발 간 등 록 번 호
11-1541000-001201-01

돼지고기 원산지 판별기술 개발

Development of solutions (technology) to pork origin traceability

충북대학교 산학협력단

농 림 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “돼지고기 원산지 판별기술 개발” 연구과제의 보고서로 제출합니다.

제1세부과제: DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술 개발
제2세부과제: 돈육원산지 판별기술/시스템 구축 비용 및 경제적 편익분석
제1협동과제: 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발
제2협동과제: 동육원소비율분석을 이용한 돈육원산지 식별기술 개발

2011 년 12 월 19 일

주관연구기관명 : 충북대학교
주관연구책임자 : 김 관 석
세부연구책임자 : 김 관 석
세부연구책임자 : 송 양 훈
협동연구기관명 : 정피엔씨연구소
협동연구책임자 : 정 영 철
협동연구기관명 : 조선대학교
협동연구책임자 : 김 경 수

요 약 문

Ⅰ. 제 목: 돼지고기 원산지 판별기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

돼지고기 원산지 추적 및 판별기술을 개발하여 수입산 돈육의 국내산 둔갑, 원산지 허위기재 등 1) 시장의 안정성을 저해하는 요소를 사전에 제거하고, 2) 경쟁력있는 양돈 브랜드의 보호하고, 3) 돈육의 품질과 안전성이 검증된 축산물을 적정한 가격에 소비자에게 공급할 수 있는 투명한 유통구조를 확보하는데 기여함.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1단계: 돼지고기 원산지식별 가능한 생산, 유통 및 검증 모델 시스템

- 돼지고기 원산지추적체계를 위한 효율적인 농가운영 모델 개발
- 돼지고기 원산지 추적을 위한 DNA 정보 수집 및 활용 체계 수립
- 동위원소 비율 분석을 이용한 돈육의 원산지 식별기술 개발
- 돈육원산지 판별기술별 경제적 효과분석 및 운영비용 계산

2단계: 돼지고기 원산지식별 및 생산이력제의 현장 적용

- DNA 정보를 기반으로 한 원산지 식별체계를 일반 양돈농가에 적용 검증
- 돼지고기 유통이력 추적을 위한 전산프로그램 개발
- 돼지고기내 동위원소비율을 이용한 국내산 및 수입산 모니터링 방법 검증
- 돼지고기 원산지 위반단속의 효율성 증대 방안 제시

Ⅳ. 연구개발결과

1) DNA 정보를 기반으로 국내산 돈육의 저비용 농장원산지추적시스템 확립하였음: 모돈 200두 규모의 농장에서 600백만원 예상
2) 동위원소 ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) 비율분석을 통해 수입산 돈육의 원산지 판별방법 개발: 유럽과 아메리카대륙산 돼지고기를 각각 국내산 돈육으로 부터 정확히 식별할 수 있도록 하였음
3) 돼지고기 원산지판별기술의 경제적 효과를 분석하여, 본 기술을 이용한 돼지고기 이력추적제는 연간 소비자는 8,500억원, 생산자는 4,250억원의 후생이 증대될 것으로 예측하였음
4) 돼지고기 원산지 위반현황과 단속실태를 분석하여 효과적인 위반단속방안을 제시하였음

Ⅴ. 연구성과 및 성과활용 계획

1) 우수 돈육브랜드업체인 “지리산흑돈”에서 DNA 분석기반 돼지이력추적시스템의 실용화 추진
2) 농림수산식품부의 “돼지 및 돼지고기 이력제 구축”의 시범사업에 활용 계획
3) 국립농산물품질관리원의 돼지고기부정유통 단속과 수입산 돈육의 과학적인 식별방법으로 활용
4) Pig Designer 프로그램은 양돈장 전산관리프로그램으로 보급 (이력추적 연계)
5) 냉장돈육의 유통개선을 위해 도축일자가 표기된 돼지고기 제품출시에 활용
6) 학교급식업체등 국내산 돼지고기 원산지위반사례가 높은 대량유통단계에 적용하여 실시간 돈육의 신선도와 유통이력이 전달 될 수 있는 시스템 구축에 활용

SUMMARY
(영문요약문)

I. Title: Development of solutions (technology) to pork origin traceability

II. Introduction and Goal of Study

The consumer is asking for more information on wholesomeness of pork and a system is needed to provide this information. This was the stimulus in Korea for country of origin labels, which show where pork was produced, are compulsory under Korea laws. Imported pork has been on the top of the mislabelling cases as domestic pork for many years, but there was no scientific solutions to identify the country origins of the pork in Korea. This study has developed DNA and isotope based solutions for consumers guaranteeing to buy what they desire to buy.

III. Contents of Study

Phase I: Model system traceable pork production sites through supply chain

- Requirements of pig farm management for pig traceability
- Development of efficient DNA information for domestic pork traceability
- Stable isotope analysis on authentication of country of origin of pork
- Economic benefit and cost of pork traceability in Korea

Phase II : Application of DNA and isotope based technologies to pork traceability

- Verification of domestic pork origin using DNA based information
- Design of pork traceability information system
- Determination of Imported pork using isotope reference analysis
- Evaluation on surveillance of pork origin labelling violation

IV. Research and Development Outcomes

1) Assignment of pigs and pork products to parents or farms with a high degree of accuracy with DNA markers has been demonstrated for commercial operations with affordable cost.
2) Carbon and nitrogen stable isotope ratios (δ-value) were analyzed as a marker for

determining the origin of pork by using IR/MS (Isotope ratio/mass spectrometry) and the ratios of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values was confirmed to accurately determine places of origin distinction of the imported pork.

3) Feasible cost and welfare impact of pork traceability system have been analyzed in Korea, and introduction of the pork traceability system is expected to generate yearly welfare increase of KRW 850 Billion for the consumers and KRW 425 Billion for producers.
4) Monitoring of pork origin labelling violation suggested that restaurants, meat stores and supermarkets are found to be controlled at optimum raid rates, but business provider of cooking materials must be reinforced for higher surveillance.

V. Proposals on Practical Application

1) Premium pork brand providers will be introduced with DNA-traceable pork with a focus on freshness and safety and consumers will recognize processing plant/date and farm of origin when they purchase the products.
2) Our developed system will assist the pilot program of national-wide pig traceability in Korea.
3) Isotope reference analysis method will be utilized for National Agricultural Product Quality Management Service (NAQS) to inspect pork mislabelling violation.
4) Pig Designer software will help to control pig disease and to monitor pig breeding, cultivation, transportation, slaughter, storage and sale for tracing farms to retailers.
5) Our traceability system will assist domestic pork to be value-added products that consumers express preference and will pay a premium for knowing where, when and how the pork is produced.
6) Cost-effective, highly accurate DNA-based traceability system enables the industry (major providers of cooking materials) to more effectively manage food safety outbreaks, reducing the potential for market distruptions and price volatility.

CONTENTS
(영 문 목 차)

Chapter I. Introduction

Part 1. Research Background ····· 9

Part 2. Research Objectives ····· 16

Part 3. Specific contents of Project ····· 17

Chapter 2. Skill condition

1. Current status of development for livestock product traceability ····· 28

2. Pork traceability system ····· 33

Chapter 3. Result

Part 1. Development of efficient DNA information for domestic pork traceability ····· 42

Part 2. Economic benefit and cost of pork traceability in Korea ····· 103

Part 3. Model of pig farm management for pig traceability ····· 148

Part 4. Determination of Imported pork using isotope reference analysis ····· 194

Part 5. Design of pork traceability information system ····· 227

Part 6. Differences of pork quality between fresh and freezing storage ····· 243

Chapter 4. Achievement of goal and contribution to relative area ····· 251

Chapter 5. Plan of practical application ····· 255

Chapter 6. Science and technology information of other countries ····· 266

Chapter 7. References ····· 270

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성 ····· 9
1. 돼지고기 원산지위반 실태 ····· 9
2. 양돈산업 변화와 돼지고기 이력제의 필요성 ····· 12

제2절 연구의 목표 ····· 16
1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용 ····· 16

제3절 세부과제별 연구수행 내용 ····· 17
1. DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술 개발 ····· 17
2. 돈육원산지 판별기술개발/시스템구축 비용 및 경제적 편익분석 ····· 19
3. 돼지고기 원산지 제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발 ····· 23
4. 동위원소비율(δ-value ‰)분석을 이용한 돈육의 원산지 식별기술개발 ····· 24
5. 돼지고기 원산지 판별 데이터 통합 관리 프로그램 개발 ····· 26
6. 돼지고기 냉장돈육 및 해동돈육 품징 특성 분석 ····· 27

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 축산물의 원산지 판별기술 국내외 현황 ····· 28

제2절 돼지고기 이력추적체계의 국내외 현황 ····· 33
1. 해외 양돈 돼지고기 생산이력 시스템 사례 ····· 33
2. DNA 마커를 이용한 돈육 생산 이력시스템 ····· 36
3. 국내 브랜드 돈육 생산이력 도입사례 ····· 41

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술개발 ····· 42
1.농가 및 도축라인에서 DNA 분석용 시료를 간편하게 수집 및 DB 개발 ····· 42
2. DNA 정보기반 국내산 돈육 원산지 추적모델 ····· 46
3. 대량 유전자형 분석 정보의 농장원산지 추적 적용 ····· 81

제2절 돈육 원산지 판별기술/시스템 구축 비용 및 경제적 편익 분석 ····· 103
1. 돈육원산지 판별기술의 대안별 효과 및 생산·유통단계별 비용 분석 ····· 103
2. 원산지 판별 제도의 도입에 따른 주체별 반응 분석과 정책적인 제안 ····· 111

3. 정보엔트로피를 이용한 돼지고기 시장의 정보비대칭성의 계측 ····· 131

제3절 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발 ····· 148
1. 양돈 전산관리 시스템 개발 방향 ····· 148
2. 양돈 전산관리 프로그램 "픽디자이너" ····· 156
3. RFID를 이용한 현장 관리 ····· 175
4. 돼지 생산이력 추적시스템 연구 ····· 184

제4절 동위원소비율(δ-value ‰)분석을 이용한 돈육의 원산지 식별기술개발 ····· 194
1. 동위원소분석법 개발의 이론적 배경 및 실험방법 ····· 194
2. 동위원소비율 분석 결과 ····· 205

제5절 돼지 원산지판별 통합 관리 프로그램 개발 ····· 227
1. 연구개발의 목적 ····· 227
2. 연구개발 내용 및 방법 ····· 227
3. 동위원소분석 비율 값의 통계분석을 통한 돼지고기 원산지 예측 모델 ····· 228
4. 동위원소분석 비율 값의 통계분석 결과 및 자동분석 프로그램 개발 ····· 231
5. 데이터베이스 설계 ····· 235

제6절 돼지고기 냉장돈육 및 해동돈육 품질 특성분석 ····· 243
1. 냉장 및 냉동기간에 따라 변화는 돈육의 기초자료 분석 ····· 243

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 251

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발의 목표대비 성과 ····· 255
1. 연구개발 성과 ····· 255

제2절 연구개발의 활용계획 ····· 262
1. 연구결과의 활용계획 ····· 262

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 돼지 및 돼지고기의 원산지검증을 위한 프로젝트 리포트 ····· 266
제2절 캐나다 돼지의 개체식별 및 이력추적 시스템 연구 ····· 267
제3절 미국 가축 개체식별 및 이력추적 시스템 연구 ····· 268
제4절 중국과 IBM: 돼지고기 이력시스템 개발 ····· 269

제 7 장 참고문헌 ····· 270

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

1. 돼지고기 원산지위반 실태

○ WTO 출범과 자유무역협정체결이후 국경없는 무한경쟁시대로 돌입하는 새로운 국제무역환경속에서 축산물수입량은 매년 늘어나고, 품목도 다양해져 국내시장의 수입축산물 유통량이 나날이 증가하고 있지만, 소비자들은 국내에서 생산한 좋은 품질의 축산물을 선호하고 있어 어려운 가운데서도 가격 경쟁면에서 국산농축산물이 우위를 차지하고 있다.

○ 일반소비자들은 눈으로만 보고 축산물이 외국산인지 국산인지 식별하기 어렵기 때문에, 값싼 외국산 돈육을 국내산으로 둔갑시켜 판매한다면 소비자는 수입돈육제품을 비싸게 구매하게 되어 손해를 보게 되며, 국내산의 수요는 그만큼 감소하게 되어 국내 양돈농가가 피해를 입게 된다.

○ 돼지고기의 원산지 둔갑판매로 인한 소비자와 생산자 피해를 방지하기 위해 국내산과 수입산 돼지고기의 원산지 표시를 명확히 하여 소비자에게는 원산지에 대한 정확한 정보를 알려주기 위해, 국제규범에서 허용하고 있는 원산지 표시제도를 운영하며, 2008.7.7.에 『농산물품질관리법』 시행령을 개정하여 원산지표시 여부, 표시사항 및 표시방법 등의 조사하게 하고 이를 위반한 자에 대해서는 처분을 할 수 있게 하였고, 또한 농산물의 안전 및 품질에 관련된 정보중 국민이 알아야 할 필요가 있다고 인정되는 정보에 대해서 이를 국민에게 제공하도록 하기위한 정보시스템을 구축·운영하도록 하였다.

○ 국립농산물품질관리원에서는 1994년부터 농축산물 원산지표시 관리업무를 담당하면서 매년 원산지표시 이행율을 조사한 결과, 돼지고기 1개 품목이 차지하는 위반업소 비율과 돼지고기의 원산지표시 위반행위가 타 품목보다 가장 많이 이루어지고 있는 것으로 분석되었다.

○ 돼지고기가 가장 원산지부정유통이 많은 이유는 유럽과 아메리카 대륙의 다양한 국가에서 수입되고, 값싼 수입냉동육을 국산냉장육으로 둔갑시켜 판매시 단가가 높은 장점과 둔갑판매가 용이하기 때문으로 분석된다.

(표 1-1-1) 부위별, 수입국별 수입량 / 수입비율

(단위 : 톤, %)

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008
갈비	네덜란드	28	291	300	563	759	110	0.46	2.36	1.25	2.21	2.77	1.08
	덴마크	234	339	259	374	783	154	3.81	2.75	1.08	1.47	2.86	1.50
	멕시코		37	29	7	116	107		0.30	0.12	0.03	0.42	1.05
	미국	379	1,772	5,608	4,153	8,173	4,557	6.17	14.39	23.27	16.30	29.84	44.48
	벨기에	88	341	850	772	425	65	1.43	2.77	3.53	3.03	1.55	0.64
	스웨덴	22	512	250	194	167		0.36	4.16	1.04	0.76	0.61	
	스페인		227	1,892	3,111	2,759	813		1.84	7.85	12.21	10.07	7.93
	영국		24	682	631	301			0.19	2.83	2.48	1.10	
	오스트리아	254	1,034	1,402	1,571	1,139	347	4.14	8.39	5.82	6.16	4.16	3.39
	칠레	207	260	700	886	1,160	660	3.37	2.11	2.90	3.48	4.23	6.44
	캐나다	275	227	674	328	256	81	4.48	1.84	2.80	1.29	0.94	0.79
	폴란드	521	1,059	2,039	2,780	3,472	1,264	8.49	8.60	8.46	10.91	12.68	12.33
	프랑스	1,288	2,950	6,163	5,795	4,579	1,336	20.98	23.95	25.57	22.74	16.72	13.04
	핀란드	66	184	180	665	637	49	1.07	1.49	0.75	2.61	2.33	0.48
	헝가리	2,389	2,609	2,719	3,231	2,452	694	38.91	21.18	11.28	12.68	8.95	6.77
	호주	390	450	352	354	182	8	6.35	3.65	1.46	1.39	0.67	0.08
삼겹살	네덜란드	4,580	7,536	8,633	9,962	11,982	11,277	10.36	11.69	10.41	10.80	10.16	9.96
	덴마크	3,174	5,143	7,352	5,971	9,055	6,129	7.18	7.98	8.86	6.47	7.68	5.41
	멕시코	0	73	1,043	368	1,084	819		0.11	1.26	0.40	0.92	0.72
	미국	3	1,922	4,900	6,042	6,629	9,047	0.01	2.98	5.91	6.55	5.62	7.99
	벨기에	13,089	15,499	15,776	17,451	15,938	14,104	29.60	24.04	19.02	18.91	13.51	12.46
	스웨덴	23	490	931	89	567	291	0.05	0.76	1.12	0.10	0.48	0.26
	스페인		1,161	2,575	3,584	5,657	6,483		1.80	3.10	3.88	4.80	5.73
	영국		22	21					0.03	0.03			
	오스트리아	1,546	5,213	5,819	9,111	12,554	15,845	3.50	8.08	7.01	9.87	10.64	14.00
	칠레	10,017	14,102	15,776	15,190	20,708	13,193	22.65	21.87	19.02	16.46	17.56	11.65
	캐나다	261	247	1,258	2,003	3,311	5,006	0.59	0.38	1.52	2.17	2.81	4.42
	폴란드	580	1,484	2,715	5,575	6,678	5,376	1.31	2.30	3.27	6.04	5.66	4.75
	프랑스	5,968	8,236	11,503	11,754	16,007	15,611	13.50	12.77	13.87	12.74	13.57	13.79
	핀란드	1,141	689	766	1,025	1,634	3,003	2.58	1.07	0.92	1.11	1.39	2.65
	헝가리	3,395	2,104	3,238	3,861	5,890	6,964	7.68	3.26	3.90	4.18	4.99	6.15
	호주	441	502	655	296	107	66	1.00	0.78	0.79	0.32	0.09	0.06

○ 농식품의 안전성을 강화하는 근본적인 대책으로 농림수산식품부의 식품안전 관련기관들의 기능과 업무가 통합되어 “농림수산검역검사본부”로 개편되면서, 다양한 식품의 원료로 사용되고 있는 축산물의 경우에도 생산(사육) 및 가공, 유통단계까지의 일괄관리를 통한 신속한 추적시스템의 확보하고 새로운 부가가치 창조에 기여하고자 하고 있다.

