.022 (0.035~0.08)
Bi	0.0001±0.0003 (ND~0.001)	0.0002±0.0004 (ND~0.001)	0±0.0001 (ND~0.0002)	0.0001±0.0001 (ND~0.0002)	0.0001±0.0002 (ND~0.0003)
U	0.00005±0.0002 (ND~0.001)	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

[표 4-10] ICP-MS를 이용한 국내산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	순천 (n=20)	나주 (n=10)	충주 (n=18)	강진 (n=12)	용인 (n=10)
Li	0.007±0.003** (ND*~0.012)***	0.009±0.003 (0.007~0.015)	0.008±0.004 (0.003~0.021)	0.007±0.005 (ND~0.015)	0.003±0.002 (ND~0.007)
Be	0.0005±0.0002 (ND~0.001)	0.001±0.0002 (0.0003~0.001)	0.0003±0.0003 (ND~0.001)	0.0003±0.0003 (ND~0.001)	0.0007±0.0002 (0.001~0.001)
V	0.014±0.002 (0.011~0.019)	0.019±0.01 (0.013~0.044)	0.013±0.013 (0.008~0.066)	0.014±0.007 (0.007~0.031)	0.018±0.003 (0.012~0.023)
Cr	2.841±0.745 (1.84~4.58)	2.712±0.657 (1.45~3.42)	2.247±0.819 (ND~3.6)	2.889±0.749 (1.75~4.13)	1.968±0.218 (1.68~2.35)
Mn	0.144±0.18 (0.043~0.86)	0.226±0.284 (0.051~0.99)	0.143±0.148 (0.057~0.707)	0.089±0.044 (0.029~0.173)	0.122±0.016 (0.102~0.152)
Co	0.005±0.002 (0.003~0.013)	0.006±0.005 (0.003~0.021)	0.011±0.023 (0.003~0.103)	0.005±0.002 (0.002~0.009)	0.008±0.005 (0.005~0.022)
Ni	0.161±0.191 (0.049~0.901)	0.185±0.16 (0.087~0.629)	0.122±0.084 (0.057~0.388)	0.117±0.049 (0.058~0.206)	1.466±0.091 (1.36~1.649)
Cu	0.585±0.34 (0.30~1.61)	0.802±0.722 (0.34~2.78)	0.663±0.265 (0.30~1.43)	0.653±0.417 (0.33~1.87)	0.52±0.234 (0.32~1.13)
Ga	0.013±0.012 (0.003~0.063)	0.010±0.002 (0.007~0.016)	0.007±0.003 (0.004~0.015)	0.010±0.007 (0.002~0.022)	0.005±0.003 (0.001~0.011)
As	0.016±0.02 (0.006~0.099)	0.017±0.016 (0.006~0.058)	0.008±0.011 (0.003~0.048)	0.023±0.039 (0.004~0.143)	0.003±0.001 (0.001~0.006)
Se	0.121±0.044 (0.061~0.232)	0.174±0.063 (0.095~0.294)	0.137±0.042 (0.08~0.237)	0.103±0.058 (0.043~0.225)	0.093±0.038 (0.059~0.187)
Rb	0.879±0.53 (0.35~2.78)	1.116±0.452 (0.54~1.77)	2.289±0.738 (1.41~3.87)	0.914±0.621 (0.36~2.40)	1.566±0.827 (0.58~3.47)
Sr	0.375±0.143 (ND~0.634)	0.46±0.118 (0.324~0.732)	0.363±0.176 (0.13~0.703)	0.319±0.192 (ND~0.628)	0.294±0.112 (0.107~0.538)
Cd	0.001±0.0002 (0.0004~0.001)	0.001±0.0002 (0.0002~0.001)	0.001±0.0005 (0.0004~0.002)	0.001±0.0003 (0.0004~0.002)	0.0001±0.0003 (ND~0.001)
Cs	0.005±0.004 (0.002~0.017)	0.006±0.002 (0.003~0.009)	0.019±0.006 (0.01~0.032)	0.009±0.006 (0.003~0.024)	0.013±0.007 (0.005~0.029)
Ba	0.101±0.119 (0.022~0.584)	0.066±0.02 (0.043~0.111)	0.044±0.015 (0.022~0.086)	0.076±0.043 (0.021~0.147)	0.048±0.016 (0.03~0.08)
Pb	0.043±0.021 (0.018~0.097)	0.038±0.01 (0.027~0.054)	0.044±0.022 (0.022~0.107)	0.093±0.055 (0.038~0.244)	0.030±0.01 (0.018~0.048)
Bi	0.00004±0.0001 (ND~0.0003)	0.0001±0.0002 (ND~0.001)	0.0001±0.0002 (ND~0.001)	0.0003±0.0002 (0.0001~0.001)	ND ND
U	0.0002±0.0001 (ND~0.0003)	0.0003±0.0001 (0.0002~0.001)	0.002±0.001 (0.0003~0.006)	0.0003±0.0002 (ND~0.001)	0.001±0.001 (ND~0.003)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimun value~max value)

(2) ICP/OES를 이용한 주요 무기원소 분석

돈육의 다량원소 분석을 위해 수입산 미국, 독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에 5개국의 64 점과 국내산 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 등 5개 지역 돈육 70점을 지방만을 분리하여 분석하였다. 분석원소는 알카리 토금속류인 Ca, Mg 등을 포함한 Al, B, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Zn 등 10개 원소를 분석하여 표 11와 12에 나타내었다.

5개의 수입 국가별 다량원소특성을 확인한 결과 Ca(mg/kg) 미국 65.21, 독일 56.36, 오스트리아 309.47, 네덜란드 91.52, 벨기에 10.58, K(mg/kg) 미국 1167.64, 독일 871.04, 오스트리아 1272.46, 네덜란드 667.6, 벨기에 941.91, Na(mg/kg) 미국 344.66, 독일 318.29, 오스트리아 482.28, 네덜란드 750.77, 벨기에 293.4, P(mg/kg) 미국 755.66, 독일 588.51, 오스트리아 885.08, 네덜란드 407.56, 벨기에 569.40으로 4개의 원소에 대해서는 각 국가별 차이가 크게 나타남을 확인하였으며, B(mg/kg) 미국 5.67, 독일 5.68, 오스트리아 6.21, 네덜란드 5.55, 벨기에 5.58, Mg(mg/kg) 미국 78.56, 독일 57.6, 오스트리아 85.36, 네덜란드 48.15, 벨기에 56.46, S(mg/kg) 미국 131.38, 독일 97.64, 오스트리아 149.25, 네덜란드 114.73, 벨기에 93.32 등 3개의 원소에서 오스트리아의 평균함량이 높게 확인되었다. 일부 원소에서 미국과 유럽지역 간에 평균함량 차이는 보였으나 표준편차가 커 국가별 특이성을 보이지 않았다.

국내산 5개 지역에 대해 다량원소특성 분석결과, Al(mg/kg)의 경우 순천 5.14, 나주 5.44, 충주 7.88, 강진 4.81, 용인 6.04, K(mg/kg) 순천 250.71, 나주 310.37, 충주 1016.67, 강진 242.39, 용인 743.05, Mg(mg/kg) 순천 16.38, 나주 19.73, 충주 56.45, 강진 15.92, 용인 40.81, P(mg/kg) 순천 189.21, 나주 220.67, 충주 613.64, 강진 177.25, 용인 429.09, S(mg/kg) 순천 48.34, 나주 68.9, 충주 107.46, 강진 49.47, 용인 72.46, Zn(mg/kg) 순천 2.24, 나주 2.31, 충주 7.0, 강진 2.46, 용인 3.91로 각 지역별로 특성을 보였으며 앞서 언급한 6개의 원소는 대체적으로 충주에서 높은 함량을 나타내었다. 전라도, 충청도, 경기도로 나누어 살펴본 결과 각 지역별 특이성은 보이지 않았으며, 비슷한 수준으로 확인되었다.

[표 4-11] ICP-MS를 이용한 수입산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	미국 (n=36)	독일 (n=12)	오스트리아 (n=10)	네덜란드 (n=3)	벨기에 (n=3)
Al	4.27±9.03	10.05±9.74	1.27±1.46	ND	2.86±4.96
	(ND~39.72)	(ND~27.98)	(ND~4.06)	ND	(ND~8.59)
B	5.67±0.61	5.68±0.44	6.21±0.39	5.55±0.18	5.58±0.23
	(4.42~7.73)	(5.01~6.35)	(5.39~6.65)	(5.35~5.68)	(5.36~5.81)
Ca	65.21±70.53	56.36±61.73	309.47±662.92	91.52±18.67	10.58±3.5
	(4.34~294.58)	(3.78~220.04)	(11.1~2164.9)	(74.13~111.25)	(8.52~14.63)
Fe	8.05±5.69	4.21±0.64	6.61±3.21	7.91±1.23	7.76±3.24
	(2.05~29.22)	(3.24~5.16)	(2.66~13.89)	(6.88~9.27)	(5.51~11.48)
K	1167.64±634.74	871.04±546.59	1272.46±586.88	667.6±121.21	941.91±618.87
	(331.59~3464.1)	(290.45~2351.41)	(452.79~2359.48)	(550.01~792.12)	(380.35~1605.42)
Mg	78.56±51.64	57.6±39.96	85.36±50.89	48.15±3.77	56.46±39.54
	(25.92~230.46)	(26.39~171.22)	(28.64~194.89)	(44.06~51.49)	(19.64~98.24)
Na	344.66±187.51	318.29±227.82	482.28±335.69	750.77±104.35	293.4±55.32
	(152.62~839.99)	(113.29~846.42)	(174.68~1317.65)	(649.71~858.13)	(230.3~333.57)
P	755.66±370.35	588.51±328.84	885.08±564.66	407.56±55.28	569.4±377.15
	(238.72~1830.02)	(265.14~1490.97)	(329.42~2287.99)	(345.28~450.82)	(240.61~981.12)
S	131.38±88.26	97.64±67.67	149.25±82.28	114.73±20.24	93.32±57.18
	(50.31~405.5)	(47.17~292.37)	(56.64~304.07)	(102.2~138.08)	(50.66~158.3)
Zn	8.25±5.75	6.07±3.6	8.5±6.43	5.49±0.73	4.91±2.39
	(2.4~24.6)	(2.46~14)	(2.14~22.79)	(5.01~6.33)	(3.39~7.67)

* ND : Not Detected.

[표 4-12] ICP-OES를 이용한 국내산 돼지고기의 다량 무기원소 분석

unit : mg/kg

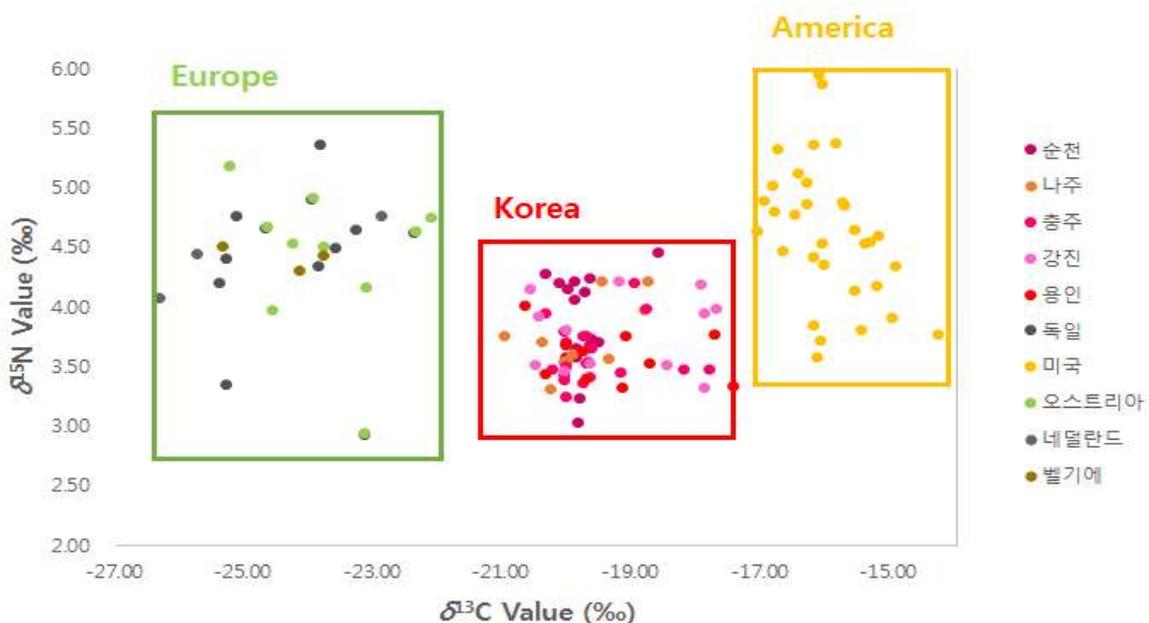
Origin	순천 (n=20)	나주 (n=10)	충주 (n=18)	강진 (n=12)	용인 (n=10)
Al	5.14±1.82	5.44±0.77	7.88±3.887	4.81±1.73	6.04±3.49
	(3.03~12.51)	(4.73~7.42)	(3.87~17.69)	(2.41~8.57)	(3.49~13.43)
B	7.84±0.53	8.07±0.38	7.33±0.77	7.99±0.69	7.93±0.35
	(5.93~8.49)	(7.49~8.89)	(6.22~8.5)	(6.14~9.12)	(7.64~8.73)
Ca	47.34±44.9	63.66±52.74	59.83±29.97	33.32±14.24	71.05±55.67
	(5.92~227.25)	(26.52~207.11)	(29.67~130.39)	(3.67~57.71)	(25.11~175.41)
Fe	19.24±44.78	23.5±31.38	9.98±10.89	4.44±2.27	9.36±5.35
	(1.49~205.47)	(2.9~105.49)	(3.58~49.36)	(2.3~9.69)	(3.29~17.37)
K	250.71±161.92	310.37±139.83	1016.67±349.83	242.39±137.65	743.05±336.17
	(112.77~875.63)	(154.46~601.59)	(571.82~1732.84)	(125.18~621.36)	(273.86~1369.66)
Mg	16.38±10.12	19.73±7.24	56.45±21.00	15.92±8.73	40.81±17.88
	(9.12~57.08)	(10.99~33.67)	(28.26~99.03)	(9.16~42.15)	(23.57~76.76)
Na	340.91±194.72	539.18±350.41	364.15±141.73	347.8±201.57	241.88±67.13
	(217.84~1057.51)	(233.78~1207.71)	(154.5~713.12)	(191.95~818.99)	(144.4~390.41)
P	189.21±94.76	220.67±65.01	613.64±179.75	177.25±88.76	429.07±182.78
	(106.18~548.33)	(124.7~310.66)	(364.45~997.52)	(106.22~439.68)	(180.09~776.03)
S	48.34±24.95	68.9±35.35	107.46±38.08	49.47±21.58	72.46±28.56
	(30.95~123.51)	(33.82~136.41)	(55.17~183.63)	(31.04~100.66)	(44.56~143.04)
Zn	2.24±1.14	2.31±0.86	7.0±3.35	2.46±1.17	3.91±1.59
	(1.3~6.6)	(1.36~4.19)	(2.82~12.71)	(1.67~6.03)	(1.49~6.67)

* ND : Not Detected.

다. EA-IR/MS를 이용한 C, N 동위원소 비율 분석

국내산 및 수입산 돼지고기의 수분을 제거한 단백질의 동위원소 비율은 표 13 및 14와 같다. 국내산 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 5개 지역과 수입산 독일, 미국, 오스트리아 네덜란드, 벨기에 5개 국가의 탄소 및 질소 동위원소비율($\delta^{13}\text{C}$ values와 $\delta^{15}\text{N}$ values)을 분석한 결과 $\delta^{13}\text{C}$ values ‰는 순천 -19.83 ± 0.34 , 나주 -19.82 ± 0.71 , 강진 -19.23 ± 1.15 , 충주 -19.59 ± 0.70 , -19.30 ± 1.06 , 독일 -24.19 ± 0.99 , 미국 -15.76 ± 0.98 , 오스트리아 -23.75 ± 1.02 , 네덜란드 -25.00 ± 1.84 , 벨기에 -24.45 ± 0.81 로 국내 지역에 따른 차이는 확인할 수 없었으나 국내산의 경우 평균값이 -19.59 ± 0.80 으로 유럽지역의 -24.15 ± 1.09 보다 약 4% 높고, 미국의 -15.76 ± 0.98 보다는 약 4% 낮은 값을 나타내어 국가별 지역에 따른 차이를 확인할 수 있었다. $\delta^{13}\text{C}$ values는 섭취 환경과 밀접한 관계가 있어 주로 C_3 식물인 콩, 야채를 주로 사료로 사용하는 유럽지역 양돈 농가와 C_4 식물인 옥수수, 수수를 사료로 사용하는 아메리카 양돈 농가가 상대적으로 차이를 보였고, 국내 양돈의 경우 C_3 식물과 C_4 식물이 섞인 사료를 혼용하고 있어 $\delta^{13}\text{C}$ values는 유럽과 아메리카 그 중간 값을 갖는 것으로 사료된다.

$\delta^{15}\text{N}$ values의 경우는 탄소와는 달리 1차 생산자인 식물에서 큰 차이를 보이지 않아 소비자인 돼지에서도 큰 차이는 확인할 수 없었다. 하지만 토양 비옥도에 따른 차이가 확인되므로 각 지역에 따른 유의적 차이를 확인할 수 있었다. 돼지고기의 $\delta^{15}\text{N}$ value는 국내산 3.72 ± 0.31 로 유럽지역의 4.42 ± 0.56 와 아메리카 지역의 4.63 ± 0.70 보다 약 1% 낮은 값을 나타내었다. $\delta^{13}\text{C}$ & $\delta^{15}\text{N}$ values를 모두 이용한 2차원 그래프에서는 $\delta^{13}\text{C}$ values의 영향으로 유럽지역, 아메리카지역, 한국 등 대륙 간 지역별 차이를 확인할 수 있었다.



[그림 4-8] 국내산 및 수입산 돼지고기의 탄소 및 질소 동위원소 비율 분석 ($\delta^{13}\text{C}$ 및 $\delta^{15}\text{N}$ value ‰) 2D 입체그래프

[표 4-13] 수입산 돼지고기의 탄소, 질소 동위원소($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ value %) 비율

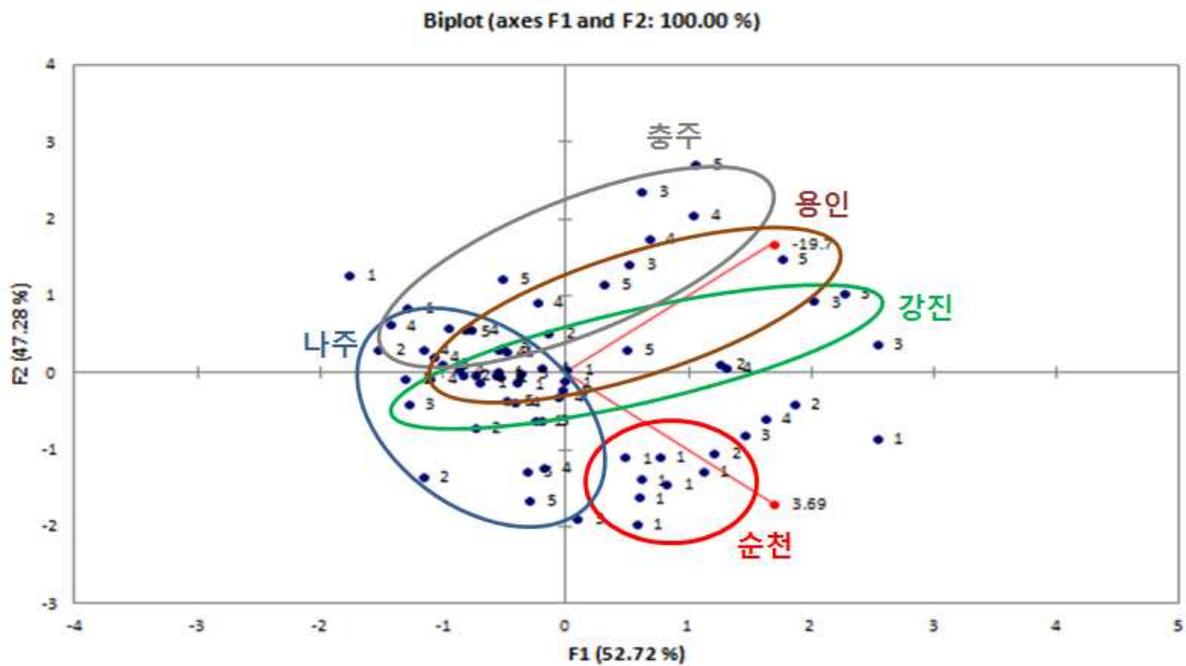
Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}[\text{‰}]_{\text{v-PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}[\text{‰}]_{\text{AIR}}$
한국	70	-19.59±0.80	3.72±0.31
독일	12	-24.19±0.99	4.40±0.66
오스트리아	10	-23.75±1.02	4.44±0.62
네덜란드	3	-25.00±1.84	4.43±0.35
벨기에	3	-24.45±0.81	4.41±0.11
미국	36	-15.76±0.98	4.63±0.70

[표 4-14] 국내산 돼지고기의 탄소, 질소 동위원소($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ value %) 비율

Origin	No.	$\delta^{13}\text{C}[\text{‰}]_{\text{v-PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}[\text{‰}]_{\text{AIR}}$
순천	20	-19.83±0.34	3.83±0.38
나주	10	-19.82±0.71	3.75±0.30
용인	10	-19.30±1.06	3.60±0.22
충주	18	-19.59±0.70	3.60±0.25
강진	12	-19.23±1.15	3.80±0.32

(나) 국내산 돈육의 무기원소 결과 이용 PCA 분석

대한민국 내에서 수집된 70건의 돼지고기 시료를 가지고 산지 분석한 결과는 그림 x과 같다. 국내 지역별로 확인해 보면, 순천 20건, 나주 10건, 강진 12건, 충주 18건, 용인 10건으로 총 70건이며 본 시료를 주요 무기영양성분, 미량영양성분, 위해중금속 및 탄소($\delta^{13}\text{C}$ values), 질소($\delta^{15}\text{N}$ values)를 분석한 수치를 활용하여 PCA 분석을 하였다. 분석 결과를 활용한 주성분 분석은 순천과 나주는 다소 구분이 되나 명확하지는 않음을 확인하였으며, 충주, 용인, 강진의 경우 나주지역과 구분이 되지 않는다. 분석 시료의 측정 spot을 확인해 보면, F1 축과 F2축이 교차하는 0 부분에 집중되어 있음을 확인 할 수 있으며, 이는 전체 시료 측정 결과 분산의 차이에서 각각의 그룹이 크게 떨어져 있지 않음을 나타낸다. 본 주성분 분석을 통해 분석한 결과 돼지고기의 국내산지에 따른 분류는 명확하지 않음을 확인하였다.

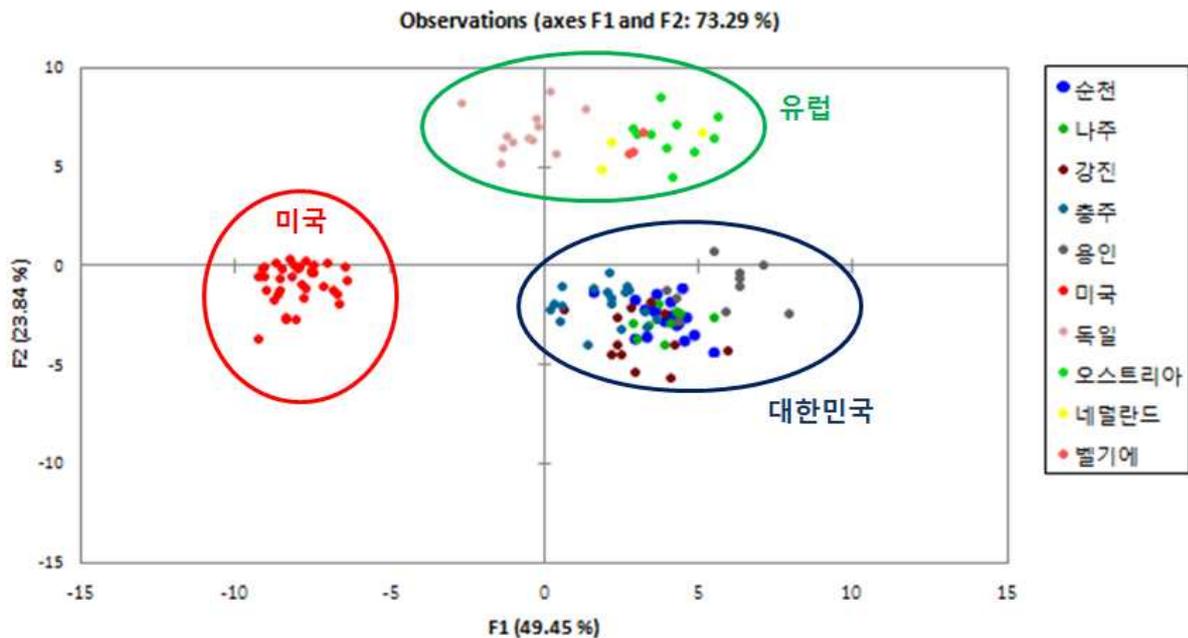


[그림 4-10] 국내 지역별 돼지고기 원산지 판별 PCA 분석

(2) LDA (Linear Discriminant Analysis)

(가) 국가별 돈육의 무기원소 결과 이용 PCA 분석

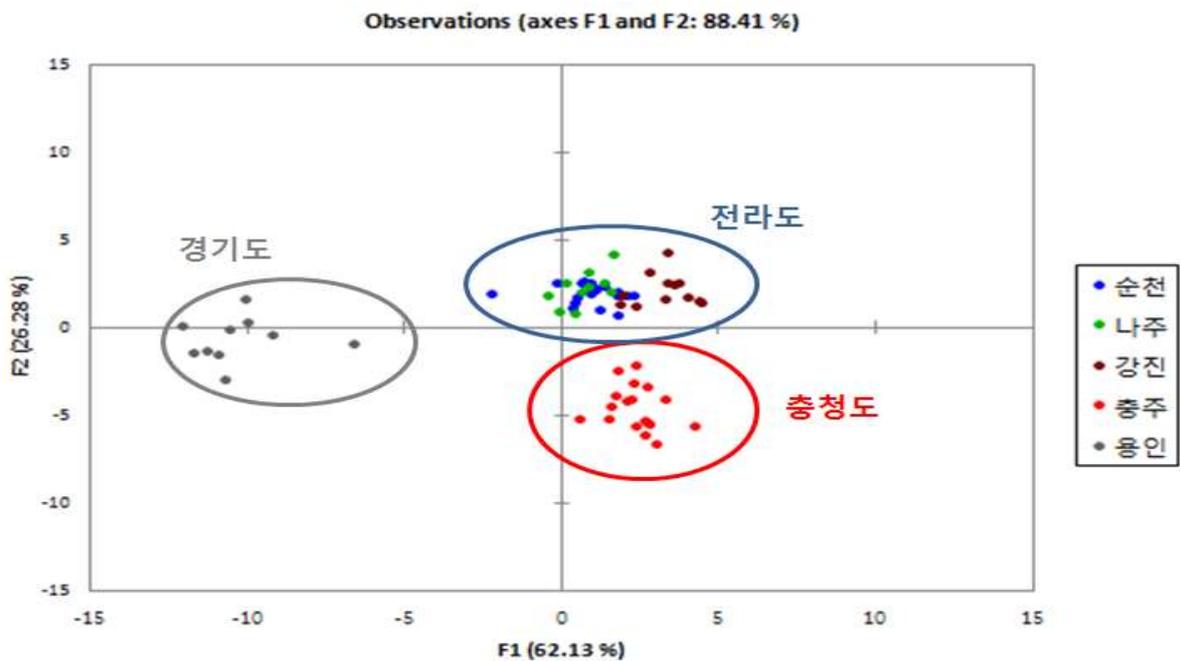
주성분 분석법(PCA 분석법)은 데이터를 최적으로 표현하는 입장에서 데이터를 축소하는 방법인 반면, 선형 판별 분석법(LDA 분석법)은 데이터의 최적 분류에서 데이터를 축소하는 것으로 분석 방법간의 약간의 차이가 발생한다. 즉 LDA 분석 방법은 특정 공간상에서 그룹 분리를 최대화하는 주축으로 설정하고 선형 부공간으로 차원을 축소시켜 그룹간의 분리도를 높이는 방법이라 할 수 있다. 그림 11에서 보면 F1축을 기준으로 미국은 음수값을 띄면서 왼쪽에 위치하며 대한민국은 양수값으로 오른쪽 그리고 유럽의 경우 독일은 음수값을 갖지만 네덜란드, 오스트리아는 양수값으로 중간에 위치함을 확인 할 수 있다. F2축을 기준으로 보면, 유럽의 경우 양수값으로 그래프상에서 위쪽에 위치하고 있으며, 미국과 대한민국은 음수값으로 그래프상 아래쪽에 위치함을 확인 할 수 있다. 따라서 미국, 유럽, 대한민국으로 대표되는 그룹은 명확히 구분됨을 확인하였다. 이는 주성분 분석방법(PCA 방법)과 비교하였을 경우에도 더 좋은 분리도를 보였으며, 시료의 산지를 명확히 구분 지을 수 있는 통계 처리 분석 방법이라 판단하였다.



[그림 4-11] 국가별 돼지고기 국가 원산지 판별 LDA 분석

(가) 국내산 돈육의 무기원소 결과 이용 PCA 분석

그림 8 은 순천, 나주, 강진, 충주, 용인 총 5개 지역에서 수거된 돼지고기 시료를 분석한 결과를 LDA 통계 분석을 나타낸 것이다. 돼지고기 수거 지역은 작게는 총 5개 지역으로 나눌 수 있으나, 지역을 광역화하여 재 그룹을 하게 되면, 순천, 나주, 강진은 전라도 지역으로, 용인은 경기도 지역으로, 충주는 충청도 지역으로 그룹이 된다. F1축을 기준으로 보면 경기도 지역의 용인에서 수거된 돼지고기는 음수값을 띄면서 그래프 상에서 왼쪽에 위치하며, 충청도 지역의 충주, 그리고 전라도 지역의 순천, 나주, 강진은 양수값을 띄면서 그래프 오른쪽에 위치한다. 총 3개 지역으로 구분할 경우, 높은 수준으로 분리가 됨을 확인되었으나, 전라도 지역 내 순천, 나주, 강진은 구분되지 않았다. 그래프 상의 축 F1 과 F2를 보면, 그림 12. 국가별 돼지고기 국가 원산지 판별 LDA 분석과 비교할 경우 F1 축의 간격이 상대적으로 좁은 것을 확인할 수 있으며, 이는 돼지고기의 국가적 분리도가 국내 지역적 분리도보다 높음을 암시한다. 그림 8. 대한민국 지역별 돼지고기 원산지 판별 LDA 분석에서는 지역적 차이가 어느 정도 확인되지만, 그 분리도가 다소 낮았다.



[그림 4-12] 국내 지역별 돼지고기 원산지 판별 LDA 분석

2차년도 연구결과

가. 분석법 검증

1) 방법의 유효성

가) 검출한계 및 정량한계

본 실험에서 분석된 무기성분의 LOD값은 ICP/MS의 경우 0.125 ~ 0.277 ng/g, ICP/OES의 경우 0.136 ~ 0.294 µg/g이었으며, LOQ 값은 ICP/MS의 경우 0.413 ~ 0.914 ng/g, ICP/OES의 경우 0.448 ~ 0.969 µg/g으로 확인되었다.

나) 직선성

분석된 무기성분 각각의 표준품의 직선성은 0.9941 ~ 0.9999를 보였으며, 시료의 검출값은 검량선 범위 안에 포함됨을 확인하였다.

다) 정밀성(Precision (CV%))

분석 결과값의 정밀성을 나타내는 값으로 1.17 ~ 5.00% 로 정밀성이 우수함을 확인하였다.

라) 회수율 (Recovery, %)

Spiking test를 통한 회수율 실험에서 91.1 ~ 99.3 %으로 AOAC (Association of Official Analytical Chemists)가 권고하는 80 ~ 120% 이내 값으로 확인하였다.

[표 4-15] 무기원소 분석 방법의 유효성 검증

Element	Limits of detection	Limits of quantification	Correlation coefficient (R ²)	Coefficient of variance (CV%)	Spiking recovery (%)
Macro elements (µg/g) (ICP-OES)					
Al	0.294	0.969	0.9942	4.85	92.1
Ca	0.232	0.767	0.9946	5.00	94.2
Fe	0.136	0.448	0.9946	3.27	96.4
K	0.285	0.939	0.9941	3.57	97.3
Na	0.159	0.524	0.9946	2.87	95.2
P	0.217	0.715	0.9943	3.16	93.1
S	0.192	0.635	0.9941	4.22	95.4
Zn	0.201	0.662	0.9942	2.98	97.3
Trace elements (ng/g) (ICP-MS)					
Li	0.125	0.413	0.9999	1.22	97.6
V	0.167	0.551	0.9999	1.45	95.3
Cr	0.245	0.809	0.9999	1.99	94.5

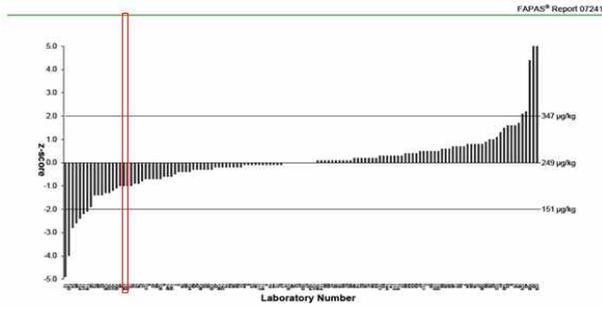
Mn	0.199	0.657	0.9999	1.17	98.7
Co	0.213	0.703	0.9999	2.11	99.3
Ni	0.265	0.875	0.9999	2.10	94.5
Cu	0.277	0.914	0.9999	1.96	95.3
Ga	0.22	0.726	0.9999	1.46	91.1
Se	0.265	0.875	0.9999	2.37	94.8
Cs	0.144	0.475	0.9999	1.97	97.5
Ba	0.135	0.446	0.9999	1.67	94.5
Bi	0.226	0.746	0.9999	2.12	93.3
U	0.248	0.825	0.9999	2.08	95.8
As	0.214	0.706	0.9999	2.23	96.7
Cd	0.244	0.805	0.9999	2.65	94.6
In	0.146	0.482	0.9999	2.66	92.8
Pb	0.196	0.647	0.9999	2.17	98.4
Tl	0.214	0.706	0.9999	1.96	94.5

2) 외부정도 관리

정도관리는 국제적인 숙련도 시험에 참가하는 외부정도 관리인 FAPAS(2015년 10월 Metallic Contaminants in Powdered brown rice, 2016년 5월 Metallic Contaminants in Tomato paste)를 진행하여 신뢰성을 확보할 수 있는 $|Z| < 2$ 값을 얻어 미량원소 분석결과에 대한 신뢰도를 확보하였다.

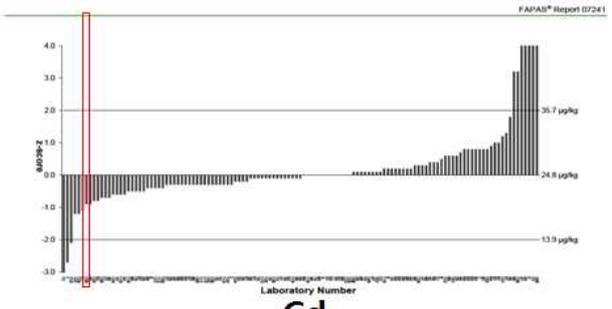
[표 4-16] 외부정도관리(FAPAS) 결과

Metallic Contaminants in Powdered Brown Rice	
분석원소	As, Cd, Pb, Pb
일자	2015.09
결과	만족 $ Z < 2$ (z-score : As -1.0, Cd -0.9, Pb 0.6)
Metallic Contaminants in Tomato paste	
분석원소	Cd, Pb, Sn
일자	2016.05
결과	만족 $ Z < 2$ (z-score : Cd -0.2, Pb 0.2, Sn -1.8)



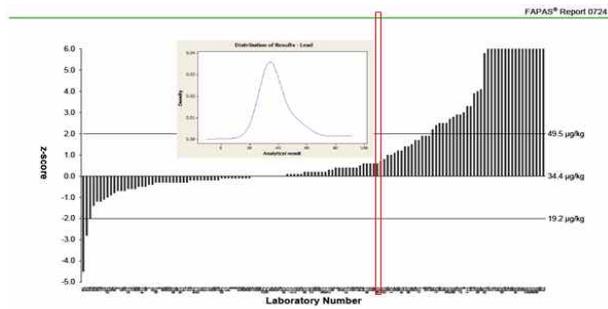
As

Total Arsenic 결과 (Z score : -1.0)



Cd

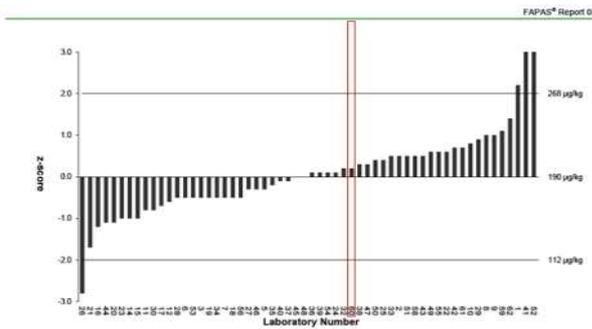
Cadmium 결과 (Z score : -0.9)



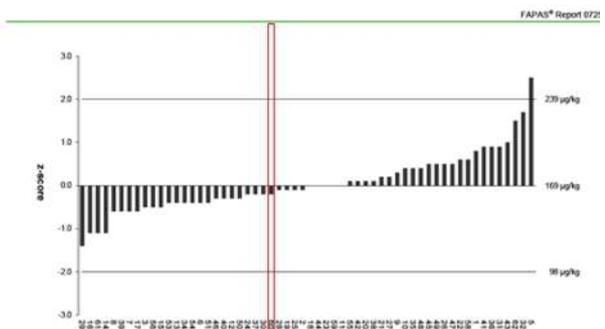
Pb

Lead 결과 (Z score : 0.6)

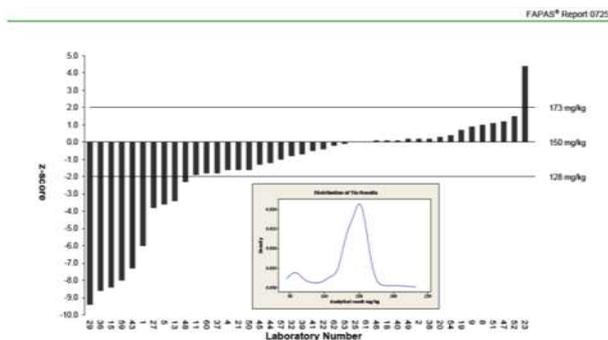
[그림 4-13] 외부정도관리 결과(Powdered Brown Rice)



Lead 결과 (Z score : 0.2)



Cadmium 결과 (Z score : -0.2)



Tin 결과 (Z score : -1.8)

[그림 4-14] 외부정도관리 결과(Tomato paste)

나. ICP/MS 및 ICP/OES를 이용한 미량 무기원소 분석결과

(1) ICP/MS 이용 무기원소 분석결과

돈육의 미량원소 분석을 위해 독일, 멕시코, 미국, 스페인, 칠레, 캐나다 등 수입 6개국의 151점과 원주, 안양, 포천, 김해, 군위, 광주, 김제, 제주, 천안, 청주 등 국내 10개 지역 돈육 502점의 지방만을 분리하여 ICP/MS로 분석한 결과를 표 17와 18에 나타내었다. Li, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, Se, Cs, Ba, Bi, U, As, Cd, In, Pb 및 Tl 등 18개 원소를 분석하였으며 수입 국가별 미량무기원소특징을 확인한 결과 $Cu > Cr > Ba > Se > Mn > Ni > Pb > As > Li \cong Ga > V \cong Cs > Co > Bi \cong U \cong Cd \cong In \cong Tl$ 순으로 확인되었다. Li(mg/kg)의 경우 독일 0.014, 멕시코 0.015, 미국 0.067, 스페인 0.011, 칠레 0.007, 캐나다 0.020, V(mg/kg) 독일 0.012, 멕시코 0.009, 미국 0.032, 스페인 0.008, 칠레 0.005, 캐나다 0.013, Mn(mg/kg) 독일 0.094, 멕시코 0.083, 미국 0.250, 스페인 0.141, 칠레 0.076, 캐나다 0.113, Ga(mg/kg) 독일 0.018, 멕시코 0.016, 미국 0.025, 스페인 0.011, 칠레 0.009, 캐나다 0.017, Se(mg/kg) 독일 0.152, 멕시코 0.223, 미국 0.434, 스페인 0.156, 칠레 0.182, 캐나다 0.256, Cr(mg/kg) 독일 0.364, 멕시코 0.347, 미국 0.517, 스페인 0.307, 칠레 0.312, 캐나다 0.313으로 각 국가별 다양한 값이 확인되었으며 6개의 미량원소는 미국 지역에서 높은 함량으로 나타났다. 또한 Cr, Cu, Co의 경우 모든 국가에서 다른 원소보다 높은 함량으로 측정되었으며 U, In, Tl의 경우 거의 검출되지 않았다. 같은 아메리카 또는 유럽지역일지라도 미량원소 함량에는 차이가 있었으며 이는 사료나 환경적인 요인으로 인한 결과로 판단된다.