○ 하지만 농산물품질관리원에서의 단속방법은 단속반이 판매업소를 방문해서 원산지 표시여부와 허위표시여부를 관능적인 방법 (사람의 5관: 시각, 촉각, 후각, 청각, 미각)에 의해 식별하여 확인한 후, 의심이 되면 시료를 채취하는 한편, 각종 구입 및 판매대장을 추적 단속하고 있는 실정이다.

○ 돼지고기원산지를 식별하기 위한 관능식별결과 의심되는 시료는 농산물품질관리원 산하 시험연구소로 보내지지만 과학적인 식별방법이 개발되지 않아 적극적인 대응에 한계가 있다.

(표 1-1-2) 원산지별 수입 현황

(단위 : 톤)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계
네덜란드	4,608	9,438	9,481	10,745	13,502	11,388	59,162
덴마크	3,429	9,791	8,576	10,033	11,101	6,502	49,432
멕시코	14	340	1,823	893	1,749	1,447	6,266
미 국	5,149	12,888	43,129	60,861	70,152	72,319	264,498
벨기에	13,222	16,769	16,886	18,538	16,852	14,211	81,388
스웨덴	45	1,026	1,180	282	734	292	3,559
스페인	-	1,654	4,997	8,261	11,234	7,813	33,959
영 국	-	247	957	877	827	-	2,908
오스트리아	1,811	6,854	7,312	10,970	14,006	16,386	57,339
칠 레	12,074	17,366	25,357	22,347	31,919	19,472	128,535
캐나다	3,376	8,692	20,205	26,059	29,504	28,476	116,312
폴란드	1,135	3,917	6,220	10,152	11,628	6,695	39,747
프랑스	7,278	12,493	18,291	18,245	21,562	17,274	95,143
핀란드	1,206	924	968	1,799	2,338	3,051	10,286
헝가리	6,610	5,428	6,866	9,635	10,205	8,966	47,710
호 주	832	1,001	1,178	691	320	79	4,101
계	60,790	108,829	173,426	210,388	247,633	214,371	1,000,345

비고 : 국립수의과학검역원자료. 검역합격기준으로 통계확정 전 잠정치임,

(표 1-1-3) 국립농산물품질관리원 돼지고기 원산지표시 위반 현황(2003~08년)

	단속장소 수(개소)						허위표시(건수)						미표시(건수)					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	03	04	05	06	07	08	03	04	05	06	07	08
양돈업	531	788	339	1,009	989	702	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1
육류가공및 저장처리업	24,620	23,340	17,228	20,960	24,439	15,521	4	5	13	12	15	38	-	1	2	4	12	8
육류도매업	4,081	4,264	2,821	3,931	3,105	2,447	-	3	6	4	5	2	-	3	-	2	1	5
백화점	498	418	239	243	182	160	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
대형종합 소매점	11,513	12,876	7,584	9,189	9,918	8,911	1	2	1	2	6	4	2	18	10	6	1	5
슈퍼마켓	45,393	43,723	24,009	26,146	25,872	21,005	15	14	9	15	14	15	14	11	12	29	23	20
육류소매점	46,656	47,255	26,179	28,992	26,455	26,108	647	726	326	477	353	388	213	298	183	267	266	190
일반 음식점업	-	-	-	-	-	152,833	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
기관 구내식당업	-	-	-	-	-	8,724	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	16,697	16,727	12,274	10,898	15,292	10,094	2	1	1	4	5	4	2	2	2	6	12	3
계	149,989	149,391	90,673	101,368	106,252	246,505	669	751	356	514	399	455	232	334	209	314	315	232

비고 : 국립농산물품질관리원 기준 업태분류 위반 실적을 통계청기준에 맞춰 재정리함.

2. 양돈산업 변화와 돼지고기 이력제의 필요성

○ 최근 양돈장은 과거와 달리 규모가 커지고 전업화 현상이 두드러지고 있다.

○ 2010년 1천만두에 근접했던 돼지사육두수 2010년 11월 구제역 발생하면서 704만두까지 감소하였다가 구제역 상황 종료 후 농장에서 후보돈을 재입식하면서 778만두선까지 증가하였다. 한국농촌경제연구원(KREI)에서는 2011년 4/4분기의 사육두수를 800~810만두로 전망하고 있다. 호당 사육두수가 2008년 1천두를 넘은 이후에도 계속해서 늘어나고 있다.

○ 현재 국내 돈육시장은 한미 FTA 및 한EU FTA로 인해 많은 위협을 받고 있는 상태이다. 유럽은 철저한 기록 관리를 통해 생산성을 크게 향상시켰다. PSY(모돈두당 연간평균이유두수)가 30도 이상, MSY(모돈두당 연간출하두수)가 24두 이상이다. 국내의 생산성은 크게 떨어져서 국내평균 MSY가 15두선에 머물고 있다.

○ 한국 양돈산업은 현재 생산성 향상과 소비자의 요구에 부응하는 고급육 생산이라는 두 가지의 숙제를 풀어야하는 기로에 있다. 농장의 경쟁력을 이끌어 올리려면 정확한 기록유지와 기록을 바탕으로 한 자료 분석과 개선이 뒤따라야 한다.

○ 또한 돈육시장은 과거와 달리 고급 브랜드육 선호 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 고급육 생산의 첫 단계가 소비자에게 믿음을 줄 수 있는 생산이력 추적시스템

을 도입하는 것이다.

○ 생산이력추적은 비육돈이 출하되는 시점이 아닌 자돈의 생산단계부터 추적할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 모돈과 웅돈의 개체 확인은 물론 교배, 분만, 이유, 출하, 관리내역 등의 체계적인 자료가 축적되어 소비자에게 제공된다면 보다 투명한 생산이력추적 시스템이 될 것이다.

○ 소비자들의 우수 돼지고기 브랜드에 대한 인지도와 신뢰도가 확대되고 있어, 축산물 브랜드화를 통해 전문화된 전업양돈가 조직이 육성하여, 어려운 대내외 환경에서도 지속가능하고 안정적인 양돈산업기반이 구축되어야 한다.

○ 돈육의 안전성과 소비자의 신뢰성 향상, 그리고 유통경로의 투명성 확보를 위해 돼지고기 생산이력도입은 그동안 제품의 이력, 소재의 파악, 정보 검색 기술의 발달에 따라 가능하며, 전 세계적으로 육류의 원산지 및 생산이력추적은 더 이상 선택이 아니라 의무사항으로 요구되고 있다.

가. 식품 생산이력추적 관리의 중요성

○ 산업발전과 국민소득이 증가하면서 우리 국민의 식생활과 소비구조의 변화가 식품유통의 제3단계로 진화하고 있으며, 이와 같은 식품유통의 변화는 식품안전 관리체계의 변화를 요구하게 되었다

(표 1-1-4) 산업발전에 따른 식품유통의 변화 (한국인정원, 2010)

구분	1단계	2단계	3단계
경제발전	전통 농업사회	공업화, 도시화 전개	고도 산업화와 대중소비
식생활 목표	기아로부터의 해방	식단의 영양균형 추구	고급, 편의·건강 추구
소비구조	곡물 식품, 상품 차별 거의 없음	신선식품, 상품차별화수준 낮음	가공·조리·편의식품위주, 고도의 상품 차별화
유통기능 및 구조	곡물거래 중심, 도소매 미분화, 대인 직접 현물거래	신선식품 도매시장 발달, 대량유통 확대, 표준화 미비, 슈퍼마켓 및 연쇄점 증가	유통경로 다양화, 맞춤 생산·맞춤 유통, 도소매업 대형화, 계약거래, 직거래 확대
생산구조	곡물위주, 소량 다품목 생산	신선식품 생산 확대, 상업농 발전, 생산기반 확충	신선식품, 가공식품 집중 생산, 표준화 상품 대량생산, 연중조달, 냉장유통

○ 최근 전 세계의 식품안전관리체계의 변화는 「농장에서 식탁까지(Farm to table)」 개념이 등장하여 사료생산 및 식육 생산단계의 품질관리와 보증 없이는 식품안전성은 확보되지 못한다는 원칙이 수립되고 있다.

<table>
<tr><th colspan="5">식품 생산과 유통단계별 안전성 관리</th></tr>
<tr><th>생산</th><th>수확후 처리</th><th>가공</th><th>유통·판매</th><th>소비</th></tr>
<tr><td colspan="2">GAP</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>HACCP, GMP</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>GHP</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>RECALL</td></tr>
<tr><td colspan="5">TRACEABILITY-이력추적관리제도(ISO 22005)</td></tr>
</table>

※ 우수농산물관리제도(Good Agricultural, Practices : GAP),
우수제조관리제도(Good Manufacturing, Practice : GMP),
우수위생관리제도(Good Hygienic Practices : GHP)

(그림 1-1-1) 농장에서 식탁(Farm to Table)까지 식품안전을 위한 이력추적 관리제도

○ 국내의 식품 이력추적관련 제도는 2004년 농산물, 2005년 수산물에 대한 이력추적 시범사업 운영을 통해 현재 농산물, 수산물, 축산물, 가공식품 등에 대한 이력추적 제도를 운영하고 있다.

○ 또한, 세계표준화기구인 ISO에서는 식품사슬 내 이력추적시스템 지침인 ISO 22005를 제정·보급함으로써 간접적으로 ISO 22000(식품안전경영시스템)의 이행·확산과 국제적인 수준의 이력추적 시스템 구축을 지원하고 있다.

나. 축산식품에서의 생산이력제도의 중요성

○ 국민 소득이 증가하면서 육류 소비로 함께 증가하고 있어서 육류 식품은 쌀 다음의 주식으로 국가경제에서 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 국민의 고급식품 요구에 부응할 뿐만 아니라 원활한 식량 공급차원에서 축산식품의 생산이력제도 도입은 불가피한 실정이다. 그 중요성을 열거하면 다음과 같다.

- 축산 식품 항생제 잔류 등 위험도를 낮추어 안전성을 높이고
- 축산식품의 역추적이 가능해 품질의 고급화
- 축산식품원인 식중독 등 사건 발생 시 손쉬운 리콜과 조기 진화
- 가축질병 발생 시 조기차단이 가능해 원활한 축산물 공급유지
- 수입식품과의 차별화를 통한 국내 축산 농가와 유통업체 보호

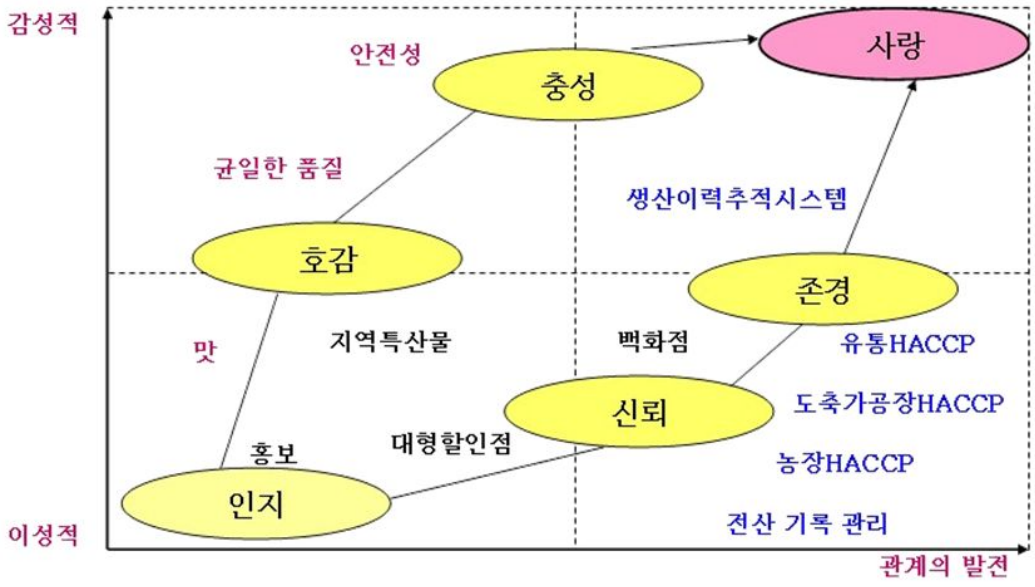
다. 브랜드 전략으로서의 생산이력제도

○ 돈육제품을 브랜드화 시키는 중요한 전략 중 한 가지 방법이 돈육제품의 생산이력 시스템의 구축이다. 소비자로부터 사랑을 받는 브랜드의 3가지 조건은 친밀감(Intimacy), 열정(Passion), 책임감(Commitment)을 보유한 제품이다.

○ 소비자와 브랜드의 "사랑"관계는 소비자가 브랜드를 인지하고 감성적으로는 호감을 가지고 경험을 통해 충성을 보이면서 사랑의 단계에 도달한다. 한편, 이성적으로는 인지한 후 신뢰를 하고 경험을 통해 존경을 보이면서 역시 사랑의 단계에 도달한다. 소비자와 브랜드의 관계 핵심은 항상 동일한 품질과 안전성을 유지하는 것이며 이것은 생산에서부터 유통단계까지의 이력 추적시스템이 필수적이다.

○ 돼지고기의 경우 농장의 전산기록에서 브랜드화의 첫 단계가 시작된다. 나아가서 위해요인을 제거하는 농장 HACCP, 돼지고기의 안전성을 높이기위한 도축장과 유통단계의 HACCP 적용이필요하며 이모든 것을 아우르는 생산 이력추적 시스템이 필요한 것이다.

(그림 1-1-2) 소비자로부터 사랑받기위한 브랜드 돼지고기 전략



(자료이용:삼성경제연구소)

○ 돼지 생산이력정보 추적시스템을 통해 수입육의 국내산 둔갑, 원산지 허위기재 등

1) 시장의 안정성을 저해하는 요소를 사전에 제거하고,
2) 경쟁력 있는 양돈브랜드의 보호,
3) 품질과 안전성이 검증된 HACCP 축산물을 적정한 가격에 소비자에게 공급할 수 있는 투명한 유통구조를 확보하는데 기여할 수 있음.

제2절 연구의 목표

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

○ 소비자들이 원하는 정보는 육질을 비롯한 여타의 정보보다는 육류제품의 원산지정보와 안전성이다.
- 육류제품에 대한 원산지식별에 필요한 생산이력체계구축은 선택사항이 아니라 의무사항으로 고려되고 있으며, 돼지고기제품의 원산지식별을 위해서는 생산 및 유통이력체계를 구축하여야 한다.