2차년도 국내산 시료의 경우 1차년도 연구 당시 사용했던 국내산 5개 지역 시료 중 3개의 지역이 전라도에 속하여 지역적 편중이 있었으나 2차년도에는 이를 보완하고자 전국 각 지역별로 시료를 50건씩 수거하였다. 18개의 미량무기원소 분석 결과 가장 높은 함량을 나타낸 Cu(mg/kg)의 경우 안양 0.844, 제주 0.791, 포천 0.645, 원주 0.611, 청주 0.581 순으로 확인되었고, 그 다음으로 높은 함량인 Cr(mg/kg)은 제주 0.579, 원주 0.577, 광주 0.492, 김해 0.469, 청주 0.467, 포천 0.462 순으로 확인되었다. Se(mg/kg)은 안양 0.289, 제주 0.263, 포천 0.194, 청주 0.185, 원주 0.183, 김해 0.162, 광주 0.158 순으로 확인되었다. 국내산 미량원소분석결과 수입산과 동일한 패턴으로 Cu, Cr 및 Se이 높은 함량으로 확인되었으며 그 외의 원소들도 비슷한 수준으로 확인되었다. Ba의 경우 국내산보다 수입산이 약 5배 높은 값을 보였으며 이러한 차이는 이후 LDA 통계에서 중요한 변수가 될 것으로 보인다. 일부 함량차이가 있는 원소들이 있었으나 대부분의 원소는 오차범위 안에서 확인되어 유의적 차이는 보이지 않았다.

[표 4-17] ICP-MS를 이용한 수입산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	독일 (n=52)	멕시코 (n=51)	미국 (n=7)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)
Li	0.014±0.015** (0.005~0.069)***	0.015±0.016 (0.004~0.067)	0.067±0.004 (0.062~0.073)	0.011±0.004 (0.006~0.018)	0.007±0.003 (0.006~0.017)	0.02±0.015 (0.009~0.063)
V	0.012±0.01 (0.003~0.047)	0.009±0.009 (0.002~0.051)	0.032±0.004 (0.027~0.039)	0.008±0.004 (0.003~0.02)	0.005±0.001 (0.003~0.007)	0.013±0.014 (0.005~0.053)
Cr	0.364±0.062 (0.22~0.604)	0.347±0.056 (0.285~0.537)	0.517±0.095 (0.404~0.71)	0.307±0.066 (0.159~0.389)	0.312±0.035 (0.24~0.361)	0.313±0.085 (0.188~0.579)
Mn	0.094±0.038 (0.054~0.238)	0.083±0.038 (0.047~0.286)	0.25±0.02 (0.226~0.277)	0.141±0.064 (0.073~0.335)	0.076±0.018 (0.049~0.103)	0.113±0.044 (0.073~0.252)
Co	0.003±0.005 (0.002~0.037)	0.003±0.001 (0.002~0.007)	0.009±0.005 (0.005~0.018)	0.004±0.002 (0.002~0.009)	0.002±0.0003 (0.002~0.003)	0.007±0.011 (0.002~0.036)
Ni	0.076±0.057 (0.027~0.352)	0.049±0.05 (0.011~0.241)	0.079±0.026 (0.05~0.116)	0.11±0.113 (0.039~0.434)	0.044±0.051 (0.013~0.205)	0.096±0.094 (0.022~0.342)
Cu	0.346±0.132 (0.194~1.063)	0.368±0.092 (0.199~0.591)	0.633±0.103 (0.482~0.722)	0.655±0.511 (0.308~2.378)	0.42±0.111 (0.24~0.629)	0.535±0.201 (0.332~1.062)
Ga	0.018±0.016 (0.009~0.093)	0.016±0.012 (0.008~0.084)	0.025±0.009 (0.018~0.042)	0.011±0.003 (0.006~0.018)	0.009±0.001 (0.007~0.012)	0.017±0.019 (0.01~0.085)
Se	0.152±0.063 (0.079~0.472)	0.223±0.09 (0.112~0.698)	0.434±0.13 (0.262~0.661)	0.156±0.034 (0.106~0.225)	0.182±0.057 (0.094~0.29)	0.256±0.09 (0.173~0.533)
Cs	0.012±0.006 (0.003~0.028)	0.01±0.003 (0.005~0.019)	0.013±0.005 (0.007~0.023)	0.013±0.004 (0.008~0.021)	0.027±0.01 (0.015~0.047)	0.008±0.002 (0.005~0.011)
Ba	0.284±0.036 (0.217~0.395)	0.348±0.051 (0.274~0.495)	0.25±0.136 (0.178~0.556)	0.304±0.048 (0.186~0.4)	0.297±0.019 (0.266~0.332)	0.301±0.029 (0.265~0.38)
Bi	0.001±0.004 (0.0001~0.026)	0.002±0.004 (ND~0.024)	0.003±0.0004 (0.002~0.004)	0.003±0.002 (0.001~0.007)	0.001±0.0003 (0.0003~0.001)	0.011±0.039 (0.001~0.151)
U	0.001±0.001 (0.0002~0.003)	0.001±0.001 (0.0002~0.002)	0.003±0.0002 (0.002~0.003)	0.0004±0.0002 (0.0002~0.001)	0.0001±0.0002 (ND~0.001)	0.001±0.0004 (0.0002~0.001)
As	0.033±0.03 (0.012~0.167)	0.026±0.024 (0.008~0.108)	0.147±0.018 (0.125~0.175)	0.017±0.006 (0.008~0.031)	0.015±0.004 (0.012~0.027)	0.034±0.03 (0.017~0.13)
Cd	0.001±0.001 (ND~0.005)	0.001±0.001 (0.0001~0.008)	0.002±0.002 (0.001~0.004)	0.001±0.001 (0.0003~0.003)	0.0001±0.0002 (ND~0.001)	0.001±0.002 (ND~0.007)
In	0.001±0.002 (ND~0.017)	0±0.001 (ND~0.005)	0.001±0 (ND~0.001)	0.001±0.001 (ND~0.003)	ND ND	0.001±0.004 (ND~0.016)
Pb	0.07±0.021 (0.049~0.179)	0.084±0.031 (0.064~0.278)	0.101±0.043 (0.066~0.176)	0.09±0.022 (0.066~0.144)	0.073±0.012 (0.059~0.102)	0.09±0.035 (0.064~0.209)
Tl	0.001±0.004 (ND~0.025)	0.001±0.001 (ND~0.006)	0.001±0.0003 (0.001~0.002)	0.002±0.001 (0.001~0.005)	ND ND	0.004±0.006 (0.001~0.025)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

[표 4-18] ICP-MS를 이용한 국내산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

unit : mg/kg

Origin	원주 (n=50)	안양 (n=50)	포천 (n=50)	김해 (n=50)	군위 (n=50)	광주 (n=50)	김제 (n=50)	제주 (n=50)	천안 (n=50)	청주 (n=52)
Li	0.008±0.008**	0.014±0.016	0.007±0.01	0.004±0.003	0.003±0.009	0.006±0.011	0.012±0.011	0.003±0.005	0.008±0.006	0.022±0.018
	(0.002~0.036)***	(0.002~0.058)	(0.0001~0.065)	(0.0001~0.012)	(0.0001~0.064)	(0.001~0.063)	(0.002~0.059)	(ND~0.035)	(0.002~0.021)	(0.001~0.076)
V	0.004±0.003	0.01±0.007	0.009±0.008	0.005±0.003	0.003±0.004	0.005±0.006	0.005±0.003	0.006±0.004	0.006±0.003	0.01±0.005
	(0.002~0.012)	(0.002~0.039)	(ND~0.046)	(0.001~0.016)	(0.001~0.017)	(0.001~0.044)	(0.002~0.02)	(0.001~0.02)	(0.002~0.016)	(0.001~0.027)
Cr	0.577±0.142	0.292±0.181	0.462±0.139	0.469±0.113	0.452±0.082	0.492±0.16	0.454±0.122	0.579±0.123	0.447±0.138	0.467±0.129
	(0.27~0.824)	(0.082~0.675)	(0.038~0.729)	(0.259~0.857)	(0.303~0.642)	(0.201~0.946)	(0.237~0.81)	(0.299~0.776)	(0.177~0.822)	(0.129~0.719)
Mn	0.10±0.042	0.274±0.199	0.176±0.155	0.101±0.097	0.071±0.056	0.087±0.055	0.086±0.035	0.112±0.048	0.144±0.155	0.139±0.058
	(0.047~0.27)	(0.024~0.92)	(0.022~0.827)	(0.035~0.695)	(0.032~0.424)	(0.032~0.355)	(0.036~0.204)	(0.049~0.313)	(0.028~0.888)	(0.016~0.282)
Co	0.003±0.001	0.004±0.002	0.004±0.004	0.002±0.001	0.002±0.001	0.002±0.001	0.003±0.002	0.003±0.001	0.003±0.001	0.003±0.001
	(0.001~0.007)	(0.001~0.013)	(0.001~0.024)	(0.001~0.005)	(0.001~0.004)	(0.001~0.004)	(0.001~0.016)	(0.001~0.007)	(0.001~0.009)	(0.001~0.008)
Ni	0.107±0.099	0.048±0.071	0.108±0.111	0.068±0.069	0.026±0.018	0.068±0.084	0.076±0.08	0.058±0.072	0.111±0.099	0.079±0.056
	(0.018~0.412)	(0.006~0.490)	(0.007~0.483)	(0.008~0.325)	(0.007~0.08)	(0.009~0.479)	(0.009~0.359)	(0.009~0.435)	(0.008~0.378)	(0.009~0.229)
Cu	0.611±0.207	0.844±0.438	0.645±0.344	0.472±0.257	0.449±0.164	0.49±0.173	0.442±0.148	0.791±0.268	0.516±0.188	0.581±0.217
	(0.255~1.148)	(0.062~1.581)	(0.061~2.047)	(0.242~1.974)	(0.221~1.054)	(0.274~1.085)	(0.128~0.746)	(0.407~1.597)	(0.215~1.264)	(0.097~1.247)
Ga	0.002±0.002	0.005±0.006	0.005±0.008	0.002±0.002	0.003±0.004	0.003±0.003	0.004±0.007	0.003±0.003	0.008±0.008	0.008±0.005
	(0.001~0.011)	(0.001~0.032)	(0.001~0.048)	(0.0003~0.01)	(0.0002~0.022)	(0.001~0.023)	(0.001~0.047)	(0.001~0.018)	(0.003~0.053)	(0.001~0.029)
Se	0.183±0.054	0.289±0.145	0.194±0.09	0.162±0.052	0.157±0.045	0.158±0.051	0.153±0.058	0.263±0.086	0.156±0.052	0.185±0.073
	(0.069~0.305)	(0.058~0.631)	(0.012~0.438)	(0.083~0.336)	(0.085~0.261)	(0.067~0.308)	(0.042~0.313)	(0.16~0.652)	(0.057~0.327)	(0.038~0.409)

Cs	0.022±0.01	0.039±0.033	0.035±0.019	0.018±0.015	0.007±0.004	0.011±0.007	0.013±0.008	0.032±0.021	0.01±0.007	0.021±0.02
	(0.007~0.048)	(0.002~0.094)	(0.0002~0.084)	(0.004~0.083)	(0.003~0.02)	(0.002~0.034)	(0.002~0.037)	(0.005~0.097)	(0.002~0.032)	(0.003~0.089)
Ba	0.036±0.035	0.049±0.057	0.047±0.02	0.032±0.039	0.025±0.024	0.031±0.022	0.025±0.012	0.029±0.018	0.101±0.083	0.10±0.069
	(0.008~0.176)	(0.009~0.328)	(0.011~0.112)	(0.005~0.258)	(0.003~0.169)	(0.007~0.113)	(0.007~0.05)	(0.007~0.09)	(0.022~0.284)	(0.007~0.364)
Bi	0.0002±0.0004	0.001±0.001	0.002±0.007	0.0003±0.0004	0.0001±0.0001	0.001±0.001	0.002±0.005	0.001±0.001	0.003±0.019	0.001±0.0004
	(ND*~0.003)	(0.0001~0.006)	(0.0001~0.047)	(ND~0.002)	(ND~0.0003)	(ND~0.004)	(ND~0.023)	(ND~0.003)	(ND~0.135)	(ND~0.002)
U	0.005±0.004	0.001±0.001	0.001±0.003	0.002±0.006	0.001±0.003	0.0002±0.0003	0.012±0.007	0.0001±0.0002	0.015±0.01	0.007±0.006
	(0.0001~0.016)	(ND~0.003)	(ND~0.023)	(ND~0.021)	(ND~0.02)	(ND~0.001)	(ND~0.034)	(ND~0.001)	(0.0004~0.044)	(ND~0.029)
As	0.018±0.023	0.029±0.032	0.015±0.009	0.008±0.004	0.005±0.003	0.008±0.005	0.010±0.004	0.009±0.007	0.035±0.036	0.081±0.062
	(0.004~0.121)	(0.004~0.133)	(0.003~0.07)	(0.001~0.02)	(0.002~0.024)	(0.002~0.023)	(0.004~0.022)	(0.003~0.043)	(0.006~0.113)	(0.003~0.185)
Cd	0.001±0.0004	0.001±0.001	0.001±0.001	0.001±0.0004	0.0002±0.0003	0.001±0.001	0.001±0.001	0.001±0.001	0.001±0.001	0.001±0.0003
	(ND~0.002)	(0.0001~0.003)	(0.0002~0.004)	(ND~0.001)	(ND~0.002)	(ND~0.003)	(0.0001~0.005)	(0.0001~0.004)	(ND~0.004)	(ND~0.001)
In	ND	0.001±0.001	0.001±0.001	0.0001±0.0002	ND	0.0003±0.001	0.001±0.005	0.0003±0.0003	0.001±0.002	0.0001±0.0001
	ND	(ND~0.003)	(ND~0.008)	(ND~0.001)	ND	(ND~0.003)	(ND~0.032)	(ND~0.001)	(ND~0.009)	(ND~0.001)
Pb	0.019±0.042	0.023±0.029	0.03±0.029	0.035±0.078	0.005±0.004	0.013±0.018	0.013±0.017	0.015±0.013	0.034±0.024	0.04±0.026
	(0.002~0.301)	(0.003~0.158)	(0.002~0.156)	(0.003~0.455)	(0.001~0.022)	(0.002~0.092)	(0.004~0.114)	(0.003~0.078)	(0.004~0.106)	(0.004~0.134)
Tl	ND	0.001±0.001	0.002±0.005	0.0001±0.0004	ND	0.001±0.001	0.001±0.003	0.001±0.001	0.001±0.002	0.0001±0.0003
	ND	(ND~0.005)	(0.0001~0.036)	(ND~0.002)	ND	(ND~0.004)	(ND~0.017)	(ND~0.002)	(ND~0.012)	(ND~0.001)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

(2) ICP/OES를 이용한 주요 무기원소 분석

돈육의 다량원소 분석을 위해 수입산 미국, 독일, 칠레, 멕시코, 캐나다, 스페인 6개국의 돼지고기 151점과 국내산 원주, 안양, 포천, 김해, 군위, 광주, 김제, 제주, 천안, 청주 등 국내 10개 지역 돼지고기 502점을 지방만을 분리하여 분석하였다. 분석원소는 알카리 토금속류인 Ca을 포함한 Al, Ca, Fe, K, Na, P, S, Zn 8개 원소를 분석하였다. 6개의 수입국가의 다량원소 함량은 $K > P > Na > S > Ca > Al > Zn \cong Fe$ 순으로 확인되었다. 가장 높은 함량인 K(mg/kg)은 스페인 2199.1, 캐나다 1565.3, 미국 1327.1, 칠레 1299.6, 독일 1029.8, 멕시코 864.9로 확인되었고, 두 번째로 높은 함량인 P(mg/kg)는 스페인 959.3, 캐나다 743.8, 칠레와 멕시코가 각각 603.5, 603.2로 비슷한 함량을 보였고, 그 뒤를 이어 미국 598.8, 독일 499.4 이었다. 특히적으로 아메리카지역과 유럽지역 간의 다량원소 함량 차이는 보이지 않았다.

국내산 시료의 경우 $K > Na > P > S > Ca > Al > Fe > Zn$ 순으로 확인되었고, 일부 원소에서 차이는 있었으나 대체적으로 검출된 원소의 평균 함량 패턴은 비슷한 수준이었다. 가장 높은 함량을 보인 K(mg/kg)의 경우 포천 지역이 802.6으로 가장 높았고 수입산 지역에서 가장 높았던 스페인과 비교하여 약 3배 적은 함량으로 확인되었다. 뒤를 이어 제주 684.3, 청주 629.9, 김해 525.3 안양 487.5 순으로 확인되었다. Na(mg/kg)의 경우 안양 523.4, 청주 396.0, 천안 362.5, 광주 352.1, 김해 335.4, 포천 330.6 순으로 확인되었으며 지역적인 차이를 확인하고자 위도, 경도를 고려하여 지역별로 나누어 살펴본 결과, 평균값의 편차가 커 차이를 확인할 수 없었다. 결과적으로 각 다량 무기원소별 평균에 대한 지역별 특성은 확인가능하였으나 표준편차가 커 유의적 차이는 보이지 않았다.

[표 4-19] ICP-OES를 이용한 수입산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

Origin	독일 (n=52)	멕시코 (n=51)	미국 (n=7)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)
Al	41.7±65.8*	13.9±32.6	41.8±14.2	20.2±19.6	8.70±4.0	13.3±5.3
	(1.80~370)**	(1.30~237.8)	(28.5~63.2)	(6.70~73.3)	(5.40~17.4)	(7.70~23.3)
Ca	43.5±55.7	35.8±37.7	145.3±14.8	44.8±33.9	25.5±8.1	61.5±42.3
	(9.00~363.4)	(8.50~217.9)	(117.9~159)	(15.2~150.8)	(15.6~40.9)	(27.5~204.4)
Fe	4.20±2.10	5.40±4.0	5.00±0.80	6.60±2.20	3.30±0.50	8.40±7.80
	(1.30~11.6)	(1.30~17.9)	(3.70~5.9)	(3.50~12.2)	(2.40~4.00)	(5.20~36.4)
K	1029.8±339	864.9±960.2	1327.1±586.9	2199.1±846.6	1299.9±602.7	1565.3±407.6
	(412.8~2088.8)	(139.7~5430)	(537.8~2406)	(1051.2~3918)	(634.9~2479)	(1055.9~2235)
Na	261.3±77	331±286.4	303.9±76.5	395.1±167.6	254.3±116	258.7±70.8
	(118.3~509.2)	(121.4~1329)	(201~396.8)	(174.6~713.5)	(123.7~481)	(166.1~367.4)
P	499.4±139.8	603.2±984.8	598.8±226.6	959.3±279.9	603.5±239.6	743.8±154
	(109.5~910.4)	(115~4681.5)	(264.6~992.8)	(561.8~1490.3)	(315~1073.2)	(537.5~1003.2)
S	73.7±25.4	73.6±48.5	182.8±67.2	171.5±90	104±53.5	126±36.4
	(23.7~164.5)	(30.4~260.2)	(114.5~316.6)	(74.6~336.2)	(43.2~217.1)	(82.8~178.2)
Zn	4.90±1.70	4.90±3.30	5.00±2.00	11.0±4.20	7.10±2.00	12.30±3.80
	(1.80~9.50)	(1.30~17.8)	(2.20~7.40)	(5.70~19.8)	(4.00~10.4)	(8.10~22.3)

* Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

** (minimum value~max value)

[표 4-20. ICP-OES를 이용한 국내산 돼지고기의 미량 무기원소 분석

Origin	원주 (n=50)	안양 (n=50)	포천 (n=50)	김해 (n=50)	군위 (n=50)	광주 (n=50)	김제 (n=50)	제주 (n=50)	천안 (n=50)	청주 (n=52)
Al	3.80±4.0*	6.20±5.90	5.90±6.60	6.90±9.30	7.40±11.7	6.30±10.2	9.10±12.3	5.80±11.2	13.8±15.6	13.6±15.1
	(0.7~26.5)**	(0.40~26.0)	(1.20~44.3)	(0.90~51.2)	(1.30~55.6)	(0.90~71.7)	(0.90~54.8)	(0.40~65.6)	(2.60~77.1)	(0.80~100.9)
Ca	49.3±43.1	38.5±36.9	119.5±239.8	29.5±23.3	108.3±149.1	27.8±20.5	60.3±62.7	40.3±29.2	107±96.6	74.9±58.6
	(9.5~177.2)	(7.9~214.7)	(13.3~1096.9)	(9.8~141.4)	(12.8~872)	(9.3~129.2)	(9.50~316.8)	(8.4~189.9)	(11.5~413.6)	(12~289.4)
Fe	4.10±1.90	6.9±4.40	8.10±7.0	3.00±2.10	3.40±1.70	4.80±2.20	7.50±4.80	4.40±2.50	8.30±11.4	6.10±7.60
	(1.70~11.8)	(1.20~16.0)	(2.10~49.4)	(1.30~15.4)	(1.40~12.1)	(1.80~14.3)	(1.90~25.1)	(1.60~17.3)	(1.90~72.4)	(1.90~56.0)
K	461.6±222.8	487.5±271.6	802.6±274.9	525.3±377.7	204.4±99.1	383.4±226.9	452.4±282.6	684.3±466.2	329.5±174.2	629.9±333.4
	(168.2~1110)	(135~1017.2)	(222.4~1465)	(102.2~2180)	(101.7~556)	(136.5~1031)	(133.4~1172)	(122.1~2648)	(102.5~974.8)	(144.6~1508)
Na	293.8±133	523.4±378.9	330.6±210.1	335.4±241.3	307.1±121.5	352.1±186.5	302.1±150.9	300.2±179.6	362.5±225.8	396±218.1
	(119.9~693.1)	(106~1283.5)	(150.8~1163)	(105.1~1177)	(150.8~904.8)	(123.2~1112)	(125.1~723.3)	(128.4~1125)	(103~1496.8)	(24.6~1103)
P	254.7±94.0	375.3±275.4	472.2±203.7	272.4±168.6	192.4±87.3	215±109.8	245.8±99.7	373.1±181.8	251.9±116.6	329.5±149.7
	(112.2~461.2)	(106.8~970.2)	(139~967.9)	(90.7~1091.3)	(115.8~618)	(35.3~754.4)	(111.7~510.3)	(118~936.2)	(93.8~703.6)	(53.7~691.2)
S	70.5±41.0	116.7±107.6	147.5±154.2	73.4±45.7	46.1±14.9	79.5±49.6	54.7±27	114.2±86	81.9±55.8	105.5±67.8
	(30.2~194.6)	(29.2~436.2)	(48.1~838)	(25.9~224.2)	(29.4~113.5)	(30.4~264.5)	(22.4~120.9)	(30.5~493.1)	(21.6~273.4)	(29.3~297.8)
Zn	3.50±1.40	5.70±4.90	6.10±4.10	2.70±1.80	2.30±0.70	2.70±1.40	2.80±1.00	3.80±2.30	2.70±1.10	4.10±1.80
	(1.70~7.70)	(1.00~15.3)	(1.40~25.1)	(0.70~11.0)	(1.30~4.40)	(0.80~5.80)	(1.20~5.70)	(0.90~14.8)	(1.30~7.30)	(1.10~8.30)

* Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

** (minimun value~max value)

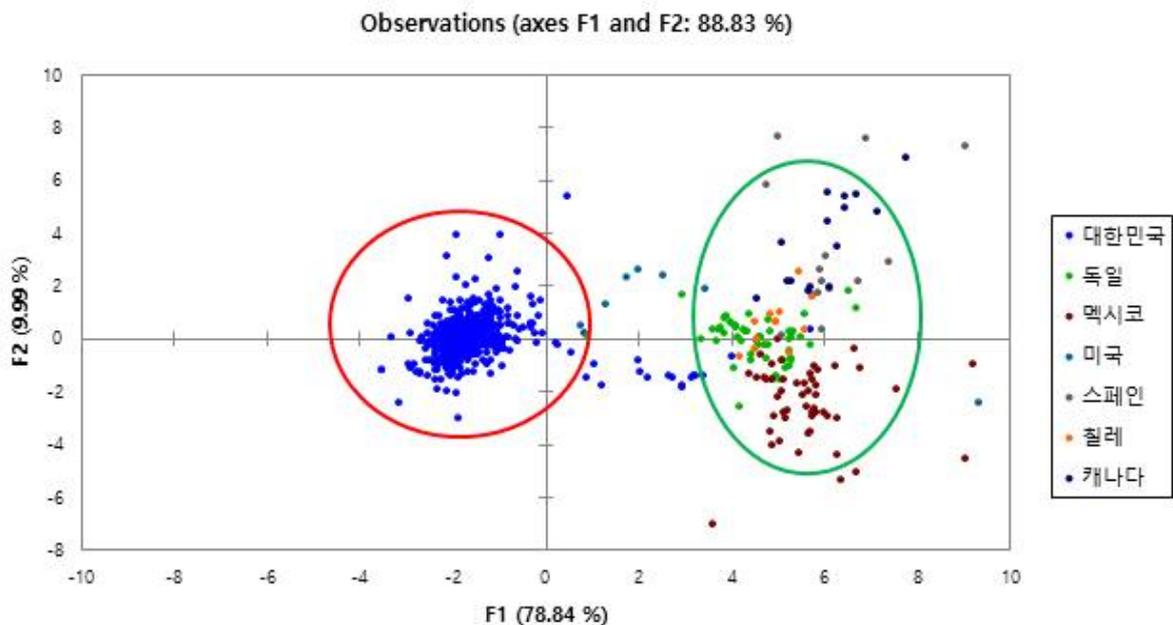
다. 통계처리에 따른 무기원소 이용 원산지 판별 결과

(1) LDA (Linear Discriminant Analysis)

주성분 분석법(PCA 분석법)은 데이터를 최적으로 표현하는 입장에서 데이터를 축소하는 방법인 반면, 선형 판별 분석법(LDA 분석법)은 데이터의 최적 분류에서 데이터를 축소하는 것으로 분석 방법간 약간의 차이가 발생한다. 즉 LDA 분석 방법은 특정 공간상에서 그룹 분리를 최대화하는 주축으로 설정하고 선형 부공간으로 차원을 축소시켜 그룹간의 분리도를 높이는 방법이라 할 수 있다. 1차년도에 수행하였던 PCA 분석법은 LDA 분석법보다 판별율이 낮게 확인되어 2차년도에는 LDA 분석에 집중하여 결과를 도출하였다.

(가) 국가별 돈육의 무기원소 결과 이용 LDA 분석

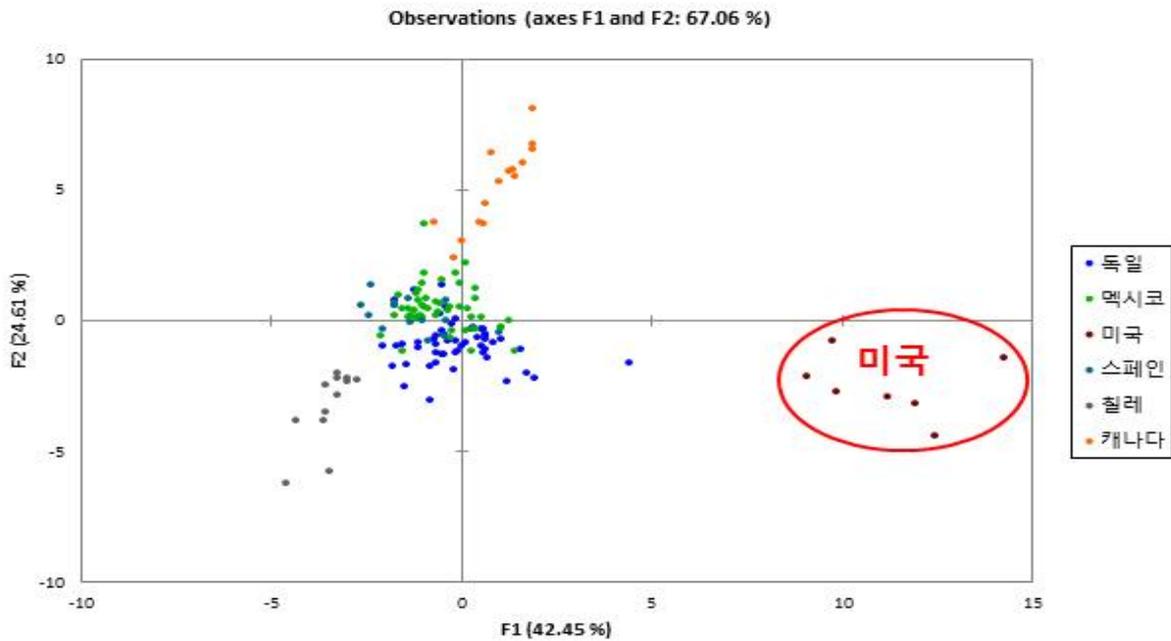
미국(7건), 독일(52건), 멕시코(51건), 스페인(14건), 칠레(12건), 캐나다(15건), 대한민국(502건)에서 각각 수집된 총 653건의 돼지고기 시료를 주요 무기영양성분, 미량영양성분, 위해중금속 분석된 결과를 LDA 통계 분석한 결과, 대한민국은 다른 국가와 달리 지역적 차이가 분리됨을 확인 하였다. 그림 15에서 보면 F1축을 기준으로 왼쪽은 대한민국, 오른쪽에는 다른 국가들이 위치한다. 국산 돈육 502건을 분석한 결과 97.4%의 판별율로써 국산 돈육에 대한 원산지 판별 및 인증이 가능할 것으로 판단되었으며, 전체 국가별 약 96.0%의 판별율로써 각 국가의 원산지를 판별할 수 있었다.



[그림 4-15] 국가별 돼지고기 국가 원산지 판별 LDA 분석

(나) 수입산 돈육의 국가별 무기원소 결과 이용 LDA 분석

분석된 시료를 LDA 통계치리로 독일, 멕시코, 미국, 스페인, 칠레, 캐나다의 원산지에 따라 지역적 차이를 확인하였다. 분석결과, 그림 16과 같이 미국은 F1축을 기준으로 오른쪽에 위치하며 10~15 수준의 양수값을 가지며, F1를 기준으로 음수 값을 가진다. 본 연구에서 분석한 결과, 미국(7건)은 100% 판별 가능하며, 그 외 멕시코, 칠레, 캐나다 또한 정확하게 판별 가능하였다. F2축을 기준으로 봤을 때, 멕시코와 독일은 '0' 부분에 집중되어 있었으며, 캐나다는 양의 값, 칠레는 음의값을 가지는 것을 확인하였다. 선형판별 분석 결과 수입산 돈육의 원산지 판별이 가능할 것으로 판단되었으며, 그 중 미국산 돈육은 정확하게 판별가능하였다.

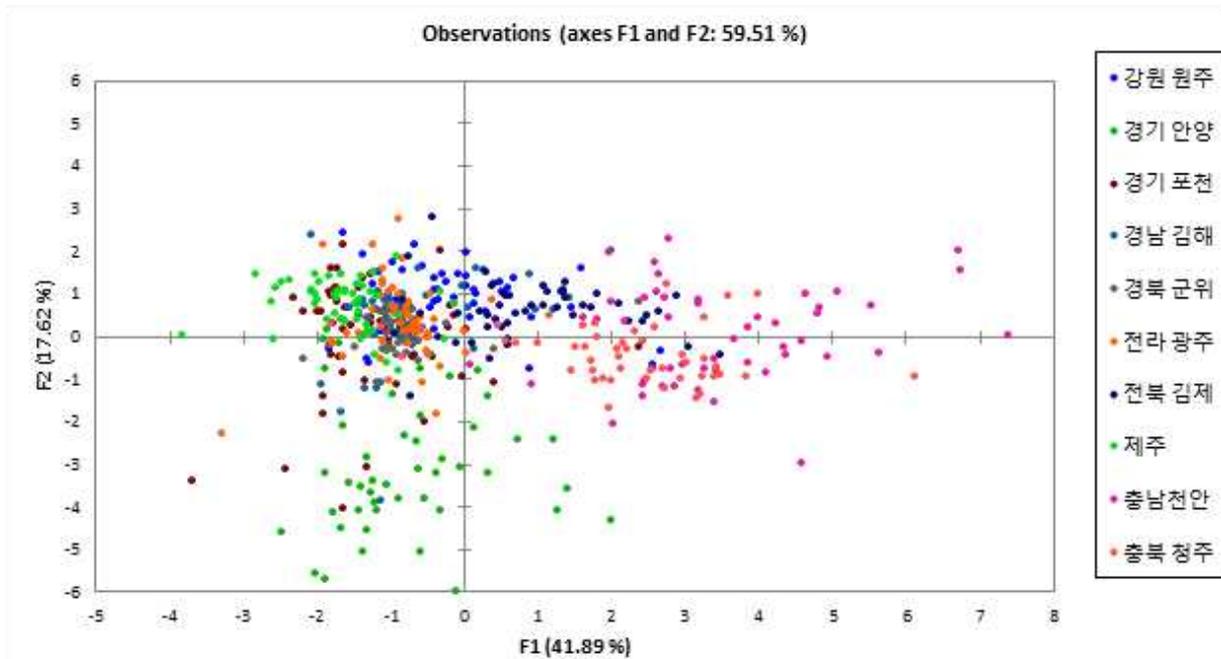


[그림 4-16] 수입산 돈육의 국가별 원산지 판별 LDA 분석

(다) 국내 지역별 돈육의 무기원소 결과 이용 LDA 분석

① 국내산 돈육의 전 지역별 무기원소 결과 이용 LDA 분석

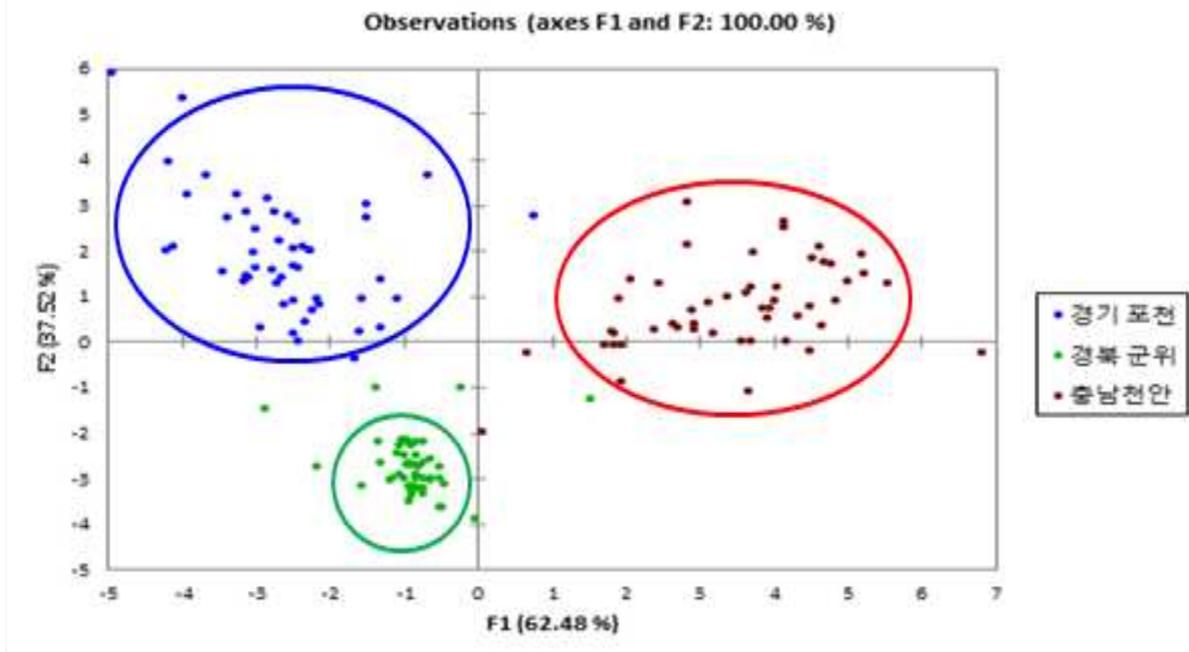
국내산과 수입산 돈육의 산지판별 외 국내산 돈육 중 생산된 지역을 판별하고 인증하고자 국내산 돈육의 전 지역별 무기원소 함량 분석결과를 이용하여 LDA 분석을 실시하였다. 돈육의 수거 지역은 도단위로 나누어 경기안양, 경기포천, 강원원주, 경남김해, 경북군위, 전북김제, 전남광주, 제주, 충남천안, 충북청주로 총 10개 지역에서 약 50건씩 수거하여 시료로 사용하였다. 그림 17 그래프 상의 축 F1 과 F2를 보면, 국가별 돼지고기 국가 원산지 판별 LDA 분석과 비교할 경우 F1 축의 간격이 상대적으로 좁은 것을 확인 할 수 있으며, 이는 돼지고기의 국가적 분리도가 국내 지역적 분리도보다 높음을 확인할 수 있었다. 대한민국의 10개 지역별 돼지고기 원산지 판별 LDA 분석에서는 지역적 차이가 어느 정도 확인되지만, 그 분리도가 다소 낮았다. 이는 국가 간에는 위도, 토양에서 오는 무기원소간의 차이가 있을 수 있지만 대한민국이라는 좁은 국토 내에서의 미량원소간의 차이 및 돼지에게 급여되는 식이의 지역별 특징적이 차이점이 없기 때문이라고 사료된다. 따라서 국내 전체 지역 간의 명확한 구분은 어렵지만 특정 지역에 대해서는 판별가능하였다.



[그림 4-17] 국내 지역별 돈육의 원산지 판별 LDA 분석

② 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역 돈육의 무기원소 결과 이용 LDA 분석

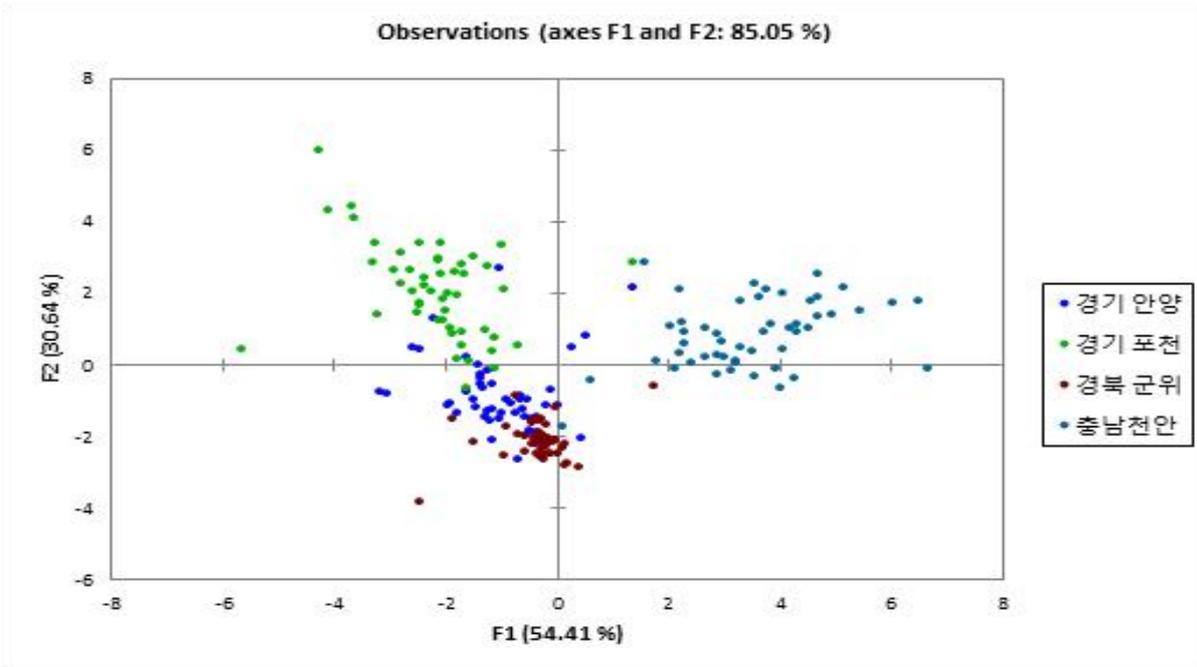
그림 18에 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역별 돈육의 LDA 분석결과를 나타내었다. 경기포천, 경북군위, 충남천안은 F1과 F2를 기준으로 96.0%이상 구분할 수 있으며, 경기포천은 F1 축을 기준으로 왼쪽 우측상단에 위치하며, 충남천안은 오른쪽에 위치한다. 각 클래스의 구분의 차가 적다라는 단점이 있다.



[그림 4-18] 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역 돈육의 원산지 판별 LDA 분석

③ 경기안양, 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역 돈육의 무기원소 결과 이용 LDA 분석

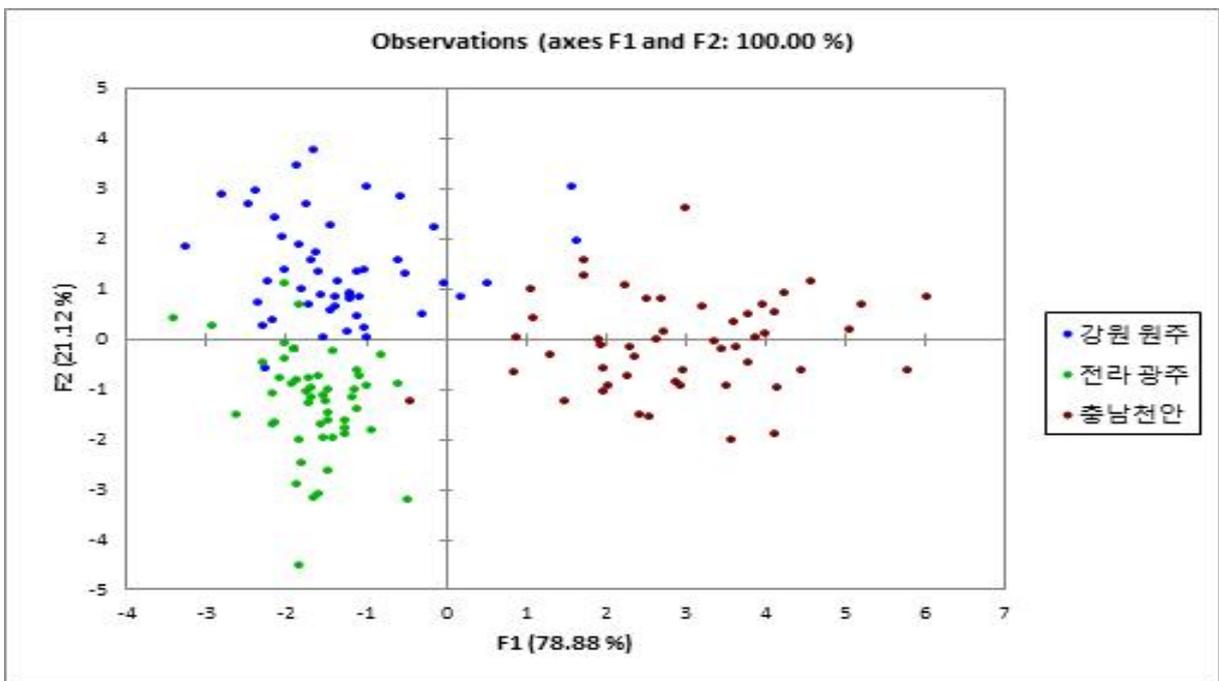
경기포천, 경북군위 및 경기안양은 F1을 기준으로 왼편에 위치하는 반면 충남천안은 오른쪽에 위치하여, 충남천안의 경우 96.0%의 판별율을 보이고 있다(그림 19). 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역 돈육의 원산지 판별 LDA 분석의 결과와 비교시 경기안양의 분석값이 경기포천과 경북군위의 중간지점 즉, F2의 '0'을 가지는 부분에 위치하여 세 지역의 구분이 다소 명확하게 구분지어지지 않는다는 단점이 있다.



[그림 4-19] 경기안양, 경기포천, 경북군위, 충남천안 지역 돈육의 원산지 판별 LDA 분석

④ 강원원주, 전남광주, 충남천안 지역 돈육의 무기원소 결과 이용 LDA 분석

돼지고기 수거 지역은 작게는 총 10개 지역으로 나눌 수 있으나, 그 중에서도 명확하게 판별 가능한 지역을 산출해본 결과 강원원주, 전남광주, 충남천안 지역은 총 94%의 판별율을 보였다(그림 20). 강원원주와 전남광주 지역간 약 8% 정도의 시료가 판별이 불가능하였고, 시료간의 구분이 뚜렷하지 않다는 단점이 있다.



[그림 4-20] 강원원주, 전남광주, 충남천안 지역 돈육의 원산지 판별 LDA 분석

3차년도 연구결과

가. 분석법검증

(1) 방법의 유효성

가) 검출한계 및 정량한계

본 실험에서 분석된 무기성분의 LOD값은 0.119 ~ 0.361 ng/g이었으며, LOQ값은 0.393 ~ 1.191 ng/g으로 확인되었다.

나) 직선성

분석된 무기성분 각각의 표준품의 직선성은 0.9992 ~ 0.9999를 보였으며, 시료의 검출값은 검량선 범위 안에 포함됨을 확인하였다.

다) 정밀성(Precision (CV%))

분석 결과값의 정밀성을 나타내는 값으로 1.14 ~ 2.99%로 정밀성이 우수함을 확인하였다.

라) 회수율 (Recovery, %)

Spiking test를 통한 회수율 실험에서 93.2 ~ 102.4 %으로 AOAC (Association of Official Analytical Chemists)가 권고하는 80 ~ 120% 이내 값으로 확인하였다.

[표 4-21] 무기원소 분석 방법의 유효성 검증

Element	Limits of detection	Limits of quantification	Correlation coefficient (R ²)	Coefficient of variance (CV%)	Spiking recovery (%)
Trace elements (ng/g) (ICP-MS)					
⁶ Li	0.253	0.835	0.9998	2.10	99.1
⁷ Li	0.125	0.413	0.9999	1.22	97.5
⁵⁰ Cr	0.361	1.191	0.9998	1.14	95.3
⁵¹ V	0.175	0.578	0.9998	2.95	98.7
⁵² Cr	0.258	0.851	0.9998	2.23	102.4
⁵³ Cr	0.205	0.677	0.9998	1.95	98.3
⁵⁵ Mn	0.240	0.792	0.9992	2.77	101.9
⁵⁸ Ni	0.226	0.746	0.9996	2.94	95.8
⁶⁰ Ni	0.293	0.967	0.9999	2.46	97.6
⁷⁵ As	0.198	0.653	0.9999	1.43	93.2
⁸² Se	0.219	0.723	0.9997	2.80	102.4
⁸⁴ Sr	0.196	0.647	0.9999	2.27	96.1
⁸⁵ Rb	0.286	0.944	0.9995	2.50	98.6
⁸⁶ Sr	0.119	0.393	0.9998	2.97	94.5
⁸⁷ Sr	0.311	1.026	0.9996	1.86	97.8
⁸⁸ Sr	0.237	0.782	0.9995	2.99	95.2
¹¹⁶ Cd	0.265	0.875	0.9997	2.69	99.7
¹³³ Cs	0.254	0.838	0.9999	1.95	101.3

[표 4-22] 동위원소 분석방법의 유효성 검증

		²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb
Certified value	Mean	1.4255	24.1442	22.0833	52.3470
	SD	0.0012	0.0057	0.0027	0.0086
Measured value*	Mean	1.4438	24.6398	22.4808	52.2765
	SD	0.0820	0.1541	0.2118	0.3271
Accuracy (%)		101.29	102.05	101.80	99.87

* 샘플 약 25개당 1개씩 반복 분석 (n=65)

나. 돈육 부위에 따른 ICP/MS를 이용한 미량 무기원소 분석 및 동위원소 비율 분석결과

전년도선행연구에서 사용되었던 돈육 지방부위뿐만 아니라 추가로 단백질 부위를 시료로 이용하여 무기원소 분석을 진행하였다. 돈육의 원산지 판별을 위하여 2가지 부위에 대하여 각각 ICP/MS 분석기기를 이용하여 미량 무기원소 함량 및 미량 무기원소 동위원소 비율을 분석하였으며, EA/IRMS를 이용하여 탄소와 질소 안정동위원소 비율 분석을 진행하였다.

(1) 돈육 지방 부위의 분석 결과

(가) ICP/MS를 이용한 돈육 지방부위의 미량 무기원소 분석결과

돈육의 미량 무기원소 함량 분석을 위해 미국, 스페인, 칠레, 캐나다, 멕시코, 독일 총 6개 국가에 대해 총 223건의 수입산 돈육과 충북청주, 충남천안, 경기안양, 경기포천, 경남김해, 경북군위, 제주, 강원원주, 전북김제, 광주광역시 10개 지역에 대해 총 502점의 국내산 돈육의 지방을 분리하여 분석하였다.

ICP/MS를 이용하여 ⁶Li, ⁷Li, ¹⁰B, ¹¹B, ⁵⁰Cr, ⁵¹V, ⁵²Cr, ⁵³Cr, ⁵⁴Fe, ⁵⁵Mn, ⁵⁷Fe, ⁵⁸Ni, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶³Cu, ⁶⁴Zn, ⁶⁵Cu, ⁶⁶Zn, ⁶⁹Ga, ⁷¹Ga, ⁷⁵As, ⁷⁶Se, ⁷⁸Se, ⁸²Se, ⁸⁴Sr, ⁸⁵Rb, ⁸⁶Sr, ⁸⁷Sr, ⁸⁸Sr, ⁹⁴Mo, ⁹⁵Mo, ⁹⁷Mo, ¹⁰⁷Ag, ¹⁰⁹Ag, ¹¹⁰Cd, ¹¹¹Cd, ¹¹²Cd, ¹¹³Cd, ¹¹⁴Cd, ¹¹⁵In, ¹¹⁶Cd, ¹³³Cs, ¹³⁸Ba, ¹⁸⁷Os, ¹⁸⁸Os, ²⁰³Tl, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb, ²⁰⁹Bi, ²³⁵U 그리고 ²³⁸U 총 54개의 미량 무기원소 분석을 진행하였으며, 그 중 duncan 통계분석을 통해 $p < 0.05$ 의 값을 갖는 높은 유의성을 갖는다고 판단한 ⁶Li, ⁷Li, ⁵¹V, ⁵⁰Cr, ⁵²Cr, ⁵³Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁸Ni, ⁶⁰Ni, ⁷⁵As, ⁸²Se, ⁸⁵Rb, ⁸⁴Sr, ⁸⁶Sr, ⁸⁷Sr, ⁸⁸Sr, ¹¹¹Cd 그리고 ¹³³Cs 총 18개 원소를 선정하였으며 그 함량 및 표준편차, 최소, 최대값은 표 23에 나타내었다.

각 미량 무기원소별 지역별 특성을 확인한 결과, 지역별로 뚜렷한 함량차이를 보이지 않았다. 수입산 6지역의 돈육의 경우 ⁶Li 함량은 미국 0.020 mg/kg, 스페인 0.023 mg/kg, 칠레 0.014 mg/kg, 캐나다 0.029 mg/kg, 멕시코 0.022 mg/kg, 독일 0.018 mg/kg으로 각 나라별 큰 함량차이를 보이지 않았다. ⁵⁰Cr의 경우 미국 0.471 mg/kg, 스페인 0.919 mg/kg, 칠레 0.468 mg/kg, 캐나다 0.534 mg/kg, 멕시코 0.422 mg/kg, 독일 0.461 mg/kg으로 스페인을 제외한 나머지 국가에서 비슷한 함량을 갖는 것으로 나타났다. 이에 반해, ⁵²Cr 함량은 미국 1.92 mg/kg,

스페인 4.67 mg/kg, 칠레 4.59 mg/kg, 캐나다 4.10 mg/kg, 멕시코 4.758 mg/kg, 독일 4.627 mg/kg로 미국을 제외하고 각 나라가 비슷한 평균 함량을 갖는다. 이처럼 돈육의 특정 미량 무기원소의 함량은 지역적 특성에 따라 다르게 나타나며 지역별로 비교 가능하다. ^{85}Rb 의 경우 지역별로 함량 차이가 심한 무기원소 중 하나로 각각 미국 3.857 mg/kg, 스페인 5.716 mg/kg, 칠레 10.301 mg/kg, 캐나다 6.846 mg/kg, 멕시코 5.140 mg/kg, 독일 3.822 mg/kg의 함량을 보였다. 하지만 그 외의 미량 무기원소는 지역별로 명확한 함량 차이를 나타내지 않았다. 유해 중금속인 ^{75}As 의 경우 미국 0.034 mg/kg, 스페인 0.029 mg/kg, 칠레 0.015 mg/kg, 캐나다 0.022 mg/kg, 멕시코 0.019 mg/kg, 독일 0.022 mg/kg로 식품의약품안전처에서 공고하는 기준에 못 미치는 함량으로 분석되었다.

국내 10지역의 돈육의 미량 무기원소 평균 함량, 표준편차 및 최소 최댓값을 표 24에 나타내었다. ^6Li 은 제주 0.0075 mg/kg에서 충북청주 0.036 mg/kg까지의 범위 값을 보였으며 대체로 비슷한 함량이 관측되었다. 지역별 ^{52}Cr 의 평균 함량은 경기 안양 8.25 mg/kg에서 경남김해 20.307 mg/kg의 값을 보였으며 광주광역시 10.663 mg/kg, 경기포천 15.33 mg/kg의 값을 나타냈다. 지역별로 함량 차이를 보인 ^{55}Mn 은 높은 함량이 분석된 경기포천 8.88 mg/kg, 경남김해 2.83 mg/kg에서 가장 낮은 광주광역시 0.18 mg/kg 그리고 전북김제 0.12 mg/kg의 값을 보여 전라도 지역에서 낮은 함량을 갖는 경향이 나타났다. 마찬가지로 ^{85}Rb 의 경우, 높은 함량이 분석된 지역은 경기 안양 10.47 mg/kg 그리고 경기포천 6.05 mg/kg으로 경기도 지역에서 높은 값을 보였으며, 충남천안 2.58 mg/kg 및 강원 원주 2.45 mg/kg에서 가장 낮은 함량이 관측되었다. 유해 중금속인 ^{75}As 은 가장 높은 함량을 보인 충북청주 0.054 mg/kg에서 가장 낮은 제주, 전북김제 0.01 mg/kg의 함량을 나타냈다. 이는 식품의약품안전처 공고 기준보다 낮은 함량을 보여 인체에 유해하지 않을 것으로 판단된다. 그 외 미량 무기원소의 경우 지역별 큰 차이를 보이지 않았다.

각 미량 무기원소 평균 함량에 대한 각 지역이 갖는 특성은 확인할 수 있었으나 지역의 시료별 분산과 표준편차가 크게 나타났고 지역적으로 명확히 구별 가능한 무기원소를 선정하기에 어려움이 있었다.

[표 4-23] ICP/MS를 이용한 수입산 돈육 지방부위의 미량 무기원소 함량 분석
(unit : mg/kg)

Elements	미국 (n=79)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)	멕시코 (n=51)	독일 (n=52)
⁶ Li	0.02±0.036**	0.023±0.0197	0.014±0.006	0.029±0.014	0.022±0.023	0.018±0.015
	(0.003~0.25)***	(0.011~0.09)	(0.01~0.03)	(0.017~0.06)	(0.006~0.09)	(0.011~0.09)
⁷ Li	0.019±0.034	0.02±0.018	0.012±0.005	0.025±0.012	0.019±0.02	0.015±0.013
	(0.004~0.23)	(0.009~0.08)	(0.008~0.03)	(0.015~0.06)	(0.005~0.08)	(0.01~0.08)
⁵⁰ Cr	0.471±1.361	0.919±0.4858	0.468±0.102	0.534±0.112	0.422±0.113	0.461±0.098
	(ND*~9.32)	(0.395~2.09)	(0.338~0.67)	(0.39~0.74)	(0.28~0.95)	(0.32~0.67)
⁵¹ V	0.01±0.06	0.015±0.009	0.008±0.002	0.011±0.004	0.011±0.009	0.019±0.019
	(ND~0.49)	(0.006~0.04)	(0.006~0.01)	(0.007~0.02)	(0.003~0.04)	(0.006~0.08)
⁵² Cr	1.92±5.281	4.697±3.7345	4.592±0.581	4.101±0.679	4.758±0.371	4.627±0.51
	(ND~20.25)	(0.443~12.88)	(3.563~5.43)	(2.674~4.89)	(3.501~5.49)	(3.431~5.56)
⁵³ Cr	0.708±2.376	0.577±0.4267	0.422±0.046	0.411±0.114	0.421±0.044	0.427±0.043
	(ND~17.74)	(0.254~1.85)	(0.323~0.49)	(0.262~0.78)	(0.356~0.59)	(0.353~0.53)
⁵⁵ Mn	0.222±0.298	0.207±0.0903	0.103±0.023	0.137±0.027	0.098±0.035	0.101±0.018
	(0.094~2.5)	(0.075~0.44)	(0.072~0.14)	(0.105~0.19)	(0.06~0.26)	(0.066~0.14)
⁵⁸ Ni	0.497±1.667	0.255±0.1683	0.114±0.069	0.186±0.083	0.099±0.053	0.142±0.069
	(0.021~12.38)	(0.017~0.64)	(0.063~0.32)	(0.108~0.36)	(0.049~0.33)	(0.075~0.43)
⁶⁰ Ni	0.439±1.376	0.154±0.1627	0.069±0.069	0.101±0.078	0.058±0.048	0.092±0.069
	(ND~10.31)	(ND~0.6)	(0.031~0.28)	(0.042~0.26)	(0.019~0.26)	(0.035~0.38)
⁷⁵ As	0.034±0.045	0.029±0.035	0.015±0.004	0.022±0.009	0.019±0.017	0.022±0.012
	(0.009~0.2)	(0.013~0.14)	(0.012~0.03)	(0.016~0.04)	(0.006~0.07)	(0.016~0.08)
⁸² Se	0.311±0.114	0.169±0.0714	0.173±0.088	0.251±0.054	0.169±0.059	0.108±0.036
	(0.151~0.6)	(0.016~0.29)	(0.043~0.34)	(0.14~0.35)	(0.064~0.32)	(0.054~0.23)
⁸⁴ Sr	0.393±0.475	0.608±0.3295	0.521±0.123	0.759±0.275	0.634±0.434	0.547±0.323
	(0.081~2.15)	(0.383~1.72)	(0.402~0.88)	(0.555~1.52)	(0.298~1.95)	(0.374~1.9)
⁸⁵ Rb	3.857±1.746	5.716±2.4312	10.301±4.142	6.846±1.595	5.14±1.433	3.822±0.924
	(1.116~8.51)	(1.308~9.99)	(5.683~18.13)	(4.563~8.98)	(2.616~9.85)	(2.377~6.53)
⁸⁶ Sr	0.387±0.447	0.59±0.3142	0.506±0.117	0.75±0.272	0.619±0.43	0.54±0.318
	(0.089~2.06)	(0.402~1.65)	(0.411~0.85)	(0.544~1.49)	(0.284~1.93)	(0.364~1.87)
⁸⁷ Sr	2.54±1.366	4.21±2.2503	8.19±3.23	5.36±1.63	3.45±1.679	2.05±0.904
	(0.866~6.56)	(0.973~7.9)	(4.594~14.33)	(2.369~7.24)	(1.374~7.74)	(1.253~5.32)
⁸⁸ Sr	0.459±0.669	0.64±0.5265	0.5±0.113	0.842±0.534	0.75±0.736	0.604±0.578
	(0.089~2.94)	(0.398~2.45)	(0.407~0.83)	(0.538~2.29)	(0.281~3.04)	(0.356~2.96)
¹¹⁶ Cd	ND±0.446	0.038±0.0204	0.016±0.005	0.014±0.005	0.015±0.013	0.006±0.004
	(ND~1.08)	(0.012~0.09)	(0.009~0.02)	(0.007~0.03)	(0.004~0.09)	(0.001~0.02)
¹³³ Cs	0.009±0.004	0.013±0.0051	0.025±0.009	0.008±0.002	0.008±0.002	0.012±0.003
	(0.003~0.02)	(0.003~0.02)	(0.015~0.04)	(0.005~0.01)	(0.004~0.02)	(0.008~0.02)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

[표 4-24] ICP/MS를 이용한 국내산 돈육 지방부위의 미량 무기원소 함량 분석

(unit : mg/kg)

Elements	경기안양 (n=50)	경기포천 (n=50)	제주 (n=50)	광주 (n=50)	충남천안 (n=50)	충북청주 (n=52)	경남김해 (n=50)	경북군위 (n=50)	강원원주 (n=50)	전북김제 (n=50)
⁶ Li	0.0105±0.013*	0.025±0.027	0.007±0.004	0.011±0.007	0.027±0.022	0.036±0.021	0.015±0.009	0.015±0.008	0.016±0.019	0.012±0.007
	(0.001~0.08)**	(0.005~0.11)	(0.003~0.02)	(0.005~0.04)	(0.007~0.07)	(0.01~0.07)	(0.005~0.05)	(0.004~0.03)	(0.003~0.08)	(0.0002~0.03)
⁷ Li	0.0092±0.012	0.022±0.025	0.008±0.01	0.01±0.006	0.024±0.019	0.033±0.018	0.013±0.008	0.013±0.007	0.014±0.016	0.011±0.007
	(0.001~0.07)	(0.004~0.1)	(0.002~0.06)	(0.004~0.04)	(0.006~0.06)	(0.008~0.06)	(0.004~0.04)	(0.004~0.03)	(0.002~0.07)	(0.0002~0.03)
⁵⁰ Cr	0.7774±0.429	11.369±23.638	0.984±0.299	0.96±0.376	0.901±0.238	1.026±0.629	6.235±3.364	2.674±0.813	1.971±1.573	0.754±0.4
	(0.336~2.82)	(0.87~107.15)	(0.54~2.1)	(0.547~2.07)	(0.542~1.59)	(0.454~4.71)	(2.011~16.96)	(1.549~4.25)	(0.531~8.62)	(0.2652~1.92)
⁵¹ V	0.0157±0.01	0.093±0.153	0.026±0.01	0.021±0.009	0.025±0.014	0.025±0.014	0.053±0.023	0.092±0.112	0.028±0.047	0.013±0.012
	(0.004~0.04)	(0.01~0.64)	(0.012~0.06)	(0.01~0.05)	(0.009~0.07)	(0.008~0.07)	(0.017~0.12)	(0.013~0.5)	(0.003~0.2)	(0.0027~0.05)
⁵² Cr	8.2507±4.378	15.33±11.315	12.082±1.5	10.663±1.575	10.348±1.354	9.558±1.586	20.307±5.731	14.359±2.151	17.85±2.347	12.954±5.617
	(1.075~17.32)	(1.838~52.2)	(7.899~14.29)	(7.043~13.18)	(6.125~12.5)	(6.484~12.38)	(11.422~33.78)	(11.035~19.14)	(12.829~22.17)	(0.9282~20.07)
⁵³ Cr	0.9388±1.029	8.64±18.487	1.3±0.16	1.189±0.293	1.066±0.147	1.029±0.184	6.669±3.539	2.597±0.493	2.243±0.843	1.047±0.513
	(0.168~7.04)	(0.457~94.91)	(0.895~1.6)	(0.716~2.03)	(0.784~1.34)	(0.648~1.41)	(2.141~17.88)	(1.937~3.79)	(1.113~4.05)	(0.1841~2.1)
⁵⁵ Mn	0.4557±0.421	8.881±18.979	0.215±0.105	0.176±0.062	0.312±0.32	0.268±0.103	2.831±1.887	0.908±0.317	0.346±0.407	0.115±0.052
	(0.064~1.96)	(0.119~77.44)	(0.097~0.55)	(0.09~0.35)	(0.116~1.72)	(0.117~0.68)	(0.58~8.81)	(0.449~1.65)	(0.071~1.54)	(0.0462~0.23)
⁵⁸ Ni	0.2474±0.117	6.929±15.295	0.303±0.234	0.302±0.137	0.455±0.31	0.283±0.124	3.164±2.275	1.136±0.363	0.531±0.387	0.249±0.147
	(0.07~0.49)	(0.229~68.2)	(0.134~1.47)	(0.119~0.63)	(0.137~1.5)	(0.091~0.59)	(0.982~11.2)	(0.689~2)	(0.072~1.36)	(ND~0.49)
⁶⁰ Ni	0.0614±0.044	6.055±14.601	0.136±0.17	0.193±0.417	0.256±0.251	0.141±0.093	2.664±1.673	0.946±0.341	0.4±0.336	0.101±0.094
	(0.017~0.17)	(0.065~65.39)	(0.028~0.97)	(0.024~2.74)	(0.035~0.99)	(0.023~0.39)	(0.653~7.99)	(0.526~1.86)	(ND~1.05)	(ND~0.28)
⁷⁵ As	0.0106±0.007	0.016±0.008	0.01±0.004	0.011±0.004	0.037±0.042	0.054±0.043	0.012±0.004	0.016±0.009	0.014±0.012	0.01±0.011

	(0.002~0.03)	(0.003~0.04)	(0.006~0.02)	(0.005~0.02)	(0.008~0.12)	(0.007~0.11)	(0.007~0.03)	(0.006~0.03)	(0.001~0.05)	(ND~0.04)
⁸² Se	0.1387±0.097	0.124±0.063	0.134±0.035	0.099±0.039	0.097±0.032	0.098±0.035	0.102±0.052	0.072±0.03	0.123±0.039	0.141±0.054
	(0.04~0.44)	(0.001~0.23)	(0.084~0.23)	(0.046~0.21)	(0.057~0.18)	(0.037~0.18)	(0.044~0.3)	(0.035~0.17)	(0.062~0.21)	(ND~0.22)
⁸⁴ Sr	0.2125±0.111	0.428±0.292	0.2±0.163	0.272±0.143	0.515±0.398	0.956±0.263	0.265±0.122	0.285±0.09	0.207±0.136	0.119±0.061
	(0.112~0.67)	(0.185~1.43)	(0.073~1.00)	(0.057~0.63)	(0.108~1.43)	(0.404~1.57)	(0.123~0.62)	(0.11~0.49)	(0.048~0.62)	(0.0216~0.27)
⁸⁵ Rb	10.471±14.979	6.05±4.869	4.412±2.184	3.256±2.041	2.588±1.491	5.23±2.429	4.266±3.104	3.047±1.648	2.454±1.425	3.444±1.938
	(0.642~47.05)	(0.116~21.73)	(1.2~10.01)	(0.852~8.44)	(0.877~7.42)	(1.812~13.26)	(0.895~14.42)	(1.313~7.17)	(0.64~6.35)	(0.0158~7.04)
⁸⁶ Sr	0.1025±0.085	0.327±0.294	0.174±0.155	0.255±0.136	0.509±0.416	0.936±0.264	0.205±0.119	0.24±0.089	0.182±0.127	0.091±0.055
	(0.024~0.5)	(0.05~1.35)	(0.054~0.93)	(0.065~0.61)	(0.111~1.5)	(0.346~1.52)	(0.058~0.58)	(0.065~0.46)	(0.024~0.56)	(0.0039~0.23)
⁸⁷ Sr	8.0936±11.639	4.143±3.849	3.507±1.741	2.521±1.579	2.021±1.13	3.95±1.991	2.68±1.741	2.012±0.724	1.55±0.704	2.058±1.066
	(0.503~36.63)	(0.105~17.57)	(0.959~7.91)	(0.72~6.71)	(0.781~6.15)	(1.573~10.72)	(0.733~7.97)	(1.069~4.06)	(0.533~3.86)	(0.6849~4.9)
⁸⁸ Sr	0.1002±0.085	0.321±0.289	0.174±0.155	0.255±0.135	0.521±0.417	0.928±0.259	0.201±0.117	0.236±0.087	0.178±0.124	0.093±0.051
	(0.023~0.5)	(0.039~1.31)	(0.054~0.94)	(0.066~0.6)	(0.11~1.48)	(0.339~1.46)	(0.057~0.56)	(0.062~0.45)	(0.023~0.55)	(0.008~0.22)
¹¹⁶ Cd	0.0121±0.006	0.241±0.384	0.112±0.064	0.067±0.042	0.058±0.02	0.105±0.057	0.33±0.313	0.176±0.262	0.094±0.151	0.088±0.046
	(0.005~0.03)	(0.032~2.09)	(0.044~0.33)	(0.012~0.2)	(0.014~0.1)	(0.037~0.37)	(0.052~1.78)	(0.03~1.48)	(ND~0.44)	(0.0323~0.2)
¹³³ Cs	0.0497±0.055	0.053±0.037	0.044±0.026	0.022±0.012	0.019±0.015	0.036±0.022	0.025±0.019	0.017±0.007	0.019±0.011	0.017±0.009
	(0.006~0.18)	(0.002~0.15)	(0.006~0.12)	(0.006~0.06)	(0.005~0.07)	(0.011~0.12)	(0.005~0.09)	(0.009~0.04)	(0.005~0.05)	(0.0001~0.03)

* Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

** (minimun value~max value)

(나) ICP/MS를 이용한 돈육 지방부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석 결과

돈육의 미량 무기원소 동위원소 분석을 위해 앞서 언급한 바와 같이 6개 국가의 수입산 돈육과 10개 지역의 국내산 돈육의 지방을 분리하여 분석하였다.

ICP/MS를 이용하여 돈육의 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$, ${}^{11}\text{B}/{}^{10}\text{B}$, ${}^{53}\text{Cr}/{}^{52}\text{Cr}$, ${}^{53}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$, ${}^{52}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$, ${}^{57}\text{Fe}/{}^{54}\text{Fe}$, ${}^{60}\text{Ni}/{}^{58}\text{Ni}$, ${}^{65}\text{Cu}/{}^{63}\text{Cu}$, ${}^{66}\text{Zn}/{}^{64}\text{Zn}$, ${}^{71}\text{Ga}/{}^{69}\text{Ga}$, ${}^{78}\text{Se}/{}^{76}\text{Se}$, ${}^{82}\text{Se}/{}^{78}\text{Se}$, ${}^{88}\text{Sr}/{}^{87}\text{Sr}$, ${}^{88}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$, ${}^{88}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$, ${}^{87}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{86}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{97}\text{Mo}/{}^{95}\text{Mo}$, ${}^{97}\text{Mo}/{}^{94}\text{Mo}$, ${}^{95}\text{Mo}/{}^{94}\text{Mo}$, ${}^{109}\text{Ag}/{}^{107}\text{Ag}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{113}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{112}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{113}\text{Cd}/{}^{112}\text{Cd}$, ${}^{113}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{113}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{112}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{112}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{111}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{188}\text{Os}/{}^{186}\text{Os}$, ${}^{205}\text{Tl}/{}^{203}\text{Tl}$, ${}^{208}\text{Pb}/{}^{207}\text{Pb}$, ${}^{208}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb}$, ${}^{208}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$, ${}^{207}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb}$, ${}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$, ${}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$ 그리고 ${}^{238}\text{U}/{}^{235}\text{U}$ 총 41개의 미량 무기원소 동위원소 비율을 분석하였으며, 그 중 duncun 통계분석을 통해 $p < 0.05$ 의 값을 갖는 높은 유의성을 갖는다고 판단한 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$, ${}^{11}\text{B}/{}^{10}\text{B}$, ${}^{53}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$, ${}^{52}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$, ${}^{60}\text{Ni}/{}^{58}\text{Ni}$, ${}^{65}\text{Cu}/{}^{63}\text{Cu}$, ${}^{66}\text{Zn}/{}^{64}\text{Zn}$, ${}^{71}\text{Ga}/{}^{69}\text{Ga}$, ${}^{88}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$, ${}^{88}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$, ${}^{87}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{86}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$, ${}^{97}\text{Mo}/{}^{95}\text{Mo}$, ${}^{97}\text{Mo}/{}^{94}\text{Mo}$, ${}^{95}\text{Mo}/{}^{94}\text{Mo}$, ${}^{109}\text{Ag}/{}^{107}\text{Ag}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{113}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{112}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{114}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{131}\text{Cd}/{}^{112}\text{Cd}$, ${}^{113}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{113}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{112}\text{Cd}/{}^{111}\text{Cd}$, ${}^{112}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$, ${}^{111}\text{Cd}/{}^{110}\text{Cd}$ 총 27개의 미량 무기원소 동위원소 비율을 선정하였으며 동위원소 비율 및 표준편차, 최소, 최대값은 표 25에 나타내었다.

각 미량 무기원소 동위원소 비율의 지역별 특성을 확인한 결과, 지역별로 명확한 비율차이를 보이지 않았으며 높은 값의 표준편차를 기록하였다. 수입산 6지역의 돈육의 경우 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ 의 평균값과 표준편차는 미국 12.86 ± 0.35 , 스페인 12.89 ± 0.37 , 칠레 12.6 ± 0.37 , 캐나다 12.48 ± 0.20 , 멕시코 12.59 ± 0.38 , 독일 12.66 ± 0.27 로 국가별로 비슷한 값을 보였다. 가장 낮은 값으로 분석된 ${}^{60}\text{Ni}/{}^{58}\text{Ni}$ 의 경우 미국 0.29 ± 0.04 , 스페인 0.22 ± 0.06 , 칠레 0.17 ± 0.05 , 캐나다 0.16 ± 0.05 , 멕시코 0.16 ± 0.05 , 독일 0.19 ± 0.055 로 국가별로 큰 차이를 보이지 않았다. 이에 반해 스트론튬은 동위원소별로 함량 차이가 크게 났고 이로 인해 동위원소 비율이 가장 높은 값을 나타냈다. ${}^{87}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$ 의 경우 미국 348.0 ± 203.5 , 스페인 411.6 ± 260.6 , 칠레 820.5 ± 319.1 , 캐나다 421.6 ± 156.8 , 멕시코 378.2 ± 230.9 , 독일 231.1 ± 105.9 으로 가장 높은 동위원소 비율로 계산되었으며, 국가별 특성을 확인 할 수 있었다. ${}^{88}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$ 는 미국 126.68 ± 25.01 , 스페인 42.77 ± 19.92 , 칠레 140.68 ± 38.0 , 캐나다 154.11 ± 30.22 , 멕시코 154.0 ± 34.23 , 독일 148.34 ± 26.11 으로 두 번째로 높은 동위원소 비율값을 갖었으나 지역별로 큰 차이를 보이지 않았다. ${}^{52}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$ 는 미국 92.65 ± 42.51 , 스페인 90.89 ± 49.15 , 칠레 173.85 ± 47.83 , 캐나다 137.87 ± 41.27 , 멕시코 196.78 ± 43.02 , 독일 175.48 ± 36.53 으로 미국과 스페인, 칠레와 독일이 비슷한 값을 갖으며 캐나다는 칠레, 독일보다 낮은 값을 또한 멕시코는 이보다 높은 값을 보이며 지역별 특성을 확인 할 수 있었다.

국내 10지역 돈육에 대한 미량 무기원소 동위원소 비율 값 및 표준편차, 최소, 최대값을 표 26에 나타내었다. ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ 값은 충북 청주 13.35 ± 0.33 에서 경북군위 12.81 ± 0.68 의 값을 갖으며 지역별로 비슷한 값을 보였다. 가장 낮은 값으로 분석된 ${}^{60}\text{Ni}/{}^{58}\text{Ni}$ 의 경우 경기 안양 0.09 ± 0.05 에서 경남김해 0.32 ± 0.029 사이의 값을 보였으며 마찬가지로 지역별로 차이를 보이지 않았다. 이에 반해 스트론튬은 수입산 돈육과 마찬가지로 동위원소별로 함량 차이가 크게 났고

이로 인해 동위원소 비율이 가장 높은 값을 나타냈다. $^{87}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ 의 경우 경기안양 1579 ± 2296 및 제주 832.51 ± 435.3 는 다른 지역에 비해 높은 값을 보였으며 그에 반해 충남 천안 302.2 ± 215.9 그리고 충북청주 254.5 ± 147.6 는 상대적으로 낮은 값이 계산되었고, 이를 통해 충청도 지역이 낮은 $^{87}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ 비율 값을 갖는 경향을 확인 할 수 있었다. 이와는 반대로 $^{88}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ 는 충남 천안 125.6 ± 16.94 그리고 충북청주 133.70 ± 7.49 에서 다른 지역에 비해 높은 값을 보이는 지역별 특성 확인이 가능하였다. $^{52}\text{Cr}/^{50}\text{Cr}$ 는 제주 252.1 ± 70.5 , 광주 234.1 ± 65.23 에서 다른 지역에 비해 높은 값을 갖고 경남 김해 71.79 ± 18.09 에서 가장 낮은 값을 보였으나 그 외 다른 지역은 비슷한 결과 값을 보였다.

각 미량 무기원소 동위원소 비율에 대한 각 국가 및 국내 지역이 갖는 특성은 확인할 수 있었으나 지역의 시료별 분산과 표준편차가 크게 나타났고 지역적으로 명확히 구별하기에 어려움이 있었다.