○ 본 연구에서는 선행설비에 대한 대규모 투자 없이 육류제품의 원산지정보를 검증하여 정확히 개별농가/농장추적이 가능하게 하여 전체적인 생산 및 가공이력관리체계를 구축하여 원산지식별과 육류의 품질에 영향을 주는 요인들을 모니터링 할 수 있는 수단으로 관련된 활용기술을 개발하였다

○ 1단계 (2009-2010): 돼지고기 원산지식별 가능한 생산, 유통 및 검증 모델 시스템 돼지고기 원산지추적체계를 위한 효율적인 농가운영 모델 개발
- DNA 정보 수집 및 활용 체계 수립
- 동위원소 비율 분석을 이용한 돈육의 원산지 식별기술 개발
- 돈육원산지 판별기술 모델별 경제적 효과분석 및 운영비용 계산

○ 2단계 (2011): 돼지고기 원산지식별 및 생산이력제의 현장 적용
- DNA 정보를 기반으로 한 원산지 식별체계를 구축하여 일반 양돈농가에 적용 검증
- 돼지고기내 동위원소비율을 이용한 국내산 및 수입산 모니터링 방법 검증
- 돼지고기 원산지표시제의 위반 및 단속실태 분석을 통한 효율적 단속방안 제시

돼지고기 원산지 판별기술 개발 목표 요약

- 소비자의 입장에서 돼지고기의 원산지와 안전성에 관한 정보를 제공하고
- 돈육의 안전성과 소비자의 신뢰성 향상 그리고 돈육유통경로의 투명성 확보를 위해서

1) 국내산 돈육의 부정유통 방지를 위한 생산이력정보 추적시스템을 개발
2) 돈육 원산지 표시제에 따른 과학적인 수입산 돈육 식별 방법을 확립
3) 원산지 표시 위반현황을 바탕으로 단속의 효율성을 높이는 방안 제시

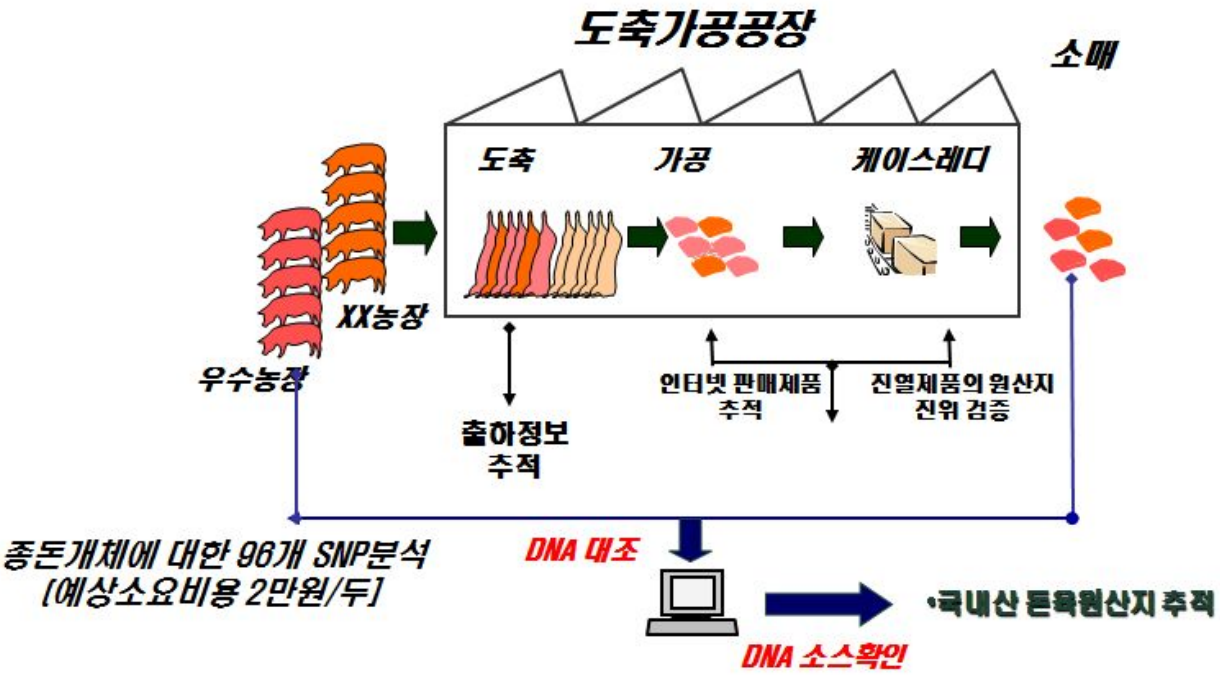
제3절 세부과제별 연구수행 내용

1. DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술 개발

○ 돼지고기의 원산지추적과 정보전달체계에서 돼지생산단계에서부터 상품화된 육류제품까지의 연결고리마다 변조를 방지하고, 품질에 영향을 주지 않고 전체적인 모니터링이 가능한 방법은 DNA분석을 이용한 비교분석정보를 활용하는 것이 유일한 방법이다.

○ DNA 분석에 대한 적절한 검사방법의 개발은 돈육제품의 원산지에 대한 정보뿐만 아니라 고품질돼지고기 생산에 필요한 부가적인 정보를 제공할 수 있어, 실질적인 브랜드 가치를 소비자에게 마케팅 할 수 있는 기회를 지원할 수 있다.

○ DNA 정보를 기반으로 한 원산지 식별을 검증하는데 있어서 발생되는 장애요인들은 1) 국내산 돼지의 도축단계에서 대량의 DNA 샘플수집, 2) 수입산 돼지고기에 대한 수출국 종돈 정보를 이용한 차별성 확립, 3) 대량의 검증샘플들에 대한 DNA 분석기술의 정확성과 비용인데, 이러한 제한요인들을 극복하기 위한 방안을 본 연구과제에서 도출하였다.



(그림 1-3-1) 국내산 돼지고기 DNA 정보의 모니터링 (농장에서 식탁까지)

가. 돈육원산지 식별에 필요한 DNA 정보 수집체계 마련

(1) 저비용 샘플수집기술 및 장치 개발

○ 돼지생산단계에서 출하까지는 개별농가의 사양관리프로그램을 통해 출하된 개체의 농장 또는 사육정보를 추적할 수 있으나, 도축 및 유통단계에서 원산지식별에 필요한 샘플수집이 요구된다.

○ 또한 브랜드돈육업체를 통해 도축 및 유통단계에서 원산지식별에 필요한 샘플 수집의 실시를 위해서는 출하된 개체에 대한 농장별 식별체계 확립과 도축현장에서 DNA 분석을 위한 샘플채취를 공정라인별로 효율적으로 도입할 수 있는 기술이 요구된다.

(2) DNA 추출과 분석을 위한 시료의 처리 장치에 대한 개발

○ 모근/육즙/고기시료에서 쉽게 DNA 추출 용액에 적용될 수 있는 장치로 고안하였다.

○ 현재 total DNA를 추출하는 방법은 실험실에서 제조하여 사용하는 방법 (Manual type)이나 제품으로 제조 판매되는 Prep Kit 모두가 여러 단계의 과정을 통해 DNA를 추출할 수 있도록 되어 있기 때문에 대량 시료에 적용하기 적합하지 않다.

○ 모근 시료나 체액 시료로부터 한번에 DNA를 추출하여 이 후 DNA 분석 에 쉽게 이용할 수 있는 DNA 추출 용액의 개발이 필요하였다.

○ DNA 추출에 이용될 단일 추출 용액은 모근 collector나 체액 채취용 장치에 포함되어 채취된 시료가 직접 추출 용액과 반응하여 분석 장소에서 바로 PCR 등과 같은 DNA 분석에 이용하였다.

나. 돼지고기 원산지식별을 위한 저비용 고효율 DNA 분석법 개발

○ 본 연구팀에서 발굴한 돼지 품종별 특이 SNP 마커와 돼지유전체 해독을 통해 확보된 품종별 유전변이에 대한 유전자형 분석 기법을 활용하여 개체 동일성 검증하였다.

○ 원산지식별에 필요한 최소 SNP 마커들을 조합하여 효율적인 분석기법을 개발하였다.

다. 원산지검증 프로그램 개발

○ 축산물품질평가원을 통해 등급판정자료 외 샘플 및 원산지자료와 가공이력 등 관련 자료들이 안전한 데이터베이스에서 관리되도록 구축하였다.

○ 체계적인 검증 샘플링 프로그램을 통해 DNA 분석을 실시하고, 데이터베이스내 자료와 대조분석을 하여 모니터링 할 수 있도록 하였다.

2. 돈육원산지 판별기술개발/시스템구축 비용 및 경제적 편익분석

○ 돼지고기 원산지 판별기술개발의 경제성을 분석하여, 이러한 기술의 개발비용 및 현장 적용비용(제도의 구축 및 적용 수준에 따른 행정비용)과 돈육원산지표시 관리제도의 올바른 시행으로 인한 경제적 편익을 비교하였다.

○ DNA와 바코드정보를 이용하여 판매된 부분육의 원산지를 검증할 수 있는 기술의 현장적용방법에 따른 경제적인 가치를 평가하여 효율적인 적용모델 제시하였다.

가. 원산지식별 기술적용의 비용연구 방법

(1) 다양한 돈육원산지 판별기술의 대안별 (예를 들어, RFID vs. Bar Code vs. RFID/Bar Code조합) 효과분석 및 개발비용을 계산하였다.

○ RFID의 경우 저장정보량이 가장 크므로, 단순한 원산지 식별 정보 뿐 아니라, 유통정보 등을 포함시킬 수 있어, 장기적으로 식품안전성 및 가축질병관리 체계를 구축할 수 있는 장점이 있음. 단점은 다른 대안에 비하여 고비용이라는 것이었다.

○ Bar Code의 경우, 가격이 저렴한 장점이 있지만, 원산지식별정보이외의 정보를 포함시킬 수 없으므로 파급효과는 가장 제한적이다. RFID/Bar Code조합형은 도축/포장 단계까지는 RFID를 사용하고 이후 유통단계에서는 Bar Code를 사용하는 방법인데, 이는 단순한 원산지판별 정보이외에 생산단계에서의 질병관리도 가능하므로 Bar Code 방식보다는 효과가 더 크며, 비용은 모든 돈육포장에 RFID를 부착할 필요가 없으므로 상대적으로 적은 방안이다.

(2) 각 대안별 시스템 구축비용과 시스템 운영비용을 연간 단위로 계산하였다.

○ 각 대안별 시스템의 구축은 통합서버의 구축을 통하여 웹기반으로 구축될 것이다. 따라서 이 부분의 비용은 동일할 것으로 판단하였다.

○ 각 대안별 시스템운영의 연간 편익발생은 단순하지 않음. 이를 위하여 부분시장 모형을 구성하여 생산자잉여(편익) 및 소비자잉여(편익)을 추정하여 이를 편익 발생분으로 계산하였다. 현재 편익발생분을 소비자의 지불의사액(willingness to pay)을 물어 단순하게 계산한 예가 있으나(허덕 외, 2007) 본 연구에서는 시장자료(가격 및 물량자료를 이용한 수요 공급함수의 추정)를 이용하여 보다 거시적으로 편익을 추정하였다.

○ 이렇게 계산된 편익과 비용을 이용하여 B/C 비율이 가장 높은 대안을 시스템 구축대안으로 추천하였다.

○ 원산지표시제도 시행비용은 기술의 개발 및 제도의 계획수립비용을 계산하여야 하며, 이는 이미 농산물품질관리원에서 시행하고 있는 원산지표시 단속 인건비 등을 계상하여 구할 수 있다. 예를 들면, 원천기술개발비용은 본 연구에서 충당되므로 제외하고, 이외 기술적용비용은 다음과 같이 계산될 수 있다.

○ 총 기술적용비용 = 단속1회당비용(인건비 등)*단속건수 + 시료1회당판별비용*년간시료수 + 적발시행정비용 - 적발시 과징금

○ 기존연구(허덕-우병준, 2007; 돼지생산이력제 도입을 위한 현장 적용 모델 개발, 한국농촌경제연구원 등) 바코드 방식의 경우 1마리당 9000원, RFID방식의 경우 12000원이 소요되는 것으로 연구되었다.

나. 각 대안별 시스템 운영의 연간 편익발생액 추정 및 원산지 단속시스템 추천

(1) 원산지식별 기술적용의 편익계산방법

○ 기존연구(허덕-우병준, 2007; 돼지생산이력제 도입을 위한 현장 적용 모델 개발, 한국농촌경제연구원 등)에 따르면, 600g당 176원을 추가로 구입하겠다고 답하여 이를 편익의 발생분으로 보고하였다.

○ 판별기술적용으로 인한 경제적 편익의 계산은 단순하지 않다. 즉, 이러한 기술을 적용하면 수입돈육을 국산돈육으로 속여 팔려는 시도가 줄어들게 될 것으로 판단된다. 이는 유통업자의 위험(risk)에 대한 태도에 따라 달라질 수 있다. 하지만 유통업자는 다음과 같은 조건이 만족될 때 원산지를 속여 팔 요인이 없어지게 된다.

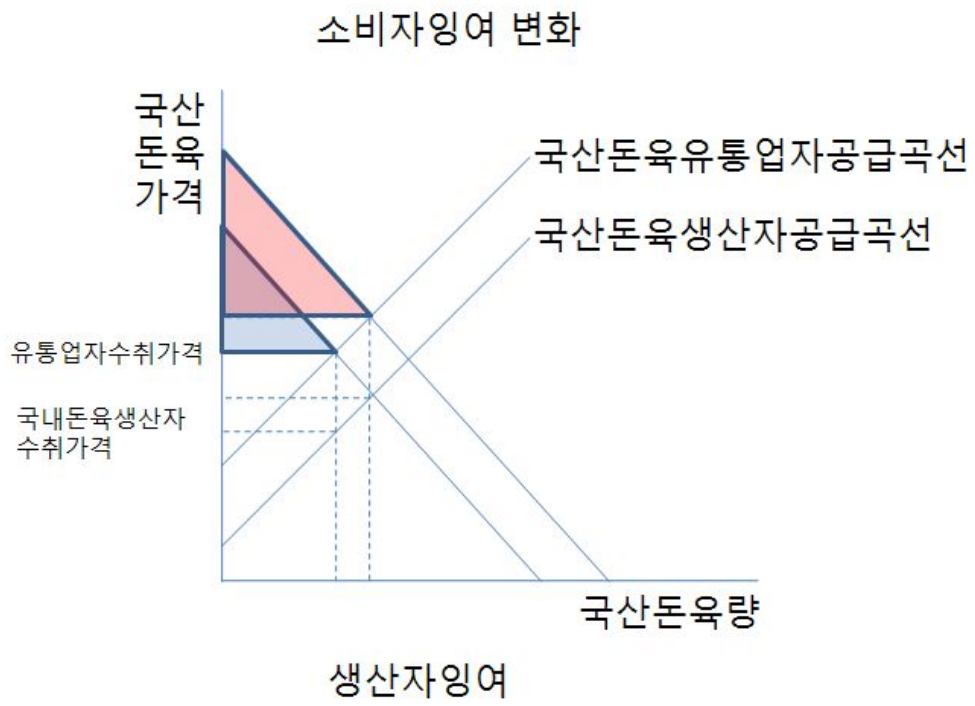
- 속여팔 경우 기대수익 <= 속여 팔지 않을 경우 수익
- 속여팔 경우 기대수익 = (국산돈육가-수입돈육원가)*국산돈육판매량 - 적발확률*과징금
- 속여 팔지 않을 경우 수익 = (국산돈육가 - 수입돈육원가)*수입돈육판매량
- 적발확률 = 단속회수/돈육판매장수

○ 즉, 속여팔 경우 기대수익이 속여 팔지 않을 경우 수익보다 작으면 유통업자는 속여 팔지 않을 것이다.

○ 그런데, 속여팔 경우 기대수익을 작게 만드는 방법은 적발확률, 국산돈육가, 수입돈육가, 판매량에 의존하게 된다.

○ 하지만 적발확률 및 판매량이외의 변수들은 외생적으로 주어지므로, 속여팔 경우의 기대수익은 적발확률과 판매량에 기인하게 된다.

○ 즉, 적발확률을 돈육판매장수가 고정되어 있다고 가정하면, 단속회수를 높여 증가시킬 수 있다. 또는 과징금을 현재보다 증대시켜도 같은 효과를 볼 수 있다.

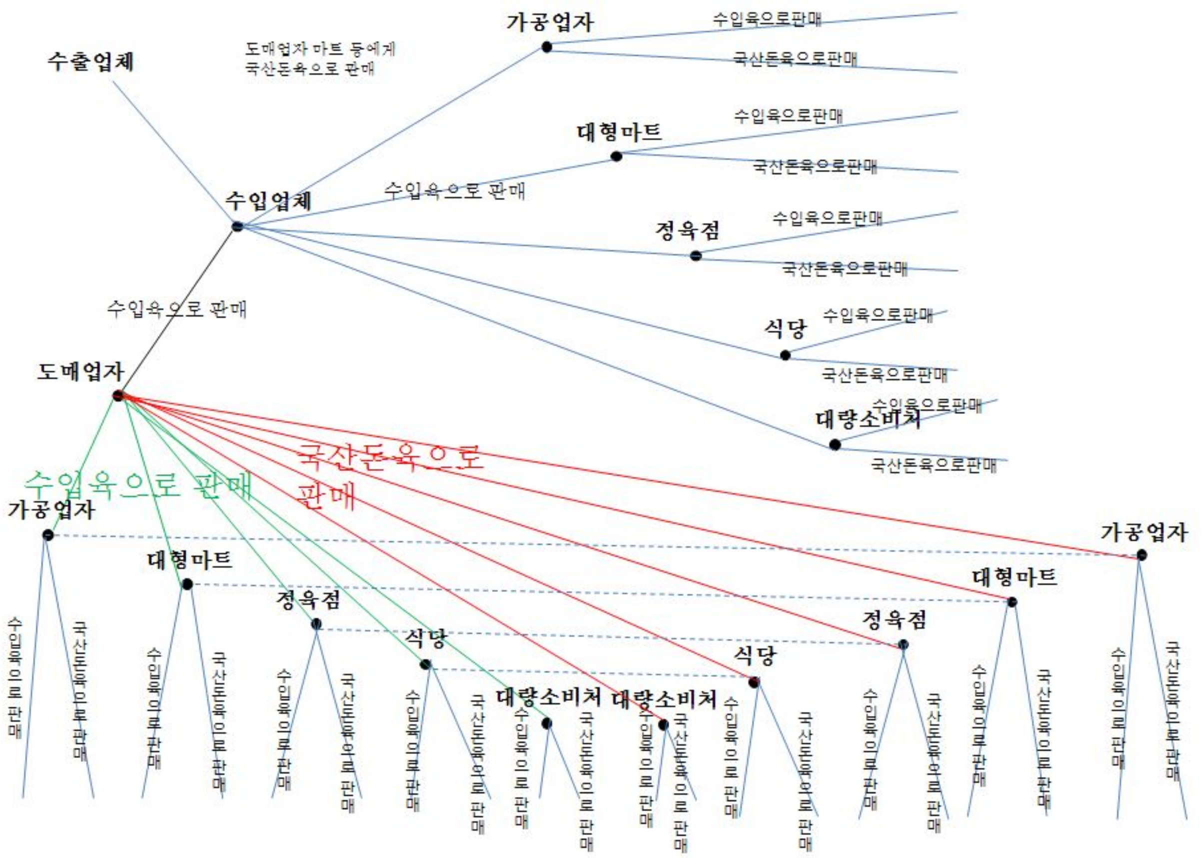


(그림 1-2-2) 돼지이력제에 따른 소비자와 생산자의 후생 잉여 변화 추정 모식도

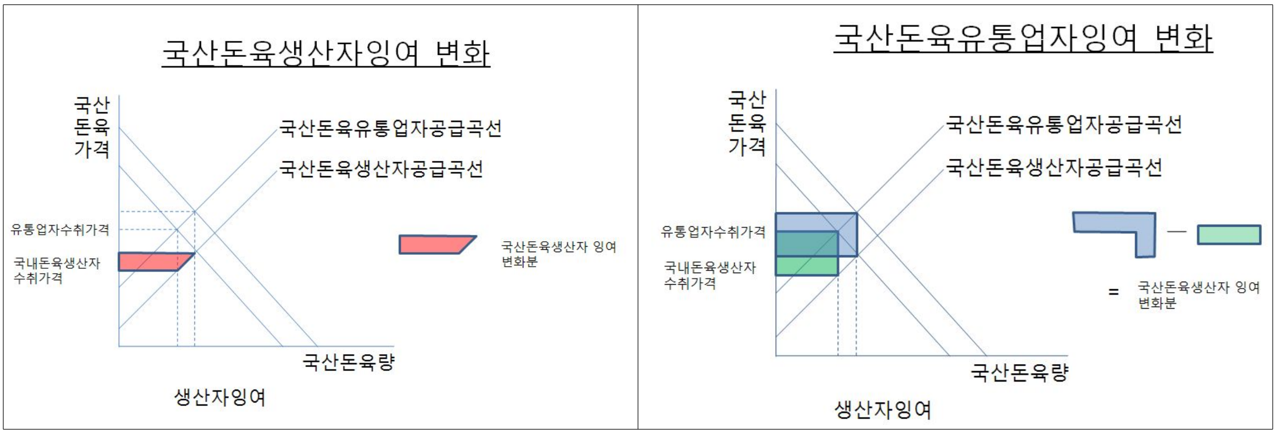
○ 본 연구에서는 적발확률을 어느 정도까지 증대시켜야(또는 단속회수를 얼마만큼 하여야) 유통업자가 속여팔 유인이 사라지는지(속여팔 경우 기대수익 = 속여 팔지 않을 경우 수익) 계산하였고 적정 단속회수를 계산하였다. 또한 현재 단속회수를 고정시켰을 때 과징금을 얼마로 책정하여야 하는지도 계산하였는데, 이를 계산하기 위해 구성한 게임이론의 게임나무 (Game Tree)는 다음 그림과 같다.

○ 국산돈육판매량은 이러한 원산지표시제도가 정착되어 소비자의 신뢰가 증대되면 증가할 것으로 예상되므로, 원산지표시제도의 시행이 유통업자가 속여팔 경우 기대수익을 증대시키는 효과를 가져올 수 있다. 이를 위한 분석으로 아래와 같이 산업수준

에서 국내돈육생산자 및 유통업자의 복지 변화와 소비자의 복지변화를 계산하였다.



(그림 1-2-3) 국내돈육시장의 게임나무(Game Tree) 구성



3. 돼지고기 원산지 제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발

○ 음식점 원산지 표시 관리 제도를 다루는 [농산물품질관리법] 개정안이 2008.05.22에 국회를 통과하였고, 돼지고기의 경우에는 12.22부터 시행하고 있는데, 이와는 별도로 소비자가 안심하고 축산물을 구매하는데 필요한 이력추적체계의 필요성이 함께 제기되고 있다.

○ 국내에서 소고기를 포함한 축산물의 이력추적제를 도입방안에 있어서, RFID를 이용하여 생산에서 가공 및 유통단계는 적용하는데 있어서 기업차원에서는 생산이력추적 시스템 도입의 목적이 명확하지 않고, 도축 및 가공라인의 인프라를 구축하는데 막대한 비용이 요구되며, 작업생산성이 저하되는 결점을 극복되어야 한다.

○ 본 연구과제에서는 이러한 RFID 장치를 이용한 돈육생산 및 유통모델을 개선할 수 있는 DNA 기반 저비용 이력추적모델을 개발하여 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내 돼지고기 생산체계와 유통시스템을 적용하는 것을 목표로 하였다.

○ 정피엔씨연구소는 돈육생산단계에서부터 최종 판매단계까지 별도의 인프라 시스템을 구축할 필요가 없이 원산지식별에 필요한 돈육생산 및 유통모델을 다음과 같이 개발하였다.

가. 양돈장 관리프로그램을 활용한 부모돈 DNA 정보처리

○ RFID는 농가 사양관리 및 출하관리 정보를 정확히 전달할 수 있는 장점이 있지만, 농장의 모돈 및 개체관리를 위해 RFID 장착이 필수적으로 요구되고, 각 단계별로 생성되는 정보의 처리 및 관리에 많은 비용과 인프라시스템이 요구된다. 이러한 단점을 극복하면서 현장에서 DNA정보를 수집 및 관리할 수 있는 방안을 개발하였다.

나. 양돈장 돈육이력추적 전산프로그램 개발

○ 출하시 도축장에서 관리하는 농가식별, 도축일자 및 축산물등급판정소의 등급판정기록을 활용하며, 도축장에서 간편하게 채취할 수 있는 DNA 분리용 샘플을 통합관리체계 마련하였다.

○ 농장이나 도축장에서 수집된 샘플들은 1세부과제와 연계하여 DNA 분석 및 지문정보를 기반으로 한 이력추적용 DNA ID를 생성하여, 안전하게 저장할 수 있는 데이터베이스 구축하였다.

○ 돈육제품화 작업 후 DNA ID와 통합 관리될 수 있는 바코드라벨을 출력하여 포장박스라벨에 부착하고, 체계적이고 효율적인 샘플링과 평가프로그램을 개발하여 유통단계별 주기적인 모니터링과 검증시스템 구축하였다.

4. 동위원소비율(δ-value ‰)분석을 이용한 돈육의 원산지 식별기술개발

○ 현재 원산지 판별 방법으로는 유기물 분석으로 판별하는 근적외선 분광법, x-선 형광 분석기, 전자코, Capillary electrophoresis, NMR방법 등이 있으며, 무기물 분석을 통한 ICP법, 그리고 유전자를 이용한 방법, 동위원소 비율분석 등이 있다.

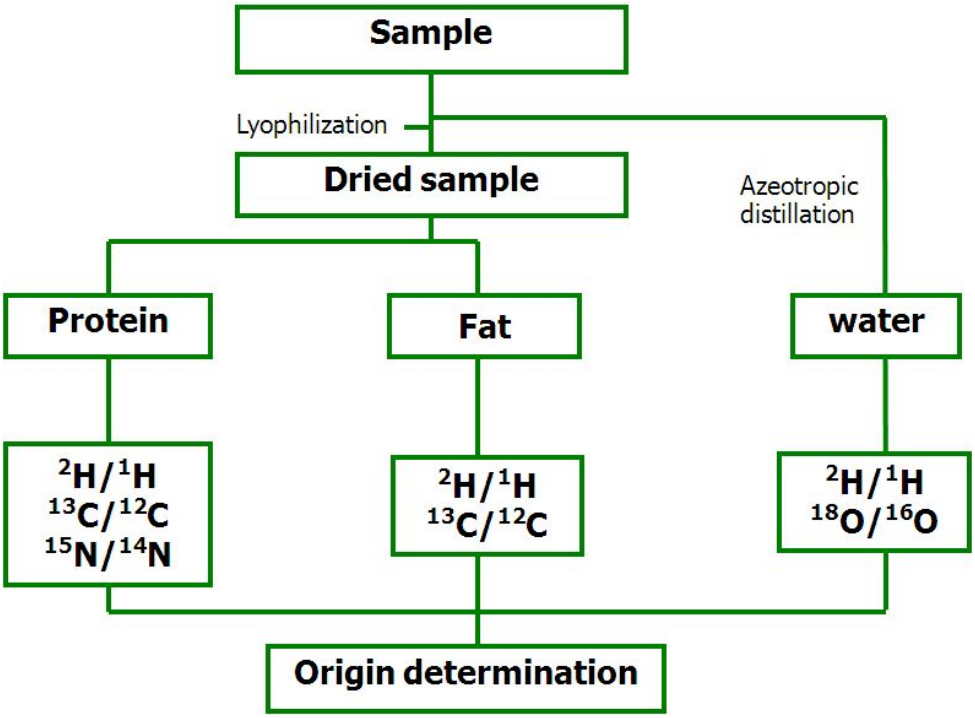
○ 동위원소는 생체대사 조건 및 온도, 지역적 특성, 식이 환경 등 다양한 조건에 따라 특정 값을 갖기 때문에 동위원소비율을 확인함으로서 그 지역의 환경 및 기원을 유추할 수 있다.

가. EA-IRMS (Elemental Analyzer/Isotope Ratio Mass Spectrometry) 분석기기에 의한 동위원소비율 분석방법 수립

○ 원산지 식별 방법에 대한 기존분석법의 타당성 검토를 위한 효과적 분석법 자료 검증

○ C, N(δ13C, δ15N) 동위원소 별 최적 전처리조건 수립

○ C, N(δ13C, δ15N) 동위원소 별 최적 분석조건 수립



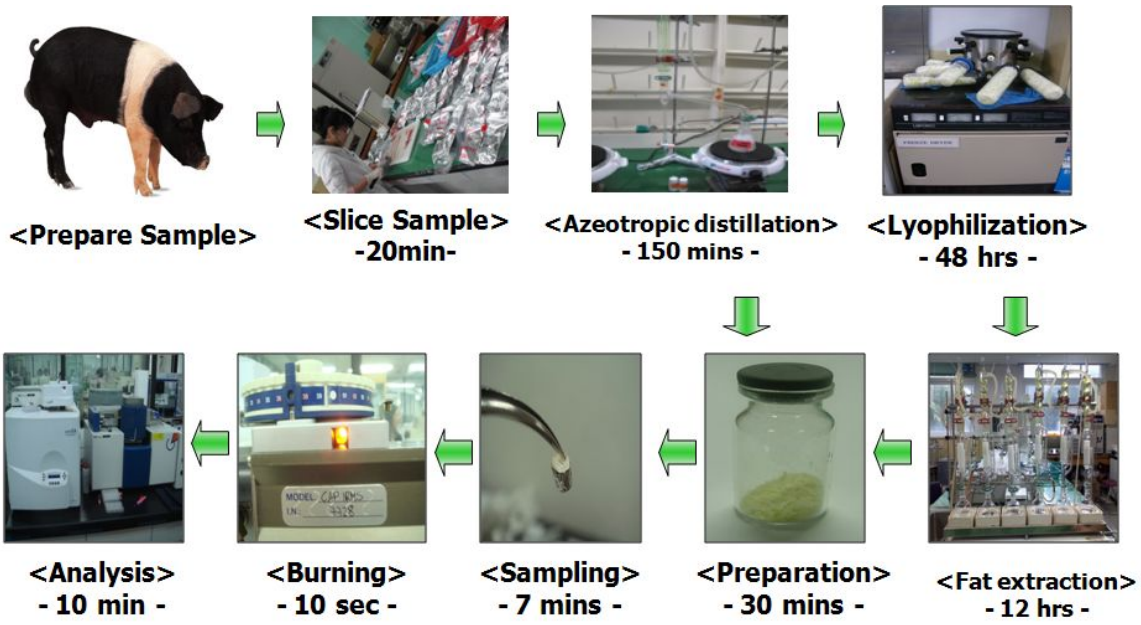
(그림 1-2-4) Analytical schem of origin determination of pork used EA/IRMS

나. 원산지별 돈육의 안정동위원소 존재비율 분석

○ C, N(δ13C, δ15N) 동위원소 별 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ-value 분석실험에 의한 돈육의 지역적 특성 확인

$$\delta X = \frac{R_{(SM)} - R_{(ST)}}{R_{(ST)}} \times 1000 \ (‰)$$

X; Ion, R;
$^{A}X / {}^{A}X+{}^{B}X$
SM; Sample,
ST; Standard



(그림 1-2-5) 돼지고기의 동위원소 분석 체계

다. 원산지별 돈육 동위원소 비율 모니터링

○ 각 원산지별 C, N(δ13C, δ15N)의 동위원소 비율 분석

○ 모니터링 실시 후 원산지별 δ -value 결과의 통계분석

○ 통계분석을 바탕으로 EA-IRMS 분석기기에 의한 돈육의 원산지 판별 적용 가능성 및 타당성 검토

○ EA-IRMS 분석기기에 의한 돈육의 원산지 판별기준 수립

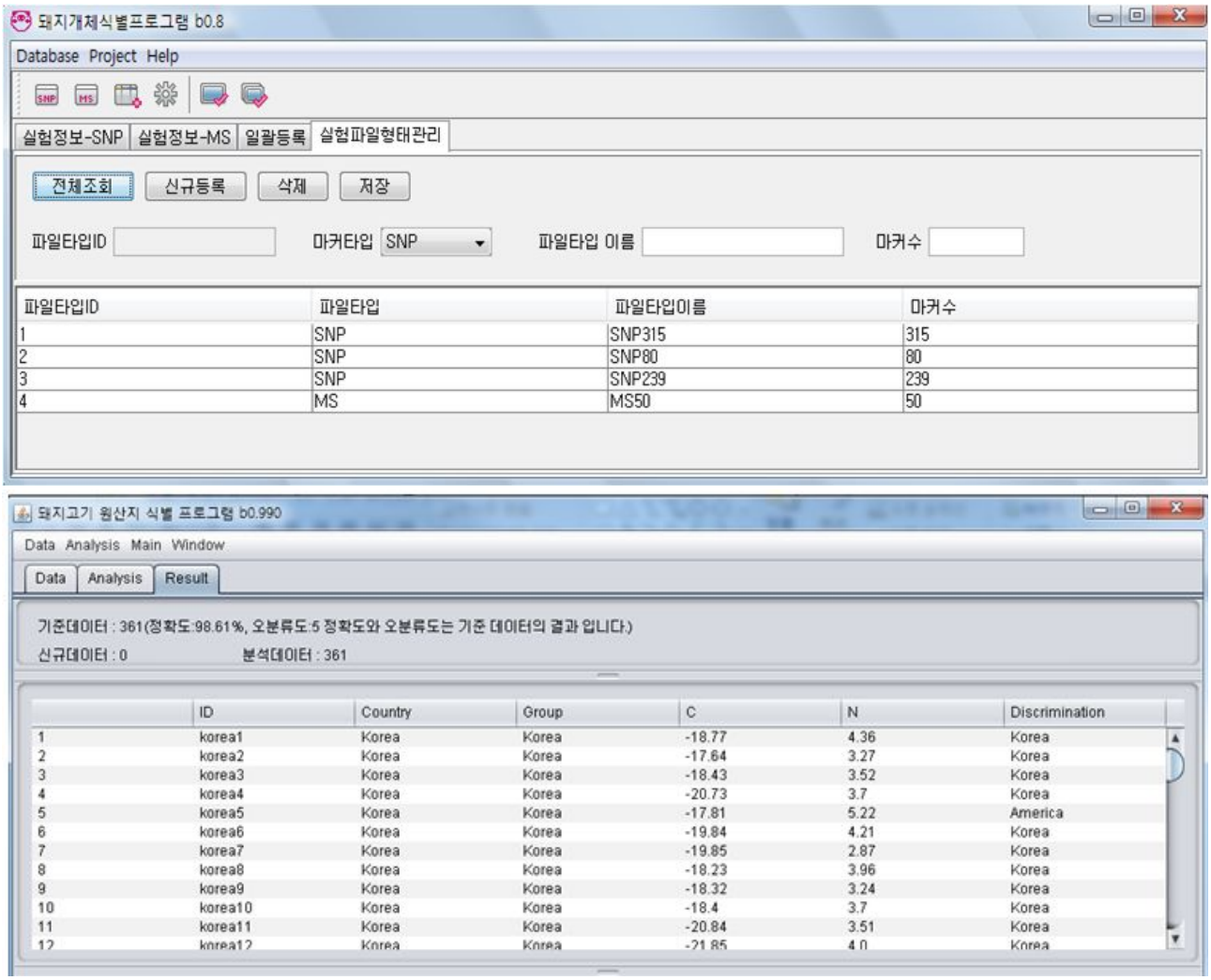
5. 돼지고기 원산지판별 데이터 통합 관리 프로그램 개발

○ 생산이력추적시스템(픽디자이너)과의 연동 환경을 구축하고 안정동위원소 실험데이터 관리 및 대륙별 돈육의 원산지 판별 프로그램 제작하였다.