[표 4-25] ICP/MS를 이용한 수입산 돈육 지방부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석

Isotope ratio	미국 (n=79)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)	멕시코 (n=51)	독일 (n=52)
⁷ Li/ ⁶ Li	12.86±0.35 (12.06~13.65)	12.89±0.37 (12.25~13.65)	12.6±0.37 (12.07~13.16)	12.48±0.2 (12.17~12.87)	12.59±0.38 (11.84~13.93)	12.66±0.271 (12.15~13.21)
¹¹ B/ ¹⁰ B	4.44±0.24 (4.23~5.57)	4.36±0.06 (4.23~4.42)	4.36±0.02 (4.33~4.39)	4.31±0.03 (4.28~4.37)	4.43±0.35 (4.22~5.82)	4.38±0.296 (4.24~5.82)
⁵³ Cr/ ⁵⁰ Cr	2.07±0.39 (0.67~2.98)	1.33±0.48 (0.49~2.03)	1.81±0.41 (1.13~2.41)	1.53±0.35 (0.98~2.1)	1.97±0.33 (0.97~2.72)	1.83±0.247 (1.35~2.22)
⁵² Cr/ ⁵⁰ Cr	92.65±42.51 (23.2~192.3)	90.89±49.15 (25.0~199.1)	173.85±47.83 (93.7~249.0)	137.87±41.27 (84.0~201.3)	196.78±43.02 (94.7~296.3)	175.48±36.53 (97.0~243.6)
⁶⁰ Ni/ ⁵⁸ Ni	0.29±0.04 (0.13~0.37)	0.22±0.06 (0.11~0.34)	0.17±0.05 (0.12~0.3)	0.16±0.05 (0.11~0.26)	0.16±0.05 (0.1~0.28)	0.19±0.055 (0.11~0.34)
⁶⁵ Cu/ ⁶⁴ Cu	0.46±0.001 (0.45~0.47)	0.46±0.01 (0.45~0.47)	0.461±0.01 (0.45~0.47)	0.456±0.0001 (0.45~0.47)	0.46±0.001 (0.45~0.47)	0.45±0.008 (0.42~0.46)
⁵⁶ Zn/ ⁶⁴ Zn	0.56±0.03 (0.42~0.59)	0.55±0.07 (0.38~0.59)	0.54±0.08 (0.36~0.58)	0.45±0.12 (0.35~0.6)	0.57±0.03 (0.34~0.59)	0.58±0.004 (0.57~0.59)
⁷¹ Ga/ ⁶⁹ Ga	1.62±0.73 (0.32~4.02)	1.00±0.42 (0.56~1.95)	0.90±0.42 (0.57~1.89)	0.90±0.15 (0.67~1.12)	0.63±0.14 (0.27~1.07)	0.83±0.166 (0.60~1.43)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁶ Sr	8.89±1.16 (8.36~12.84)	8.74±1.19 (8.3~12.88)	8.44±0.07 (8.36~8.56)	9.04±1.70 (8.27~13.08)	9.24±1.89 (8.2~13.71)	8.76±1.47 (8.22~14.06)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁴ Sr	126.68±25.01 (94.3~206.0)	142.77±19.92 (114.8~206.4)	140.68±38.0 (133.7~147.1)	154.11±30.22 (138.6~228.0)	154.0±34.23 (131.8~237.1)	148.34±26.11 (138.1~242.3)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	24.9±15.83 (2.38~86.33)	24.72±14.9 (8.05~57.4)	53.44±22.95 (29.17~99.06)	24.79±9.30 (9.04~37.68)	22.48±14.0 (5.8~62.14)	13.66±6.22 (3.27~34.69)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁴ Sr	348.0±203.5 (52.2~995)	411.6±260.6 (123.0~979)	820.5±319.1 (489.9~1505)	421.6±156.8 (155.2~647)	378.2±230.9 (114.5~1051)	231.1±105.9 (56.2~586)
⁸⁶ Sr/ ⁸⁴ Sr	14.18±1.18 (11.1~16.2)	16.35±0.97 (13.61~17.24)	16.66±0.44 (15.98~17.38)	17.04±0.24 (16.68~17.55)	16.63±0.43 (15.66~17.45)	16.92±0.211 (16.5~17.24)
⁹⁷ Mo/ ⁹⁵ Mo	1.58±0.05 (1.41~1.71)	1.21±0.26 (0.84~1.64)	1.37±0.09 (1.16~1.48)	1.31±0.09 (1.06~1.43)	1.52±0.04 (1.37~1.61)	1.5±0.049 (1.38~1.58)
⁹⁷ Mo/ ⁹⁴ Mo	2.48±0.27 (0.9~2.78)	1.38±0.54 (0.6~2.36)	1.61±0.21 (1.22~1.89)	1.42±0.17 (1.12~1.78)	1.62±0.27 (0.97~2.15)	1.35±0.233 (0.71~1.71)
⁹⁵ Mo/ ⁹⁴ Mo	1.57±0.18 (0.56~1.78)	1.14±0.33 (0.42~1.67)	1.18±0.16 (0.94~1.48)	1.09±0.14 (0.86~1.4)	1.07±0.17 (0.67~1.41)	0.9±0.163 (0.47~1.17)
¹⁰⁹ Ag/ ¹⁰⁷ Ag	0.99±0.11 (0.84~1.29)	0.91±0.11 (0.71~1.08)	0.99±0.13 (0.77~1.18)	0.88±0.11 (0.7~1.04)	0.98±0.11 (0.83~1.29)	0.92±0.115 (0.78~1.32)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹³ Cd	2.45±0.92 (1.13~6)	2.22±0.98 (0.79~3.99)	1.26±0.45 (0.43~1.75)	1.76±0.64 (0.85~3.02)	1.61±0.38 (0.86~2.25)	1.6±0.484 (0.86~2.52)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹² Cd	0.94±0.07 (0.78~1.08)	0.8±0.06 (0.69~0.88)	0.84±0.06 (0.74~0.92)	0.8±0.06 (0.67~0.9)	0.99±0.08 (0.81~1.2)	0.86±0.096 (0.67~1.06)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹¹ Cd	3.23±0.78 (1.48~5.54)	2.33±1.09 (0.54~4.51)	1.37±0.77 (0.53~3.4)	1.64±0.63 (0.86~3.15)	1.78±0.45 (0.82~2.91)	1.43±0.412 (0.48~2.23)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.85±0.45 (0.34~2.23)	1.33±0.84 (0.46~3.43)	1.12±0.22 (0.91~1.72)	0.91±0.14 (0.68~1.12)	1.54±0.32 (0.93~2.31)	0.89±0.223 (0.39~1.45)
¹¹³ Cd/ ¹¹² Cd	0.43±0.14 (0.14~0.87)	0.44±0.23 (0.19~0.92)	0.79±0.41 (0.47~1.71)	0.51±0.19 (0.25~0.87)	0.64±0.15 (0.42~1.1)	0.59±0.218 (0.29~1.16)
¹¹³ Cd/ ¹¹¹ Cd	1.42±0.42 (0.72~2.52)	1.05±0.21 (0.69~1.36)	1.12±0.46 (0.59~2.25)	1.06±0.56 (0.44~2.15)	1.13±0.26 (0.72~1.77)	0.96±0.363 (0.34~1.89)
¹¹³ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.35±0.14 (0.12~0.81)	0.65±0.32 (0.16~1.31)	1.04±0.5 (0.61~2.2)	0.57±0.17 (0.34~0.81)	0.98±0.2 (0.62~1.53)	0.61±0.242 (0.15~1.06)
¹¹² Cd/ ¹¹¹ Cd	3.48±0.98 (1.72~6.31)	2.89±1.35 (0.76~5.43)	1.62±0.83 (0.64~3.72)	2.07±0.83 (1.15~4.03)	1.81±0.46 (0.99~3.3)	1.68±0.496 (0.57~2.87)
¹¹² Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.91±0.5 (0.37~2.35)	1.62±0.94 (0.67~3.99)	1.33±0.20 (1.13~1.89)	1.15±0.19 (0.84~1.49)	1.56±0.30 (1.06~2.48)	1.04±0.226 (0.53~1.47)
¹¹¹ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.28±0.16 (0.09~0.8)	0.64±0.4 (0.16~1.79)	0.97±0.38 (0.51~1.79)	0.63±0.24 (0.27~1.2)	0.89±0.16 (0.52~1.24)	0.69±0.33 (0.34~1.96)

[표 4-26] ICP/MS를 이용한 국내산 돈육 지방부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석

Isotope ratio	경기안양 (n=50)	경기포천 (n=50)	제주 (n=50)	광주 (n=50)	충남천안 (n=50)	충북청주 (n=52)	경남김해 (n=50)	경북군위 (n=50)	강원원주 (n=50)	전북김제 (n=50)
⁷ Li/ ⁶ Li	13.1±1.08 (10.89~16.26)	13.2±0.704 (12.07~14.99)	13.06±1.02 (11.04~15.54)	13.21±0.67 (12.09~15.14)	13.16±0.61 (11.89~15.34)	13.35±0.33 (12.16~14.08)	13.16±0.655 (12.2~14.49)	12.81±0.678 (11.63~14.16)	13.06±0.795 (11.61~16.65)	12.85±0.47 (11.59~13.6)
¹¹ B/ ¹⁰ B	4.35±0.06 (4.25~4.48)	4.31±0.072 (4.01~4.44)	4.48±0.04 (4.39~4.57)	4.43±0.04 (4.36~4.54)	4.4±0.06 (4.3~4.53)	4.42±0.05 (4.33~4.54)	4.33±0.052 (4.22~4.43)	4.34±0.044 (4.27~4.46)	4.35±0.05 (4.24~4.43)	4.35±0.04 (4.27~4.46)
⁵³ Cr/ ⁵⁰ Cr	2.65±1.29 (0.59~4.18)	2.05±0.608 (0.41~2.81)	3.11±0.72 (1.34~4.81)	2.9±0.53 (1.71~3.84)	2.73±0.55 (1.56~3.82)	2.48±0.55 (0.37~3.65)	2.42±0.196 (2.12~3.07)	2.28±0.397 (1.43~2.89)	2.34±0.414 (0.7~2.95)	2.31±0.37 (1.59~2.99)
⁵² Cr/ ⁵⁰ Cr	243.1±139.8 (26.5~416.6)	115.3±79.13 (17.3~256.3)	252.04±70.5 (93.4~436.0)	234.1±65.23 (107.4~337)	232±62.3 (102.7~363)	206.1±50.96 (98.4~337)	71.79±18.09 (39.3~118.8)	113.1±30.2 (72.1~178.4)	126.6±33.53 (70.3~186.7)	153.3±58.6 (21.96~304)
⁶⁰ Ni/ ⁵⁸ Ni	0.09±0.05 (0.03~0.22)	0.25±0.086 (0.1~0.37)	0.14±0.05 (0.07~0.27)	0.14±0.07 (0.04~0.36)	0.17±0.08 (0.04~0.35)	0.16±0.06 (0.05~0.28)	0.32±0.029 (0.24~0.37)	0.31±0.034 (0.22~0.43)	0.29±0.03 (0.23~0.35)	0.23±0.06 (0.05~0.3)
⁶⁵ Cu/ ⁶⁴ Cu	0.45±0.01 (0.44~0.47)	0.46±0.008 (0.43~0.47)	0.46±0.01 (0.45~0.47)	0.45±0.01 (0.42~0.47)	0.45±0.01 (0.43~0.46)	0.45±0.01 (0.43~0.47)	0.45±0.011 (0.43~0.48)	0.45±0.007 (0.44~0.47)	0.46±0.007 (0.44~0.47)	0.45±0.01 (0.43~0.47)
⁵⁶ Zn/ ⁶⁴ Zn	0.54±0.05 (0.45~0.58)	0.54±0.06 (0.39~0.59)	0.57±0.001 (0.56~0.58)	0.57±0.01 (0.56~0.58)	0.57±0.01 (0.56~0.58)	0.57±0.02 (0.48~0.59)	0.56±0.012 (0.53~0.58)	0.56±0.011 (0.54~0.58)	0.57±0.006 (0.56~0.59)	0.57±0.02 (0.48~0.58)
⁷¹ Ga/ ⁶⁹ Ga	5.13±7.62 (0.68~28.1)	1.19±0.639 (0.6~3.46)	1.62±0.83 (0.05~4.77)	1.08±0.46 (0.52~2.96)	0.85±0.28 (0.41~1.35)	0.75±0.4 (0.24~1.53)	0.89±0.324 (0.16~1.74)	0.82±0.247 (0.54~1.76)	1.09±0.507 (0.22~2.74)	1.15±0.46 (0.25~2.61)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁶ Sr	8.22±0.32 (7.29~8.68)	8.35±0.395 (6.41~8.62)	8.59±0.08 (8.36~8.72)	8.63±0.09 (8.5~8.82)	8.63±0.08 (8.47~8.8)	8.6±0.10 (8.34~8.75)	8.38±0.136 (8.11~8.64)	8.44±0.142 (7.99~8.7)	8.44±0.119 (8.12~8.65)	8.39±0.18 (7.9~8.71)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁴ Sr	47.03±21.70 (13.42~96.6)	75.66±23.89 (8.7~124.04)	84.57±19.44 (52.3~136.4)	106.77±13.79 (74.31~129)	125.58±16.94 (87.76~146)	133.69±7.49 (108.6~144)	68.59±18.34 (31.7~112.)	82.25±14.34 (38.7~104.9)	82.06±18.76 (39.5~108.5)	74.63±31.10 (25.09~133.0)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	198.6±290.9 (17.8~1041)	49.34±34.244 (4.62~149.5)	90.94±53.77 (8.83~287.4)	37.36±19.42 (8.32~105.5)	22.62±18.89 (3~83.97)	16.72±10.82 (4.87~61.7)	49.1±24.36 (15.4~121.2)	32.01±12.94 (12.0~64.7)	34.93±29.931 (10.44~131.1)	70.69±38.79 (12.72~191.1)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁴ Sr	1579±2296 (56.0~8315)	441.7±312.9 (16.6~1357)	832.51±435.3 (138.1~2226)	452.5±226.6 (119.1~1303.4)	302.2±215.9 (50.72~959)	254.56±147.6 (77.9~790)	378.51±160.6 (126.29~816)	299.22±101.3 (141.45~603)	313.75±199 (115.2~920.9)	573.89±286.04 (132.07~1349)
⁸⁶ Sr/ ⁸⁴ Sr	5.64±2.44 (1.84~11.3)	8.97±2.736 (1.36~14.57)	9.83±2.2 (6.13~15.64)	12.37±1.59 (8.66~15.09)	14.56±1.97 (10.21~17.0)	15.54±0.83 (12.8~16.67)	8.16±2.092 (3.92~13.33)	9.74±1.649 (4.84~12.47)	9.71±2.175 (4.87~12.81)	8.84±3.59 (3.18~15.64)
⁹⁷ Mo/ ⁹⁵ Mo	1.51±0.12	1.58±0.101	1.50±0.07	1.54±0.05	1.57±0.03	1.55±0.04	1.60±0.016	1.60±0.021	1.60±0.023	1.58±0.04

	(1.25~1.65)	(1.33~1.87)	(1.2~1.6)	(1.38~1.63)	(1.5~1.62)	(1.43~1.63)	(1.57~1.63)	(1.55~1.65)	(1.54~1.64)	(1.44~1.64)
$^{97}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$	1.81±0.36	2.08±0.674	1.7±0.29	1.65±0.28	1.37±0.23	1.48±0.28	2.69±0.062	2.51±0.202	2.41±0.276	2.28±0.48
	(0.55~2.45)	(1.17~3.61)	(0.91~2.34)	(1.06~2.34)	(0.91~1.85)	(1.04~2.12)	(2.52~2.82)	(1.83~2.72)	(0.89~2.64)	(1~2.63)
$^{95}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$	1.21±0.27	1.31±0.38	1.13±0.18	1.07±0.18	0.88±0.15	0.95±0.18	1.68±0.037	1.57±0.133	1.51±0.171	1.44±0.29
	(0.35~1.69)	(0.8~1.97)	(0.66~1.5)	(0.67~1.51)	(0.58~1.18)	(0.69~1.41)	(1.58~1.74)	(1.15~1.72)	(0.57~1.64)	(0.7~1.65)
$^{109}\text{Ag}/^{107}\text{Ag}$	0.93±0.13	1.03±0.114	0.94±0.12	0.96±0.13	0.93±0.11	0.93±0.14	1.11±0.069	1.03±0.074	1.02±0.122	1.01±0.11
	(0.44~1.12)	(0.82~1.29)	(0.68~1.25)	(0.62~1.3)	(0.6~1.13)	(0.66~1.3)	(1~1.3)	(0.9~1.23)	(0.51~1.24)	(0.81~1.34)
$^{114}\text{Cd}/^{113}\text{Cd}$	1.65±0.69	3.77±0.893	2.90±1.58	2.94±1.80	3.80±1.64	4.93±1.88	5.34±3.02	4.82±3.77	3.3±1.62	5.18±1.81
	(0.25~3.37)	(1.86~5.54)	(0.51~9.37)	(0.56~8.64)	(1.87~9.14)	(2.66~11.02)	(2.05~16.61)	(1.62~22.8)	(1.56~6.98)	(1.54~8.77)
$^{114}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$	0.95±0.13	0.89±0.074	0.8±0.06	0.83±0.08	0.80±0.05	0.78±0.06	0.86±0.082	0.84±0.081	0.90±0.1	0.79±0.06
	(0.63~1.2)	(0.71~1.02)	(0.71~0.97)	(0.72~1.03)	(0.71~0.92)	(0.65~0.92)	(0.72~1.04)	(0.72~1)	(0.67~1.08)	(0.69~0.92)
$^{114}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	1.97±0.66	3.49±0.929	4.48±1.62	4.02±2	3.71±1.55	4.94±2.03	4.62±3.176	4.18±3.201	3.07±1.59	5.04±1.46
	(0.83~3.75)	(1.95~5.91)	(2.47~10.35)	(1.36~10.63)	(1.7~9.05)	(1.95~10.59)	(1.78~16.58)	(1.35~19.6)	(1.17~6.68)	(3.08~8.61)
$^{114}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	1.7±0.36	3.33±1.138	3.42±1.41	3.05±1.38	2.53±0.81	3.55±1.54	5.11±3.5	3.42±1.81	2.36±1.032	4.09±1.47
	(0.32~2.25)	(1.19~5.55)	(1.53~8.8)	(1.36~7.63)	(1.39~5.57)	(1.23~7.91)	(2.26~18.78)	(1.29~11.41)	(0.33~5.06)	(1.46~8.71)
$^{113}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$	0.79±0.78	0.25±0.078	0.4±0.34	0.42±0.3	0.24±0.09	0.18±0.06	0.2±0.091	0.23±0.122	0.34±0.148	0.18±0.08
	(0.22~4.16)	(0.14~0.49)	(0.08~1.63)	(0.08~1.55)	(0.09~0.45)	(0.07~0.32)	(0.04~0.4)	(0.03~0.59)	(0.11~0.65)	(0.08~0.47)
$^{113}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	1.63±1.77	0.94±0.162	2.16±1.95	1.64±0.96	1.03±0.31	1.02±0.29	0.81±0.103	0.9±0.206	0.94±0.217	1.05±0.35
	(0.4~9.96)	(0.63~1.3)	(0.85~11.41)	(0.64~5.19)	(0.41~1.8)	(0.51~2.22)	(0.58~1.03)	(0.48~1.49)	(0.47~1.54)	(0.52~2.25)
$^{113}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	1.44±1.45	0.88±0.20	1.59±1.3	1.28±0.76	0.71±0.20	0.74±0.25	0.91±0.163	0.81±0.323	0.76±0.217	0.83±0.22
	(0.15~7.35)	(0.44~1.4)	(0.44~6.42)	(0.51~4.56)	(0.4~1.31)	(0.37~1.58)	(0.64~1.29)	(0.35~1.93)	(0.15~1.26)	(0.3~1.17)
$^{112}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	2.1±0.77	4.01±1.276	5.63±2.27	5.02±2.88	4.72±2.19	6.48±2.87	4.63±2.341	4.46±1.968	3.6±2.227	6.19±1.75
	(0.85~5.14)	(2.15~7.34)	(2.72~14.22)	(1.53~14.57)	(2.21~12.57)	(2.18~14)	(2.16~11.27)	(1.4~9.45)	(1.15~8.77)	(3.73~10.79)
$^{112}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	1.8±0.4	3.83±1.481	4.31±1.99	3.8±2.01	3.21±1.16	4.69±2.29	5.56±3.477	4.17±2.57	2.71±1.47	5.22±2.08
	(0.51~2.49)	(1.27~7.12)	(2.16~12.09)	(1.41~10.47)	(1.78~7.74)	(1.44~12.13)	(2.74~18.5)	(1.59~15.66)	(0.5~6.51)	(2.03~12.15)
$^{111}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	0.97±0.42	0.97±0.291	0.77±0.25	0.81±0.23	0.73±0.23	0.75±0.25	1.13±0.168	0.94±0.418	0.84±0.276	0.82±0.21
	(0.18~2.4)	(0.39~1.68)	(0.38~1.3)	(0.5~1.7)	(0.41~1.38)	(0.35~1.37)	(0.82~1.57)	(0.32~2.31)	(0.12~1.51)	(0.42~1.23)

(2) 돈육 단백질부위의 분석 결과

(가) ICP/MS를 이용한 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 분석결과

돈육의 미량 무기원소 함량 분석을 위해 미국, 스페인, 칠레, 캐나다, 멕시코, 독일 총 6개 국가의 수입산 돈육과 충북청주, 충남천안, 경기안양, 경기포천, 경남김해, 경북군위, 제주, 강원원주, 전북김제, 광주광역시 10개 지역의 국내산 돈육의 단백질을 분리하여 분석하였다.

위에서 언급된 지방 부위의 미량 무기원소 함량 분석결과와 동일한 원소에 대하여 ICP/MS 분석을 진행하였고 가장 유의성이 높다고 판단되는 18개 원소를 선정하여 그 함량 및 표준편차, 최소, 최대값을 표 27에 나타내었다.

각 미량 무기원소별 지역별 특성을 확인한 결과, 지역별로 뚜렷한 함량차이를 보이지 않았다. 수입산 6지역의 돈육의 경우 ${}^6\text{Li}$ 함량은 미국 0.019 mg/kg, 스페인 0.007 mg/kg, 칠레 0.010 mg/kg, 캐나다 0.005 mg/kg, 멕시코 0.007 mg/kg, 독일 0.004 mg/kg으로 미국이 가장 높은 값을, 독일이 가장 낮은 함량을 보였고 멕시코 스페인이 동일한 값을 보이는 국가별 특성을 보였다. ${}^{52}\text{Cr}$ 의 경우 미국 1.473 mg/kg, 스페인 0.339 mg/kg, 칠레 1.503 mg/kg, 캐나다 0.383 mg/kg, 멕시코 0.634 mg/kg, 독일 0.702 mg/kg으로 미국과 칠레에서 높은 값을, 스페인과 캐나다에서 가장 낮은 값이 분석되었다. ${}^{85}\text{Rb}$ 의 경우 지역별로 함량 차이가 심한 무기원소 중 하나로 각각 미국 1.258 mg/kg, 스페인 11.36 mg/kg, 칠레 56.47 mg/kg, 캐나다 16.84 mg/kg, 멕시코 15.32 mg/kg, 독일 9.570 mg/kg의 평균 함량을 보여 국가별 큰 차이를 확인할 수 있었다. ${}^{87}\text{Sr}$ 는 미국 6.030 mg/kg, 스페인 7.430 mg/kg, 칠레 44.82 mg/kg, 캐나다 12.96 mg/kg, 멕시코 11.81 mg/kg, 독일 7.425 mg/kg의 값을 보였으며, 칠레가 가장 높은 함량을 그의 뒤를 캐나다, 스페인이 뒤따르고 또한 미국이 가장 낮은 값을 보이는 등 ${}^{85}\text{Rb}$ 의 비슷한 경향을 확인하였다. ${}^{84}\text{Sr}$ 의 경우 미국 7.053 mg/kg, 스페인 0.016 mg/kg, 칠레 0.119 mg/kg, 캐나다 0.014 mg/kg, 멕시코 0.09 mg/kg, 독일 0.091 mg/kg으로 다른 국가에 비해 미국에서 약 10배 이상의 높은 함량 값이 나타남을 확인하였다. 그 외의 미량 무기원소는 지역별로 명확한 함량 차이를 보이지 않았다. 유해 중금속인 ${}^{75}\text{As}$ 의 경우 미국 0.022 mg/kg, 스페인 0.003 mg/kg, 칠레 0.007 mg/kg, 캐나다 0.003 mg/kg, 멕시코 0.010 mg/kg, 독일 0.010 mg/kg로 미국산 돈육이 다른 국가에 비해 상대적으로 높은값이 검출되었으나, 모두 식품의약품안전처에서 공고하는 기준에 미치지 않는 함량이었다.

국내 10지역의 돼지고기의 미량 무기원소 평균 함량, 표준편차 및 최소 최대값은 표 28에 나타내었다. ${}^6\text{Li}$ 은 경남 김해 0.012 mg/kg에서 전북김제 0.059 mg/kg까지의 범위 값을 보였으며 대체로 비슷한 함량이 관측되었다. 지역별 ${}^{53}\text{Cr}$ 의 평균 함량은 경기 안양 0.319 mg/kg으로 살짝 높은 값을 보였지만 경남김해 0.147 mg/kg, 제주 0.207 mg/kg의 값을 보였으며 대체로 비슷한 값이 나타났다. ${}^{55}\text{Mn}$ 은 경기안양에서 0.431 mg/kg로 높은 함량이 분석되었으며, 충북청주에서 가장 낮은 값인 0.103 mg/kg이 광주광역시에서 0.126 mg/kg이 분석되어 지역별 특성을 확인할 수 있었다. ${}^{85}\text{Rb}$ 의 경우, 높은 함량이 분석된 지역은 경북군위 131.13 mg/kg 그리고 제주 126.5 mg/kg으로, 가장 낮은 함량은 경기포천 18.902 mg/kg, 광주 22.51 mg/kg으로

지역별로 차이를 확인하였다. ^{87}Sr 은 ^{85}Rb 와 동일한 지역적 경향성을 확인하였으며 가장 높은 값은 경북군위 109.6 mg/kg로 그 다음을 제주 103.3 mg/kg 그리고 가장 낮은 값은 경기포천 14.74 mg/kg, 광주 17.43 mg/kg으로 확인하였다. 유해 중금속인 ^{75}As 는 광주 0.006 mg/kg에서 충북청주 0.007 mg/kg, 강원원주 0.021 mg/kg 그리고 경북군위 0.032 mg/kg 등의 값을 보였으며 이는 식품의약품안전처 공고기준 보다 낮은 함량을 보여 인체에 유해하지 않을 것으로 판단된다. 그 외 미량 무기원소의 경우 지역별 큰 차이를 보이지 않았다.

각 미량 무기원소 평균 함량에 대한 각 지역이 갖는 특성은 확인할 수 있었으나 지역의 시료별 분산과 표준편차가 크게 나타났고 위도 및 경도에 따른 지역 기준에 따른 경향성을 확인하기에 어려움이 있었다.

[표 4-27] ICP/MS를 이용한 수입산 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 함량 분석

(unit : mg/kg)

Elements	미국 (n=79)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)	멕시코 (n=51)	독일 (n=52)
⁶ Li	0.019±0.019**	0.007±0.002	0.010±0.004	0.005±0.002	0.007±0.002	0.004±0.001
	(0.017~0.061)***	(ND~0.062)	(ND~0.054)	(ND~0.023)	(0.02~0.064)	(ND~0.084)
⁷ Li	0.018±0.017	0.006±0.002	0.009±0.004	0.004±0.001	0.006±0.002	0.004±0.001
	(0.014~0.053)	(ND~0.053)	(ND~0.047)	(0.0062~0.02)	(0.016~0.053)	(0.0111~0.079)
⁵⁰ Cr	0.023±0.014	0.004±0.002	0.007±0.004	0.005±0.003	0.012±0.006	0.012±0.004
	(0.008~0.025)	(0.0093~0.069)	(0.0062~0.054)	(0.0045~0.012)	(0.007~0.046)	(0.0052~0.054)
⁵¹ V	0.914±1.364	0.341±0.049	0.756±0.449	0.387±0.05	0.536±0.036	0.656±0.095
	(0.666~1.557)	(0.6145~2.087)	(0.4641~1.288)	(0.4931~0.845)	(0.627~1.167)	(0.6211~5.642)
⁵² Cr	1.473±2.695	0.339±0.075	1.503±1.049	0.383±0.081	0.634±0.108	0.702±0.184
	(0.641~1.434)	(ND~2.144)	(0.347~1.254)	(0.3908~1.092)	(0.478~1.026)	(ND~1.662)
⁵³ Cr	0.886±2.265	0.068±0.045	0.229±0.181	0.060±0.010	0.105±0.016	0.132±0.034
	(0.13~0.819)	(0.1349~1.064)	(0.0745~0.53)	(0.0764~0.296)	(0.091~0.517)	(ND~0.498)
⁵⁵ Mn	0.243±0.295	0.07±0.007	0.123±0.067	0.099±0.032	0.123±0.011	0.117±0.016
	(0.153~0.8)	(0.218~0.786)	(0.0972~0.318)	(ND~0.164)	(0.107~0.303)	(0.1494~0.576)
⁵⁸ Ni	0.74±1.708	0.033±0.02	0.112±0.16	0.057±0.023	0.109±0.031	0.113±0.038
	(ND~0.683)	(0.1872~1.745)	(0.0765~0.323)	(ND~1.158)	(ND~0.83)	(0.1034~0.61)
⁶⁰ Ni	0.536±1.381	0.016±0.003	0.12±0.211	0.02±0.009	0.056±0.024	0.104±0.247
	(ND~0.129)	(ND~0.105)	(ND~0.190)	(ND~1.096)	(ND~0.692)	(0.0313~0.326)
⁷⁵ As	0.022±0.016	0.003±0.001	0.007±0.006	0.003±0.001	0.010±0.001	0.010±0.001
	(0.017~0.025)	(0.0093~0.083)	(0.0067~0.066)	(0.0046~0.016)	(0.008~0.093)	(0.0212~0.049)
⁸² Se	0.542±0.08	0.074±0.008	0.301±0.202	0.17±0.011	0.397±0.032	0.193±0.013
	(0.225~0.364)	(0.1267~0.493)	(0.1345~0.35)	(0.1178~0.956)	(0.119~0.273)	(0.1073~0.321)
⁸⁴ Sr	7.053±2.768	0.016±0.009	0.119±0.105	0.014±0.012	0.09±0.011	0.091±0.032
	(0.15~0.645)	(ND~0.513)	(0.0605~1.571)	(0.044~0.381)	(ND~0.881)	(0.1331~1.552)
⁸⁵ Rb	1.258±3.214	11.362±0.541	56.47±29.942	16.84±1.10	15.32±0.661	9.57±0.607
	(17.61~34.0)	(34.66~114.8)	(7.76~26.5)	(19.5~52.8)	(45.3~103.8)	(96.9~186.1)
⁸⁶ Sr	0.248±0.287	0.02±0.009	0.113±0.093	0.015±0.011	0.088±0.011	0.098±0.037
	(0.135~0.62)	(0.091~2.01)	(0.059~1.50)	(0.039~0.36)	(0.143~1.02)	(0.1441~1.623)
⁸⁷ Sr	6.030±1.56	7.430±2.51	44.82±24.281	12.96±0.869	11.81±0.505	7.425±0.461
	(13.70~26.3)	(12.11~90.1)	(6.01~20.6)	(15.20~40.5)	(36.92~83.7)	(80.26~155.1)
⁸⁸ Sr	0.259±0.338	0.017±0.008	0.108±0.089	0.013±0.01	0.085±0.011	0.096±0.036
	(0.126~0.582)	(ND~0.456)	(ND~3.373)	(0.0342~0.335)	(0.133~0.953)	(0.145~1.639)
¹¹⁶ Cd	0.027±0.031	0.003±0.002	0.029±0.027	0.004±0.002	0.022±0.011	0.024±0.023
	(0.004~0.195)	(ND~0.11)	(ND~0.174)	(0.0166~0.133)	(0.034~0.174)	(ND~0.031)
¹³³ Cs	0.019±0.007	0.005±0.001	0.037±0.024	0.005±0.0004	0.017±0.002	0.027±0.002
	(0.039~0.136)	(0.0365~0.137)	(0.0335~0.119)	(0.0064~0.071)	(0.022~0.133)	(0.0355~0.105)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

[표 4-28] ICP/MS를 이용한 국내산 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 함량 분석

(unit : mg/kg)

Elements	경기안양 (n=50)	경기포천 (n=50)	제주 (n=50)	광주 (n=50)	충남천안 (n=50)	충북청주 (n=52)	경남김해 (n=50)	경북군위 (n=50)	강원원주 (n=50)	전북김제 (n=50)
⁶ Li	0.026±0.011**	0.021±0.018	0.022±0.009	0.014±0.005	0.033±0.011	0.013±0.004	0.012±0.005	0.039±0.022	0.03±0.011	0.059±0.024
	(0.03~0.127)***	(0.006~0.03)	(0.007~0.024)	(0.006~0.037)	(0.004~0.01)	(0.006~0.015)	(0.003~0.009)	(0.004~0.016)	(0.002~0.008)	(0.009~0.128)
⁷ Li	0.021±0.009	0.018±0.016	0.018±0.007	0.012±0.004	0.027±0.009	0.012±0.003	0.01±0.004	0.035±0.019	0.026±0.009	0.049±0.02
	(0.024~0.107)	(0.006~0.026)	(0.006~0.02)	(0.005~0.03)	(0.004~0.008)	(0.005~0.013)	(0.002~0.007)	(0.004~0.015)	(0.002~0.007)	(0.007~0.119)
⁵⁰ Cr	0.016±0.011	0.014±0.009	0.013±0.008	0.007±0.002	0.011±0.007	0.007±0.002	0.009±0.005	0.018±0.013	0.014±0.003	0.013±0.004
	(0.008~0.029)	(0.006~0.031)	(0.004~0.014)	(0.004~0.04)	(0.003~0.011)	(0.007~0.038)	(0.007~0.024)	(0.003~0.014)	(0.004~0.015)	(0.006~0.077)
⁵¹ V	1.147±0.332	0.856±0.191	1.209±0.3	0.537±0.141	0.83±0.108	0.623±0.088	0.732±0.145	1.223±0.895	0.937±0.167	1.003±0.109
	(0.793~1.318)	(0.553~1.333)	(0.398~1.197)	(0.611~1.907)	(0.29~0.478)	(0.469~0.619)	(0.552~0.988)	(0.273~1.431)	(0.325~0.532)	(0.393~8.168)
⁵² Cr	1.152±0.425	0.812±0.219	1.045±0.356	0.484±0.149	0.65±0.13	0.614±0.174	0.714±0.263	0.864±0.328	0.869±0.221	0.822±0.158
	(0.571~1.22)	(0.469~1.745)	(0.365~1.132)	(0.424~2.05)	(0.233~0.54)	(0.454~0.857)	(0.496~1.186)	(0.411~2.805)	(0.298~0.564)	(0.441~15.271)
⁵³ Cr	0.319±0.226	0.181±0.087	0.207±0.1	0.144±0.129	0.155±0.083	0.141±0.057	0.147±0.065	0.213±0.111	0.225±0.139	0.18±0.093
	(0.106~0.58)	(0.084~0.371)	(0.063~0.757)	(0.085~0.539)	(0.041~0.21)	(0.084~0.153)	(0.09~0.223)	(0.065~0.631)	(0.044~0.083)	(0.079~12.361)
⁵⁵ Mn	0.431±0.154	0.208±0.047	0.206±0.077	0.126±0.046	0.206±0.047	0.103±0.029	0.138±0.088	0.298±0.125	0.26±0.116	0.197±0.043
	(0.14~0.32)	(0.081~0.593)	(0.072~0.337)	(0.125~0.431)	(0.06~0.087)	(0.109~0.146)	(0.088~0.144)	(0.049~0.238)	(0.068~0.177)	(0.089~2.03)
⁵⁸ Ni	0.39±0.272	0.227±0.063	0.221±0.143	0.287±0.389	0.311±0.161	0.249±0.237	0.165±0.202	0.282±0.129	0.236±0.111	0.264±0.073
	(0.164~0.46)	(0.051~1.19)	(ND~1.57)	(ND~0.563)	(0.015~0.09)	(0.077~0.196)	(ND~0.188)	(ND~0.564)	(0.037~0.123)	(0.082~9.823)
⁶⁰ Ni	0.06±0.025	0.062±0.035	0.089±0.089	0.198±0.384	0.167±0.138	0.179±0.217	0.057±0.043	0.149±0.073	0.053±0.024	0.066±0.031
	(0.032~0.154)	(ND~0.196)	(ND~1.512)	(ND~0.393)	(0.013~0.025)	(0.031~0.112)	(0.015~1.181)	(0.013~0.708)	(0.014~0.048)	(0.023~7.911)
⁷⁵ As	0.02±0.013	0.017±0.012	0.022±0.005	0.006±0.002	0.018±0.017	0.007±0.002	0.012±0.004	0.032±0.008	0.021±0.002	0.019±0.007

	(0.01~0.038)	(0.007~0.022)	(0.003~0.012)	(0.012~0.035)	(0.002~0.005)	(0.008~0.012)	(0.008~0.012)	(0.002~0.015)	(0.002~0.004)	(0.006~0.105)
⁸² Se	0.324±0.082	0.261±0.053	0.305±0.095	0.141±0.018	0.181±0.04	0.211±0.143	0.222±0.02	0.193±0.054	0.282±0.034	0.289±0.049
	(0.226~0.399)	(0.187~0.279)	(0.105~0.178)	(0.152~0.455)	(0.061~0.085)	(0.344~0.46)	(0.168~0.22)	(0.104~0.618)	(0.154~0.195)	(0.206~0.717)
⁸⁴ Sr	0.241±0.092	0.517±0.411	0.202±0.075	0.143±0.078	0.28±0.157	0.14±0.079	0.047±0.031	0.786±0.367	0.306±0.122	0.364±0.164
	(0.125~0.698)	(0.019~0.14)	(0.056~0.423)	(0.07~0.337)	(0.001~0.027)	(0.067~0.106)	(ND~0.153)	(0.011~0.246)	(ND~0.036)	(0.049~13.147)
⁸⁵ Rb	66.453±14.1	18.902±4.084	126.49±39.61	22.51±5.15	77.36±17.68	27.374±5.914	24.504±3.243	131.129±24.84	25.278±3.897	67.218±9.553
	(45.13~81.38)	(17.8~29.7)	(14.69~33.9)	(62.5~182.8)	(10.14~12.17)	(14.16~16.38)	(8.481~10.645)	(25.75~92.11)	(14.55~19.07)	(0.116~13.07)
⁸⁶ Sr	0.292±0.334	0.489±0.393	0.205±0.075	0.14±0.075	0.32±0.205	0.137±0.076	0.043±0.029	0.827±0.384	0.289±0.118	0.362±0.166
	(0.127~0.693)	(0.018~0.129)	(0.054~0.402)	(0.071~0.349)	(0.005~0.031)	(0.067~0.108)	(0.062~0.225)	(0.019~0.226)	(ND~0.036)	(0.05~1.98)
⁸⁷ Sr	52.191±12.61	14.74±3.19	103.31±33	17.429±3.95	62.38±14.10	21.10±4.474	18.821±2.431	109.66±20.672	19.577±2.949	53.944±7.652
	(36.7~65.8)	(13.761~22.6)	(11.4~26.1)	(39.9~150)	(1.42~9.4)	(11.02~12.6)	(6.61~8.23)	(19.83~73.0)	(11.14~14.7)	(1.192~10.0)
⁸⁸ Sr	0.211±0.084	0.496±0.632	0.196±0.074	0.132±0.071	0.304±0.193	0.129±0.071	0.04±0.028	0.83±0.393	0.274±0.111	0.345±0.158
	(0.118~0.655)	(0.016~0.122)	(0.05~0.383)	(0.065~0.333)	(0.004~0.027)	(0.065~0.103)	(0.061~0.218)	(0.018~0.214)	(ND~0.032)	(0.048~2.29)
¹¹⁶ Cd	0.064±0.024	0.072±0.041	0.046±0.022	0.03±0.016	0.072±0.032	0.057±0.031	0.048±0.028	0.008±0.009	0.056±0.043	0.05±0.018
	(ND~0.077)	(ND~0.141)	(0.008~0.082)	(0.016~0.097)	(0.001~0.006)	(0.013~0.064)	(0.009~0.118)	(ND~0.071)	(ND~0.009)	(0.001~0.17)
¹³³ Cs	0.079±0.019	0.083±0.021	0.093±0.036	0.034±0.007	0.064±0.028	0.04±0.013	0.049±0.007	0.064±0.018	0.085±0.029	0.056±0.008
	(0.041~0.07)	(0.037~0.07)	(0.019~0.05)	(0.037~0.175)	(0.005~0.007)	(0.014~0.02)	(0.023~0.03)	(0.013~0.07)	(0.004~0.006)	(0.004~0.037)

* ND : Not Detected.