○ 통계분석은 통계패키지 R을 이용하여 주로 분석하였는데, R의 이용 장점은
- 우선 무료이며 분석할 때 필요한 옵션을 연구자 위주로 사용하는데 용이
- 분석 시 필요한 정보나 매뉴얼이 대부분 공개

○ 본 프로그램에서는 R을 이용하여 boxplot을 그려서 데이터의 분포를 확인 하였고, LDA를 이용하여 동위원소를 통한 대륙간의 분류를 하였다.

○ DNA와 안정동위원소의 데이터 셋 관리 및 원산지를 판별할 수 있는 윈도우 프로그램을 개발하였다.



(그림 1-2-6) 윈도우용 돼지고기의 개체 및 원산지 식별프로그램의 스크린

6. 돼지고기 냉장돈육 및 해동돈육 품질 특성 분석

○ 현재 국내 소비자는 냉장육의 우수한 품질에 대한 장점을 인식하고 있지만, 눈으로만 보아서는 냉장육과 냉동육을 구분하기 어려운 실정이고, 우리나라 식육산업은 유통구조의 복잡성과 가격차이로 인해 판매장에서 값싼 냉동육이 냉장육으로 둔갑판매가 빈번하게 발생하고 있다.

○ 이상과 같이 돼지고기의 원산지 판별과 더불어 냉동육과 냉장육을 구분할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있지만 쇠고기에 비해 상대적으로 값이 싼 돼지고기에 여러 가지 다른 시스템을 적용하기에는 문제점이 많다. 따라서 모돈 정보, 사육농가, 도축정보 등의 생산이력정보를 알 수 있는 생산이력시스템과 냉동 및 냉장돈육을 판별할 수 있는 통합시스템으로 구축하여 개발하고자 하였다.

가. 냉장돈육과 해동돈육 품질특성 분석

○ 냉장돈육과 해동돈육의 이화학적 성분 변화 구명

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 축산물의 원산지 판별기술 국내외 현황

○ WTO로 대표되는 자유무역구조로의 변화 기류 속에서 식품의 수·출입량 증가와 식품 위해요소의 다양화는 전 세계적인 현상이다. 이에 따라 세계의 여러 국가들은 자국민들이 섭취하는 식품의 안전성을 보장하기 위하여 다각적인 방안을 모색하고 있으며 특히 식품의 수입량이 큰 국가에서는 수입식품 검사단계에서 식품 안전성을 보장하는 것이 가장 효과적인 방안임을 인식하고 적절한 장치 마련을 위해 노력하고 있다 (1-5).

○ 미국의 경우 1997년부터 컴퓨터화된 수입식품 검사업무 시스템인 '수입지원을 위한 운영 및 관리시스템(Operational Administrative System for Import Support; OASIS)'을 완비하여 대량의 수입식품 검사업무를 수행하고 있다. OASIS 운영으로 자동분류기능을 통한 업무처리 소요시간의 대폭 축소, 불필요한 서류 문서의 절감, 국토 전역으로 분산되어 처리되던 업무의 일관성 확보, 업무 처리 과정에서 일어날 수 있는 기업 기밀 유출의 방지, 위험 발생 가능성 있는 품목의 집중 관리를 통한 문제점 추적 능력과 금지 품목 반입 차단 능력의 향상 등 많은 효과를 거두고 있다.

○ 유럽연합(EU)은 수입식품 검사영역에서 공동체법을 제정하여 공통절차 및 기준을 준수하며, 25개 회원국 및 관련기관 간에 정보 공유 네트워크를 개발하여 위해요소의 EU유입을 차단하기 위해 노력하고 있다.

○ 일본은 자유무역의 원칙을 중시하여 여러 가지 수입절차 간소화 제도를 실시하고 있는 대신에 수입 통관 전후에 대해서도 지속적으로 모니터링 검사를 실시하는 사전 정보에 의한 사후 통제 시스템 형식의 정책을 실시하고 있다. 일본의 수입검사 업무는 FAINS (the Food Automated Import Notification and Inspection System)라는 수입식품 검사 전산 프로그램을 통하여 처리되고 있다.

○ 현재, WTO 체제와 수입 자유화시대를 맞이하여 외국의 농산물이 많이 수입되고 있으나 이들의 가격이 국산보다 저렴한 경우가 많기 때문에 의도적으로 산지를 속이는 경우가 많은 실정이나 이 경우 과학적 분석에 의한 판별이 쉽지 않은 것이 현실이다.

○ 수입식품의 원산지판별을 위하여 최근에는 비파괴기술인 근적외선 분광법 (6), 전자코 (8), X선 형광분석법 (7) 등이 많이 사용되고 있으며 특히 NIR을 이용한 비파괴기술은 과채류의 당도, 곡류의 함수율, 아밀로오스의 함량, 우유와 유제품의 지방, 단백질 및 고형분함량 분석에 많이 응용되고 있다 (8-11).

○ 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 있다 (12-15).

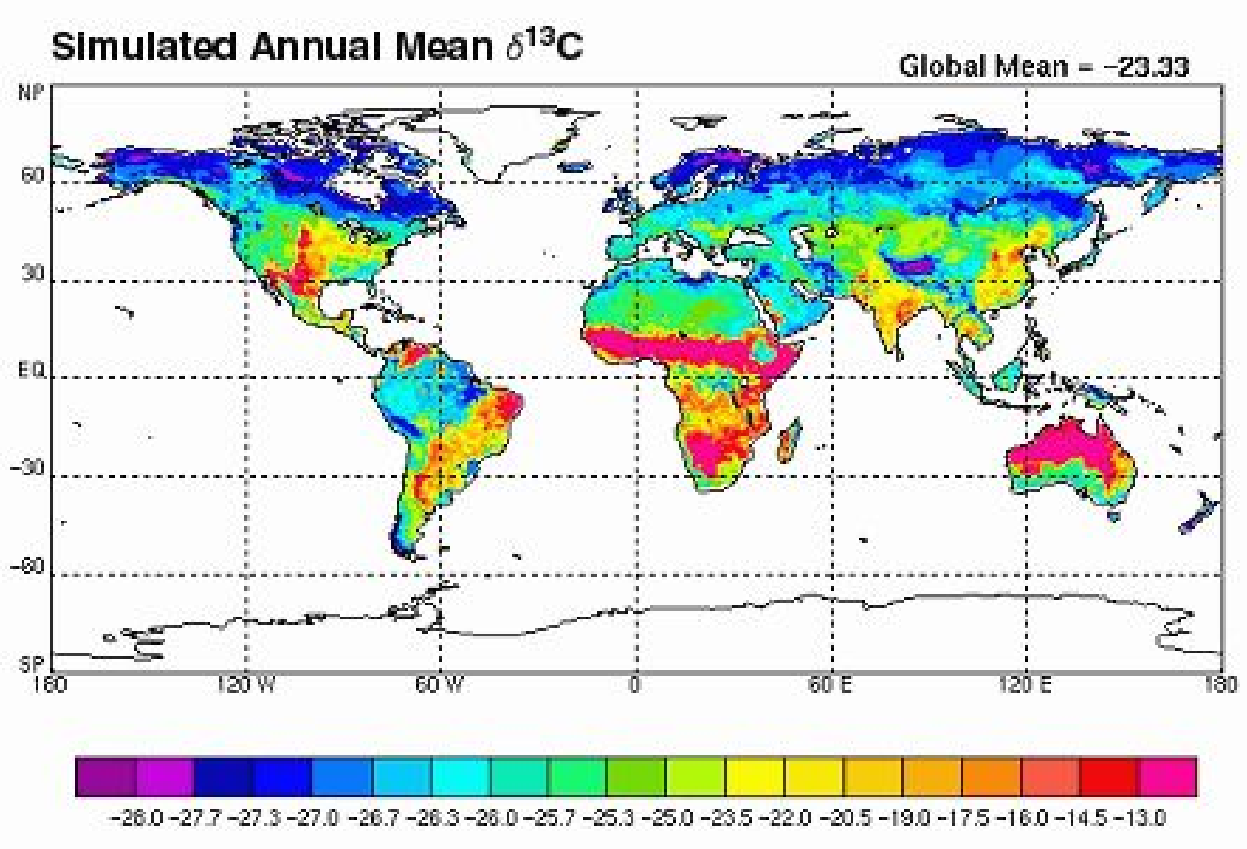
○ 우육의 경우 수소(1H/2H) 및 탄소(13C/12C), 질소(15N/14N), 황(34S/32S) 및 산소(18O/16O)의 비율분석이 이용되고 있으며, 치즈에서는 수소, 탄소, 질소, 황 및 스트론튬(34Sr/36Sr) 등이 활용되고 있다. 뿐만 아니라 프랑스와 캐나다 등에서는 그들의 주요 생산품인 포도주의 원산지 판별이나 품질 평가에 이용한다. 포도주는 주원료인 포도에 들어있는 당이 효모에 의한 알코올발효에 의하여 생산된다. 그러나 국제무역이 발달하면서 부가가치가 높은 포도주의 생산을 값비싼 포도를 이용하지 않고, 다른 저렴한 알코올 원료를 사용하여 제조하는 불법적 행위가 증가하게 되었다. 때문에 고급 포도주의 주산지들은 그들의 산업을 보호하고, 불법행위를 단속하기 위해 탄소, 수소, 스트론튬 및 여러 동위원소들의 비율을 다각적으로 분석하여 원산지 및 포도주알코올분의 유래경로 등을 판별하고 있다. 이 방법은 원산지판별 외에도 꿀에서 탄소동위원소비율 분석을 통하여 밀원이 어디로부터 왔는지 추정하여 그 진위여부를 판별하고 있다 (16-33).

○ 이러한 동위원소비율분석에 이용되는 주요 장비로는 EA/IRMS(Elemental Analyzer/Isotope Ratio Mass Spectrometry), TIMS(Thermal Ionization Mass Spectrometry), SNF/NMR(Site-specific Natural Isotopic Fractionation/Nuclear Magnetic Resonance) 및 ICP/MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) 등이 있으며 대부분은 EA/IRMS에 의해 주로 연구되고 있다 (표 2-1-1).

○ 국내에서 유통되는 농산물의 원산지 검정기관인 국립농산물품질관리원에서는 40여 품목의 주요 농산물을 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.

○ 축산물의 원산지 판별 방법의 개발이 계속해서 이루어져 왔으며, 최근에 탄소 동위원소비율을 이용한 원산지 판별 방법이 새롭게 부각되고 있다. 이 원산지 판별 방법의 이론적 근거는 사료에서 찾을 수 있는데 예를 들면 미국과 캐나다에서는 소의 먹이를 주로 옥수수 사료로 하고 있으며, 뉴질랜드나 호주에서는 풀을 먹이기 때문이다. 따라서 소고기의 대표적인 수입국인 미국과 캐나다, 호주, 뉴질랜드 소고기를 대상으로 한 원산지 판별 방법은 소들에게 먹이는 사료에 따라 다르게 나타나는 탄소 동위원소비율을 이용하여 개발되었다.

○ 자연에 존재하는 동위원소의 비율은 거의 일정한 값을 갖지만 다양한 반응과정을 거치면서 그 비율은 변화하고, 지역에 따라 다른 특징을 갖게 되므로 동위원소의 비율값을 이용하여 원산지 판별이 가능할 수 있다 (그림 2-1-1).



(그림 2-1-1) Global distribution map of $\delta^{13}C$ value.

○ 한편, 농산물의 품종이나 원산지를 판별하기 위하여 전기영동, HPLC 분석법 등과 같은 기존의 단백질 분석법을 활용할 수 있지만 현실적으로 시간이나 비용이 많이 소요되는 단점이 있어 현장에서의 적용에 어려움이 있다. 특히, 육류의 품질측정은 주로 이화학적 방법에 의하여 행하여져 왔으나 최근 여러 가지 비파괴 물성측정장비 및 센서를 이용하여 편의성과 경제성을 제고한 기술개발이 확산되고 있는 실정이다. 이들 비파괴 분석법으로는 초음파 측정법이나 NIR 분석법이 보고되고 있는데, 측정원리상 주변 환경에 민감한 probe 분자를 이용하는 분광학적 방법은 편의성과 정확성으로 인하여 점차 연구영역이 확대되고 있는 상태이나 실제의 현장에서 사용할 수 있기에는 아직 연구가 미흡한 실정이다. 그러므로 농·축산물 등의 원산지 판별을 위하여 보다 과학적이고 경제적인 분석방법 마련이 매우 시급하다.

(표 2-1-1) Application fields of Isotope ratio analysis

Sample	Analysis system	Isotope	Reference
Beef	IRMS	$^{2}H/^{1}H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{34}S/^{32}S$	Boner *et al.* 2004
	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{34}S/^{32}S$	Schmidt *et al.* 2005
	IRMS, ICP/MS	$^{2}H/^{1}H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$	Heaton *et al.* 2008
	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{34}S/^{32}S$	Bahar *et al.* 2008
Pork	IRMS	$^{13}C/^{12}C$	González-Martin *et al.* 1999
Lamb	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$	Piasentier *et al.* 2003
Milk	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$	Kornexl *et al.* 1997
	IRMS	$^{18}O/^{16}O$	Renou *et al.* 2004
	IRMS	$^{18}O/^{16}O$	Ritz *et al.* 2004
Butter	IRMS, TIMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$, $^{34}S/^{32}S$, $^{87}Sr/^{86}Sr$	Rossmann *et al.*, 1999
	IRMS, TIMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$, $^{34}S/^{32}S$, $^{87}Sr/^{86}Sr$	Balling *et al.* 2004
Cheese	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$	Manca *et al.* 2001
	IRMS, ICP/MS, TIMS	$^{2}H/^{1}H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{34}S/^{32}S$, $^{87}Sr/^{86}Sr$	Pillonel *et al.* 2003
	IRMS, AAS	$^{2}H/^{1}H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{34}S/^{32}S$	Pillonel *et al.* 2004
	MC/ICP/MS, TIMS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Fortunato *et al.* 2004
	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$, $^{34}S/^{32}S$	Camin *et al.* 2004
Rice	ICP/MS, MC/ICP/MS	$^{11}B/^{10}B$, $^{87}Sr/^{86}Sr$	Oda *et al.* 2002
	IRMS, ICP/MS	$^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$	Kelly *et al.* 2002
	MC/ICP/MS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Kawasaki *et al.* 2002

(그림 2-1-1) Continued

Sample	Analysis system	Isotope	Reference
	TIMS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Horn *et al.* 1993
	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$	Breas *et al.* 1994
	IRMS, TIMS	$^{87}Sr/^{86}Sr$, $^{18}O/^{16}O$	Horn *et al.* 1998
	IRMS, SNIF-NMR	$^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$	Rossmann *et al.* 1999
	MC/ICP/MS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Almeida *et al.* 2001
Wine	ICP/MS	$^{207}Pb/^{206}Pb$	Barbaste *et al.* 2001
	MC/ICP/MS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Barbaste *et al.* 2002
	IRMS, SNIF-NMR	$^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$	Christoph *et al.* 2003
	IRMS, SNIF-NMR	$^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$	Christoph *et al.* 2004
	ICP/MS	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Marisa *et al.* 2004
	IRMS, ICP/MS	$^{2}H/^{1}H$, $^{18}O/^{16}O$	Gremaud *et al.* 2004
Wheat	IRMS	$^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$	Brescia *et al.* 2002
Orange juice	ICP/MS, IRMS	$^{13}C/^{12}C$	Simpkins *et al.* 2000
Coffee	IRMS	$^{2}H/^{1}H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$	Weckerle *et al.* 2002
Honey	^{13}C NMR	$^{13}C/^{12}C$	Discrimination of Real and Fake
Bean	NMR	$^{13}C/^{12}C$	

제2절 돼지고기 이력추적체계의 국내외 현황

1. 해외 양돈 돼지고기 생산이력 시스템 사례

가. 덴마크의 돈육 생산이력 관리 체계

○ 덴마크의 돈육 생산이력관리체계는 양돈농장과 도축가공장의 두 단계로 구분된다. 덴마크 양돈 생산의 큰 특징은 모든 양돈농장이 도축 가공회사와의 계약에 의해 생산출하되고 모든 돼지고기는 도축 가공 회사를 거쳐야 하기 때문에 비교적 단순한 생산이력체계를 갖추고 있다. 덴마크 돈육생산 이력체계의 또 다른 특징은 가능한 한 귀표(Ear Tag), 문신(Tatoo)등의 개체 표시를 회피하는 방식이다.

(1) 돼지 생산기록 관리기관

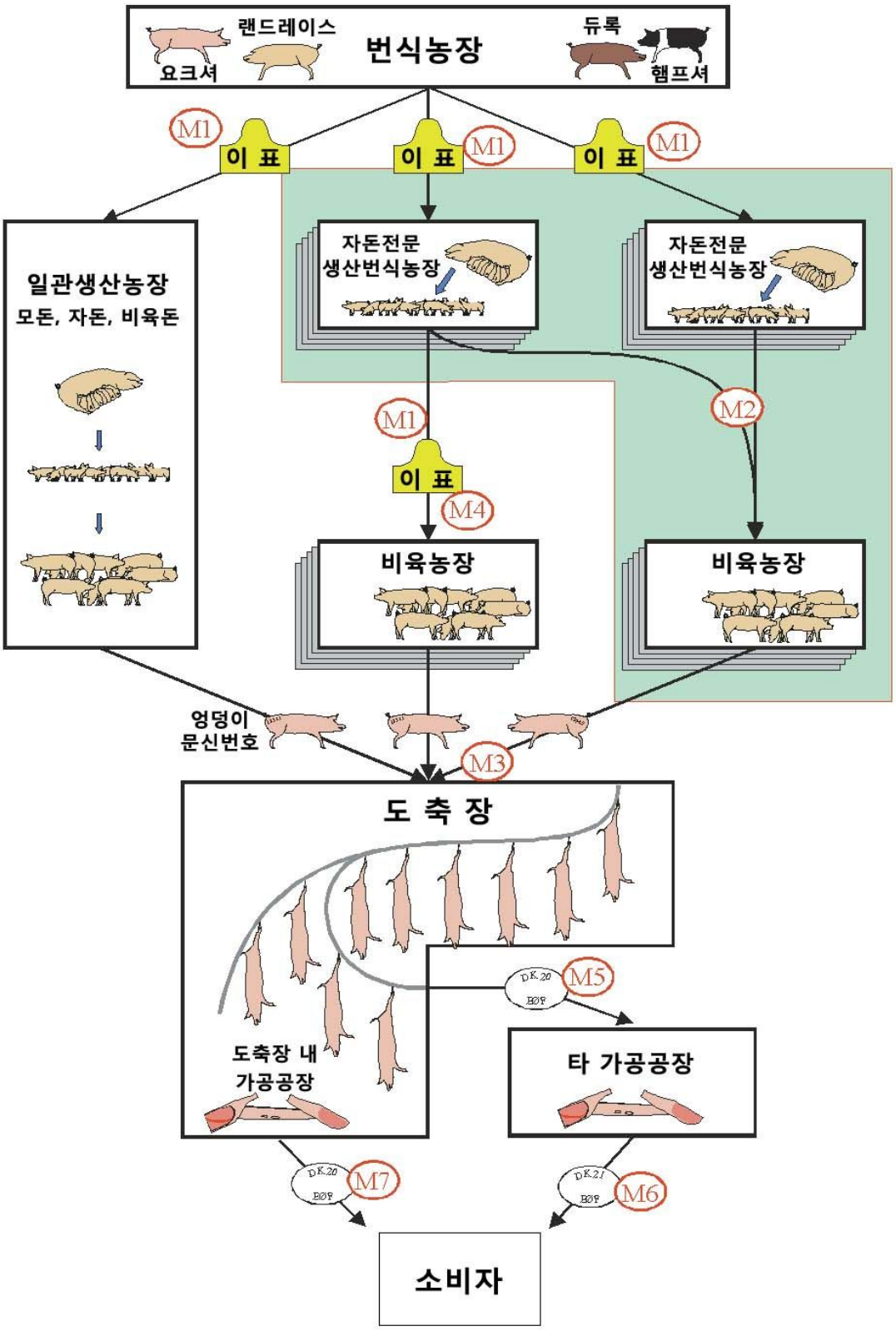
○ 돼지를 포함한 모든 가축은 출생과 이동기록을 정부기관인 중앙축산등록소(CHR: Central Husbandry Register)의 데이터베이스에 등록 하여야 한다. CHR 데이터베이스는 다음과 같은 정보를 보관하고 있다.
- 농장고유 CHR번호(6자리)
- 농장이름, 농장주소, 농장전화번호, 농장주 이름
- 농장이름, 농장주소, 농장전화번호, 농장 책임관리자 이름
- 농장위치(GPS정보)
- 양돈장경영타입(예, 종돈장, 번식농장, 비육전문농장 등)
- 평균사육두수
- 담당수의사의 이름, 주소, 전화번호

(2) 귀표 부착대상 돼지

○ 덴마크에서는 원칙적으로 모든 농장에서 태어난 돼지는 공인된 귀표(Ear Tag)를 부착해야 한다(M1그룹, 그림 2-2-1). 그러나 다음과 같은 사항에 해당되는 돼지는 예외로 한다.
- 출생농장에서 도축장으로 바로 출하하는 돼지로서 엉덩이에 문신(Tatoo)을 입력해야 하는 돼지(M3그룹).
- 농장에서 비식용으로 도태되는 돼지.
- 이유자돈그룹(Lot)단위로 동일시스템 농장(예, 3사이트 농장)으로 이동하는 경우.
- 이유자돈의 그룹(Lot)단위로 장기계약 또는 같은 시스템이지만 다른 이유돈과 함께 사육되는 경우(M2그룹).

귀표(Ear Tag)는 반드시 덴마크 수의식품청에 의해 공인되고 농장고유 CHR번호가 색인된 것을 사용해야한다. 덴마크는 향후 UHF태그를 도입할 계획인바 UHF태그 도입시 연간계약생산농장의 비육돈은 문신 없이 농장단위 번호와 비육돈 Lot

번호로만 운용할 계획을 가지고 있다.



(그림 2-2-1) 덴마크의 돈육생산이력 관리체계

(3) 양돈농장의 신고의무 정보

○ 모든 농장은 농장에 입식되고 이동, 출하되는 돼지에 관한 것은 물론 공급자와 상대편 돼지 입식, 구매자에 대한 자세한 정보를 신고하여야 한다. 대부분의 출하 돼지는 출생 농장에서 바로 도축가공장으로 직행하지만 상당수의 이유자돈은 이동하게 된다. 그러나 80%의 이동자돈은 장기계약에 따라 공급되고 있다. 돼지 이동시 돼지의 위생 질병 상태와 백신 기록을 첨부하게 된다. 20%의 이유 자돈은 다른 소유주 농장으로 이동하게 되는데 이 그룹의 자돈은 이동전에 거래가 완료되므로 M4그룹으로 분류된다.

(4) 이동, 출하 돼지 정보

○ 다른 농장으로 이동, 또는 도축장으로 출하되는 돼지는 아래 정보를 보고한다.
- 농장고유 CHR 번호, 보내는자와 받는자의 이름과 주소
- 도축 돼지는 엉덩이에 문신(Tatoo)번호가 표시된다(M3 그룹).
- 수송자의 이름과 주소
- 돼지두수
- 출하일자

(5) 도축장 정보

○ 도축되는 돼지는 일단 갬브렐(gambrel)에 걸려 이동하면서 자동적으로 갬브렐 번호와 함께 농장 CHR번호, 체중, 정육율, 체모색, 검역관 코멘트 등이 자동적으로 도축장 컴퓨터에 입력된다. 검역관에 의해 합격된 지육에 한해 EU 위원회가 승안한 번호가 지육에 표시되며 신속하게 냉장실로 이동된다. 도축장과 다른 장소의 가공공장으로 이동할 경우에 가공공장의 허가번호가 표시된다(M5그룹).

(6) 가공공장 돈육제품 정보

○ 가공공장에서 가공된 부위는 종류에 따라 부착라벨이 달라진다. 지육이 단순히 부위단위로 대분할 된 경우에는 Lot라벨(EU규정 64/433/EC, 89/396/EC)이 부착되고 보다 소분할 되어 포장된 1차 완제품과 2차 육가공제품의 경우 Lot라벨(EU규정 64/433/EC, 89/396/EC, 79/112/EC)을 반드시 부착해야 한다. 소매점에서 판매되는 모든 육류포장에는 마지막 가공공장번호와 함께 생산농장과 도축장이 병행표기 된다(M6, M7그룹).

(표 2-2-1) 덴마크 돼지생산이력체계의 단계별 의무 표기 내용

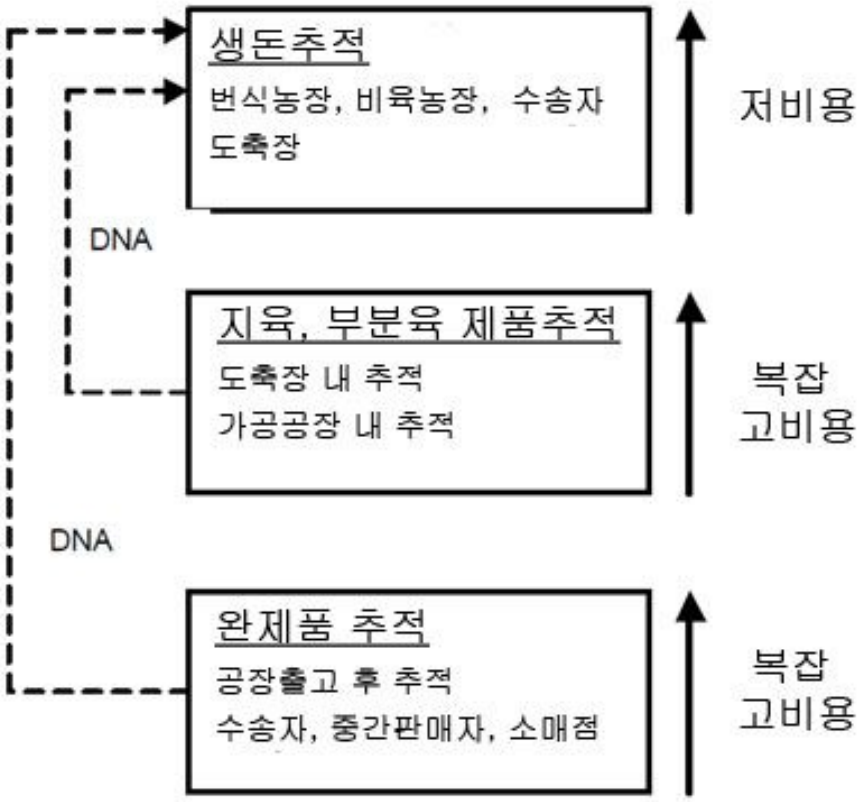
단계	의무표기	EU규정
생산자(판매 이유자돈)	귀표(그림 2-2-1, M1)	92/102/EC
생산자(비육돈)	생산자번호(그림 2-2-1, M3)	92/102/EC
도축장	국가허가번호(그림 2-2-2, M5)	64/433/EC
1차 가공공장	국가허가번호(그림 2-2-1, M6)	64/433/EC
2차 가공공장	국가허가번호(그림 2-2-1, M6/M7)	77/99/EC
1차 가공제품	국가허가번호, Lot라벨	64/433/EC, 89/396/EC
2차 가공제품	국가허가번호	77/99/EC, 89/396/EC, 79/112/EC

2. DNA 마커를 이용한 돈육 생산 이력시스템

가. DNA 마커를 이용한 돈육 생산 이력시스템의 장점

○ 돈육의 생산이력 추적 시스템은 간단하지 않다. 농장에서부터 도축장까지의 생산이력은 추적이 비교적 용이하지만 도축단계에서 돈육 제품까지의 생산이력은 시스템을 갖추기가 상대적으로 복잡하다. 왜냐하면 한 마리의 돼지가 수십개 이상의 부분육과 부산물로 세분화되고 다시 여러 마리의 부분육이 각 부위별로 묶여서 포장되고 나아가서 다양한 유통경로를 거치면서 소비자에게 도달하기 때문이다. John Webb(2003)은 기존의 시스템을 이용한 돈육생산이력추적시스템의 비용은 두당 4.5달러로 추정하고 DNA를 이용한 돈육 생산이력시스템은 훨씬 저렴한 비용으로 가능하다고 주장했다.

DNA마커를 이용한 돈육생산이력추적시스템은 다음과 같은 장점이 있다.
- 투자비용과 유지비용이 상대적으로 저렴하다
- DNA마커이용방식은 대단히 정확하다
- DNA마커이용방식은 다른 방식으로 크로스 체크가 가능하다
- 소비자의 신뢰도를 향상시켜 브랜드 가치를 높인다.
- 다진 육류제품, 요리후 육류제품이력추적도 가능하다.



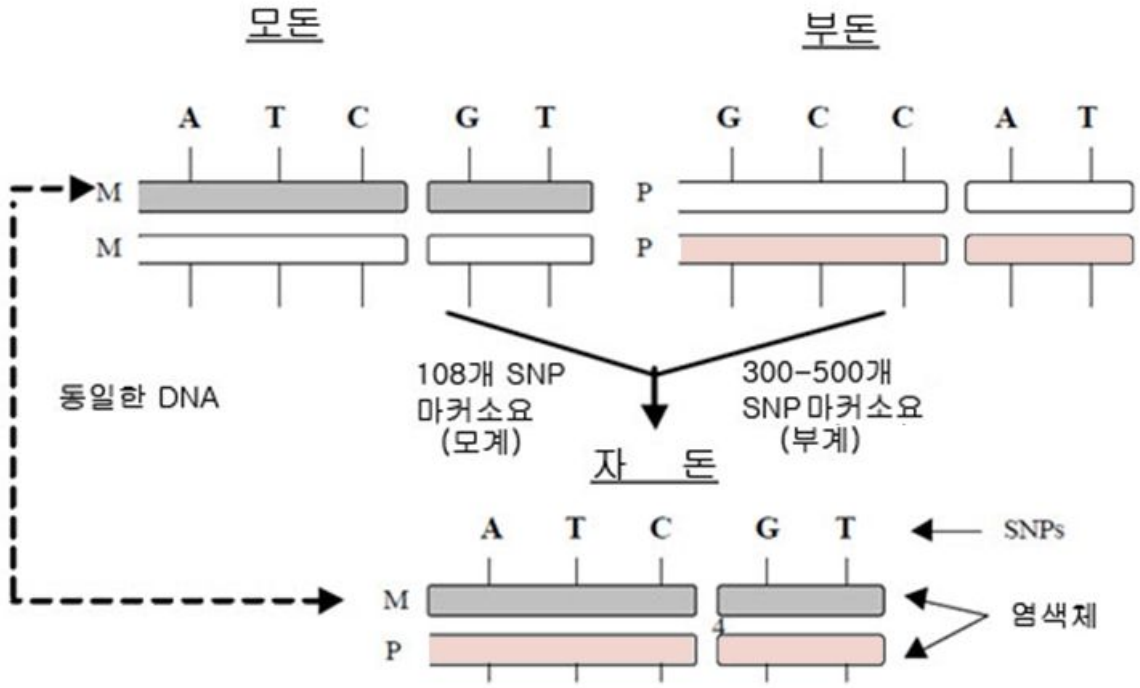
(그림 2-2-2) 돈육생산이력 시스템의 DNA 추적방식과 기존방식의 차이

나. DNA를 이용한 돈육생산이력추적 원리

○ 모든 자돈은 모돈과 부돈의 유전자를 50%씩 물려받기 때문에 농장에서 사육중인 모돈과 부돈의 유전자 데이터베이스를 구축한 후 자돈 또는 도축 후 돼지고기의 유전자 구성을 모돈과 부돈의 유전자데이터베이스와 비교하면 친자확인을 통해 어느 농장에서 출행하고 출하되었는지 파악할 수 있다.

○ 유전자는 4개의 염기 A, T, C, G로 구성되어있는데 그중 1개 자리(SNP)의 차이로 친자를 확인할 수 있다.