** Value are mean ± standard deviations of three (n=3) measurements

*** (minimum value~max value)

(나) ICP/MS를 이용한 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석결과

돈육의 미량 무기원소 동위원소 분석을 위해 위에서 언급한 바와 같이 수입 6개 국가와 국내 10개 지역의 돈육의 단백질을 분리하여 분석하였다.

위에서 언급된 지방 부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석결과와 동일한 원소에 대하여 ICP/MS분석을 진행하였고 가장 유의성이 높다고 판단되는 총 41개 원소를 선정하여 비율값 및 표준편차, 최소, 최대값을 표 29에 나타내었다.

각 미량 무기원소 동위원소 비율의 지역별 특성을 확인한 결과, 지역별로 명확한 비율차이를 보이지 않았으며 높은 값의 표준편차를 기록하였다. 6지역의 수입산 돈육의 경우 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ 의 평균값과 표준편차는 미국 12.81 ± 0.43 , 스페인 11.57 ± 0.48 , 칠레 11.86 ± 0.76 , 캐나다 12.48 ± 0.20 , 멕시코 12.26 ± 0.35 , 독일 12.33 ± 0.67 로 국가별로 비슷한 값을 보였다. 가장 낮은 값으로 분석된 ${}^{60}\text{Ni}/{}^{58}\text{Ni}$ 의 경우 미국 0.19 ± 0.07 , 스페인 0.09 ± 0.02 , 칠레 0.14 ± 0.06 , 캐나다 0.09 ± 0.02 , 멕시코 0.15 ± 0.04 , 독일 0.14 ± 0.05 로 국가별로 큰 차이를 보이지 않았다. ${}^{87}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$ 의 경우 미국 1402.3 ± 1120 , 스페인 7598.0 ± 3089 , 칠레 18047 ± 4091 , 캐나다 14087 ± 3236 , 멕시코 5490.25 ± 558 , 독일 3333.9 ± 743.0 으로 가장 높은 동위원소 비율로 계산되었으며, 국가별 특성을 확인 할 수 있었다. ${}^{52}\text{Cr}/{}^{50}\text{Cr}$ 는 미국 20.04 ± 7.5 , 스페인 17.2 ± 1.72 , 칠레 32.53 ± 10.4 , 캐나다 17.62 ± 4.18 , 멕시코 21.34 ± 4.11 , 독일 19.51 ± 4.49 으로 스페인과 캐나다, 미국, 멕시코 독일이 비슷한 값을 갖으며 칠레가 미국, 멕시코 독일보다 높은 값을 보이며 지역별 특성을 확인 할 수 있었다.

국내 10지역 돈육에 대한 미량 무기원소 동위원소 비율 값 및 표준편차, 최소, 최대값을 표 30에 나타내었다. ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ 값은 경북 군위 11.38 ± 0.39 에서 경기포천 12.27 ± 0.41 의 값을 갖으며 지역별로 비슷한 값을 보였다. 이에 반해 스트론튬은 수입산 돈육과 마찬가지로 인해 동위원소 비율이 가장 높은 값을 나타냈고 지역별 차이를 보였다. ${}^{87}\text{Sr}/{}^{84}\text{Sr}$ 의 경우 제주 23068.3 ± 5732 및 경남김해 13458 ± 3874 지역의 돈육은 다른 지역에 비해 높은 미량 무기원소 동위원소 비율을 보였으며 그에 반해 경기포천 2540.87 ± 1696 그리고 강원원주 3822.3 ± 1369 는 상대적으로 낮은 값이 계산되었다.

각 미량 무기원소 동위원소 비율에 대한 각 국가 및 국내 지역이 갖는 특성은 확인할 수 있었으나 지역의 시료별 분산과 표준편차가 크게 나타났고 지역적으로 명확히 구별하기에 어려움이 있었다.

[표 4-29] ICP/MS를 이용한 수입산 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석

Isotope ratio	미국 (n=79)	스페인 (n=14)	칠레 (n=12)	캐나다 (n=15)	멕시코 (n=51)	독일 (n=52)
⁷ Li/ ⁶ Li	12.81±0.43 (11.27~12.64)	11.57±0.48 (10.85~12.32)	11.86±0.76 (11.47~13.47)	11.59±0.61 (11.1~12.46)	12.26±0.35 (10.66~12.14)	12.33±0.67 (10.78~12.31)
¹¹ B/ ¹⁰ B	4.42±0.21 (4.2~4.34)	4.17±0.03 (4.11~4.27)	4.22±0.06 (4.19~4.94)	4.18±0.03 (4.14~4.28)	4.24±0.03 (4.06~4.19)	4.27±0.04 (4.07~4.24)
⁵³ Cr/ ⁵⁰ Cr	0.85±0.5 (0.33~1.11)	0.38±0.15 (0.29~1.16)	0.57±0.16 (0.29~0.86)	0.33±0.06 (0.3~0.84)	0.4±0.07 (0.23~0.92)	0.41±0.08 (0.29~1.72)
⁵² Cr/ ⁵⁰ Cr	20.04±7.5 (11.01~35.75)	17.2±1.72 (12.71~45.26)	32.53±10.4 (12.06~28.16)	17.62±4.18 (12.82~27.03)	21.34±4.11 (10.68~18.21)	19.51±4.49 (10.09~116.2)
⁶⁰ Ni/ ⁵⁸ Ni	0.19±0.07 (0.01~0.22)	0.09±0.02 (0.04~0.34)	0.14±0.06 (0.06~0.46)	0.09±0.02 (0.03~0.36)	0.15±0.04 (0.08~0.39)	0.14±0.05 (0.08~0.47)
⁶⁵ Cu/ ⁶⁴ Cu	0.46±0.01 (0.42~0.47)	0.45±0.00001 (0.41~0.46)	0.44±0.00001 (0.45~0.47)	0.46±0.0001 (0.41~0.48)	0.45±0.0001 (0.43~0.45)	0.45±0.01 (0.43~0.46)
⁵⁶ Zn/ ⁶⁴ Zn	0.55±0.08 (0.18~0.6)	0.36±0.22 (0.09~0.6)	0.4±0.23 (0.24~0.6)	0.24±0.2 (0.14~0.6)	0.43±0.16 (0.06~0.59)	0.43±0.13 (0.04~0.59)
⁷¹ Ga/ ⁶⁹ Ga	3.58±1.73 (1.1~7.44)	4.54±1.09 (1.25~17.93)	5.23±1.31 (1.87~11.69)	4.74±1.31 (2.32~11.06)	5.31±2.11 (1.2~5.07)	7.44±3.01 (0.64~1.91)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁶ Sr	8.58±0.33 (8.14~8.42)	8.12±0.08 (8.09~8.41)	8.31±0.12 (8.1~19.41)	8.15±0.09 (8.02~8.44)	8.34±0.07 (8.08~8.44)	8.38±0.06 (8.22~8.78)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁴ Sr	130.87±15.37 (125.0~140.9)	119.08±4.77 (113.6~139.9)	127.5±4.02 (118.6~329.2)	114.96±5.05 (111.4~140.5)	127.67±3.25 (127.9~146.7)	127.49±4.14 (136.3~153)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	92.81±73.16 (115.7~435)	518.45±214.16 (104.5~1451)	1170.7±231.2 (35.43~539.5)	1003.35±248 (133.2~1007)	359.38±43.39 (160.8~1340)	220.5±53.75 (261.45~1760)
⁸⁷ Sr/ ⁸⁴ Sr	1402.3±1120 (1928~6878)	7598.0±3089 (1762.8~20260)	18047±4091 (601~7639)	14087±3236 (2201~27428)	5490.25±558 (2712~20856)	3333.9±743.0 (4516~28768)
⁸⁶ Sr/ ⁸⁴ Sr	15.24±1.54 (15.13~16.87)	14.67±0.63 (13.95~16.87)	15.34±0.57 (14.16~17.04)	14.11±0.6 (13.89~16.86)	15.31±0.39 (15.38~17.55)	15.22±0.5 (16.18~17.73)
⁹⁷ Mo/ ⁹⁵ Mo	1.38±0.15 (1.13~1.49)	1.22±0.08 (0.83~1.46)	1.36±0.06 (0.84~1.46)	1.23±0.08 (1.06~1.57)	1.42±0.03 (0.84~1.37)	1.38±0.04 (0.87~1.34)
⁹⁷ Mo/ ⁹⁴ Mo	1.91±0.51 (0.64~2.17)	1.43±0.17 (0.96~2.24)	1.8±0.15 (1.51~2.16)	1.4±0.28 (0.97~2.71)	1.88±0.14 (1.05~1.85)	1.79±0.2 (0.79~1.86)
⁹⁵ Mo/ ⁹⁴ Mo	1.36±0.24 (0.48~1.57)	1.17±0.08 (1.16~1.65)	1.32±0.07 (1.11~2.15)	1.14±0.19 (0.77~1.74)	1.32±0.09 (0.98~1.84)	1.29±0.14 (0.8~1.93)
¹⁰⁹ Ag/ ¹⁰⁷ Ag	1.33±0.48 (0.24~0.99)	0.83±0.14 (0.41~1.12)	0.88±0.09 (0.59~1.02)	0.77±0.1 (0.52~0.94)	0.92±0.05 (0.31~0.91)	0.8±0.1 (0.47~1)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹³ Cd	2.34±0.77 (2.31~15.1)	2.37±0.45 (1.79~7.22)	2.29±0.43 (3.28~14.11)	2.59±1.63 (2.38~12.89)	2.83±0.48 (1.89~7.85)	3.22±0.99 (0.58~3.42)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹² Cd	0.87±0.09 (0.62~1.07)	0.84±0.09 (0.62~1.00)	0.84±0.09 (0.65~0.99)	0.85±0.17 (0.65~1.25)	0.97±0.06 (0.56~0.94)	0.87±0.08 (0.64~1.26)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹¹ Cd	4.00±1.65 (1.59~8.23)	1.76±0.25 (1.24~6.13)	1.77±0.26 (2.88~16.81)	2.29±1.38 (2.12~13.33)	2.54±0.33 (1.83~7.37)	2.77±1.07 (0.59~3.51)
¹¹⁴ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.37±0.43 (0.63~2.77)	1.14±0.24 (0.82~2.94)	1.51±0.22 (1.11~7.93)	1.35±0.94 (1.16~5.21)	1.81±0.31 (0.78~3.79)	1.47±0.29 (0.37~1.34)
¹¹³ Cd/ ¹¹² Cd	0.41±0.13 (0.04~0.36)	0.36±0.06 (0.09~0.39)	0.38±0.05 (0.05~0.24)	0.38±0.13 (0.04~0.53)	0.35±0.06 (0.08~0.37)	0.29±0.07 (0.22~1.15)
¹¹³ Cd/ ¹¹¹ Cd	1.74±0.5 (0.53~1.09)	0.75±0.11 (0.4~1.28)	0.79±0.15 (0.53~1.6)	0.91±0.24 (0.58~1.28)	0.90±0.09 (0.47~1.32)	0.86±0.12 (0.40~1.23)
¹¹³ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.15±0.14 (0.04~0.63)	0.49±0.10 (0.22~1.08)	0.67±0.10 (0.2~0.75)	0.54±0.21 (0.21~1)	0.64±0.08 (0.24~0.77)	0.47±0.08 (0.24~1.24)
¹¹² Cd/ ¹¹¹ Cd	4.75±2.3 (2.09~13.35)	2.09±0.32 (1.77~8.73)	2.11±0.37 (3.99~24.25)	2.86±2.03 (1.69~18.33)	2.63±0.43 (2.31~9.44)	3.28±1.68 (0.51~4.74)
¹¹² Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.42±0.49 (0.93~4.11)	1.35±0.23 (1.19~3.61)	1.8±0.24 (1.57~11.44)	1.65±1.34 (1.56~7.11)	1.87±0.37 (0.92~5.99)	1.70±0.42 (0.55~1.78)
¹¹¹ Cd/ ¹¹⁰ Cd	0.12±0.15 (0.08~0.71)	0.66±0.14 (0.31~1.16)	0.86±0.1 (0.28~0.71)	0.6±0.22 (0.29~1.12)	0.71±0.09 (0.4~0.92)	0.56±0.11 (0.27~1.48)

[표 4-30] ICP/MS를 이용한 국내산 돈육 단백질부위의 미량 무기원소 동위원소 비율 분석

Isotope ratio	경기안양 (n=50)	경기포천 (n=50)	제주 (n=50)	광주 (n=50)	충남천안 (n=50)	충북청주 (n=52)	경남김해 (n=50)	경북군위 (n=50)	강원원주 (n=50)	전북김제 (n=50)
⁷ Li/ ⁶ Li	11.6±0.39	12.27±0.41	11.41±0.56	11.71±0.34	11.4±0.38	11.76±0.34	11.94±0.45	11.38±0.39	11.86±0.26	11.51±0.35
	(10.8~12.14)	(11.16~12.87)	(10.94~12.44)	(9.81~12.5)	(10.99~12.25)	(11.52~13.05)	(11.05~13.74)	(11.03~13.58)	(10.63~12.51)	(11.68~13.75)
¹¹ B/ ¹⁰ B	4.17±0.04	4.3±0.14	4.16±0.05	4.21±0.03	4.12±0.03	4.22±0.03	4.24±0.04	4.12±0.04	4.24±0.03	4.12±0.02
	(4.08~4.18)	(4.17~4.39)	(4.15~4.3)	(4.09~4.32)	(4.12~4.24)	(4.21~4.35)	(4.21~4.36)	(4.15~4.34)	(4.14~4.23)	(4.18~5.71)
⁵³ Cr/ ⁵⁰ Cr	0.56±0.24	0.43±0.11	0.39±0.13	0.5±0.21	0.38±0.13	0.46±0.14	0.41±0.13	0.52±0.3	0.49±0.18	0.37±0.14
	(0.26~0.92)	(0.28~0.89)	(0.31~1.31)	(0.27~0.77)	(0.3~0.86)	(0.33~0.6)	(0.31~0.69)	(0.31~0.92)	(0.22~0.46)	(0.34~2.46)
⁵² Cr/ ⁵⁰ Cr	20.23±7.21	17.38±3.57	16.04±2.97	16.16±1.94	14.44±2.06	17.5±2.99	17.8±6.56	19.65±19.48	17.12±4.35	15.17±2.66
	(12.14~24.97)	(11.01~47.86)	(12.86~20.5)	(11.74~23.63)	(14.24~20.17)	(16.07~29.67)	(14.48~31.62)	(17.03~51.36)	(12.68~26.47)	(12.94~69.34)
⁶⁰ Ni/ ⁵⁸ Ni	0.08±0.06	0.11±0.08	0.12±0.07	0.16±0.08	0.17±0.07	0.21±0.08	0.13±0.04	0.17±0.08	0.08±0.04	0.08±0.02
	(0.05~0.17)	(0.06~0.24)	(0.08~0.37)	(0.04~0.34)	(0.05~0.13)	(0.11~0.22)	(0.09~0.36)	(0.1~0.3)	(0.06~0.15)	(0.09~0.36)
⁶⁵ Cu/ ⁶⁴ Cu	0.44±0.01	0.46±0	0.45±0.01	0.45±0.01	0.45±0.01	0.45±0.01	0.45±0.01	0.45±0.01	0.46±0.01	0.45±0.01
	(0.43~0.46)	(0.41~0.46)	(0.43~0.46)	(0.43~0.46)	(0.44~0.46)	(0.45~0.46)	(0.43~0.46)	(0.44~0.45)	(0.45~0.46)	(0.44~0.47)
⁵⁶ Zn/ ⁶⁴ Zn	0.42±0.22	0.56±0.1	0.43±0.17	0.34±0.23	0.26±0.25	0.5±0.13	0.43±0.18	0.15±0.21	0.51±0.16	0.32±0.25
	(0.08~0.59)	(0.16~0.57)	(0.12~0.6)	(0.06~0.59)	(0.1~0.56)	(0.25~0.59)	(0.28~0.59)	(0.09~0.56)	(0.1~0.6)	(0.23~0.6)
⁷¹ Ga/ ⁶⁹ Ga	5.2±3.24	6.08±2.3	2.49±0.55	3.62±0.88	3.24±1.2	4.7±1.68	6.91±2.45	1.24±0.27	4.66±1.41	4.12±0.94
	(2.53~6.57)	(1.54~11.14)	(1.48~5.42)	(1.34~3.75)	(1.97~6.16)	(1.24~9.32)	(2.41~11.2)	(3.13~7.14)	(1.67~6.04)	(1.11~9.68)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁶ Sr	8.23±0.07	8.64±2.04	8.21±0.11	8.29±0.07	8.31±0.1	8.28±0.09	8.25±0.08	8.54±0.14	8.32±0.07	8.31±0.08
	(8.19~8.52)	(8.12~8.37)	(8.11~8.46)	(7.95~8.43)	(8.02~8.29)	(8.22~8.49)	(8.27~8.53)	(8.11~8.52)	(8.02~8.3)	(8.23~10.42)
⁸⁸ Sr/ ⁸⁴ Sr	126.35±5.19	139.53±36.29	130.21±5.14	133.25±4.14	137.25±4.1	131.57±6.4	116.77±7.26	146.43±4.75	134.08±3.84	136.08±5.9

	(122.4~143.4)	(108.3~134.9)	(123.9~139.7)	(119.5~141.0)	(110.7~125.9)	(123.4~134.7)	(121.5~137.9)	(122.0~133)	(106.5~121.7)	(100.1~175.0)
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	697.7±274.51	162.96±119	1457.54±368	420.31±207.59	736.8±309.21	510.32±266	964.68±309	525.43±302.74	238.67±90.14	600.84±346.34
	(208.8~1310)	(416.7~1446)	(101.3~956.6)	(729.6~2121)	(87.5~791.6)	(279.5~431.5)	(95.19~300.4)	(863.0~1666)	(696.9~1431)	(7.79~395.76)
$^{87}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	10603.5±3871	2540.87±1696	23068.3±5732	6423.79±2836	12091.3±4947	8669.1±5247	13458±3874	8951.9±4947.	3822.3±1369	9300.53±4926.8
	(3542~19735)	(6347~19685)	(1673~11806)	(11524~33420)	(1227~11720)	(4492~6507)	(1587~4407)	(12398~27009)	(10223~19943)	(134.01~5893)
$^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	15.35±0.62	16.11±0.8	15.85±0.59	16.08±0.5	16.51±0.5	15.89±0.7	14.15±0.8	17.15±0.4	16.13±0.47	16.37±0.68
	(14.94~17.49)	(13.23~16.13)	(14.96~16.91)	(14.55~17.22)	(13.59~15.57)	(14.76~16.07)	(14.56~16.68)	(14.37~16.21)	(13.05~14.95)	(11.74~17.82)
$^{97}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$	1.23±0.12	1.34±0.13	1.2±0.11	1.33±0.1	1.19±0.15	1.26±0.13	1.33±0.07	1.13±0.12	1.36±0.09	1.31±0.07
	(1.08~1.45)	(1.2~1.43)	(1.12~1.54)	(1.02~1.45)	(1.09~1.32)	(1.37~1.48)	(1.32~1.46)	(1.26~1.46)	(1.05~1.36)	(1.04~1.63)
$^{97}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$	1.73±0.24	1.82±0.19	1.33±0.23	1.7±0.28	1.46±0.2	1.47±0.39	1.62±0.28	1.4±0.24	1.75±0.32	1.56±0.2
	(1.15~1.86)	(0.62~2.14)	(1.2~2.48)	(0.76~2.01)	(1.19~1.73)	(1.42~2.07)	(1.25~2.08)	(1.52~2)	(0.78~1.7)	(0.9~2.8)
$^{95}\text{Mo}/^{94}\text{Mo}$	1.41±0.12	1.37±0.18	1.1±0.14	1.27±0.13	1.24±0.18	1.16±0.2	1.22±0.18	1.24±0.22	1.29±0.22	1.19±0.11
	(0.94~1.39)	(0.51~1.49)	(0.94~1.61)	(0.75~1.39)	(1.05~1.31)	(1.01~1.44)	(0.87~1.44)	(1.21~1.43)	(0.69~1.3)	(0.65~1.76)
$^{109}\text{Ag}/^{107}\text{Ag}$	0.77±0.15	0.79±0.12	0.81±0.22	0.82±0.12	0.7±0.13	0.79±0.1	0.79±0.1	0.69±0.14	0.71±0.16	0.65±0.14
	(0.39~0.96)	(0.5~0.97)	(0.55~1.06)	(0.49~1.52)	(0.59~1.04)	(0.84~1.03)	(0.62~1)	(0.71~1.01)	(0.58~0.93)	(0.56~2.81)
$^{114}\text{Cd}/^{113}\text{Cd}$	3.47±1.33	6.35±2.52	2.96±0.95	4.81±2.62	4.5±1.58	5.96±2.82	5.52±2	1.94±0.65	4.75±2.55	3.67±1.29
	(1.32~6.82)	(2.67~9.7)	(2.56~15.78)	(1.63~4.91)	(1.77~3.46)	(2.4~4.43)	(2.42~6.96)	(1.71~3.1)	(1.57~8.15)	(1.08~4.91)
$^{114}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$	0.76±0.1	0.74±0.06	0.75±0.14	0.8±0.11	0.76±0.09	0.76±0.12	0.76±0.06	0.88±0.17	0.78±0.09	0.77±0.12
	(0.53~1.01)	(0.66~0.9)	(0.63~1.09)	(0.54~1.04)	(0.74~1.06)	(0.82~1.06)	(0.69~0.99)	(0.68~0.99)	(0.63~1.23)	(0.71~1.13)
$^{114}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	2.69±1.12	5.44±2.64	2.28±0.54	3.68±1.64	3.52±1.45	5.37±2.74	4.56±2.06	1.41±0.62	3.58±1.52	2.43±0.67
	(0.98~4.67)	(2.22~11.55)	(1.93~8.99)	(1.37~3.5)	(1.19~2.18)	(2.14~3.5)	(1.98~6.75)	(1.33~2.06)	(1.17~6.9)	(1.66~10.37)
$^{114}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	1.83±0.47	2.75±1.46	1.4±0.42	2.18±0.93	2.08±0.72	2.43±1.13	2.31±0.86	0.85±0.23	1.57±0.66	1.7±0.43

	(0.74~2.98)	(0.74~4.57)	(1.12~6.34)	(0.73~2.42)	(0.65~1.57)	(1.21~2.77)	(1.1~2.08)	(1.19~1.92)	(0.47~4.41)	(0.04~2.07)
$^{113}\text{Cd}/^{112}\text{Cd}$	0.24±0.08	0.13±0.05	0.28±0.09	0.2±0.08	0.19±0.08	0.16±0.1	0.16±0.07	0.51±0.21	0.2±0.08	0.23±0.08
	(0.1~0.4)	(0.07~0.34)	(0.05~0.39)	(0.16~0.51)	(0.3~0.5)	(0.2~0.42)	(0.1~0.36)	(0.27~0.46)	(0.09~0.58)	(0.18~0.75)
$^{113}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	0.8±0.2	0.87±0.22	0.82±0.24	0.8±0.18	0.77±0.22	0.87±0.17	0.83±0.18	0.75±0.22	0.78±0.14	0.7±0.19
	(0.39~1.12)	(0.48~1.2)	(0.51~1.2)	(0.48~1.52)	(0.63~1.02)	(0.72~1.03)	(0.58~1.09)	(0.63~1.04)	(0.58~1.49)	(0.68~3.3)
$^{113}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	0.57±0.16	0.43±0.12	0.49±0.12	0.48±0.13	0.46±0.13	0.42±0.16	0.44±0.13	0.48±0.19	0.36±0.11	0.5±0.16
	(0.19~0.91)	(0.11~0.72)	(0.32~0.84)	(0.2~0.75)	(0.27~0.63)	(0.5~0.77)	(0.26~0.62)	(0.53~0.83)	(0.19~1.02)	(0.02~0.68)
$^{112}\text{Cd}/^{111}\text{Cd}$	3.6±1.63	7.47±3.85	3.07±0.63	4.73±2.26	4.69±2	7.37±4.04	5.74±2.31	1.66±0.84	4.77±2.5	3.2±0.96
	(1.73~5.9)	(2.74~12.12)	(2.18~10.76)	(1.92~4.19)	(1.36~2.42)	(2.17~4.01)	(2.09~9.85)	(1.56~2.78)	(1.19~9.58)	(1.9~13.17)
$^{112}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	2.44±0.62	3.76±2.06	1.89±0.57	2.77±1.19	2.79±1.08	3.28±1.65	3.06±1.22	1±0.33	2.05±0.94	2.23±0.65
	(1.39~4)	(1.08~6.47)	(1.36~7.6)	(1~3.76)	(0.86~1.83)	(1.29~3.17)	(1.29~2.73)	(1.48~2.14)	(0.65~6.12)	(0.06~2.22)
$^{111}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$	0.74±0.21	0.5±0.11	0.63±0.17	0.62±0.13	0.62±0.15	0.49±0.2	0.54±0.14	0.67±0.27	0.46±0.14	0.72±0.17
	(0.39~1.07)	(0.14~0.73)	(0.35~0.89)	(0.33~1.04)	(0.36~0.86)	(0.5~0.84)	(0.26~0.82)	(0.76~1.05)	(0.2~1.18)	(0.01~0.59)

(다) EA-IRMS를 이용한 돈육 단백질부위의 안정동위원소 비율 분석결과

돈육의 탄소, 질소 안정동위원소 비율 분석을 위해 6개 국가의 수입산 돈육과 국내 10개 지역 돈육의 단백질을 분리하여 공비중류법을 이용하여 단백질에 함유된 물을 제거한 후 분석을 진행하였다.

안정 동위원소 표준물질은 국제표준 기준물질로 PDB(Pee Dee Belmnite)를 사용하였으며, 질소는 표준물질은 국제표준 기준물질로 대기 질소 air N₂를 사용하였다. 수입산과 국내산 돈육의 탄소, 질소 안정동위원소 비율 분석 결과는 표 31과 32에 나타내었다. 캐나다, 칠레, 독일, 멕시코, 스페인 그리고 미국의 수입산 돈육의 $\delta^{13}\text{C}[\%]_{\text{v-PDB}}$ 는 각각 -23.18 ± 0.19 , -17.67 ± 0.19 , -24.09 ± 0.29 , -17.13 ± 0.17 , -22.61 ± 0.24 , -15.61 ± 0.77 으로 확인되었다. 미국, 칠레, 멕시코가 속해 있는 아메리카 대륙의 국가들이 비슷한 값을 갖으며, 독일, 스페인의 유럽국가와 유사한 값을 갖는 경향성을 확인했으나 캐나다의 경우 아메리카 대륙임에도 불구하고 유럽국가와 비슷한 값을 보였다. 이는 본 연구실에서 진행된 선행연구 (2011, 농림부)와 유사한 결과로 확인되었다. $\delta^{13}\text{C}[\%]$ 는 식이 환경과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있으며 주 섭취물인 C₃ 식물과 C₄식물의 탄소동위원소 비율 차이로 발생된다. 유럽지역의 양돈 농가에서는 주로 C₃ 식물인 콩, 야채를 주로 사료로 사용하며, 아메리카의 경우는 옥수수, 수수를 사료로 사용하는 것과 일치되는 결과를 얻을 수 있었다.

$\delta^{15}\text{N}[\%]_{\text{AIR}}$ 의 경우 캐나다 7.36 ± 0.22 , 칠레 4.16 ± 0.29 , 독일 4.31 ± 0.22 , 멕시코 5.12 ± 0.28 , 스페인 4.41 ± 0.26 , 미국 4.26 ± 0.42 의 결과를 얻었고, 캐나다와 멕시코에서는 살짝 높은 값을 갖는 것 이외 다른 국가들은 비슷한 값을 얻었다. 질소 안정동위원소 비율 경우는 탄소와는 달리 1차 생산자인 식물에서 큰 차이를 보이지 않아 돈육에서도 큰 차이는 확인 할 수 없었다. 하지만, 토양 비옥도에 따른 차이가 확인되므로, 각 지역에 따른 유의적 차이를 확인 할 수 있었다.

국내산 돈육의 경우, $\delta^{13}\text{C}[\%]_{\text{v-PDB}}$ 값은 광주광역시에서 -16.68 ± 0.64 으로 가장 낮은 값을 경남 김해에서 -20.11 ± 0.47 , 충북 청주에서 -19.65 ± 0.22 , 경기안양 -19.49 ± 0.49 , 경기포천 -18.16 ± 0.24 의 값을 보이며 그 외 지역에서는 경기포천과 유사한 값을 확인하였다. 지역별 특성의 차이는 보이나, 충남천안과 충북청주, 전북김제와 광주, 경기안양과 경기포천 등 인접한 위치의 지역에서 유사한 결과값을 확인 할 수 없어 지역적 경향성을 파악할 수 없었다. $\delta^{15}\text{N}[\%]_{\text{AIR}}$ 의 경우, 제주에서 가장 낮은 값 2.75 ± 0.21 을 확인하였다. 강원원주 3.09 ± 0.16 , 경기 포천 3.08 ± 0.35 이 유사한 값을 갖으나 인접한 지역인 경기 안양의 경우 3.55 ± 0.18 의 값을 보여 지역적 경향성 확인에 어려움이 있었다.

탄소와 질소 안정동위원소 비율 분석을 통해 각 국가가 갖는 특성을 확인하였고 캐나다를 제외한 아메리카 대륙과 유럽대륙의 돈육을 구별할 수 있었으나 국내 지역의 경우 명확한 구별에 어려움이 있었다.

[표 4-31] 수입산 돈육 단백질부위의 안정동위원소 비율 분석

Country	No.	$\delta^{13}\text{C}[\text{‰}]\text{v-PDB}$	$\delta^{15}\text{N}[\text{‰}]\text{AIR}$
캐나다	14	-23.18±0.19	7.36±0.22
칠레	12	-17.67±0.19	4.16±0.29
독일	21	-24.09±0.29	4.31±0.22
멕시코	20	-17.13±0.17	5.12±0.28
스페인	14	-22.61±0.24	4.41±0.26
미국	14	-15.61±0.77	4.26±0.42

[표 4-32] 국내산 돈육 단백질 부위의 안정동위원소 비율 분석

Country	No.	$\delta^{13}\text{C}[\text{‰}]\text{v-PDB}$	$\delta^{15}\text{N}[\text{‰}]\text{AIR}$
충북청주	15	-19.65±0.22	3.09±0.12
경기포천	15	-18.16±0.24	3.08±0.35
충남천안	15	-18.65±0.61	3.91±0.38
경기안양	15	-19.49±0.49	3.55±0.18
제주	15	-18.89±0.16	2.75±0.21
경북군위	15	-18.51±0.13	3.99±0.37
전북김제	15	-18.51±0.13	3.99±0.37
광주	15	-16.68±0.64	3.95±0.31
경남김해	15	-20.11±0.47	3.50±0.27
강원원주	15	-18.60±0.29	3.09±0.16

다. 통계처리에 따른 무기원소 프로파일링 및 안정동위원소를 이용한 원산지 판별 결과

원산지를 구별함에 있어 우선적으로 수입산 및 국내산을 구별하고 세부적으로 어떤 국가 혹은 어떤 지역에서 생산된 돈육인지 판별해야 한다. 따라서 구별 기준에 따라 국내산과 수입산 돈육의 판별, 수입 6지역 간의 판별 그리고 마지막으로 국내산 돈육의 원산지 판별을 진행하였다. 이를 위해 지방과 단백질부위 각각의 미량 무기원소 함량, 미량 무기원소 동위원소 비율 및 안정동위원소 비율 분석을 활용하여 통계처리하였으며 각 경우에 따른 판별률을 얻을 수 있었다. 부위 및 분석 요소에 따른 판별률을 비교하여 최종적으로 최적의 부위와 분석조건을 확인하고자 하였다.

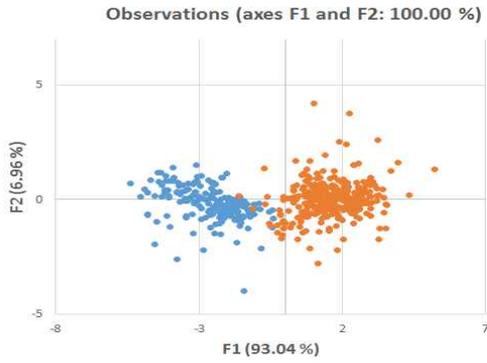
(1) 국내산, 수입산 돈육의 원산지 판별

국내산과 수입산 돈육의 원산지 판별을 위해 지방부위에 대한 무기원소 함량, 미량 무기원소 동위원소 비율 각각에 대한 각각의 통계처리 및 그 둘을 함께 통계 분석했을 때 총 3가지 경우에 대해 판별률을 얻었다. 단백질 부위의 경우 지방과 동일하게 통계분석을 진행하였으나 안정동위원소 분석 결과가 추가되어 4가지 경우에 대한 판별률을 얻었다. 총 7가지 경우에 대한 판별률을 비교한 결과, 모든 경우에 대해 90%가 넘는 높은 판별률을 얻을 수 있었으며 단백질 부위보다 지방부위를 이용했을 시 더 높은 판별률을 확인하였다.

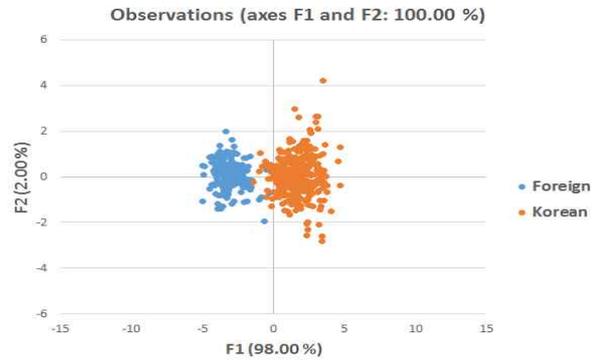
(가) 지방 부위를 이용한 국내산, 수입산 돈육 원산지 판별 결과

돈육 지방 부위의 미량 무기원소 함량 분석결과를 이용하여 LDA 통계분석한 결과, 수입산과 국내산 돈육은 약 99.26%의 판별률을 얻을 수 있었다. 그림 21 A의 왼쪽 파란색 점이 수입산, 오른쪽 주황색 점이 국내산으로 일부 겹쳐있는 시료를 제외하면 육안상으로도 확실히 구별됨을 확인 할 수 있다. 미량 무기원소 동위원소 비율 분석 결과 이용해 LDA 분석 결과, 수입산과 국내산 돈육은 그림 21 B에 나와있듯이 약 98.67%의 높은 판별률을 얻을 수 있었다. 이는 미량 무기원소 함량을 이용한 판별률보다 약 1% 낮은 수치로 그림상에서 조금 더 밀집되고 서로 가까운 형태를 띤다. 미량 무기원소 함량과 무기원소 동위원소 비율 분석 결과를 함께 활용하여 LDA 분석 결과, 수입산과 국내산 돈육은 약 99.21%의 높은 판별률로 미량 무기원소 함량을 이용한 결과와 비슷하였으며, 그래프상으로 더 좋은 판별결과를 얻을 수 있었다(그림 21; C).

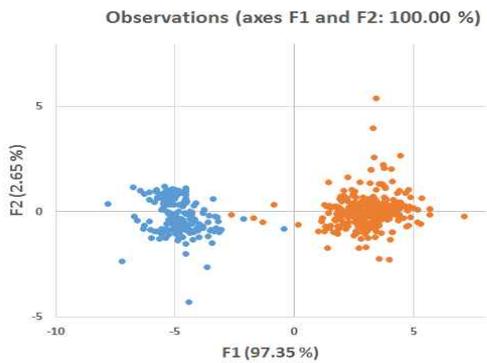
지방을 이용한 경우, 무기원소 함량 분석이나 미량 무기원소 동위원소 비율 분석 두 방법 모두 99%에 근접하는 판별률이 나오므로 둘 중 하나만을 이용해도 판별 가능한 것으로 판단된다.



A



B



C

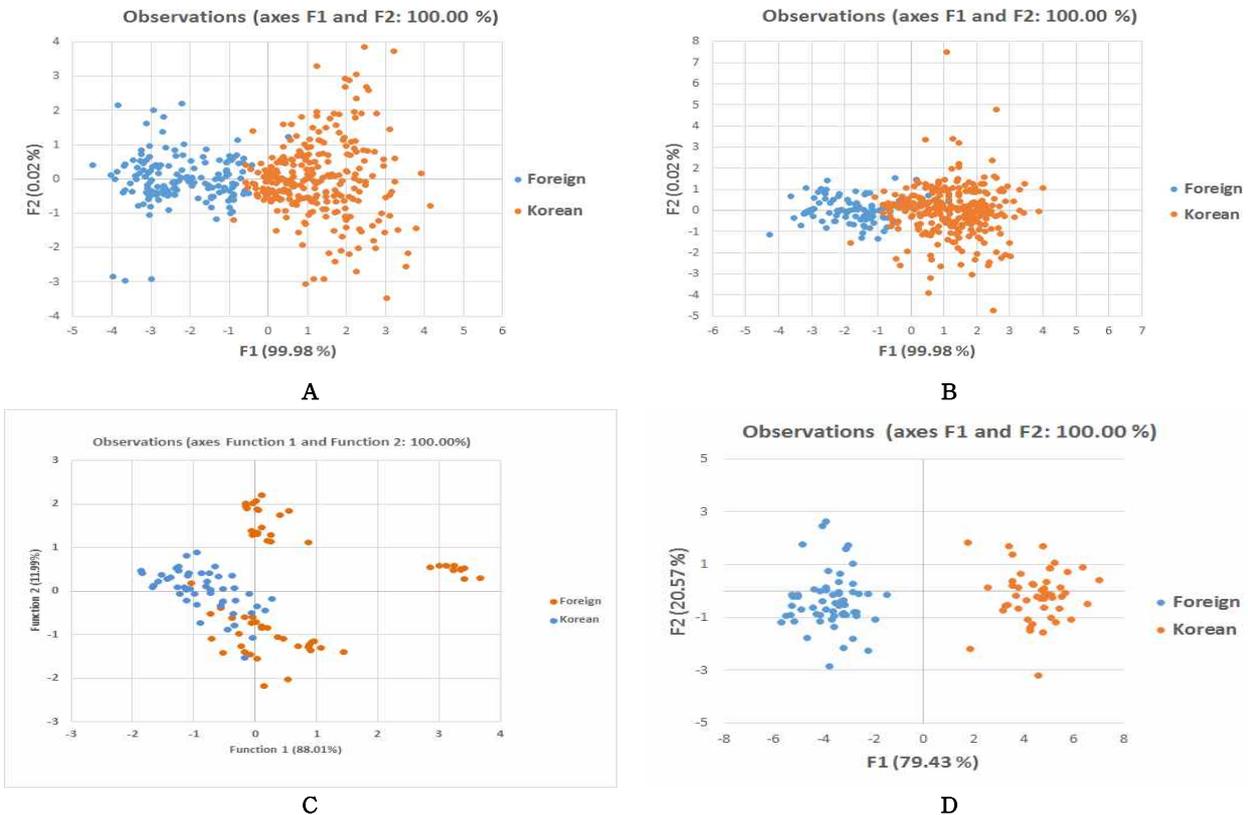
[그림 4-21] 국내산, 수입산 돈육(지방부위)의 원산지 판별 LDA 분석

A: 미량 무기원소 함량 (99.26%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(98.67%), C: 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소 비율(99.21%)

(나) 단백질 부위를 이용한 국내산, 수입산 돈육 원산지 판별 결과

돈육 단백질 부위의 미량 무기원소 함량 분석 결과 이용해 LDA 분석 결과, 수입산과 국내산 돈육은 지방을 이용한 과별률보다 살짝 낮은 약 98.35%의 판별률을 얻을 수 있었다. 미량 무기원소 동위원소 비율 분석 결과 이용해 LDA 분석 결과(그림 22 B), 수입산과 국내산 돈육은 약 96.18%의 판별률을 얻을 수 있었다. 이는 지방을 이용한 판별률보다 2%정도 낮은 판별률을 얻었다. 탄소, 질소 안정 동위원소 분석 결과를 이용한 LDA 통계 분석 결과(그림 22 C), 7가지 경우 중 가장 낮은 92.59%의 판별률을 얻었다. 돈육 단백질 부위의 미량 무기원소 함량과 무기원소 동위원소 비율 분석 그리고 탄소, 질소 안정동위원소 결과 함께 활용하여 LDA 분석 결과, 수입산과 국내산 돈육은 100.0%의 높은 판별률을 얻을 수 있었다. 그림 22의 D에서 나와 있듯이 명확히 구별할 수 있는 모습을 확인 하였다.