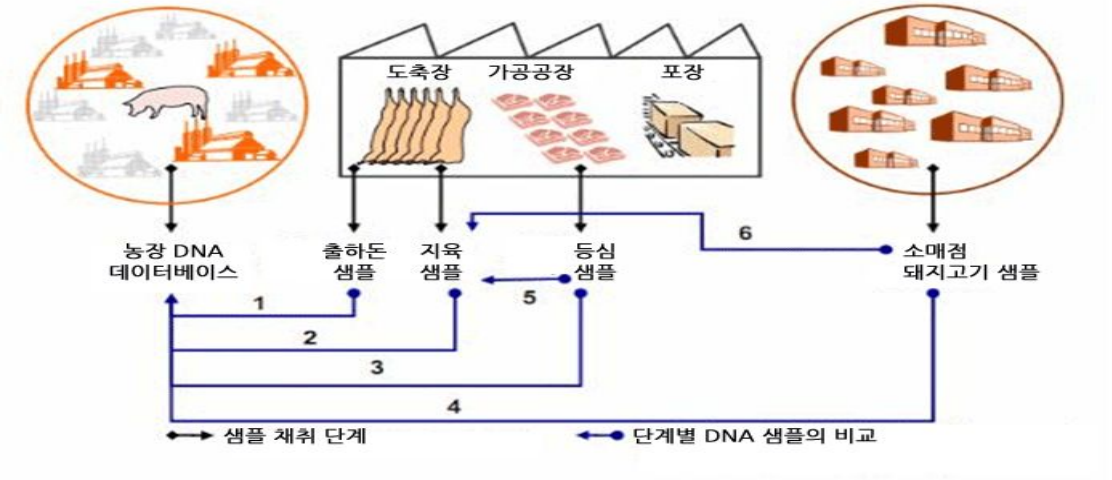
○ JohnWebb(2009)은 자돈과 모계 유전자 데이터베이스만을 비교해서 친자확인을 위해서는 최소한 108개 이상의 SNP 마커가 필요하고 자돈과 부계 유전자 데이터베이스만을 비교할 때는 최소한 300~500개의 SNP 마커가 필요하다고 했다.



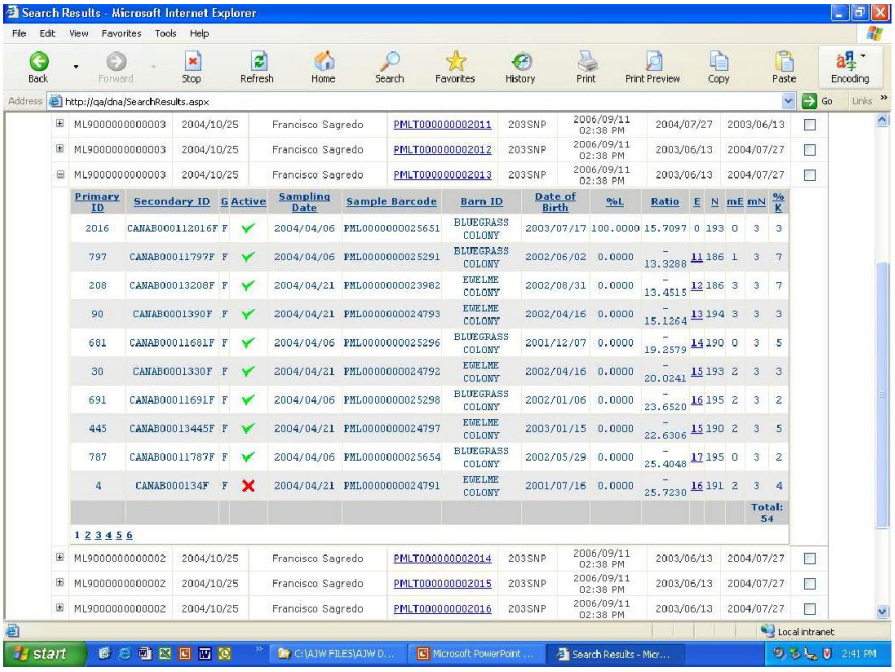
(그림 2-2-3) DNA를 이용한 돈육 생산이력시스템의 원리

다. 해외의 DNA 이용 돈육생산이력 시스템

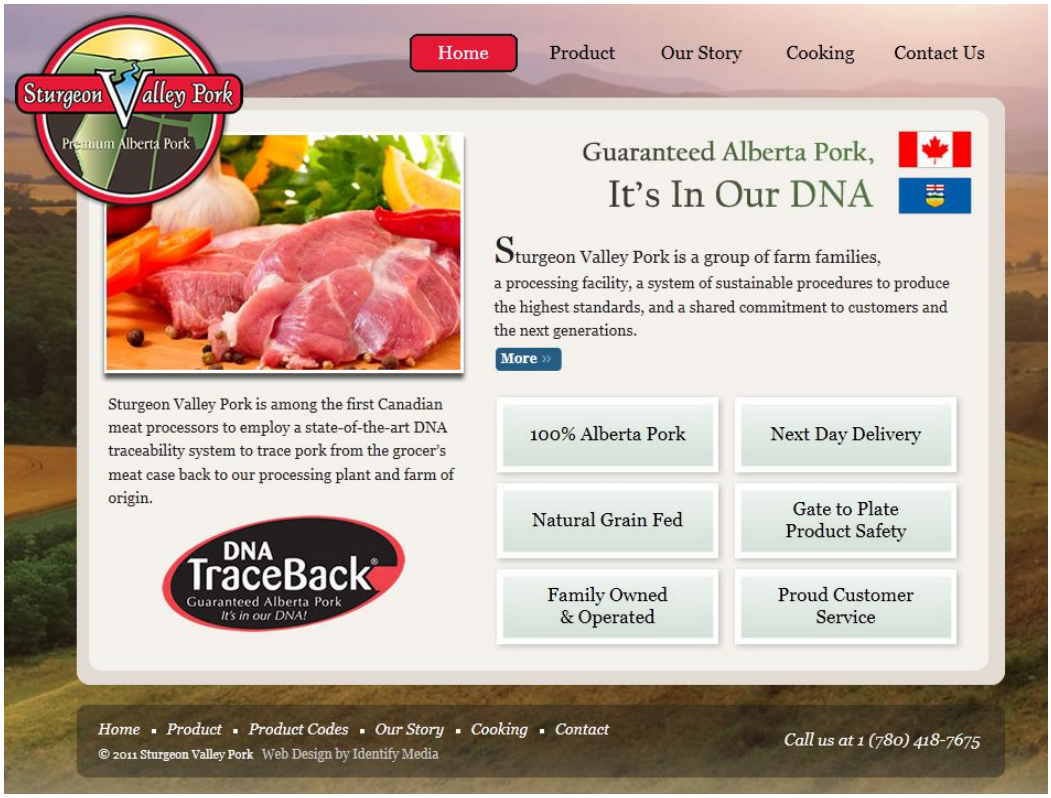
○ 캐나다 앨버타주 중부 Sturgeon Vally 지역의 여러 양돈농가가 사육한 비육돈을 직접 건설한 도축가공공장에서 도축 가공한 “Sturgeon Vally Pork” 브랜드 제품은 유전자 DNA 마커로 생산이력 추적 시스템을 통해 100% 앨버타주 생산돈육, 고품질 사료와 동물복지법을 적용한 고급 돈육이라는 것을 홍보하고 있다. 또한 캐나다 전역에 점포를 가지고 있는 Freson Bros 슈퍼체인업체도 2011년 12월부터 “DNA 이력추적 Sturgeon Vally Pork” 브랜드 돈육을 판매하기 시작했다고 보도를 하고 있다(그림 2-2-4).



(그림 2-2-4) 캐나다의 Sturgeon Vally Pork 브랜드 돈육의 DNA 이용 생산이력 시스템



(그림 2-2-5) 캐나다의 DNA이용 생산이력 추적 시스템의 데이터베이스



(그림 2-2-6) Sturgeon Vally Pork 홈페이지 홍보 내용

Freson Bros. Introduces Alberta's Sturgeon Valley Pork with DNA-based Meat Traceability Guarantee

December 16th, 2011

IdentiGEN's DNA TraceBack System Assures Consumers about Alberta Origins and Premium Quality

Contact: Michele Wells, Wells Communications
(303) 417-0696
mwells@wellscommunications.net

St. Albert, Alberta, Canada, Dec. 16, 2011 – Fully DNA-traceable fresh premium Alberta pork from Sturgeon Valley Pork, an Alberta, Canada, pork processor, has been introduced at all 15 Freson Bros. grocery stores in Alberta. Sturgeon Valley Farms' Premium Alberta Pork, an exclusive joint brand with Freson Bros., is among the first Canadian meat processors to employ the state-of-the-art DNA traceability system called DNA TraceBack® from IdentiGEN Canada to trace its pork from the grocer's meat case back to the processing plant and farm of origin.

"DNA TraceBack allows us to guarantee that 100 percent of Sturgeon Valley's pork is premium Alberta pork, sourced from local farms. It is also our guarantee to Freson Bros. of the product's high quality," said Dan Majeau, one of the principals at Sturgeon Valley Pork.

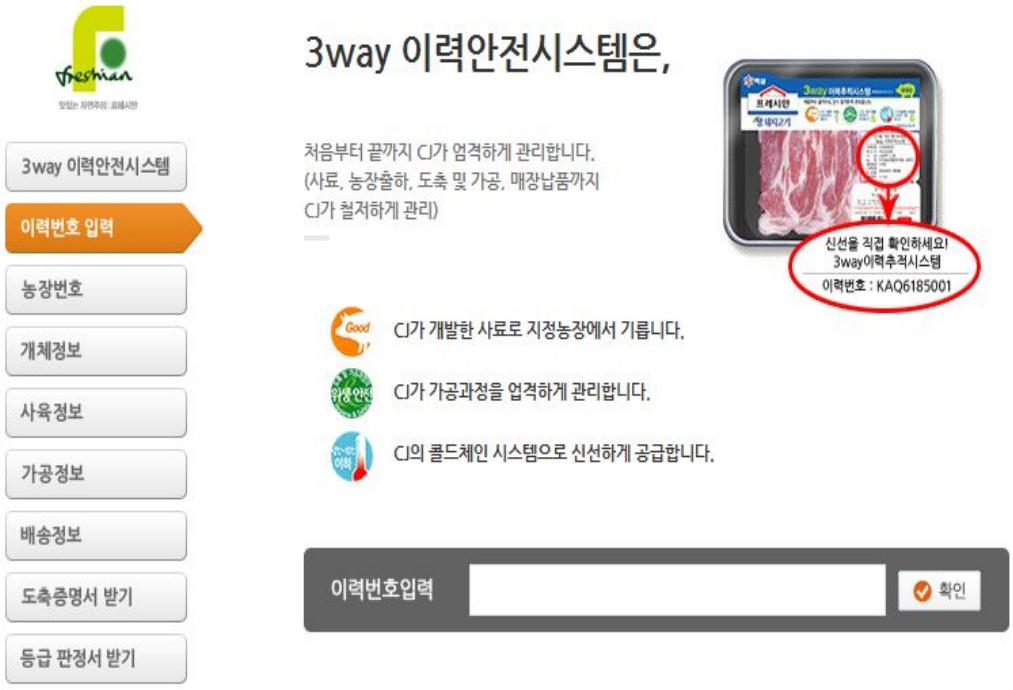
Sturgeon Valley Pork is a federally inspected processing plant that supplies fresh pork to grocers in Western Canada. The company works closely with local pork producers to deliver consistently high-quality pork with a focus on freshness and food safety. Freson Bros.' market research found that 96 percent of its customers value local Alberta products, and 73 percent said they would favor stores that featured Albertan products.

"When we made the decision to source all of our pork from local Alberta farms, we wanted DNA traceability to give assurances to our customers," said Doug Lovsin, V.P. of operations at Freson Bros. "The DNA TraceBack seal is on the package for the consumer to see."

(그림 2-2-7) Freson Bros의 Sturgeon Valley Pork 판매 보도 내용

3. 국내 브랜드 돈육 생산이력 도입사례

국내 CJ사는 프레시안브랜드 돈육을 판매하고 있다. CJ 홈페이지(http://www.cj.co.kr)에 3way 안전시스템으로 생산이력 시스템을 소개하고 있다.



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술개발

1. 농가 및 도축라인에서 DNA 분석용 시료를 간편하게 수집 및 DB 개발

가. 돼지 도축 및 가공라인 현장에서 개체별 DNA 분석을 위한 간편 수집체계 확립

◎ 연구개발 내용: 원산지식별에 필요한 DNA지문정보 분석체계 마련

○ 저비용 샘플수집기술 및 장치 개발
- 돼지생산단계에서 출하까지는 개별농가의 사양관리프로그램을 통해 출하된 개체의 농장 또는 사육정보를 추적할 수 있으나, 도축 및 유통단계에서 원산지식별에 필요한 샘플수집

○ 채취 시료 형태별로 DNA 추출의 효율성을 다음과 같이 판정하였음
- 조직, 체액(육즙), 모근을 채취하여 실험
- ZyGem사의 genomic prep kit를 이용한 간편 genomic DNA 추출 (30분이내)

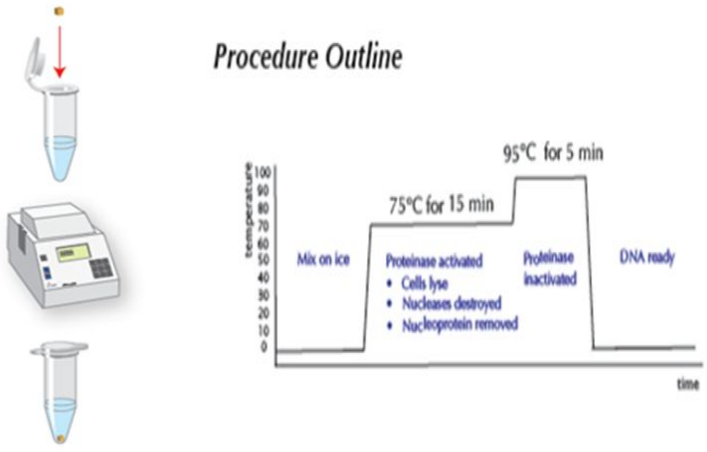


그림 3-1-1. ZyGem사의 DNA prep 키트 사용방법.

○ 시료를 튜브에 넣고 PCR 장치에서 온도를 75도에서 15분과 95도에서 5분동안 변환하면 20분안에 DNA가 추출됨. 추출된 DNA에 대한 효율성을 검증하였음

○ 현장 조직채취기를 이용한 원스텝 DNA 추출

- Zee Taq 조직샘플러를 이용하여 현장에서 간단히 조직시료를 추출하고 위의 prep kit를 가지고 30분안에 DNA 추출함. ID 표시를 위해서 각각의 튜브는 바코드를 가지고 있고, 또한 DNA샘플카드에 농장 원산지 정보를 표시함

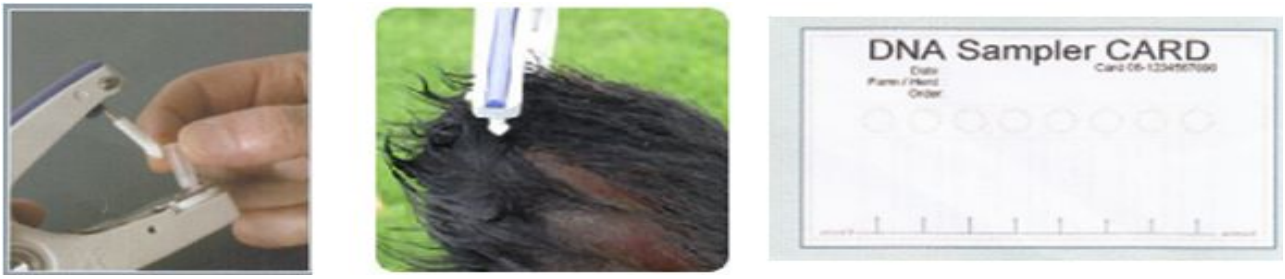


그림3-1-2. Zee Taq 조직샘플러를 이용한 DNA샘플카드의 원산지정보 표시

○ 도축장에서 대량 시료채취 장치

- 본 연구과제에 국제공동연구 참여회사인 IdentiGen사에서 개발한 도축장이나 돼지고기 포장공정에서 초고속으로 고기조직시료를 채취하여 실험실 자동화 DNA 추출 시스템에 통합될 수 있는 장치로써, 바코드를 통한 도축육/가축 ID와의 연계가 가능도록 하였음

○ High-throughput DNA Isolation을 위한 시스템구축 방법 연구

- 돼지고기의 원산지식별을 위한 DNA 분석은 대량의 DNA정보에 대한 profile을 수행하여야 하기에 실험실에서 하루에 수천 개의 DNA샘플을 처리하고, 데이터베이스에 저장된 profile과 확인할 수 있기 위해서 자동화된 시스템을 구축하여야한다. 이런 시스템을 구축 예는 아래와 같다. 위의 kit를 이용하여 30분/96well plate의 속도로 연속적으로 DNA 추출을 수행할 수 있는 것으로 PCR 셋업도 동시에 가능할 수 있다.