단백질을 이용한 국내산 수입산 돈육의 판별의 경우, 무기원소 함량 분석이나 미량 무기원소 동위원소 비율 분석, 안정동위원소 비율 분석 3가지 방법 모두 90%이상의 판별률이 나오나 정확한 판단을 위해 미량 무기원소 함량이나 미량무기원소 동위원소 분석을 활용하는 것이 좋다고 사료된다.



[그림 4-22] 국내산, 수입산 돈육(단백질부위)의 원산지 판별 LDA 분석

A: 미량 무기원소 함량(98.35%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(96.18%), C: C,N 안정동위원소 비율(92.59%), D: 미량 무기원소 함량, 미량무기원소 동위원소 비율 및 C, N 안정동위원소 비율(100%)

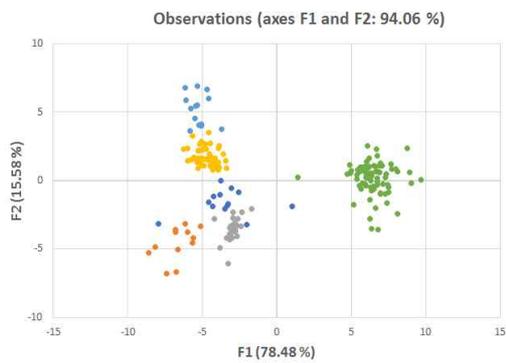
(2) 수입산 6지역 돈육의 원산지 판별

수입산 6지역의 돈육의 원산지 판별을 위해 언급한 바와 동일하게 지방 3가지 경우, 단백질 4가지 경우 총 7가지 경우에 대한 판별률을 비교하였다. 판별률을 비교한 결과, 모든 경우에 대해 90%가 넘는 높은 판별률을 얻을 수 있었으며 지방 부위보다 단백질부위를 이용했을 시 더 높은 판별률을 확인하였다.

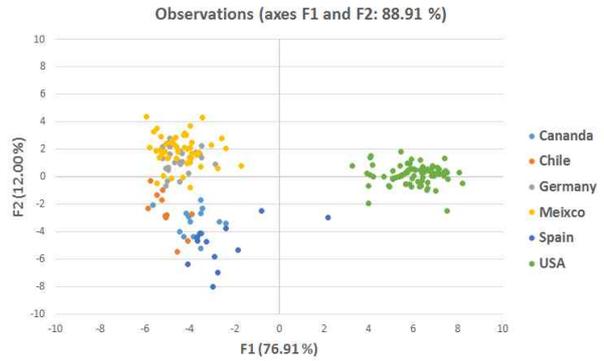
(가) 지방 부위를 이용한 수입산 6지역 돈육의 원산지 판별 결과

돈육 지방 부위의 미량 무기원소 함량 분석 결과와 미량무기원소 동위원소 분석 결과를 이용해 LDA 분석 결과, 수입산 6지역 간의 판별률은 약 98.45%와 96.34%였다. 그림 23의 A와 B에 보여진 바와 같이 미국의 경우 확실한 구별이 가능하고 나머지 국가도 일부 구별이 가능하다. 미량 무기원소 함량과 동위원소 비율 분석 모든 결과를 이용해 LDA 통계분석 결과(그림 23; C), 100%의 명확한 판별률을 확인하였다.

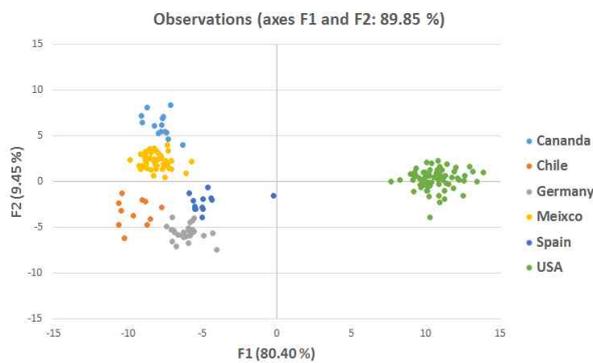
지방을 이용한 수입산 돈육 판별의 경우, 무기원소 함량 분석과 미량 무기원소 동위원소 비율분석 방법 모두 95%이상의 판별률이 나오므로 둘 중 하나만을 이용해 판별가능할 것으로 판단된다.



A



B



C

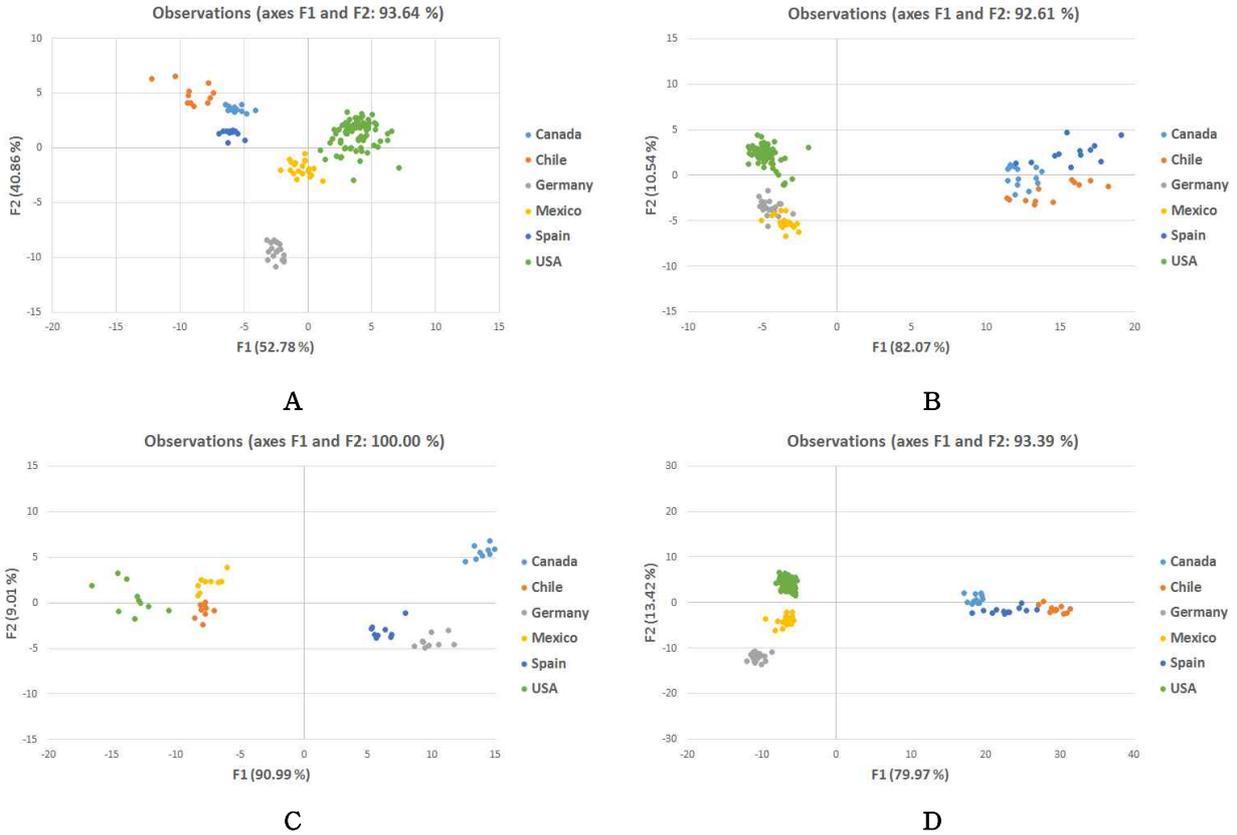
[그림 4-23] 수입 6국가 돈육(지방부위)의 원산지 판별 LDA 분석

A: 미량 무기원소 함량(98.45%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(96.34%), C: 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소 비율(100%)

(나) 단백질 부위를 이용한 수입산 6지역 돈육의 원산지 판별 결과

돈육 단백질 부위의 미량 무기원소 함량 분석 결과 이용해 LDA 분석 결과, 수입산 6지역의 돈육의 원산지 판별률은 약 99.35%로 나타났다. 미량 무기원소 동위원소 비율 및 안정동위원소 비율 분석 결과 이용해 LDA 분석 결과(그림 24; B,C), 각각 약 98.09%, 98.18%의 판별률을 얻을 수 있었다. 돈육 단백질 부위의 미량 무기원소 함량과 무기원소 동위원소 비율 분석 그리고 탄소, 질소 안정동위원소 결과 함께 활용하여 LDA 분석 결과, 수입산 돈육은 100%의 높은 원산지 판별률을 얻을 수 있었다.

단백질을 이용한 수입산 돈육 판별의 경우, 무기원소 함량 분석이나 미량 무기원소 동위원소 비율 분석, 안정동위원소 비율 분석 3가지 방법 모두 98%이상, 즉 지방보다 높은 수치의 판별률을 구할 수 있었다. 따라서 지방보다는 단백질부위를 이용하고 3가지 분석 방법 중 어느 것이나 이용해도 수입산 돈육의 원산지를 판별 가능할 것이라 판단된다.



[그림 4-24] 수입 6국가 돈육(단백질부위)의 원산지 판별 LDA 분석

A: 미량 무기원소 함량 (99.35%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(98.09%), C: C&N 안정동위원소 비율(98.18%), D: 미량 무기원소 함량, 미량무기원소 동위원소 비율 및 C,N 안정동위원소 비율(100%)

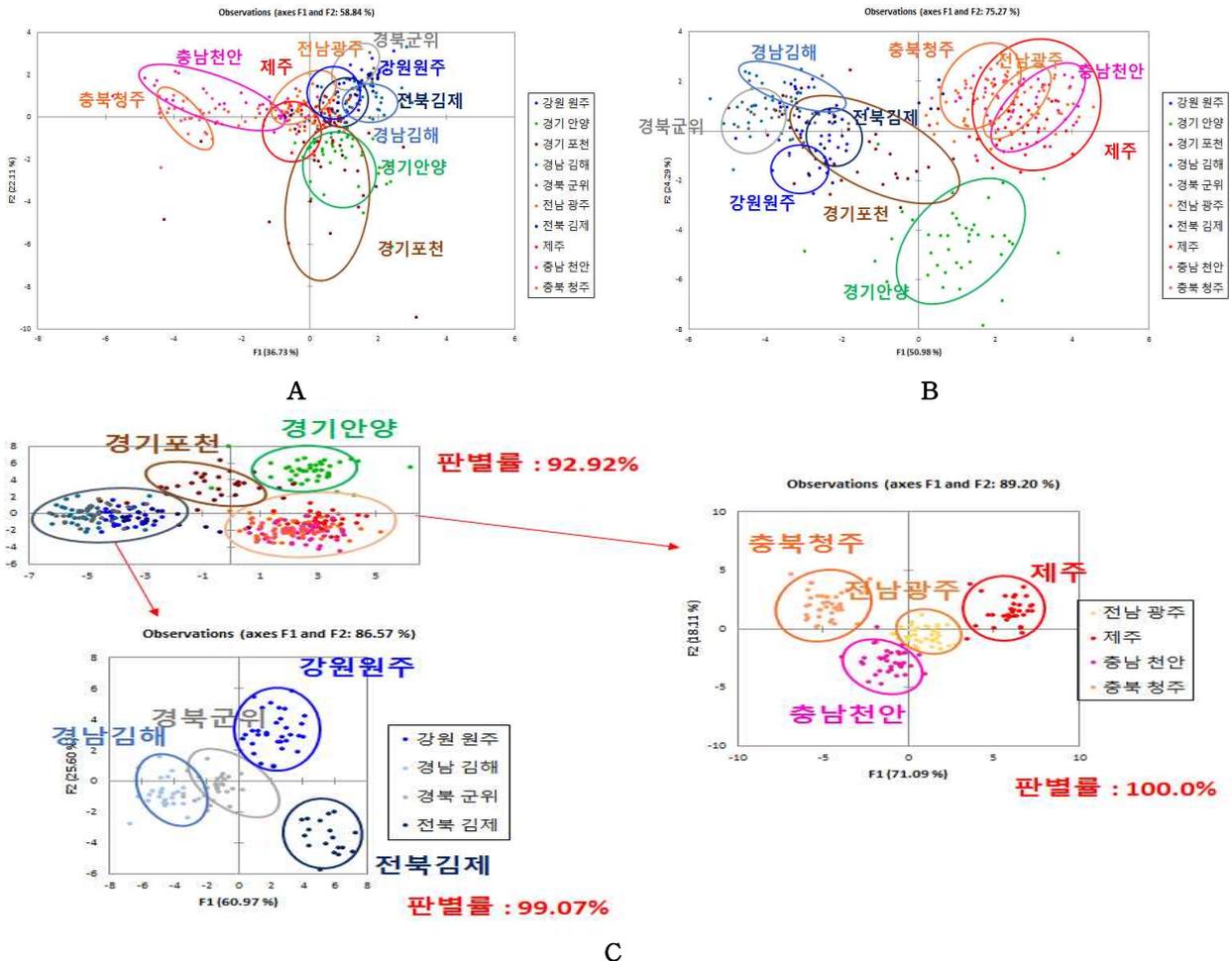
(3) 국내산 10지역 돈육의 원산지 판별

국내 10지역의 돈육의 원산지 판별을 위해 언급한 바와 동일하게 지방과 단백질부위 각각의 미량 무기원소 함량, 미량 무기원소 동위원소 비율 안정동위원소 비율 분석 총 3가지 요소에 따라 각각 통계처리 하였으며 각 경우에 따른 판별률을 얻어 비교하였다. 비교 결과, 지방 부위보다 단백질부위를 이용했을 시 더 높은 판별률을 보였고, 한가지 분석방법을 이용한 통계처리로 명확한 원산지 판별을 할 수 없었다.

(가) 지방 부위를 이용한 국내산 10지역 돈육의 원산지 판별 결과

돈육 지방 부위의 미량 무기원소 함량 분석 결과와 미량무기원소 동위원소 분석 결과를 이용해 LDA 분석 결과, 국내 10지역 돈육의 원산지 판별률은 약 70.82%와 76.16%였다. 그림 25의 A와 B에 보여지는 바와 같이 지역끼리 중첩된 모습으로 정확한 원산지 판별은 어려웠다. 하지만 미량 무기원소 함량과 미량원소 동위원소 비율 분석의 결과를 모두 이용하여 LDA 통계분석 결과 약 92.92%의 판별률(그림 25; C)을 확인하였다. 또한 추가적으로 육안상 겹쳐 보이는 지역만을 각각 다시 LDA 통계분석한 결과 99.07%, 100%의 명확한 판별률을 얻을 수 있었다.

지방을 이용한 국내 돈육의 원산지 판별의 경우, 무기원소 함량 분석이나 미량 무기원소 동위원소 비율 분석 두 방법을 이용한 통계처리 시 명확한 판별이 불가능하였으며, 두 분석 결과를 모두 이용하여 2번의 통계처리를 한 후 국내 10지역 돈육의 원산지 판별이 가능할 것으로 확인된다.



[그림 4-25] 국내 10지역 돈육(지방부위)의 원산지 판별 LDA 분석

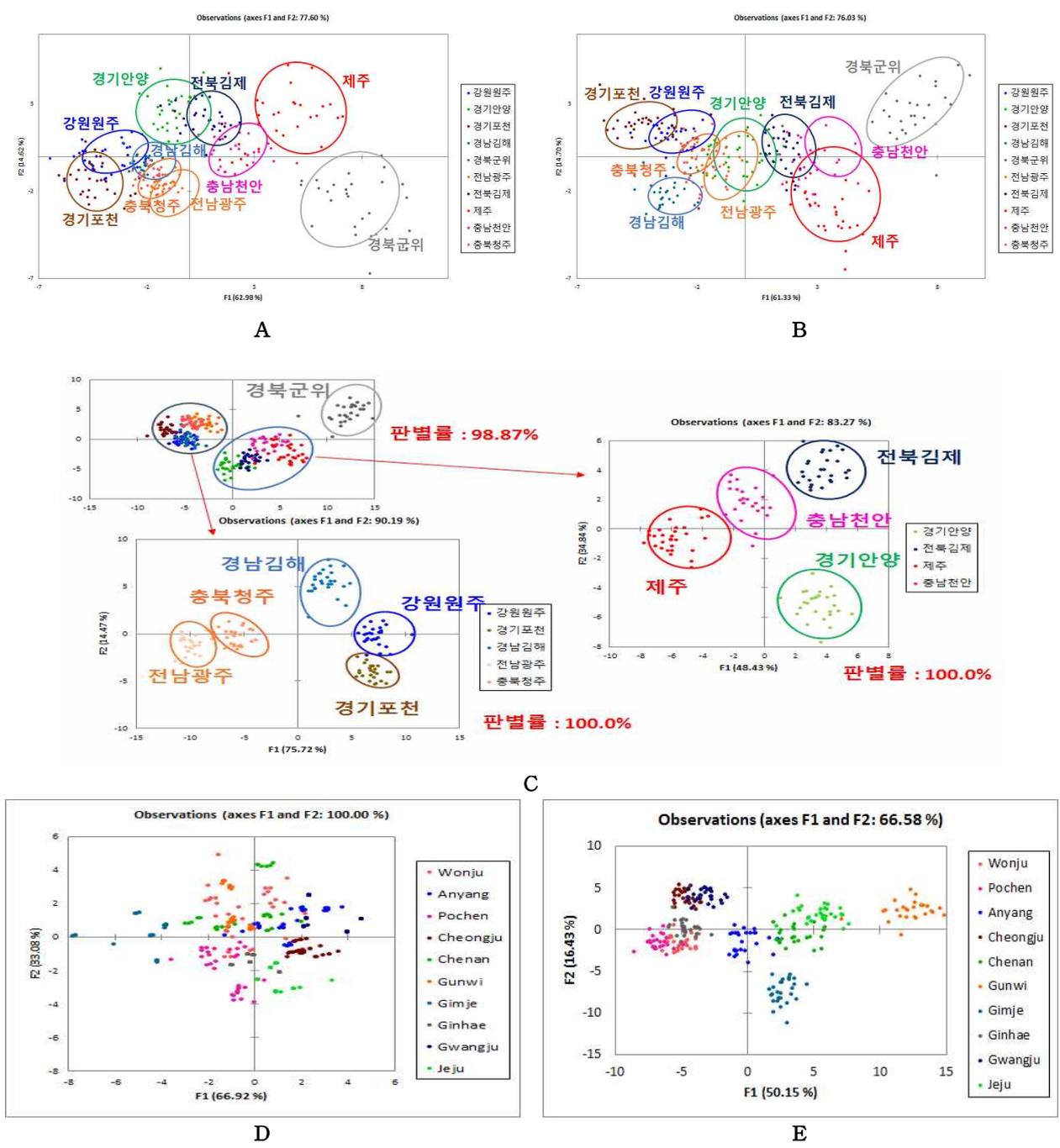
A: 미량 무기원소 함량 (70.82%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(76.16%), C: 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소 비율 (99.07, 100%)

(나) 단백질 부위를 이용한 국내산 10지역 돈육의 원산지 판별 결과

돈육 단백질 부위의 미량 무기원소 함량 분석 결과와 미량무기원소 동위원소 분석 결과를 이용해 LDA 통계분석한 결과, 국내 10지역 돈육 원산지 판별률은 각각 88.58%, 87.67%였다. 미량 무기원소 함량과 동위원소 비율 분석 모든 결과 이용해 LDA 분석 결과 약 98.87%의 높은 판별률(그림 26; C)을 확인하였지만 육안상으로 더 명확하게 확인하기 위해 겹쳐 보이는 지역만을 각각 다시 LDA 통계분석 결과 100.0%, 100.0%의 명확한 판별률을 얻을 수 있었다. 탄소, 질소 안정동위원소 비율 분석을 이용한 LDA 분석 결과, 판별률은 63.27%로 정확한 원산지 판별은 불가능할 것으로 보인다. 미량 무기원소 함량과 무기원소 동위원소 비율 그리고 탄

소, 질소 안정동위원소 비율 분석 3가지 결과를 함께 활용하여 LDA 분석 결과, 국내산 돈육은 99.8%의 높은 원산지 판별률을 얻을 수 있었다.

단백질을 이용한 국내산 돈육 판별의 경우, 무기원소 함량 분석이나 미량 무기원소 동위원소 비율 분석, 안정동위원소 비율 분석 3가지 방법 모두 지방을 이용한 판별률보다는 높으나, 90%를 넘지 못하는 판별률을 보였다.



[그림 4-26] 국내 10지역 돈육(단백질부위)의 원산지 판별 LDA 분석

A: 미량 무기원소 함량(88.58%), B: 미량 무기원소 동위원소 비율(87.67%), C: 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소 비율(100%), D: C,N 안정동위원소 비율(63.27%), E: 미량 무기원소 함량, 미량무기원소 동위원소 비율 및 C&N 안정동위원소 비율 (99.8%)

3. 요약

본 연구는 ICP/MS, ICP/OES 및 EA/IRMS를 이용한 분석 data를 통계기법을 이용하여 수입산 및 국내산 돈육의 원산지 판별을 위한 연구를 진행하였다.

1차년도에 돈육의 지방부위를 이용하여 국내산 5지역, 수입산 5국가의 돈육 134건에 대해 19개의 미량원소와 10개의 다량원소, 단백질부위를 이용하여 C 및 N 동위원소 비율 분석을 진행하였으며 분석된 결과를 PCA와 LDA 통계처리한 결과, 분리도와 판별률에서 LDA 통계방법이 더 우수함을 확인하였다. LDA 통계처리에 의해 미국, 유럽(독일, 오스트리아, 네덜란드, 벨기에), 한국(순천, 나주, 강진, 충주, 용인)으로 대표되는 그룹이 명확히 구분됨을 확인하였고 또한 국내산 5개 지역의 돈육이 경기도, 충청도, 전라도(순천, 나주, 강진) 지역으로 판별됨을 확인하였다.

2차년도는 국내산 10지역(502건), 수입산 6지역(121건)으로 보다 많은 지역을 대상으로 원산지 판별 연구를 진행하였고, 지방부위의 미량원소(18개) 및 다량원소(8개) 분석을 진행하여 분석결과를 LDA 통계처리하였다. 그 결과 한국을 포함한 7개 국가 돈육의 약 96.0% 판별이 가능하였으며 한국은 6개의 수입국가와 구분되는 그룹을 형성하였다. 또한 수입국가 6개 간의 원산지 판별 결과 미국이 100%로 판별이 가능하였으며, 국내 지역의 경우 일부 지역(경기포천, 경북군위, 충남천안)에서 판별률이 96.0% 이상으로 높은 판별률을 보였으나 전체 10개 지역의 돈육 원산지 판별률은 65.7%로 구분이 어려웠다.

3차년도에서는 지방과 단백질부위를 시료로 ICP/MS 분석기기를 이용하여 미량무기원소 함량 및 미량동위원소 비율을 분석하였으며, 미량무기원소 함량 18건과 미량동위원소 비율 27건의 data를 활용하여 LDA 통계처리를 하였다. 그 결과 국내산 및 수입산 돈육의 경우 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소 비율 결과로 지방과 단백질 부위에서 96%이상의 판별률을 확인하였고 단백질부위보단 지방부위를 이용했을 시 더 높은 판별률을 확인하였다. 수입산 6지역 돈육의 원산지 판별결과, 모든 경우에 대해 90%가 넘는 높은 판별률을 얻을 수 있었으며 지방 부위보단 단백질부위를 이용했을 시 더 높은 판별률을 확인하였다. 국내산 10개 지역의 경우 미량 무기원소 함량 및 미량무기원소 동위원소비율 분석 결과로써 정확한 판별은 불가능했으며 2가지 경우의 data를 모두 이용한 통계분석 결과 판별률이 더 증가하였다. 또한 일부 중첩된 지역만을 2차로 통계분석한 결과 지방과 단백질부위 모두에서 최종 99% 이상의 판별이 가능하였다.

1차년도와 3차년도에 진행한 EA/IRMS 분석을 통해 식이 환경과 밀접한 관계가 있는 $\delta^{13}C$ [%]의 국가별 차이를 확인하였고 돈육 수입산 중 유럽지역, 아메리카지역, 한국지역의 판별이 가능성을 확인하였다. 그러나 C 및 N 동위원소 비율분석으로 국내 10개 지역의 판별은 불가능하였다. 결과적으로 ICP/MS를 이용한 18개의 미량무기원소 및 27개의 미량동위원소비율 분석을 통한 LDA 통계처리로 수입산 6국가 및 국내산 10지역의 원산지 판별가능성을 확인하였다.

제 5절. 3년간 연구수행 내용 및 연구성과 종합 평가

1. 국산 돼지고기 맛과 관련된 분자유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발(제 1세부)

가. 4년간 연구수행 내용 및 연구성과 요약 및 성과

(1) 정성적 연구성과

(가) 맛 지수(palatability index)개발

- ① 종돈의 육질형질(meat quality)에 따른 유전자마커(genetic marker)효과 검증
- ② 돼지고기 물리적, 화학적, 관능적의 유전모수 추정
- ③ 돼지고기 관능평가 매뉴얼 개발
- ④ 맛 지수를 적용한 종돈개발 방안 검증 및 확립
- ⑤ 현장 적용가능한 맛 지수 개발

(나) 포크 소믈리에(pork sommlier) 제도 및 교육교재 개발

- ① 포크소믈리에 제도 개발 : 한국산업인력공단과 연계 추진중
- ② 포크소믈리에 교재 개발
- ③ 포크소믈리에 자격제도 산업화를 위해 한국산업인력공단과 진행중

(2) 정량적 연구성과

(가) 특허, 논문

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			코드번호			기여율 (사사여부)
			출원인	출원일	출원번호	등 록			
						등 록 인	등 록 일	등 록 번호	
1	육류의 단맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 104979				25% (단독사사)
2	육류의 짠맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 104989				25% (단독사사)
3	육류의 신맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 104984				25% (단독사사)
4	육류의 쓴맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 104995				25% (단독사사)
5	육류의 감칠맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 104994				25% (단독사사)
6	육류의 맛을 예측 또는 추정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단,정피 엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0 105002				25% (단독사사)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율 (사사여부)
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
7	동위원소 비율 분석 및 미량 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법	국내	정피엔씨연구소 조선대학교산학협력단	2017.06 26	10-2017-0 080789				50% (단독사사)
8	국내 지역별 돼지고기 판별 방법	국내	정피엔씨연구소 조선대학교산학협력단	2017.06 26					50% (단독사사)

(나) 저작권(서적)

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	코드번호		기여율
					등록번호	저작권자명	
1	맛평가를 위한 관능검사법	2016.7.19	(주)정피엔씨연구소	2016.7.19	ISBN : 9788988683088 93520	자료편찬	100%
2	돈육 소물리에 교재	2016.7.20	(주)정피엔씨연구소	2016. 7.22	ISBN : 97889886830 95 93520	자료편찬	100%

(다) 교육지도성과

No	교육자	교육대상	교육내용	일시	코드번호	
					장소, 국명	소속기관명
1	정종현	경남마이스터양돈반	최신 종돈 개량 기법	2015	진주 대한민국	경남농업기술원
2	정종현	경남마이스터양돈반	돼지고기 육질분석을 활용한 고품질돼지고기 생산방안	2015	진주 대한민국	경남농업기술원
3	정종현	전북마이스터양돈교육	세계 양돈산업과 한국양돈산업 동향	2016	전주 대한민국	전북대
4	정종현	농협 통합 육종체계구축을 위한 대표자회의	돈육의 차별화 기술동향	2016	영광 대한민국	농협중앙회
5	정종현	B-mode 초음파기기교육	B-mode초음파기기 활용한 종돈개량방안	2016	천안 대한민국	송강
6	정영철	농협종돈개량사업소, (주)가야육종, 제주양돈농협	고품질 돼지고기 생산방안	2016	용인 대한민국	농협 종돈개량사업소

No	교육자	교육대상	교육내용	일시	코드번호	
					장소, 국명	소속기관명
7	정영철	제주양돈농협	돈육의 차별화기술동향(원산지 관별분석결과)	2016	제주 대한민국	제주양돈농협
8	정종현	농협중돈개량사업소, (주)가야육종, 제주양돈농협	돼지고기 원산지 관별방안	2017	제주 대한민국	제주 양돈농협
9	정종현	농협중돈개량사업소, (주)가야육종, 제주양돈농협	차별화 돈육 생산방안	2017	사천 대한민국	가야육종

(라) 산업화를 위한 기술협약

No	성과 기술명	협약기관	주요내용	협약	추후현황	기여율
1	포크소믈리에 자격제도 산업화	한국산업 인력공단	자격검정 사업에 대한 커버넌스 체계구축	2017. 7.30	포크소믈리에 자격검정 표준화작업 추진중	100%

(바) 학술발표

No	구분	발표자	주요내용	협약	추후현황	학회
1	국내	정종현외 2인	돼지의 종료종모돈의 품종별 경제형질의 특성 조사	2015. 8.25	건국대학교 대한민국	한국동물 자원과학 회

(마) 홍보성과

No	홍보유형	매체명	제목	일시
1	월간잡지	중돈개량	돼지고기 품질결정요인 - 글루타민산	2014. 09.01
2	월간잡지	중돈개량	돼지고기 기능성성분	2015.05.01
3	중앙전문지	축산신문	돼지고기 맛의 비밀	2015.06.12
4	월간잡지	중돈개량	중돈개량을 위한 경제형질의 경제적 가치 추정	2015.07.01
5	월간잡지	중돈개량	돼지고기 지방부위별 지방산 특징	2015.08.01

No	홍보유형	매체명	제목	일시
6	월간잡지	중돈개량	국산·수입산 돈육 판별법 개발 사례	2016.01.25
7	월간잡지	중돈개량	고급육생산을 위한 핵심관리 - 돼지고기 품질 결정요인 - pH(산도)	2016.02.25
8	월간잡지	중돈개량	고급육생산을 위한 핵심관리 - 국산·수입산 돈육 판별법 개발 사례	2016.05.25
9	월간잡지	중돈개량	고급육생산을 위한 핵심관리 - 돼지고기 품질을 좌우하는 3대 육질형질	2016.06.25
10	월간잡지	중돈개량	고급육생산을 위한 핵심관리 - 돼지고기의 품질, 맛을 결정하는 요인(1)	2016.07.25
11	월간잡지	중돈개량	돼지고기 맛과 지품품질과의 관계	2017.02.25
12	월간잡지	중돈개량	돼지고기 맛의 비밀	2017.03.25
13	월간잡지	중돈개량	지방의 올바른 이해	2017.04.25
14	전문지	축산식품과 산업	동위원소 분석을 이용한 돼지고기 원산지 판별 법(영국 사례)	2017.07
15	박람회참가	한국국제 축산박람회	연구성과 홍보	2015
16	박람회참가	한국국제 축산박람회	연구성과 홍보	2017

나. 종합평가 및 향후 발전 방안

- (1) 본 연구는 FTA로 수입관세가 완전히 없어지는 시기를 겨냥해 국산 돈육의 차별화와 경쟁력을 확보하기 위하여 첫째, 국산과 수입산을 차별화할 수 있는 국산돈육의 인증 방안을 연구하고, 둘째, 국내 소비자가 선호할 수 있는 국산 돼지고기의 맛을 증진시키기 위한 맛 지수를 개발하고, 셋째, 국산 돼지고기의 소비 판촉을 위한 돼지고기 전문가 양성과 제도를 개발하기 위한 과제임.
- (2) 국내산 돼지고기 맛을 증진시키기 위한 과학적이면서 객관적인 지표를 개발하므로서 수입산과 차별화된 브랜드 돈육을 생산할 수 있는 체계를 확보하기 위하여 맛과 관련된 분자유전학적 요인에 대한 연구를 수행하였고, 또한 제 1협동(충북대)과 제 2협동(전북대)와 공동으로 돼지고기의 맛을 차별화할 수 있는 지수(palatability index)를 개발하였다. 본 연구결과를 활용하여 차별화된 중돈개발, 비육돈생산체계를 확립한다면 국내 양돈산업의 가장 큰 경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이라고 사료된다.
- (3) 일반 소비자들을 대상으로 돼지고기의 정확한 지식을 전달할 수 있는 포크소믈리에를 양성하기 위한 체계적인 교육자료 및 교육프로그램을 개발하였고, 또한 한국산업인력공단과 자격제도 개발을 추진하고 있어 향후 국산 돈육의 소비촉진에 기여할 수 있을 것이라고 사료된다.

2. 품종 및 교배방식별 육질분석을 통한 맛 증진 요인 연구 및 산업화(제 1협동)

가. 4년간 연구수행 내용 및 연구성과 요약 및 성과

(1) 정성적 연구성과

- ① 돼지 성별, 품종 및 교배방식별 도체성적, 육질특성 및 관능특성 비교 분석 자료 축적
- ② 돈육의 물리적, 화학적 육질특성 분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가
- ③ 돈육의 관능적 특성 분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가
- ④ 상관도 분석을 통한 신뢰도 높은 맛 지수 개발 및 특허출원

(2) 정량적 연구성과

(가). 논문성과

No	논문명	학술지명	주저자명	호	코드번호		SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
					국명	발행기관			
1	Relationships between Single Nucleotide Polymorphism Markers and Meat Quality Traits of Duroc Breeding Stocks in Korea	Asian-Australian journal of Animal Sciences	최정석	29(9)	대한민국	AJAS	SCIE	2016.08	게재확정
2	돼지의 교배조합별 등심의 품질특성 비교	동물생명과학 연구	정지택	8	대한민국	충북대 동물생명과학연구소	비SCI	2016.06	게재확정
3	Comparison of the meat quality and fatty acid composition of longissimus muscle from purebred and LYD pigs for Improvement of Pork Quality	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	최영석	36(5)	대한민국	한국축산식품학회	SCIE	2016.10	게재확정
4	국내 순종 돼지의 품종별 이화학적 육질특성 비교	동물생명과학 연구	정지택	9	대한민국	충북대 동물생명과학연구소	비SCI	2017.06	게재확정
5	Effects of Pig Breed and Cross Combination on Pork Quality	석사학위논문	김영진		대한민국	충북대학교		2017.02	학위취득

(나). 학술발표

No	발표내용	발표자	코드번호		
			발표일시	장소	국명
1	61st International Congress of Meat Science & Technology	최형규	2015. 08. 25	Clermont Ferrand Hotel	프랑스
2	61st International Congress of Meat Science & Technology	최현수	2015. 08. 25	Clermont Ferrand Hotel	프랑스
3	한국축산식품학회 제48차 학술대회	정지택	2016. 05. 26	국립축산과학원	대한민국
4	2016년도 한국동물자원과학회 종합학술대회	정지택	2016. 06. 23	서울대학교	대한민국
5	62st International Congress of Meat Science & Technology	정지택	2016. 08. 15	Swissotel Le Concorde Hotel	태국
6	The international conference of KoSFA and 49th Annual Meeting	정지택	2017. 05. 18	천안상록리조트	대한민국
7	2017 한국축산학회 학술발표회	정지택	2017. 06. 29	전남대학교	대한민국
8	63st International Congress of Meat Science & Technology	정지택	2017. 08. 14	Rochestown Park Hotel	아일랜드

(다). 지식재산권

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	육류의 단맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104979				100%
2	육류의 짠맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104989				100%
3	육류의 신맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104984				100%
4	육류의 쓴맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104995				100%
5	육류의 감칠맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104994				100%
6	육류의 맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0105002				100%

(라). 인력양성

No 1	분류	연구원명	기준 년도	코드번호										
				현 황										
				학위별				성별		지역별				
				박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학위과정	최형규	2016		○			○		○				
2	학위과정	최현수	2016		○			○		○				
3	학위과정	최영석	2017		○			○		○				
4	학위과정	김영진	2017		○			○		○				
5	학위과정	정지택	2018 수료예정		○			○		○				
6	학위과정	이진규	2018 수료예정		○			○		○				

나. 종합평가 및 향후 발전 방안

- (1) 제 1협동과제(충북대)는 우선 품종별 교배조합별 돼지의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석하여 돼지고기 맛을 증진시키는 요인을 구명하였다. 또한, 축적된 연구결과물을 전문학술지에 투고하여 학술 경쟁력이바지에 기여하였고, 돼지고기 품질 분석방법의 표준화와 정확성 향상에 기여하였고, 식육 분석에 따른 돼지고기 품질향상의 가이드라인을 제시하였다. 또한 맛 증진을 위해 육량중심의 돼지고기 생산체계에서 육량·육질중심의 돼지고기 생산체계로 전환할 수 있는 기반을 마련하였다.
- (2) 종합적이며 객관화된 수치로 나타낸 맛 지수 개발을 통해 소비자들이 손쉽게 돼지고기 구매결정을 할 수 있도록 하며, 맛 지수에 따라 차별화된 가격 책정이 가능하여 소비자가 가격대별 다양한 선택을 할 수 있고 양돈 생산자에게는 역시 맛지수가 높은 고품질 돈육을 생산할 수 있는 지표를 제공할 수 있을 것이라고 사료된다.

3. 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구(제 2협동)

가. 4년간 연구수행 내용 및 연구성과 요약 및 성과

(1) 정성적 연구성과

- ① 돼지 성별, 품종 및 교배방식별 유리아미노산, 지방산 및 핵산관련 물질 분석
- ② 돈육의 유리아미노산분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가
- ③ 돈육의 지방산조성 분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가
- ④ 돈육의 핵산 분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가

(2) 정량적 연구성과

(가). 논문성과

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재 지/ 특허등록 국가	코드번호		사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부 /인용횟 수 등)
						Imp act Fact or	논문게재 일 /특허등록 일		
1	논문	Meat Quality and Physicochemical Trait Assessments of Berkshire and Commercial 3-way Crossbred pigs	전북대	교신 저자	Korean Society for Food Science of Animal Resources		2016.09.04	단독사사	SCIE
2	논문	Relationships between single nucleotide polymorphism markers and meat quality traits of duroc breeding stocks in korea	전북대	공동 저자	Asian-Australasian Journal of Animal Sciences	0.971	2016.08.10	단독사사	SCIE
3	논문	meat quality and chemical assessment of porcine longissimus dorsi according to postmortem pH24	전북대	교신 저자	Animal Production Science	1.371	심사중 (Revision 2)	중복사사	SCI
4	논문	Comparative studies of meat quality traits and the proteome profile between low pH and high pH muscles in longissimus dorsi of Berkshire	전북대	교신 저자	Canadian Journal of Animal Science	0.827	출판중 DOI(10.1139/CJAS-2016-0230) (17년 12월호)	단독사사	SCI
5	논문	Influence of probiotics-friendly pig production on meat quality and physicochemical characteristics	전북대	교신 저자	Korean Society for Food Science of Animal Resources		심사중	단독사사	SCIE

(나). 학술발표

No	발표내용	발표자	발표일시	코드번호	
				장소	국명
1	한국동물자원과학회	심관섭	2015. 08. 25	건국대학교	대한민국
2	한국동물자원과학회	강다래	2016. 06. 23	서울대학교	대한민국
3	한국동물자원과학회	강한나, 심관섭	2016. 06. 23	서울대학교	대한민국

(다). 교육지도성과

No	교육자	교육대상	교육내용	일시	코드번호	
					장소, 국명	소속기관명
1	심관섭	전북마이스터양 돈반	돈육의 맛 관련 인자 분석	2015	전주 대한민국	전북농업기술원
2	심관섭	전북마이스터양 돈반	돈육의 옹취 인자 분석	2017	전주 대한민국	전북농업기술원

(라). 지식재산권

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	육류의 단맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104979				100%
2	육류의 짠맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104989				100%
3	육류의 신맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104984				100%
4	육류의 쓴맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104995				100%
5	육류의 감칠맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0104994				100%
6	육류의 맛을 예측 또는 측정하는 방법	국제	충북대학교산학협력단, 정 피엔씨연구소, 전북대학교산학협력단	2017. 08.18	10-2017-0105002				100%

(마). 인력양성

No 1	분류	연구원명	기준년도	현황											
				학위별				성별		지역별					
				박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	학위과정	김도영	2016		○			○						○	
2	학위과정	박진룡	2016		○			○						○	

나. 종합평가 및 향후 발전 방안

(1) 제 2협동과제(전북대)는 돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 요인중에 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산 패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수를 개발하기 위한 지표로 활용하였다. 또한 돼지고기와 관련된 이화학적 요인과 물리적, 화학적 및 관능적 특성(제 1협동과제)와 협업 연구를 통한 전문학술지에 투고를 하였고, 이 결과를 기반으로 품종별 이화학적 특성을 활용한 고품질 돼지고기 생산체계에 활용할 수 있을 것이라고 사료된다.

4. 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발(제 3협동)

가. 4년간 연구수행 내용 및 연구성과 요약 및 성과

(1) 정성적 연구성과

(가). ICP-MS 및 ICP-OES 분석조건 최적화

- ① 돈육 원산지 판별을 위한 ICP-MS 및 ICP-OES 분석 조건 수립 및 무기원소 선정
- ② 돈육의 부위별 원산지 판별률에 기여도 차이 확인 및 최적의 방법 확인
- ③ 원산지별 미량 및 다량 무기원소 함량, 비율 분석

(나) EA/IRMS, 동위원소 자연존재비 특성 분석

- C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) 동위원소 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ -value에 의한 돈육의 지역적 특성 확인

(다) 통계분석을 바탕으로 원산지 판별적용가능성 및 타당성 검토

- LDA 통계분석을 통한 6개의 수입국가 및 10개의 국내산 돈육의 원산지판별 가능성 확인

(2) 정량적 연구성과

(가). 논문성과

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Geographical origin authentication of pork using multi-element and multivariate data analyses	조선대	교신 저자	Meat Science	3.126	2017.01	단독	SCI
2	논문	Origin discrimination of defatted pork via trace elements profiling, stable isotope ratios analysis, and multivariate statistical techniques	조선대	교신 저자	Meat Science	3.126	Under review	단독	SCI
3	논문	Origin authentication of pork fat via elemental, isotope ratios and multivariate chemometric analyses	조선대	교신 저자	Food chemistry	4.529	Under review	단독	SCI
4	학술 발표	Macro Elements and Trace Elements of Pork for Discrimination of Geographical Origin Authentication	조선대	교신 저자	5th International Conference on "Food, Chemical, Biological and Healthcare Science"	-	2017.07.11.-1 2	-	-

(나). 특허성과

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율 (사사여부)
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	동위원소 비율 분석 및 미량 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법	국내	정피엔씨연구소 조선대학교산학협력단	2017.06 26	10-2017-0 080789				50% (단독사사)
2	국내 지역별 돼지고기 판별 방법	국내	정피엔씨연구소 조선대학교산학협력단	2017.06 26	출원중				50% (단독사사)

(다). 인력양성

No	논문명	소속기관명	과정	저자명	수여날짜	기여율
1	안전 동위원소 비율과 미량 무기원소 분석을 이용한 돼지고기 원산지 판별	조선대	박사	김재성	2016.02	90%
2	미량무기성분 및 동위원소 비율 분석에 의한 돼지고기의 원산지 판별	조선대	석사	박유민	2018.02	100%

나. 종합평가 및 향후 발전 방안

- (1) 제 3협동과제(조선대)는 ICP-MS 및 ICP-OES 분석조건 최적화를 위해 돈육 원산지 판별을 위한 ICP-MS 및 ICP-OES 분석 조건 수립 및 무기원소 선정하여 돈육의 부위별 원산지 판별률에 기여도 차이 확인 및 최적의 방법 확인하였고, 원산지별 미량 및 다량 무기원소 함량, 비율을 분석하였다.
- (2) EA/IRMS, 동위원소 자연존재비 특성 분석을 위해 C, N($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) 동위원소 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ -value에 의한 돈육의 지역적 특성 확인하였다. ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 무기원소분석, 무기원소 동위원소 비율분석 및 C, N 동위원소 비율분석을 통한 LDA 통계처리로 돈육의 수입산 및 국내산 원산지 판별이 가능한 분석법을 확립하였으며, 이와 관련하여 특허 출원 및 SCI 저널에 투고하여 1편 게재 및 2편 리뷰중인 상태로 학술적, 산업적 효과가 높을 것으로 사료된다.
- (3) 본 연구에서 개발된 방법으로 간편하고 신속한 원산지 판별을 통하여 원산지 허위표시 등과 같은 불법행위의 근원을 차단하여 식품의 안전성 확보를 위해 돼지고기의 원산지 확인을 통해 소비자의 선택 기준의 다양성 증가 및 소비 증진에 기여하고, 또한 품질이 우수한 국내산 축산물 유통의 투명화로 축산업의 경쟁력을 신장시킬 것으로 기대한다.

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

제 1절 목표달성도

가. 연구개발의 목표 달성도

세부과제명	세부연구 목표	달성도	연구개발의 내용
<제 1세부> 국산 돼지고기 맛과 관련된 유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발	맛지수 요인연구 및 맛/육질 관련 유전자 마커 분석을 통한 유전적 특성 규명	100	<ul style="list-style-type: none"> - 맛지수 구성 요인별 연구 - 육질관련 유전자마커 조사 및 적용 가능성 연구 - 순종, F1 및 3품종 비육돈의 육질 관련 마커 분석 (대상 및 두수: 선진종돈장과 협의)
	맛과 육질간의 상관도 연구 및 맛지수 적용 가능성 연구, 유전자 마커 분석을 통한 검증	100	<ul style="list-style-type: none"> - 순종, F1 및 3품종 비육돈의 육질관련 마커 분석 - 물리적, 화학적 육질형질의 유전모수 추정 - 맛과 육질간의 상관도 연구와 맛지수 개발
	맛 지수개발 및 현장적용 모델 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 제 1협동과제와 제 2협동과제와 연계하여 물리적, 이화학적 육질 특성을 기초로 하여 맛 지수(palatability) 개발 및 현장 적용 모델 - 맛 지수를 활용한 종돈 선발 모델 개발
	포크 소믈리에 교재 및 교육프로그램(교재)개 발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 돈육 기초 자원 조사 - 브랜드 돈육의 현황 조사 - 포크 소믈리에 교재 개발 - 포크 소믈리에 자격 제도 개발 - 포크소믈리에 자격제도 산업화 방안 강구
<제 1협동> 품종 및 교배 방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인 연구	품종별 및 교배조합별 도체특성 조사 및 물리적 특성 조사를 통한 맛 증진 요인 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 도체 특성, 도체등급, 부분육 생산율 조사 - 등심과 삼겹살의 물리적, 화학적 특성 (pH4hr, 육색, 드립로스, 전단력, 미블링스코어, 근내지방 비율)
	돼지고기 맛 증진 요인분석을 통해 맛 지수 개발을 위한 물리적 특성 자료 제공	100	<ul style="list-style-type: none"> - 도체 특성, 도체등급, 부분육 생산율 조사 - 등심근의 의 물리적 특성 - 품종별 교배조합별 맛과의 상관도 분석

세부과제명	세부연구 목표	달성도	연구개발의 내용
<제 1협동> 품종 및 교배 방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인 연구	돈육의 맛과 단백질과의 관련성 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 이화학적 특성과 육질에 대한 기계적 평가와의 관련성 분석 - 품종별 지방, 단백질 특성과 기계적 조직감과의 관련성 조사) - 이화학적 육질특성과 관능평가와의 연관성 분석 - 올레익산의 함량, 지방산화 및 아미노산의 조성이 관능평가와 연관성조사
<제 2협동> 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구	돈육의 맛과 지방과의 관련성 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 근내 혹은 근간 지방함량 조사 - 품종별 도체등급에 따른 부위별 지방함량과 조성 조사) - 품종별 지방산 조성에 따른 단가불포화와 다가 불포화지방산 조성 비율의 특성조사 - 품종별 올레익산의 함량 혹은 지방 산화에 따른 관능적 특성변화 조사
	돈육의 맛과 단백질과의 관련성 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 아미노산의 조성과 특성이 돈육의 맛에 미치는 영향 조사 - 품종 혹은 품종별 도체등급에 따른 단백질 함량과 아미노산 조성 조사 - 아미노산 구조적 특성이 돈육의 맛에 미치는 영향 조사 - 관능검사와의 관련성 입증
	돈육의 맛과 단백질과의 관련성 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 이화학적 특성과 육질에 대한 기계적 평가와의 관련성 분석 - 품종별 지방, 단백질 특성과 기계적 조직감과의 관련성 조사) - 이화학적 육질특성과 관능평가와의 연관성 분석 - 올레익산의 함량, 지방산화 및 아미노산의 조성이 관능평가와 연관성조사
<제3협동> 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발	EA-IRMS 적용성 확인 및 돈육의 동위원소비율 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ EA/IRMS를 이용한 동위원소 존재비율 분석에 의한 원산지 판별 - 최적 전처리 조건 및 EA/IRMS의 최적 분석조건 확립 - 동위원소 비율(δ-value (%)) 분석 및 data 확보 - 통계를 이용한 원산지별 돈육 모니터링 분석

세부과제명	세부연구 목표	달성도	연구개발의 내용
<p><제3협동> 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발</p>	<p>ICP-MS를 이용한 돈육의 동위원소 분석</p>	<p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 시료의 특징원소 설정 및 원소의 동위원소비율 분석을 통한 원산지 판별 방법 개발 - 시료의 분석을 통한 특징원소 설정 및 동위원소 비율 분석실시 - 각 시료 중 미량 무기원소와 특정 동위원소존재 비율의 원산지별 특성 평가와 data의 통계 처리 실시 - 미량무기원소 및 동위원소의 각 원산지별 시료에 함유되어 있는 미량원소 모니터링
	<p>지역별 생산된 국산 돈육의 동위원소 비율 분석</p>	<p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 동물의 경우 주식이 풀인 경우와 곡물(옥수수)인 경우 체내 13C/12C의 비율이 다름을 이용한 비율 확인 - C, N 동위원소 별 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ-value 분석실험에 의한 국산 돈육의 지역적 특성 확인 - 통계분석을 바탕으로 국내 지역별 생산 돈육 판별적용가능성 및 타당성 검토

나. 정량적 목표 달성도

과제명	세부과제명	달성도	연구개발의 내용
국산돈육 인증 및 차별화를 위한 기술개발 및 산업화 연구	<제 1세부> 국산 돼지고기 맛과 관련된 유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - ○ 순종, F1, 3품종 비육돈의 유전자 마커 분석 두수 : 200두이상 ○ 육질향상을 위한 유전자 마커 : 3종이상 ○ 유전자정보 활용 DB의 구축 ○ 참여 종돈장 수 : 2개이상 ○ 맛지수 개발을 통한 산업화 현황 ○ 돈육 소믈리에 교재 ○ 돈육 소믈리에 자격제도 개발
	<제 1협동> 품종 및 교배 방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인 연구	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도체특성, 도체등급 및 부분육생산을 조사 두수 ○ 등심과 삼겹살의 물리적 특성을 위한 조사두수 ○ 맛지수 개발을 위한 근육의 특성 조사 두수 ○ 관능검사 두수 : 20명이상 ○ 일반인 대상 돈육 특성 교육횟수 : 매년 5회이상
	<제 2협동> 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화화학적 연구	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지방산 조성 분석두수 : 100두이상 ○ 아미노산 분석 두수 : 100두이상
	<제3협동> 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ EA/IRMS 및 ICP-MS 분석조건 최적화 ○ 원산지별 동위원소 자연존재비 특성 분석 ○ 원산지별 미량 무기원소 특성 및 함량 비율 분석 ○ 시료 분석결과와 실제 원산지 일치 여부 ○ 분석방법의 정확성 ○ 결과의 재현성

제 2절 관련분야 기여도

세부과제명	기여도
<p><제 1세부> 국산 돼지고기 맛과 관련된 유전학적 요인연구 및 맛 지수 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내산 돼지고기 맛을 증진시키기 위한 과학적이면서 객관적인 지표를 개발 하므로써 수입산과 차별화된 브랜드 돈육을 생산할 수 있는 체계를 확보하기 위하여 맛과 관련된 분자유전학적 요인에 대한 연구결과를 활용하여 차별화된 종돈개발, 비육돈생산체계를 확립한다면 국내 양돈산업의 가장 큰 경쟁력 확보에 기여 ○ 일반 소비자들을 대상으로 돼지고기의 정확한 지식을 전달할 수 있는 포크 소블리에를 양성하기 위한 체계적인 교육자료 및 교육프로그램을 개발하였고, 또한 한국산업인력공단과 자격제도 개발을 추진하고 있어 향후 국산 돈육의 소비촉진에 기여할 수 있음
<p><제 1협동> 품종 및 교배 방식별 육질 분석을 통한 맛 증진 요인 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 품종별 교배조합별 돼지의 육질과 조리후의 관능평가를 통한 특성을 분석하여 돼지고기 맛을 증진시키는 요인을 구명하고 돼지고기 품질 분석방법의 표준화와 정확성 향상에 기여하였고, 식육 분석에 따른 돼지고기 품질향상의 가이드라인을 제시하였음/ 또한 맛 증진을 위해 육량중심의 돼지고기 생산체계에서 육량·육질중심의 돼지고기 생산체계로 전환할 수 있는 기반을 마련하였음 ○ 종합적이며 객관화된 수치로 나타낸 맛 지수 개발을 통해 소비자들이 손쉽게 돼지고기 구매결정을 할 수 있도록 하며, 맛 지수에 따라 차별화된 가격 책정이 가능하여 소비자가 가격대별 다양한 선택을 할 수 있고 양돈 생산자에게는 역시 맛지수가 높은 고품질 돈육을 생산할 수 있는 지표를 제공할 수 있음
<p><제 2협동> 돼지고기의 맛과 관련된 요인의 이화학적인 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 돼지고기의 맛을 결정하는 이화학적인 요인중에 유리아미노산 함량, 글루타미산 및 이노신(IMP)함량을 측정하고, 지방의 품질을 결정할 수 있는 지질산패도(TBARS)를 측정하여 맛 지수를 개발하기 위한 지표로 활용할 수 있으며 이 결과를 기반으로 품종별 이화학적 특성을 활용한 고품질 돼지고기 생산체계 구축
<p><제3협동> 국내·수입산을 구별 할 수 있는 돼지고기의 인증 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 무기원소분석, 무기원소 동위원소 비율분석 및 C, N 동위원소 비율분석을 통한 LDA 통계처리로 돈육의 수입산 및 국내산 원산지 판별이 가능한 분석법을 확립하였으며, 이와 관련하여 특허 출원 및 SCI 저널에 투고하여 1편 게재 및 2편 리뷰중인 상태로 학술적, 산업적 효과 향상에 기여

제 5장. 연구결과의 성과 및 성과 활용계획

(1) 기술적 측면

- 돈육의 물리적, 화학적 육질특성 분석 방법에 대한 표준화 및 정확성 증가에 활용
- 돈육의 관능적 특성 분석 방법에 대한 표준화
- 브랜드 돈육 평가에 객관적 검증프로그램 적용
- 돈육질 특성의 분석기법 확립 및 육질특성 대표 항목 재정립
- 복잡한 돈육질 특성의 간편한 지수화
- 돈육의 육질에 대한 새로운 기준 제시로 관련 업계의 연구 활성화

(2) 경제적, 산업적 측면

- 독점 기술 확보에 의한 산업 경쟁력 제고
- 돈육의 맛 지수에 따른 가격 차별화 정책 가능
- 가격 차별화에 따른 고수익의 돈육 생산과 저가 돈육의 대량 매매로 축산농가의 수익 증대
- 연구에 대한 지식과 경험의 축적으로 학술 경쟁력 제고에 이바지
- 연관 산업의 수익 증대 및 경쟁력 제고, 그리고 고용의 창출
- Farm to table에 이르는 생산자, 유통사, 소비자의 이해 관계 개선 및 신뢰성 구축
- 돈육 생산자의 이미지 재고를 통한 자발적 수요 증대
- 개발된 맛 지수의 특허 등록
- 유전능력평가 프로그램, 검증프로그램 특허 등록
- 맛 지수의 상용화 및 기술이전
- 원산지 허위표시 등의 불법행위를 예방하여 농업인의 소득증대와 소비자 보호에 이바지
- 원산지 판별기술을 통한 과학적인 근거마련으로 공정한 거래질서를 유도하여 식품의 안전성 확보
- 수출입 검역소, 검사기관, 수입업체 등에서 돈육의 원산지 판별 방법으로 활용
- 돈육의 수입산/국내산 판별 및 지역적 특성 확인을 통해 지역별 특성화 부여 및 소비 증진 목적
- 개발된 원산지 판별 방법을 이용하여 원산지 정보관리를 위한 기초자료로 활용
- 돈육 선택 기준의 다양성 및 요리법의 다양성으로 돈육 소비 활성화 기여.

제 6장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 맛을 측정하는 원리(관능평가)

- **패널의 선정과 관리, 운영** : 관능검사를 하기 위해서는 우선 평가를 하는 사람의 특성을 확실히 해야 할 필요가 있다. 사람의 감각은 사람마다 다르기 때문에 개인이라도 그때마다 판단이 다른 것은 일반적이다. 즉 인간의 감각을 측정기로 대체하는 관능검사는 기구측정과 는 다르고 본질적으로 불균형이 따른다는 것을 전제로 실시하여야 한다. 그리고 연구대상물 을 평가하여 객관적인 데이터를 얻기 위해서는 그 목적의 사람을 선발하여 패널(panel : 관 능검사를 하기 위해 선발된 사람의 집단)의 선정이 필수적이다. 하지만 현실에서는 「선 발」이 아니라 연구자의 지인, 예를 들어 연구소직원 또는 학생 등으로 대체하는 것이 현실 이다. 물론 그들로도 충분히 목적을 달성할 수 있다. 하지만 일관성을 가지는 범위에서 조건 설정이 필요하게 된다.
- **분석형 패널과 기호형 패널** : 관능검사의 내용을 크게 나누면 분석형 관능검사와 기호형 관능검사로 분류된다. 분석형 관능검사는 검사대상물의 특성(예를 들어 케이크의 단맛의 정 도나 고기의 부드러움 등)을 평가하거나 품질간의 차이를 구별하는 것이다. 이러한 검사를 하는 패널에게는 예민한 감도가 요구된다. 목적에따른 전문적인 교육을 필요로하는 경우도 있다(분석형 패널). 기호형 관능검사는 평가하는 대상물의 기호(좋음)를 평가하는 것이다. 패 널은 식품의 좋음, 싫음의 판단가능한 사람이면 좋다(기호형 패널). 하지만 일반 소비자의 기호를 대표하여 선발하는 것이 중요하다. 또한 패널의 속성(연령, 생활환경 등)의 평가결과 에 영향을 주는 위험이 있는 경우에는 학생이나 회사원 등 가까운 집단을 이용하기도 한다. 분석형 패널은 검사원 개인이 가지는 감정 없이 감각만의 객관적인 판단을 하지 않으면 안 된다. 이에 대해 기호형 패널은 개인이 좋아하는 것을 판단하는 것이기 때문에 당연히 판단 은 감정에따른 주관적인 판단이 된다. 즉 분석형 관능검사는 사람의 감각기관을 사용하여 물건의 특성을 측정하는 것이고 기호형 관능검사는 반대로 물건을 사용한 사람의 감성을 아 는 것이다. 따라서 자연스럽게 양쪽 관능검사의 패널을 사용하여 알아야할 필요가 있다.
- **패널의 조건** : 미각의 감도는 자극의 종류에따라 변한다고 하고 있다. 예를 들어 단맛에 대해서 민감한 감도를 가지더라도 신맛이나 짠맛에 대해서는 민감하지 않다. 또한 자극을 주는 방법(수용액이나 고형물), 실험방법(2점식별 시험법이나 3점식별 시험법)등에 따른 각 각 좋고 나쁨이 있어 검사 방법에따라 개인의 성적이 일관되는 것은 아니다. 또한 미각 감 도는 개인의 특성(성격 또는 경험 등)에따라 변화한다. 따라서 여러 가지 방법을 이용하여 총합적으로 판단하여 패널을 선별하는 것이 중요하다. 더욱 패널을 선정함에 있어서 미각감 도 이외에도 여러 가지 조건이 있다.

- ① 건강해야 한다. : 우선 가장 중요한 것은 건강해야 하는 것이다. 질병일 때나 아플 때는 판단이 애매하기 때문에 불가능하다. 패널은 항상 판단의 안전성이나 당연성이 요구된다.
- ② 흥미나 의욕이 있어야 한다. : 관능검사에 대해서 흥미나 의욕이 없는 사람, 즉 할 마음이 없는 사람이 패널에 선택되는 경우도 있다. 관능검사를 「시키다」라는 의지로 참가하면 아마도 제대로 평가하려고 하지 않을 것이다. 평가의욕의 정도는 판정(결과)에 현저한 영향을 주는 것이다. 패널은 항상 테스트에 대해 흥미와 의욕을 가지지 않으면 안된다.
- ③ 이용하기 쉬워야 한다. : 사원으로 패널을 구성하는 경우에는 출장이 많은 종업원은 피해야 한다. 삼교대 근무자, 출장이 많은 사람은 감도가 좋아도 선별하지 않는 것이 좋다.
- ④ 과도하게 좋아한다고 치우쳐지지 않아야 한다. : 말할 것도 없이 식품을 평가할 때에는 좋고 싫음이 분명하면 정확한 평가는 나오기 힘들다. 식품을 좋아하는 것에 대해서 사전에 조사해야 할 필요가 있다. 그 외의 신중함, 집중력, 인내력, 협동성 등이 관능검사의 성적에 관계되지만 현실에는 이런 것을 검사하기에는 시간과 노력이 걸리고 패널을 선정하는 수단으로는 어렵다. 하지만 결과적으로는 이러한 성격을 가진 패널을 선발할 경우도 있다. 그러면 실제로 어떠한 방법으로 패널을 선정하여야 하는가 여기서 맛의 원(주)를 오랫동안 실험한 내용을 소개한다.

■ 미각감도 실험 방법

○ 5맛의 구별 테스트 : 5종류의 기본 맛(단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 풍미)를 대표로하는 정미물질 쇼당, 식소금, 주석산, 황산 키니네, 글루타민산 나트륨을 이용한 감도 실험방법을 소개한다. (표 1)에 표시한 것처럼 5종의 희석용액을 넣은 컵을 랜덤으로 각각의 맛을 맞추었다(배우법). 하지만 5개의 컵을 주어서 5종의 맛을 맞추는 방법은 5종류의 맛이 구별불가능 하더라도 4종류까지 알게 되면 전부 정답이 되 버린다. 이러한 확률을 적게 하기 위해서 증류수(무맛)을 넣은 컵을 3개 넣어 8개의 컵 중에서 5가지 맛을 맞추는 공부를 하고 있다.

(표 1) 5맛의 구별 실험용 시료농도(3개의 증류수와 함께 내놓음)

맛의 종류	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	풍미
용질	쇼당	식소금	주석산	황산 키니네	MSG*
농도(g/dl)	0.4	0.13	0.005	0.0004	0.05

* 글루타민산나트륨; 주) 황산 키니네를 대신하여 카페인을 사용하는 경우에는 그 농도는 0.025%전후가 좋다고 추정하고 있다.

실제로 이러한 방법으로 데이터를 얻어 축적된 2,117인의 각 맛별 판정율을 (표 2)에 표시하였다. 정답율은 단맛 68%, 짠맛 67%, 신맛 67%, 쓴맛 55%, 풍미 62%였다. 또한 쓴맛의 정답율이 다른 맛과 비교해 낮은 것은 무미(증류수의 맛)을 쓴맛으로 느끼는 판정율이 31%로 특히 많았다.

[표 2] 5가지 맛의 구별 실험의 맛의 종류별 판정율(%) (n=2,117명, 태자 : 정답율)

판정 \ 정답	단맛	짠맛	신맛	쓴맛	풍미
단맛	67.5	7.0	2.1	2.1	8.1
짠맛	3.8	66.7	6.8	2.9	8.1
신맛	2.6	8.2	66.5	6.0	7.0
쓴맛	2.4	1.8	8.9	54.9	3.4
풍미	7.8	9.4	2.4	3.4	62.0
무미	15.7	6.8	13.3	30.7	14.9

나. 영국의 돼지고기 원산지 판별을 위한 동위원소 분석법

영국 BPEX(영국 양돈, 돈육자조금 위원회)는 영국산 돈육을 증명하는 “Red Tractor Pork” 시스템의 하나로 국산 돈육 증명방법이다. BPEX는 2013년 10월부터 동위원소분석 방법을 도입한다고 발표했다. 3년간 연구 결과 영국산 돈육을 중수소, 탄소, 질소, 유황 4가지의 동위원소 비율을 가지고 증명할 수 있는 기술을 확보했기 때문이다. 영국 육류가공협회(BMPA)가 운영하는 SIRA(Stable Isotope Reference Analysis; 안정동위원소 참조 데이터베이스) 시스템으로 돈육의 동위원소를 분석한다고 발표했다. 영국 전역의 소매점에서 판매되는 영국산 표시 돈육 샘플을 무작위로 구입, 분석해 표시된 원산지의 일정한 동위원소 비율의 동위원소가 밝혀지지 않으면 소매점, 도축장, 농장기록을 역추적하는 과정을 거치게 된다. 영국 BPEX의 돈육 동위원소를 이용한 원산지 판별방법을 요약해 소개하고자 한다.

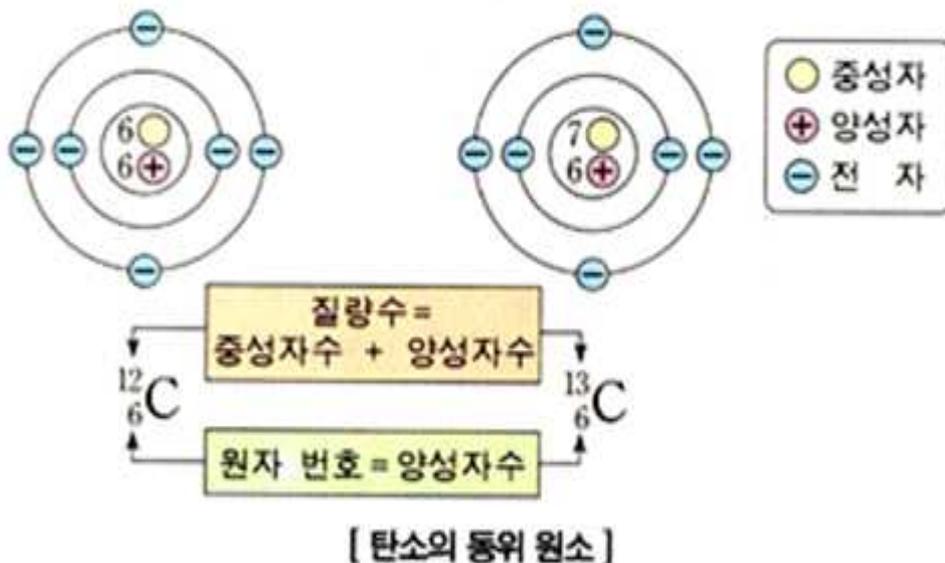
영국 BPEX는 2010년 8월에 “2009년 동위원소 연구보고서”를 발표하였. 2006~2008년 기간 중 간헐적으로 시행했었던 시험의 간단한 샘플분석 연구 후 2009년~2010년까지의 후속 연구 결과였다. 이 기간중에는 근본적인 기술의 유효성을 확인한 후 안정 동위원소 분석(stable isotope analysis)을 이용한 돼지나 돼지고기 제품의 인증을 위한 연구계획서를 만들었다. 살아 있거나 한 때 살았던 것에서 발견되는 생물체의 어떤 물질의 동위원소 비율은 그들의 먹거리가 자랐던 장소에 따라 다르기 때문에 동위원소 활용이 가능한 것이다. 한 지역의 특정 원산지 제품을 다량 분석하면, 그 지역을 대표하는 동위원소 특징적 표시(isotope signature)에 대한 데이터베이스(reference library)를 만들어낼 수 있다. 그렇게 하면 무작위채취샘플에서 나온 특징과 데이터베이스에 있는 특징의 범위를 비교하여 원산지를 판정할 수 있다.

BPEX 동위원소 연구 과제는 원칙적으로 England 와 Scotland에서 생산된 돼지나 돼지고기의 동위원소 비율의 기초자료를 이용한 체계적 참조자료로 ‘데이터베이스(database)’라고 칭한다. 그런 후, 이 연구과제에서는 수많은 돼지와 돼지고기 샘플을 비교하였고, 이 지역 돈육샘플

과 참고자료를 비교하여 원산지를 판별할 수 있다는 것을 확인하였다. 이 과정의 마지막단계에서 이름이 밝혀지지 않은 35개의 샘플(신선 돈육 15개, 베이컨이나 훈제햄 10개 및 햄 10개)을 분석했다. 그 중에서 BPEX가 파악하고 있는 지역의 생산자 주소(in England)는 5개 포함되었다. 이 5개의 샘플 동위원소를 데이터베이스와 비교를 하여, 영국산이라는 것을 확인하는 데 성공하였다. 신뢰도 99% 이상이였다.

2009년 3월 31일부터 2010년 3월 11일까지 총 228개의 샘플을 채취하여 독일 Agrisolab에 분석하러 보냈다. 그 중 153개는 이미 알려진 England와 Scotland 지역의 농장에서 온 것이고, 63개는 타국가의 제품으로 원산지는 단지 국가명만 알려진 것이였다. 또한 샘플 채취를 하는 동안의 위생 표준을 정밀조정하기 위하여 도살장 세척용 물통에서 나온 12개의 물 샘플을 분석하였다. 여기서 나온 총체적인 결과로 돈육에 대한 동위원소 표시 참조자료(데이터베이스)를 구성했고 따라서 물 샘플 자료만 빼면, UK와 non-UK 자료가 함께 들어 있는 데이터베이스는 England와 Scotland 216 지역에서 생산된 돈육 동위원소 자료로 구성되어 있다.

○ **동위원소분석 이용 원리** : 안정된 동위원소 참조데이터베이스(Stable Isotope Reference Analysis, SIRA)에 이용된 분석 기법은 같은 물질의 동위원소의 질량 사이에는 매우 작지만 차이가 나는 성질이 있는데, 이것을 측정할 수 있다는 점에 근거를 두고 있다. 질량 차이는 물질의 각 원자에 있는 전자나 양자의 수는 그대로 유지되는 반면 중성자의 수는 달라질 수 있기 때문에 생기는 것이다; 예를 들면, 탄소는 여러 가지 형태의 동위원소 형으로 존재하는데, 그 중의 두가지 탄소인 ^{12}C 와 ^{13}C 에는 각각 6양자/6중성자와 6양자/7중성자가 들어 있다. 이와 같은 탄소의 특별한 동위 원소는 식품 원산지 판별 기준이 된다. ^{12}C 와 ^{13}C 의 차이는 ^{13}C 원자에 단지 하나의 중성자가 더 있어서 ^{12}C 와 구분되는 것이다.



[그림 14] ^{12}C 와 ^{13}C : 탄소의 두 동위원소 비교

한 원자에 하나의 중성자가 더 있는 만큼의 차이는 매우 작아서 1.7×10^{-27} kg이다. 이렇게 작은 차이라고 해도 질량 스펙트로포토메타를 이용하면 공시된 샘플에 있는 각 동위원소의 양을 측정할 수가 있다. SIRA 분석은 동위원소의 절대량이 아니고 동위원소 쌍의 비율을 표시한다.

예를 들면, 식품을 입증하는 데 이용하는 두 개의 탄소 동위원소인 ^{12}C 와 ^{13}C 의 전형적인 비율은 98.89%, 즉, ^{12}C 보다 ^{13}C 이 1.122% ^{13}C 이 더 무겁다. 이런 비율의 표현방법으로 비율에다

1,000을 곱하여 permil(1000분의 1) 표시인 ‰를 붙여준다. 따라서 위에 표시된 비율은 permil 숫자인 11.22‰(0.01122×1000)로 표현된다.

SIRA의 분석결과는 채취샘플에서의 동위원소 비율과 국제 원자 에너지 기구(International Atomic Energy Authority, AEA)에서 제시한 표준 비율과의 차이를 보는 것이다. 예를 들어, 수소와 산소에 대한 AEA 표준은 Standard Middle Ocean Water(표준중양해수, SMOW)라고 부른다. 샘플과 표준 사이의 차이가 매우 작은 것 같이 보이지만, 1 permil의 차이라 할지라도 중요한 차이인 것이다. 그러므로 전형적인 분석 결과로는 다음과 같은 것이 있다.

$$\underline{-40.0\text{‰ D/H v.s. SMOW}}$$

이것이 나타내는 결과는 분석 샘플의 중수소(D)/수소(H)의 비율을 SMOW에 있는 D/H의 비율과 비교할 때에는 -40 permil(실제는 -4‰)의 분산(차이)이 있다는 것이다. SIRA에서는 네 가지 원소에 대해 다음 여섯 가지 동위원소 표시 차이를 분석 추적하는 것이다.

수소	D/H (근육 내 수분의 수소)
수소	D/H _{org} (근육의 수소)
탄소	¹³ C/ ¹² C (근육의 탄소)
탄소	¹³ C/ ¹² C _{lipid} (지방의 탄소)
질소	¹⁵ N/ ¹⁴ N (근육의 질소)
유황	³³ S/ ³² S (근육의 유황)

수소의 동위원소는 두 가지로 표현된다. 하나는 근육 세포 사이에서 추출한 물에 존재하는 D/H의 비율이고(이것의 원천은 동물이 마신 물이므로, 그 지역의 농장에 공급되는 물을 대표한다고 할 수 있다). 또 다른 하나의 수소는 D/H_{org}로 표현되는 데, 이것은 조직 단백질에서 추출된 D/H의 비율을 나타낸다(이것의 원천은 동물 사료이다). 탄소 ¹³C/¹²C의 비율은 단백질과 지방에서 각 각 측정하였다. 표시에서의 구별 방법은 지방유래원소의 표시는 lipid란 것을 더 붙여서 ¹³C/¹²C_{lipid}로 표시하였다.

○ 동위원소 분석비교를 통한 원산지 판별의 신뢰도 : 동위원소 분석비교는 무기 및 유기 성분은 모두 유사한 화학적 특징을 지니고 있다는 원리를 이용한다. 돼지 사료의 구성 성분인 단백질, 지방, 탄수화물, 미량 광물질, 및 비타민과 함께 물은 많은 원소와 조합으로 결합되어 있으며, 각 원소는 하나 이상의 동위원소 형태로 구성되어 있다. 이 동위원소는 사료를 섭취한 돼지의 근육과 지방에도 그대로 흡수되어 동일하게 존재한다는 사실을 원산지판별의 기본원리이다.

○ 지리적 요인 비교 : 동위원소 비율의 변이는 지리적 요인, 주로 위도와 경도, 또한 바다와의 거리에 따라서 달라진다. 예를 들어, 물(H₂O)은 동위원소 특징적 표시와 돈육이 생산된 지역과 강한 상관관계가 있다. 단지 나라 별로 물만 분석하여도 어느 나라가 원산지인가를 결정할 수 있는 요인은 지리적 차이이다.

○ 지역 특성 요인

① 6.2.1 질소(N)와 유황(S) : 모든 식물은 자라면서 흙에서 질소와 유황을 섭취한다. 각 지역 별로는 독특한 환경이 있어서 그것이 그 지역에서만 나타나는 동위원소 비율이 있다. 식물에서 발견되는 유황과 질소의 표시는 인공비료 사용여부 등 토양의 특성을 표시한다.

② 탄소(C) : 식물에 존재하는(범위를 넓혀 말하면 그것을 먹은 동물의 조직) 동위원소 표시에 미치는 영향은 식물의 형태, 식물의 대사에 따라 결정 된다. 예를 들어 C3 식물(지구상 생존 식물의 95% 이상을 차지: 풀, 소맥, 쌀, 사탕무)은 C4 식물(옥수수, 사탕수수, 수수, 기장)보다 ^{13}C 를 더 많이 흡수하는 대사를 한다. SIRA의 인증에는 이것이 중요하다. 왜냐하면 동위원소 표시에서 C4 식물은 C3 식물에 비해 ^{13}C 의 함량이 높기 때문이다. 이런 특성은 C4 함량이 높은 사료를 먹은 동물에게도 전달된다. 돼지고기의 경우, ^{13}C 함량이 높은 돼지는 옥수수 함량이 높은 사료를 먹었을 것이고 그 돼지의 고기는 UK(영국)원산지가 아니라는 것을 의미한다.

이 프로젝트의 목적은 'No More Pokies(더 이상 가짜를 진짜라고 하지 말자)'라는 제하에 시장 출하를 하는 것과 같은 BPEX의 Quality Pork Standard(고급 돼지고기 표준)시스템을 유지하기 위한 것이다. 돼지고기 원산지 인증은 SIRA 프로젝트로 영국(UK) 내에서 판매되고 있는 돼지고기와 돼지고기 제품에 대해 표시된(라벨로 된) 원산지를 승인해주거나 부인하는 방법으로 한다. 이 일을 하기위해 BPEX는 원산지가 알려진 샘플과 원산지가 알려지지 않았거나 미심쩍은 돈육 샘플의 동위원소를 SIRA 데이터베이스와 비교를 실시한다.

2009년 BPEX 프로젝트가 자금지원을 한 AHDB에서는 UK SIRA 표시에 대한 데이터베이스를 만들어냈다. 이것은 UK의 양돈을 대표하는 선택된 참조 샘플과 검사용 샘플을 분석 비교한 것이다. 보호를 하는 지역은 England와 Scotland이다. Wales나 Northern Ireland 지역에서 온 샘플은 1단계에서는 참조로 하지 않았다.

유럽 대륙의 각국 인증 프로젝트에서 나온 경험으로 지리학적으로 대표가 된다고 할 수 있는 곳의 샘플을 채취하면 SIBA 데이터베이스에서 성공적으로 원산지가 구분된다는 것을 보여주었다. SIRA 데이터베이스 설계목표는 아래와 같았다.

- 인증 받아야할 영국 각 지역의 돈육 내 동위원소 분포
- 영국 각 지역 지하수의 동위원소
- 국내지역 구분을 통한 지역내외 지역간의 차이 판별

○ BREX SIRA 데이터베이스 - UK : 영국의 돈육 원산지 판별은 주로 England와 Scotland이다. 돼지생산지의 분포는 East Anglia와 England의 Yorkshire와 Scotland의 동부 해안에 이른다. 그러나 생산 지역이 여기로만 한정되는 것이 아니고 England와 Scotland의 모든 지역마다 양돈장이 있다는 것을 감안했다.



[그림 15] 영국의 주요 지역별 양돈사육 지역

각 지역 생산 돈육의 동위원소 데이터베이스를 구축하는데 주요 양돈 생산지는 물론 나머지 지역도 감안하였다. 영국에는 10,000여개의 양돈농가가 있고 그 중 1,700~2,000개의 농가가 전 생산량의 80%를 차지하고 있다. 2년에 걸쳐서 2,000개 농장의 샘플을 채취했다.

○ **BPEX SIRA 데이터베이스 - Non-UK** : 비영국산 돈육 데이터를 위해 63개의 샘플이 분석되었고, 데이터베이스에는 5개 유럽 국가샘플이 분석 되었다. 5개국의 수입돈육 샘플로 영국산 돈육과 비교 가능한 데이터베이스를 만들었다.

참고로 한 Non-UK 국가들:

- 스페인, 덴마크, 프랑스, 독일, 네덜란드

○ **데이터베이스를 위한 돈육 샘플 채취** : 영국내 돈육 샘플은 각 지역 도축장에서 농장별 지역으로부터 채취하였다. 샘플채취 농장의 선택은 BPEX의 계획에 따랐다.

○ **샘플채취 농장의 선택** : 시작 단계에는, 가장 양돈 농장이 많은 지역인 England의 경우 East Yorkshire와 East Anglia지역부터 샘플을 채취했다. 샘플 농장 지역의 우편 번호가 SIRA 데이터자료와 함께 나란히 저장되었다. 우편번호를 이용하여, 각 농장을 특정번호로 구분할 수 있게 하였다. 샘플 농장의 분포를 데이터의 양이 많아짐에 따라 이미 선발된 농장과 가까이 있는 농장은 제외하였다. 이와 반대로 양돈 농장의 밀집도가 가장 낮은 지역에서도 대표하는 샘플이 적어도 하나 이상은 확실히 분석하였다.

○ **돈육 샘플 채취 방법** : 계획서에는 한 지역을 대표하는 데는 2개에서 5개의 샘플을 필요로 한다. 1개농장으로부터 1개의 샘플이 채취되었다.

○ 도체의 샘플채취 부위 : 2007년과 2008년의 소규모 샘플채취 기간에는 여러 가지 방법이 시험되었다. 가능한 한 동일한 시기에 샘플을 채취하는 것을 기본 방침으로 도축장 지육을 대상으로 한 지역당 5개의 샘플을 채취하여 샘플봉투에 넣고 라벨을 붙인 후 분석하러 보내기 전에 얼음에 저장했다.

○ 도축장 물 샘플 : 조직 샘플을 떼어내고 샘플 백에 넣는 과정은 도살장의 물에 의한 오염이 되지 않아야 하지만, 오염이 될 가능성이 많다는 사실을 감안해서 도살장의 세척수 샘플을 채취하였다. 이들 샘플은 우편번호가 같은 다른 돈육 샘플들의 데이터가 지역특성과 다를 때 SIRA 데이터베이스 자료와 비교한다.

○ 돈육샘플의 보관 : 각 30-40g의 돈육 샘플을 동위원소 분석 의뢰하였으나 똑같은 샘플을 별도의 시험실용 냉동고에서 -80℃의 온도로 저장하였다.

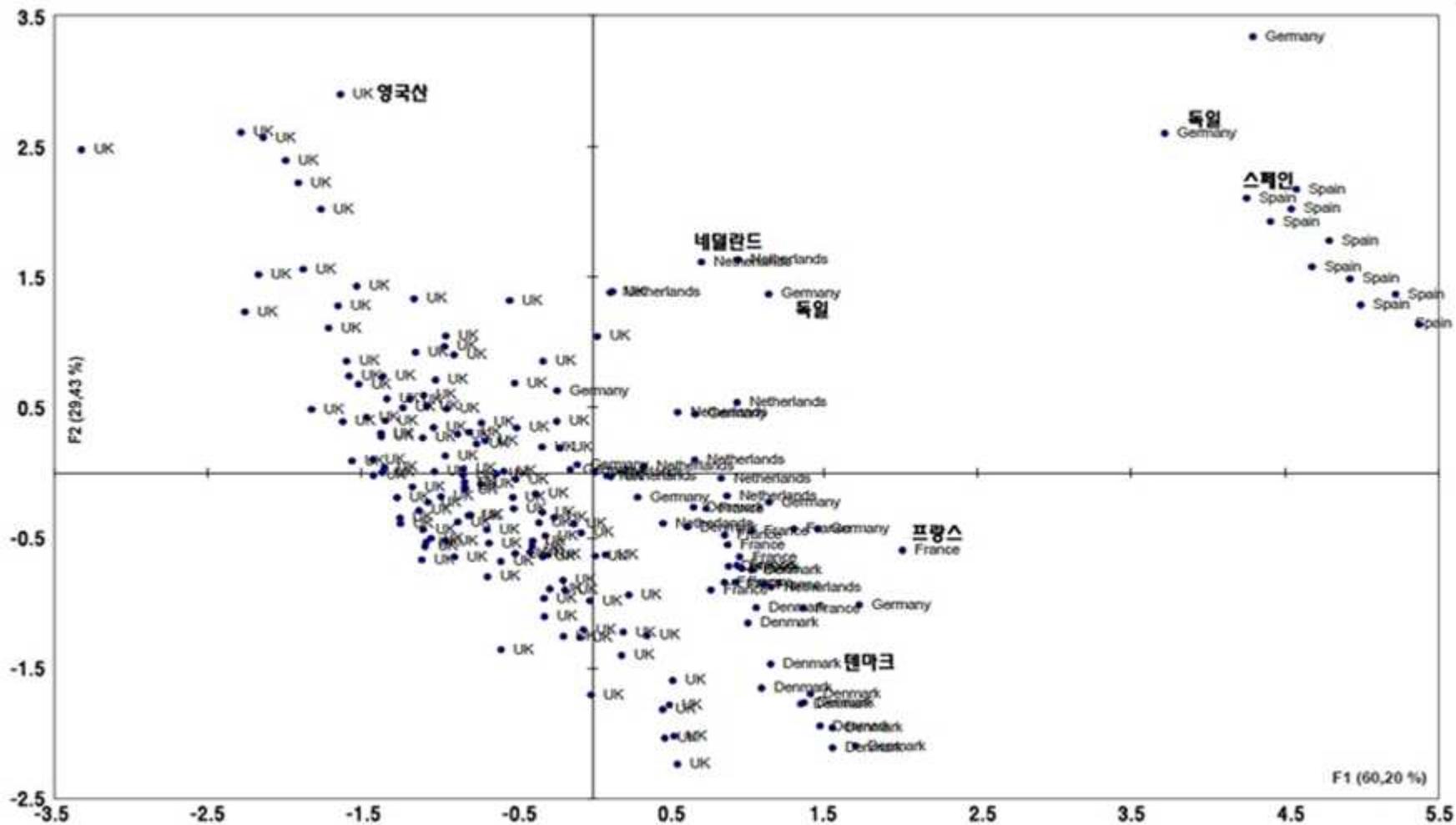
○ 농장고유번호(slapmark) : 대부분의 양돈 농장(실제적으로 돼지가 길러진 지리적 위치)은 우편번호와 함께 농장고유번호(슬랩마크)를 이용하면 정확하게 구분할 수 있었다. 그러나 소수의 농장은 둘 이상의 위치에서 사육되는 농장을 같은 고유번호를 이용한다. 이것은 돼지가 길러진 장소의 우편번호를 확인하는 수단으로 농장고유번호 하나에만 의존을 해서는 안 된다는 것을 의미한다. BPEX는 도축장의 우편번호를 추가의 지역정보로 함께 입력하므로써 정확도를 높였다.

총체적인 분석 결과는 BPEX에 대해서는 대외비로 하여 이 보고서와는 별도로 제출되었다. 그러나 결과의 분포를 그림으로 나타낸 것은 아래그림과 같이 볼 수 있다. 돈육 동위원소 분석 결과는 다음 두 가지 포인트로 해석한다.

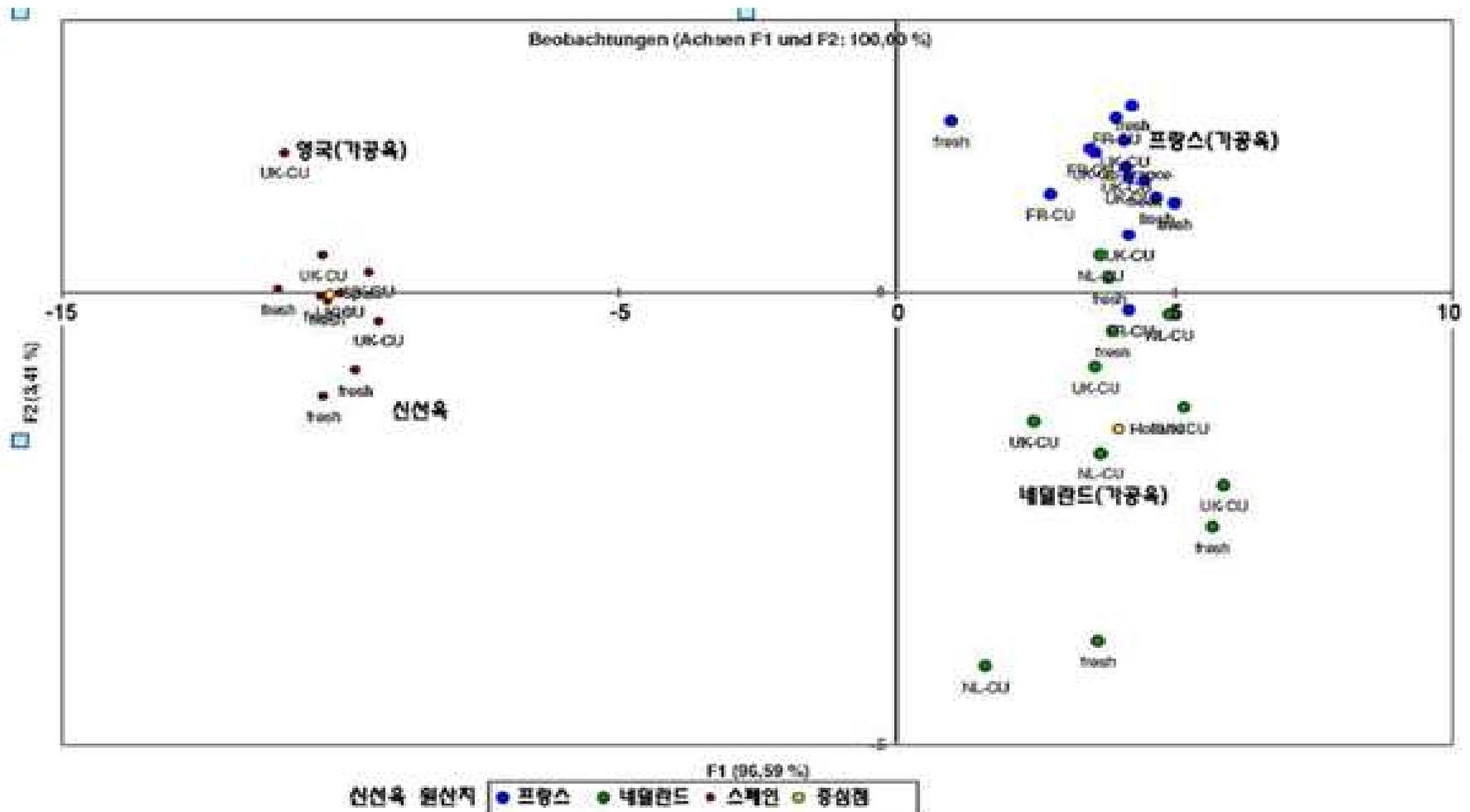
- 영국산과 비영국산 영국산과와 비영국산의 SIRA 분석결과 사이에는 명확한 구분이 가능한가?
- 돈육 동위원소 결과를 통한 확신

□ 영국산과 비영국산

(그림 16, 17)은 이 연구를 위해 수집하고 분석한 참조용 샘플 분석 결과를 지리적분포를 나타내는 그림이다. 그래프는 BPEX 인증 프로그램에서 매우 중요하다. 왜냐하면 동위원소 분석법을 이용하면 영국산과 비영국산 고기 사이의 차이를 식별을 할 수 있다는 것을 재확인해주기 때문이다. 그래프에 각 샘플의 표시(signature)는 원산지 국가 명을 붙여 점으로 나타내었다. 이 그래프를 해석하는 데 쓰인 분석법인 Principle Component Analysis(PCA)는 데이터의 분산을 가장 잘 설명해주는 방법, 즉 시각적인 의미가 있는 방법으로 나타냄으로써 데이터의 구조를 설명할 수 있는 통계적 모델링 기법이다. 이것을 바탕으로 하면, 이 연구에 수집된 참조자료 데이터는 소매상이나 기타 어느 유통 채널에서라도 취한 샘플을 모니터링하는 비교 데이터베이스의 역할을 할 수 있다.

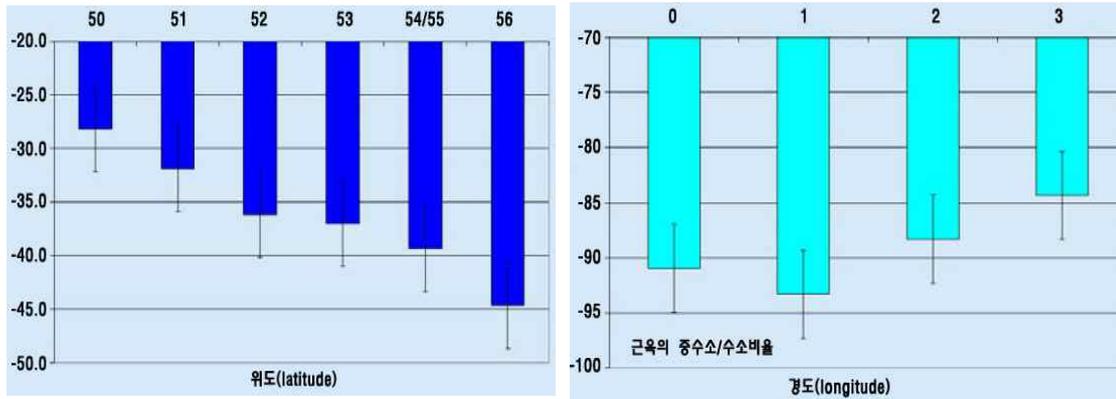


[그림 16] 영국의 돼지고기와 유럽 각국의 탄소(^{13}C), 유황(^{34}S), 질소(^{15}N) 동위원소 비교(SIRA 데이터베이스)

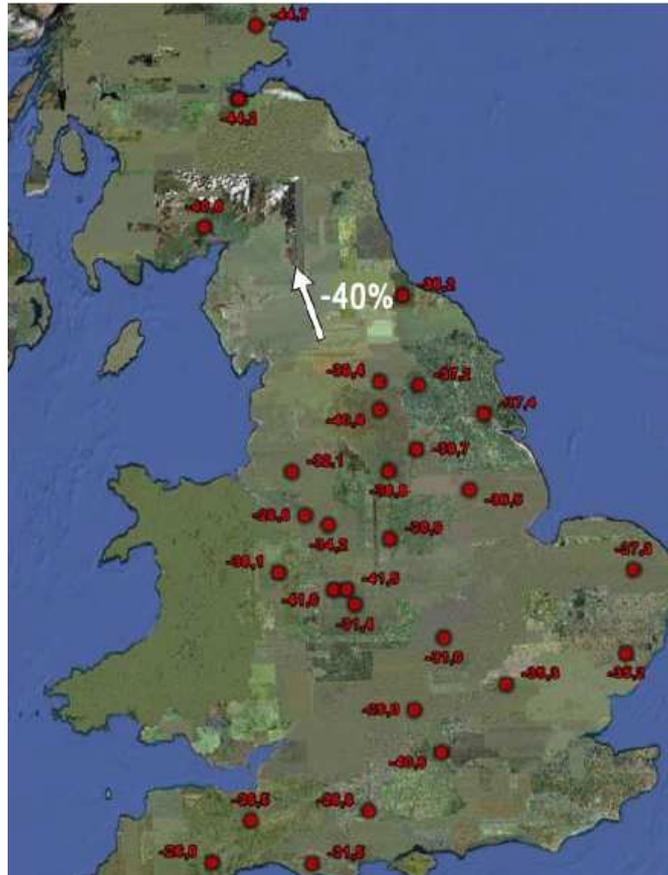


[그림 17] 영국의 돼지고기와 유럽 각국의 탄소(¹³C), 유황(³⁴S), 질소(¹⁵N) 동위원소 비교(SIRA 데이터베이스)

○ 영국산 돈육내 중수소/수소(D/H) 동위원소 비율 분포 : D/H 비율의 경향도 같은 방법으로 분석하니 더욱 현저한 북/남(north/south) 경향을 나타내었다. 결과는 (그림 18, 19)에 나와 있다. D/H 비율에 대한 북/남의 상관관계는 북으로 갈수록 비율이 대폭 감소하였다. 경도 상으로는 약간의 해변의 효과 때문에 뚜렷한 경향이 떨어졌다: 내륙보다 해변 지역의 D/H차이가 강하였다.

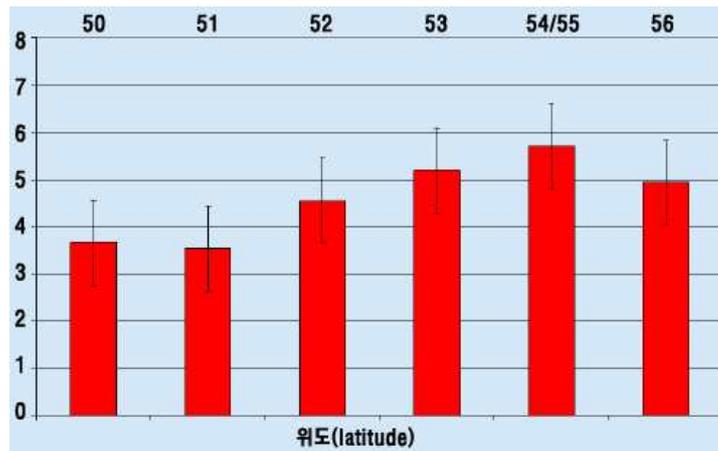


[그림 18] 영국의 위도, 경도에 따른 중수소/수소(D/H) 비율 비교



[그림 19) 영국의 동위원소 분석 돈육 샘플 채취지역 분포

○ 영국산 돈육내 유황동위원소($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) 비율분포 : 유황의 동위원소($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) 비율의 경향을 지도상 위치를 표시하는 방법으로 분석하니, 데이터에서는 약하기는 하지만 일관성 있는 경향이 보인다. 상세한 것은 (그림 7, 8)참조.



[그림 20] 영국의 위도에 따른 유황 동위원소($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) 비율 비교



[그림 21] 영국의 동위원소 분석 돈육 샘플 채취지역 분포

○ **안정적 동위원소를 이용한 돈육원산지 판별 확신** : 공급 유통 채널에서 수거한 돈육 샘플의 원산지를 판정할 때 참조 데이터베이스가 결과를 표현하는 방법이 명확해야 한다. “원산지가 확실히 영국산(UK)이다”에서부터 “확실히 원산지가 영국산(UK)가 아니다”까지의 범위의 어디에 위치하는지를 확인하기 위해서는 통계적 분석이 이용되어야 한다. 샘플분석 결과의 위치는 범위 내의 특정 지점에 속한다는 확률로 표시된다. 실제로는 평균과 통계적 분산으로 구분되는 4개의 범위를 사용한다. 그리스 글자 시그마(σ)로 표현되는 분산에는 범위에 대한 설명이 따르며, 범위는 제시된 샘플을 참고용 데이터베이스와 비교하여 영국산(UK)임(또는 아님)이라는 방법으로 표현된다.

※ 원산지 확인 가능성표시 방법

분석 결과는 퍼센트(%) 점수로 나온다. 이것은 특정 안정 동위원소 시험(stable isotopic test)을 했을 때의 표시(signature)가 참조용 데이터베이스(SIRA)와 비교해서 영국 원산지일 가능성을 %스코어로 나타내는 것이다.

- ① 점수가 95-100%에 있는 것은 시험 샘플의 동위원소 표시가 확실히 데이터베이스에 있음을 의미한다.
- ② 점수가 90-95%인 것은 시험 샘플의 동위원소 표시가 전형적인 데이터베이스 타입임을 의미한다.
- ③ 점수가 40-90%인 것은 시험 샘플의 동위원소 표시가 데이터베이스와 다를 수도 있다는 것을 의미한다.
- ④ 점수가 0-40%인 것은 시험 샘플의 동위원소 표시가 확실히 데이터베이스에 없음을 의미한다.

※ SIRA 유효성 판정을 위한 원산지 미표시 35개 돈육 샘플 분석

BPEX는 참고용 샘플 채취를 끝내고 참조용 데이터베이스를 준비한 후, 데이터베이스와 비교하기 위해 35개의 익명의 라벨이 붙은 샘플을 보내 분석했다. 35개의 샘플은 다음과 같다.

- 5개는 UK의 밝혀지지 않은 지역이 원산지인 신선 돈육으로, BPEX가 직접 England와 Scotland의 도축장에서 채취한 것이다.
- 30개는 소매점 판매돈육과 돈육제품 샘플
 - 10개의 신선돈육
 - 10개의 베이컨/햄(가공육)
 - 10개의 훈제 가공육

- 30개 중에서

- 19개는 “British” 또는 “Britain 제품”의 라벨
- 5개는 “UK” 라벨
- 6개는 덴마크, 프랑스, 독일, 네델란드와 같은 다른 나라(non-UK) 라벨

○ 35개의 샘플분석 결과 : 35개 샘플 중에서 UK의 특정 지역(BPEX가 보낸 것)에서 온 5개의 신선육 샘플은 확실히 구분이 되었다. 5개 모두 데이터베이스와 99.1-99.9% 일치하였다. 따라서 “확실한 영국산(UK)”이었다.

- 4개의 샘플은 “확실히 UK 데이터베이스에 없다”고 밝혀졌다(0.0~24.7%).
 - 1개는 프랑스산 라벨이 붙었지만 “대체적으로 UK 데이터베이스에 있다”고 밝혀졌다(92.6%의 확률). 1개는 네델란드의 라벨이 붙었지만 “확실히 UK 데이터베이스에 있다”고 밝혀졌다. 나머지 24개의 소매점 샘플 중의 14개는 “British 또는 from Britain”의 라벨이 붙은 것으로 95.1-99.7%의 확률을 가지고 있어 “확실한 UK 제품”이었다. 3개의 샘플 분석 결과는 91.5-93.3%의 확률이 있어 “대체적으로 UK 제품”이었다. 이 중에서 하나는 ‘from the UK’라벨이었고 다른 것들은 “British 또는 From Britain” 라벨이 붙어 있었다.
- “British 또는 from Britain”의 라벨이 붙은 1개의 샘플은 확률이 58.5%로 “UK 데이터베이스에 있는 것 같지 않다” 총 6개의 소매점에서 수집한 샘플 중 4개는 “UK”, “British”, 또는 “From Britain” 원산지표시가 부착되었으나 확실히 영국산이 아니었다(3.9~35.4% 확률).

BPEX가 공급한 5개의 신선육 샘플의 실제 원산지는 확실히 믿을 수 있다; 따라서 분석 결과는 정확하고 신뢰도가 높았다. 그러나 나머지 30개의 분석 결과는 소매점의 원산지 표시가 신뢰성에 의심된다는 것을 알려주고 있다. 35개 샘플중에서는 일부 Northern Irish(북아일랜드)산도 포함되었을 가능성이 있어서 북아일랜드 지역도 참조용 데이터베이스에 들어가야 할 필요가 있다는 것을 알 수 있었다.

제 7장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

가. 연구실 안전관리 및 실험실 안전진단 실시

1) 실험실 안전관리 조직도

※ 위험등급별로 환경안전점검을 단계별로 체계화하여 관리

※ 관리위험등급의 지정

※ 실험실 분류

A등급 : 미생물 동물, 방사성동위원소 물질 등을 사용하는 실험실

B등급 : 화학약품 등을 사용하는 실험실

C등급 : 기계 전기/전자/통신 설비 등을 사용하는 실험실

D등급 : 실험 실습을 수행하지 않는 설계 컴퓨터 관련 등의 실험실

LMO 1등급 : 건강한 성인에게는 질병을 일으키지 아니하는 것으로 알려진 유전자변형생물체와 환경에 대한 위해를 일으키지 아니하는 것으로 알려진 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험실

LMO 2등급 : 사람에게 발병하더라도 치료가 용이한 질병을 일으킬 수 있는 유전자변형생물체와 환경에 방출되더라도 위해가 경미하고 치유가 용이한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험실

LMO 3등급 : 사람에게 발병하였을 경우 증세가 심각할 수 있으나 치료가 가능한 유전자변형생물체와 환경에 방출되었을 경우 위해가 상당할 수 있으나 치유가 가능한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험실

LMO 4등급 : 사람에게 발병하였을 경우 증세가 치명적이며 치료가 어려운 유전자변형생물체와 환경에 방출되었을 경우 위해가 막대하고 치유가 곤란한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험실

방사선 : 방사선을 사용하는 실험실

2) 실험실 정밀안전진단 실시

- 진단목적 : 우리대학의 안전관리 활동 및 실험·실습실에 대한 분야별 안전관리상태를 점검하여 위험요인을 발견하고 연구실안전환경조성에 관한 법률 및 산업안전보건법, 각종 규정 등과 비교/분석하여 실험실

에 적합한 개선대책을 수립/제시함으로써 각종 재해를 예방하고자 함

- 대상 : 조선대학교 실험·실습실 397개소
- 실시 : 2년마다 1회, 10월 ~ 12월경 실시하여 교육과학기술부에 보고

3) 실험실 정기점검 실시

- 점검목적 : 실험실 내에 발생할 수 있는 위험요소를 예측하여 보완함으로써 실험실 안전사고를 미연에 방지하고 쾌적한 연구 환경을 조성하여 연구활동종사자의 건강을 증진하고 연구성과를 높이기 위함.
- 대상 : 조선대학교 실험·실습실 397개소
- 실시 : 매년마다 1회, 10월 ~ 12월경 실시

나. 교육 훈련

1) 개요 : 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구활동에 기여하고, 또한 연구실 안전환경조성에 관한 법률에 의거하여 실험실의 환경안전교육이 의무화됨에 따라 이공계열 대학원생 및 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적으로 수강

2) 교육대상 : 교수, 대학원생, 실험조교, 전문직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등

3) 교육안내 : <http://safetylabs.chosun.ac.kr/>

4) 단계별 교육 이수과정

- 특별교육: 해당기관에서 자체 또는 외부의 전문기관에 의뢰하여 위탁교육 실시

다. 보험 가입 현황

보 험 명	보 상 내 용	대 상	주관 부서
연구실 안전 공제 (교육시설재난공제회)	가입대상 :국적, 소속, 전공, 신분, 연령 등과 관계없이 조선대학교가 인전라는 연구활동종사자	피보험자	실험관 리팀
	사망·질병 사망·치료 중 사망 보장한도 : 1억원		
	후유장해 보장한도 : 1억원, 상해 보장한도 : 1천만원		
	가입인원 : 11,327명(학부 및 대학원 : 자연,이공계)		
학생단체 상해보험	상해사망, 후유장해 : 2억원 의사상자 상해위험 : 1억원 상해, 후유정도에 따른 보상 : 약관보상	학부생, 대학원생	학생지 원팀
교직원 보험	상해사망, 상해후유장해 : 3천만원/인 질병사망 : 1천만원/인 암진단비 - 일반암 : 1천만원/인 - 갑상샘암,경계성종양 : 3백만원/인 - 상피내암,기타피부암 : 2백만원/인 노출중/급성심근경색 : 5백만원/인 입원비 : 2만원/1일당	정규교직원 및 계약직원	직원 인사팀

라. 추가 이행 계획

1) 실험실 비상 장비 세트 구입 및 설치	실험실 집중 건물 중심으로 비상장비 세트 설치(화재대피용 산소공급기 외11종)
2) 실험실내 시약장 안전바 설치	시약장 낙하방지를 위한 안전바 설치 계획
3) 연구활동종사자 안전교육 강화	1.년중 사이버 안전교육 실시 2. 집체식 안전교육 실시 계획
4) 실험실내 소방시설물 점검 및 수리	노후 소화기 교체 및 압력미달 재충전
5) 실험실 안전점검 강화	1. 실험실내 일상점검 수시 확인 2. 점검후 결함, 위험발생 가능 실험실 사용금지
6) 실험실 환경안전지침 작성	보완작성
7) 고압가스 안전관리	전도방지조치를 실시하여 보관/사용
8) 안전보호장비 시설 보완	안전보호장비와 안전표지 설치

제 8장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	동위원소 비율 분석 및 미량 무기원소 함량 비율 분석에 의한 돈육의 원산 지 판별방법	정피엔씨 연구소, 조선대학 교산학협 력단	주관/협 동	국내	-	2017.07.26	단독사사	출원중
2	논문	Geographical origin authentication of pork using multi-element and multivariate data analyses	조선대	교신저 자	Meat Science	3.126	2017.01	단독	SCI
3	논문	Origin authentication of pork fat via elemental, isotope ratios and multivariate chemometric analyses	조선대	교신저 자	Food chemistry	4.529	Under review	단독	SCI
4.	논문	Origin discrimination of defatted pork via trace elements profiling, stable isotope ratios analysis, and multivariate statistical techniques	조선대	교신저 자	Meat Science	3.126	Under review	단독	SCI
4	논문	Relationships between Single Nucleotide Polymorphism Markers and Meat Quality Traits of Duroc Breeding Stocks in Korea	충북대학 교	제 1저자	Asian-Aus tralasian Journal of Animal Sciences	0.971	2016.08	중복사사	SCIE/2회 인용
5	논문	Comparison of the meat quality and fatty acid composition of longissimus muscle from purebred and LYD pigs for Improvement of Pork Quality	충북대학 교	제 1저자	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	0.484	2016.10	단독사사	SCIE/1회 인용

제 9장. 참고문헌

1. 농림수산물식품부. (2011). 돼지고기 원산지 판별기술 개발,
2. Westerling, D. B., & Hedrick, H. B. (1979). Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, 48(6), 1343-1348.
3. Grundy, S. M. (1986). Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. *New England Journal of Medicine*, 314(12), 745-748.
4. Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C., & Sell, J. L. (2000). Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*, 56(4), 387-395.
5. Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L., & Park, G. B. (2002). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *Journal of Animal Science*, 80(1), 108-112.
6. Engler, M. M., Karanian, J. W., & Salem, N. (1991). Influence of dietary polyunsaturated fatty acids on aortic and platelet fatty acid composition in the rat. *Nutrition Research*, 11(7), 753-763.
7. Nicastro, F. (1999). Amino acid composition of Longissimus thoracis from pigs of two genetic lines. In *INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY* (Vol. 45, pp. 414-415).
8. Tanaka, T., Saito, N., Okuhara, A., & Yokotsuka, T. (1969). Studies on the taste of α -amino acids. Part II. Ternary synergism of palatable taste of α -amino acids. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 43(17), 1-1.
9. Koutsidis, G., Elmore, J. S., Oruna-Concha, M. J., Campo, M. M., Wood, J. D., & Mottram, D. S. (2008). Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science*, 79(2), 270-277.
10. Joo, M. S., Sohn, K. H., & Park, H. K. (1997). Changes in taste characteristics of traditional Korean soy sauce with ripening period-Analysis of nitrogen compound contents and sensory characteristics. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 12(4), 383-389.
11. Lee, C. A., & Newbold, R. P. (1963). The pathway of degradation of inosinic acid in bovine skeletal muscle. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Specialized Section on Nucleic Acids and Related Subjects*, 72, 349-352.
12. Yano, Y., Kataho, N., Watanabe, M., Nakamura, T., & Asano, Y. (1995). Evaluation of beef aging by determination of hypoxanthine and xanthine contents: application of a xanthine sensor. *Food Chemistry*, 52(4), 439-445.
13. BREWER, M. S., Ikins, W., & Harbers, C. A. A. Z. (1992). TBA Values, Sensory Characteristics, and Volatiles in Ground Pork During Long-term Frozen Storage: Effects of Packaging. *Journal of Food Science*, 57(3), 558-563.

14. Han, G. J., Shin, D. S., Kim, J. S., Cho, Y. S., & Jeong, K. S. (2006). Effects of propolis addition on quality characteristics of oriental medicinal seasoning pork. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 38(1), 75-81.
15. Zhu, L. G., & Brewer, M. S. (1998). Discoloration of fresh pork as related to muscle and display conditions. *Journal of Food Science*, 63(5), 763-767.
16. Larick, D. K., Turner, B. E., Schoenherr, W. D., Coffey, M. T., & Pilkington, D. H. (1992). Volatile compound content and fatty acid composition of pork as influenced by linoleic acid content of the diet. *Journal of Animal Science*, 70(5), 1397-1403.
17. Miller, M. F., Shackelford, S. D., Hayden, K. D., & Reagan, J. O. (1990). Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. *Journal of Animal Science*, 68(6), 1624-1631.
18. Kouba, M., Enser, M., Whittington, F. M., Nute, G. R., & Wood, J. D. (2003). Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*, 81(8), 1967-1979.
19. Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Gill, B. P., & Sheard, P. R. (2000). Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*, 55(2), 201-212.
20. Cameron, N. D., & Enser, M. B. (1991). Fatty acid composition of lipid in Longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Science*, 29(4), 295-307.
21. Koga, K., Fukunaga, T., Ohki, Y., & Kawaida, H. (1985). Free amino acids and carnosine contents in the lean meats (longissimus dorsi and biceps femoris) from purebred and crossbred pigs. *Gakujutsu hokoku= Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University*.
22. UK Food Standards Agency. (2010). THE BRITISH BEEF ORIGIN PROJECT
23. AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2012). Standard method performance requirements (AOAC SMPR 211.009) for Cr, Mo and Se in infant formula and adult/pediatric nutritional formula. *Journal of AOAC International*, 95(2) (appendix 1).
24. Kim, J. S., Hwang, I. M., Lee, G. H., Park, Y. M., Choi, J. Y., Jamila, N., Khan, N., & Kim, K. S. (2017). Geographical origin authentication of pork using multi-element and multivariate data analyses. *Meat Science*, 123, 13-20.
25. CODEX GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED, CODEX STANDARD. (2012)
26. Horn P, Schaaf P, Holbach B, Hölzl S, Eschnauer H. (1993). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ from rock and soil into wine and wine. *Eur. Food Res. Technol.* 196: 407-409
27. Bréas O, Reniero F, Serrini G, Martin GJ, Roßmann A. (1994). Isotope ratio mass spectrometry: Analysis of wines from different european countries. *Rapid*

- Commun in Mass Spectrom. 8: 967-970
28. Day MP, Zhang BL, Martin GJ. (1994). The use of trace element data to complement stable-isotope methods in the characterization of grape musts. *Am. J. Enol. Viticult.* 45: 79-85
 29. Day MP, Zhang BL, Martin GJ. (1995). Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition. II. Differentiation of the principal production zones in France for the 1990 vintage. *J. Sci. Food Agr.* 67: 113-123
 30. Baxter MJ, Crews HM, Dennis MJ, Goodall I, Anderson D. (1997). The determination of the authenticity of wine from its trace element composition. *Food Chem.* 60: 443-450
 31. Horn P, Hölzl S, Todt W, Matthies D. (1997). Isotope abundance ratios of Sr in wine provenance determinations, in a tree-root activity study, and of Pb in a pollution study on tree-rings. *Isot. Environ. Healt. S.* 33: 31-42
 32. Rossmann A, Reniero F, Moussa I, Schmidt H-L, Versini G, Merle MH. (1999). Stable oxygen isotope content of water of EU databank wines from Italy, France, and Germany. *Eur. Food Res. Technol.* 208: 400-407
 33. Almeida CM, Vasconcelos MTSD. (2001). ICP-MS determination of strontium isotope ratio in wine in order to be used as a fingerprint of its regional origin. *J. Anal. Atom. Spectrom.* 16: 607-611
 34. Barbaste M, Halicz L, Galy A, Medina B, Emteborg H, Adams FC, Lobinski R. (2001). Evaluation of the accuracy of the determination of lead isotope ratios in wine by ICP MS using quadrupole, multicollector magnetic sector and time-of-flight analyzers. *Talanta* 54: 307-317
 35. Košir IJ, Kochančič M, Ogrinc N, Kidrič J. (2001). Use of SNIF-NMR and IRMS in combination with chemometric methods for the determination of chaptalisation and geographical origin of wines (the example of Slovenian wines). *Anal. Chim. Acta* 429: 195-206
 36. Barbaste M, Robinson K, Guilfoyle S, Medina B, Lobinski R. (2002). Precise determination of the strontium isotope ratios in wine by inductively coupled plasma sector field multicollector mass spectrometry (ICP-SF-MC-MS). *J. Anal. Atom. Spectrom.* 17: 135-137
 37. Manca G, Camin F, Coloru GC, Del Caro A, Depentori D, Franco MA, Versini G. (2001). Characterization of the geographical origin of Pecorino Sardo cheese by casein stable isotope ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) ratios and free amino acid ratios. *J. Agr. Food Chem.* 49: 1404-1409
 38. Pillonel L, Badertscher R, Froidevaux P, Haberhauer G, Hölzl S, Horn P, Jakob A, Pfammatter E, Piantini U, Roßmann A, Tabacchi R, Bosset JO. (2003). Stable isotope ratios, major, trace, and radioactive elements in emmental cheeses of different origins. *LWT Food Sci. Technol.* 36: 615-623
 39. Pillonel L, Bütikofer U, Roßmann A, Tabacchi R, Bosset JO. (2004). Analytical

- methods for the detection of adulteration and mislabelling of Raclette Suisse® and Fontina PDO cheese. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 95: 489–502
40. Fortunato G, Mumic K, Wunderli S, Pillonel L, Bosset JO, Gremaud G. (2004).
41. Application of strontium isotope abundance ratios measured by MC-ICP-MS for food authentication. *J. Anal. Atom. Spectrom.* 19: 227–234
42. Camin F, Wietzerbin K, Cortes AB, Haberhauer G, Lees M, Versini G. (2004).
Application of multielement stable isotope ratio analysis to the characterization of French, Italian, and Spanish cheeses. *J. Agr. Food Chem.* 52: 6592–6601.