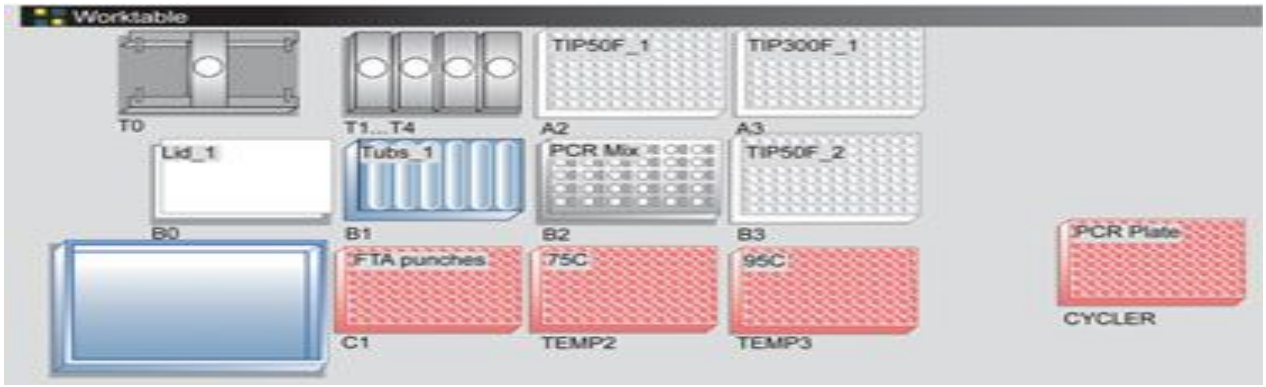
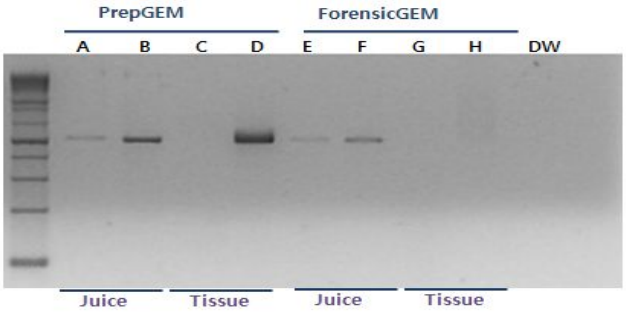


그림 3-1-3. ZyGen사의 livesotck genomic DNA prep kit의 대용량 DNA 추출시스템

○ DNA 추출결과 비교 (Solgent사의 genomic prep kit와 비교 분석)

Pork에서 genomic DNA 추출 – Z사 Tissue & Blood kit



A : 육즙 목살 genomic DNA 5㎕
B : 육즙 항정살 genomic DNA 5㎕
C : Tissue 목살 genomic DNA 5㎕
D : Tissue 항정살 genomic DNA 5㎕
E : 육즙 목살 genomic DNA 5㎕
F : 육즙 항정살 genomic DNA 5㎕
G : Tissue 목살 genomic DNA 5㎕
H : Tissue 항정살 genomic DNA 5㎕

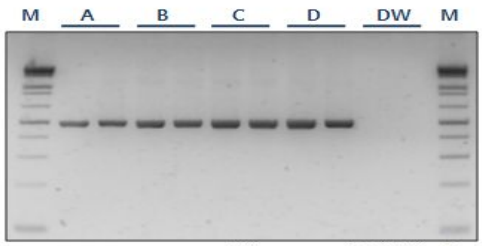
DW: Negative control (No template)- 1개씩 두 종류

- Z사 kit의 경우 ForensicGEM 보다 PrepGEM의 효율이 더 좋아 보임
- 조직보다는 육즙에서 DNA를 추출하였을 때 일관성 있는 결과가 나타남
- 고기 부위별로는 목살보다 항정살에서 DNA 추출이 더 잘됨

그림 3-1-4. 돼지의 조직 샘플을 이용한 DNA 추출(Z사의 DNA 추출 kit)

Z사 kit을 이용한 **돼지 모근(毛根)**에서 DNA 추출

: PrepGEM Tissue kit 사용하여 genomic DNA 추출



3% agarose gel 5ul 씩 loading

PCR product Size : 493bp

< PCR mixture & condition >

Template	1~5ul	95℃	15min	
Primer set * (each 10p)	2ul	95℃	20sec	× 35
2x Multiplex pre mix	12.5ul	60℃	40sec	
DW to	25ul	72℃	1min	
		72℃	3min	

M: 1kb ladder
A : 돼지 모근 1로부터 얻은 genomic DNA를 PCR시 1ul 사용
B : 돼지 모근 1로부터 얻은 genomic DNA를 PCR시 5ul 사용
C : 돼지 모근 3로부터 얻은 genomic DNA를 PCR시 1ul 사용
D : 돼지 모근 3로부터 얻은 genomic DNA를 PCR시 5ul 사용
DW : Negative control (No template)

-적은 양의 모근으로도 안정적으로 DNA가 추출 되는 것을 확인함.

그림 3-1-5. 돼지의 모근 샘플을 이용한 DNA 추출(Z사의 DNA 추출 kit)

		section	Z사 prepGEM Tissue kit	Z사 prepGEM Blood kit	Z사 forensicGEM Tissue kit	Z사 forensicGEM Blood kit	Solgent animal kit
생고기 목살	Tissue	살	☆	-	★	-	★★★★★
		Lipid	-	-	-	-	
	Blood (육즙)	살	-	★	-	★	-
		Lipid	-	-	-	-	
생고기 항정살	Tissue	살	★★★	-	☆	-	★★★★★
		Lipid	-	-	-	-	
	Blood (육즙)	살	-	★★	-	★★	-
		Lipid	-	-	-	-	
생고기 삼겹살	Tissue	살	☆	-	-	-	★★★★★
		Lipid	★	-	-	-	
	Blood (육즙)	살	★	☆	-	☆	-
		Lipid	★★★★★	★★	-	★★★	
분쇄한 목살	Tissue	살	-	-	-	-	★★★★★
		Lipid	-	-	-	-	
	Blood (육즙)	살	-	-	-	-	-
		Lipid	-	-	-	-	
분쇄한 항정살	Tissue	살	-	-	-	-	★★★★★
		Lipid	-	-	-	-	
	Blood (육즙)	살	-	-	-	-	-
		Lipid	-	-	-	-	
분쇄한 삼겹살	Tissue	살	★★★★★	-	★★★★★	-	★★★★★
		Lipid	★★★★★	-	★★★★★	-	
	Blood (육즙)	살	★★★★★	-	★★★★★	-	-
		Lipid	★★★★★	-	★★★★★	-	
Human	Blood		-	★★★★★	-	★★★★★	★★★★★ (Blood kit)
	Hair root		★★★★★	-	-	-	★★★★★
PIG	Hair root		★★★★★	-	-	-	-

그림 3-1-6. 솔젠트사와 Z 사와의 DNA 추출 효율성 비교.

○ 돼지로부터 채취 시료

- 소량의 모근 (1~3개의 모근) 만으로도 분석에 필요한 충분한 DNA 양을 확보할 수 있도록 하였고, 특히 도축 및 판매장 단계에서는 고기육즙을 이용한 DNA 추출을 가능하도록 하여서 고기에 손상을 가하지 않고 원스텝으로 DNA를 추출하도록 하였음

○ 국내산 브랜드돈육업체를 통해 도축 및 유통단계에서 원산지식별에 필요한 샘플 수집의 실시를 위해서는 출하된 개체에 대한 농장별 식별체계 확립과 도축현장에서 DNA 분석을 위한 샘플채취를 공정라인별로 효율적으로 도입할 수 있는 기반 기술을 발굴하였음

2. DNA 정보기반 국내산 돈육 원산지 추적모델

가. DNA 정보를 이용한 돈육 원산지 추적 모델 개발

(1) 돼지 원산지 식별용 SNP 마커의 개발:

① 선행연구를 통해 NCBI 돼지 SNP DB에서 발굴된 5,500여개의 SNP 염기서열 분석으로 Human Genome 유전자에 상응하는 염기서열을 확보하였고, 유전자의 염색체 위치와 900여개의 발굴된 SNP 변이의 특성을 분석

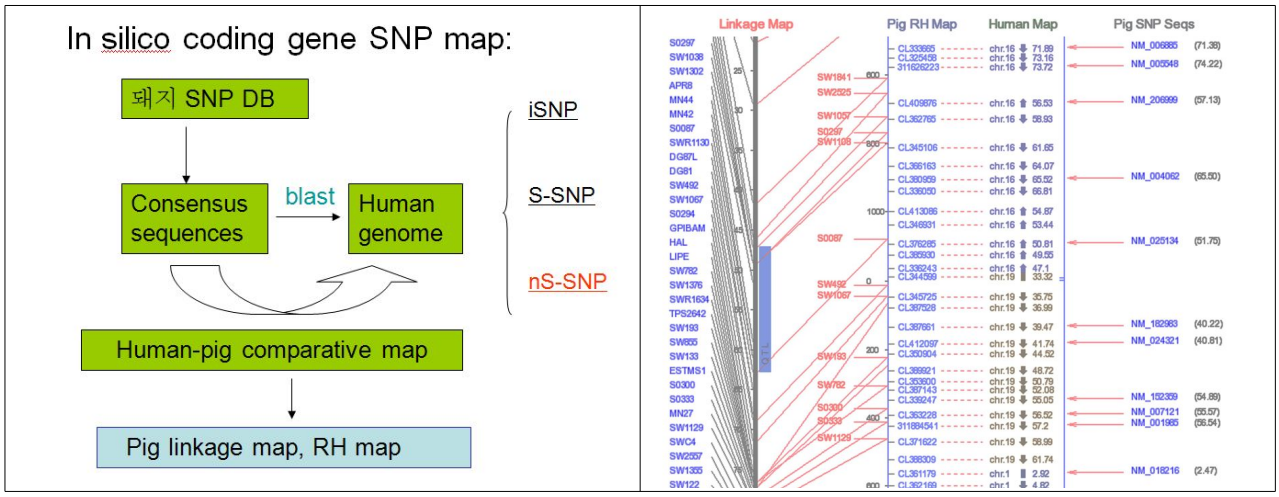


그림 3-1-7. 비교 유전체학을 통한 대용량 염기서열 발굴체계.

② 위의 결과를 바탕으로 국내 Duroc, Large White, Landrace, Berkshire 및 한국재래돼지품종에서 460개 유전자에 대한 염기서열분석을 수행하여 900여개의 SNP 마커들에 대한 돼지 품종별 특성을 분석

chr	primer sets	sequence region			SNP category		
		SNP in NCBI	confirmed	novel	iSNP	S-SNP	nS-SNP
SSC1	22	38	24	7	26	4	1
SSC2	44	105	67	17	73	11	0
SSC3	24	70	44	15	54	4	1
SSC4	21	46	33	11	39	3	3
SSC5	20	58	35	11	40	5	1
SSC6	47	137	97	28	110	13	2
SSC7	30	85	54	14	61	7	0
SSC8	10	43	10	4	12	1	1
SSC9	21	148	67	24	84	7	0
SSC10	10	36	23	5	28	0	0
SSC11	5	9	3	1	1	1	2
SSC12	35	164	61	18	68	8	3
SSC13	27	103	27	8	28	5	2
SSC14	16	91	33	13	40	6	0
SSC15	16	92	32	15	35	9	3
SSC16	11	54	24	12	23	5	8
SSC17	21	98	38	23	54	3	4
SSC18	6	29	8	2	8	2	0
Total	386	1406	680	228	784	94	31
			908			908	

그림 3-1-8. 대용량 염기서열분석을 통한 SNPs content 개발.

③ 위의 마커들 가운데 염색체상 위치와 다형성 정보를 바탕으로 51개 마커를 돼지 개체식별 및 농장원산지 추적에 활용토록 선발하였음

표 3-1-1. 돼지 원산지 식별용 SNP 마커의 염색체 위치 및 다형성 정보

SNP name	Chr.	N	Alleles	MAF	Ob H	Ex H	PIC	HWE P-value
NP001006642	1	402	C:T	0.220	0.369	0.346	0.284	0.7804
NP005609	1	405	C:T	0.321	0.476	0.439	0.341	0.5973
NP1162552	1	406	A:G	0.331	0.398	0.446	0.345	0.4531
NP937895	1	399	G:A	0.290	0.309	0.414	0.327	0.0432
NP002550	2	402	G:C	0.321	0.476	0.439	0.341	0.5973
NP003137	2	397	C:T	0.372	0.500	0.470	0.358	0.7341
NP003784	2	407	C:T	0.250	0.310	0.377	0.305	0.1744
NP004508	2	404	G:A	0.202	0.333	0.325	0.271	1.0000
NP054905	2	400	A:C	0.380	0.470	0.474	0.360	1.0000
NP775908	2	396	C:T	0.220	0.369	0.346	0.284	0.7804
NP001002811	4	403	A:G	0.375	0.464	0.472	0.359	1.0000
NP006173	4	406	G:C	0.393	0.571	0.480	0.363	0.1228
NP001003681	5	405	G:T	0.262	0.405	0.389	0.312	0.9435
NP079105	5	401	T:C	0.200	0.253	0.320	0.268	0.1197
NP054722	6	406	A:C	0.351	0.607	0.458	0.352	0.0530
NP892028	6	390	C:T	0.446	0.655	0.497	0.372	0.0520
NP001008844	7	391	A:G	0.429	0.500	0.493	0.370	1.0000
NP005266	7	384	G:A	0.416	0.590	0.489	0.368	0.0903
NP005893	7	403	C:G	0.411	0.583	0.487	0.367	0.1070
NP055595	7	401	T:C	0.458	0.583	0.500	0.373	0.1825
NP057660	7	404	C:T	0.287	0.500	0.411	0.325	0.0804
NP071350	7	405	T:G	0.458	0.560	0.500	0.373	0.3732
NP258261	7	397	T:C	0.375	0.583	0.472	0.359	0.0472
NP079182	8	404	C:T	0.209	0.313	0.282	0.241	0.5608
NP653247	8	405	A:G	0.463	0.561	0.500	0.374	0.3768
NP036233	9	404	T:C	0.392	0.566	0.479	0.363	0.1492
NP056076	9	406	A:G	0.190	0.310	0.310	0.261	1.0000
NP003168	10	401	C:T	0.392	0.422	0.479	0.363	0.3808
NP004437	10	400	A:T	0.369	0.548	0.468	0.357	0.1822
NP002461	12	407	G:C	0.274	0.381	0.400	0.319	0.8529
NP055914	12	407	G:C	0.202	0.310	0.325	0.271	0.8906
NP068758	12	404	G:T	0.357	0.548	0.462	0.354	0.1363
NP789839	12	404	T:A	0.292	0.464	0.416	0.328	0.4166
NP001097	13	400	C:A	0.399	0.488	0.482	0.365	1.0000
NP006216	13	404	T:A	0.410	0.506	0.487	0.367	0.8913
NP0559181	13	404	A:G	0.452	0.500	0.498	0.373	1.0000

NP006149	14	400	C:T	0.207	0.390	0.331	0.275	0.1741
NP0383471	14	407	G:C	0.440	0.619	0.496	0.371	0.0569
NP055118	14	401	T:C	0.202	0.316	0.268	0.231	0.2087
NP003460	15	402	G:A	0.482	0.651	0.502	0.375	0.0122
NP055407	16	405	T:G	0.355	0.446	0.461	0.353	0.9446
NP115976	16	406	A:G	0.315	0.440	0.434	0.339	1.0000
NP000836	18	406	C:T	0.280	0.464	0.405	0.322	0.2811
NP003778	6	405	G:A	0.451	0.439	0.498	0.373	0.3881
NP005332	6	404	T:C	0.439	0.585	0.496	0.371	0.1516
NP005520	6	405	G:A	0.274	0.405	0.400	0.319	1.0000
NP005539	6	406	T:G	0.435	0.560	0.494	0.371	0.3191
NP055542	6	398	T:C	0.429	0.571	0.493	0.370	0.2093
NP002301	16	362	T:C	0.452	0.614	0.498	0.373	0.0539
NP004073	3	402	G:T	0.393	0.602	0.477	0.362	0.0540
NP937895	1	404	C:T	0.200	0.400	0.322	0.269	0.0505
Total average	-	-	-	0.344	0.476	0.435	0.377	0.4524

* Minor allele frequency (>0.200)
** Heterozygosity (>0.300)
*** Hardy-Weinberg equilibrium (P-value <0.05)
1) Name is the marker ID specified (only if an info file is loaded)
2) Ob H is the marker's observed heterozygosity
3) Ex H is the marker's predicted heterozygosity (i.e. 2*MAF*(1-MAF)).
4) PIC is the marker's polymorphic information contents
5) HWE P-value is the Hardy-Weinberg equilibrium p value, Panel hich is the probability that its deviation from H-Panel equilibrium could be explained by chance
6) MAF is the minor allele frequency (using founders only) for this marker
7) Alleles are the major and minor alleles for this marker

④ 51개 마커 Panel를 효율적으로 분석하기 위한 분석기법

51개의 SNP 들의 조합을 이용하여 Multiplex PCR primer 들과 4개의 Panel 디자인하였음 (Table 6). PCR Primer 를 이용하여 Multiplex PCR 을 수행하여 증폭한 후 4그룹의 extension primer 를 이용하여 MassARRAY method 로 유전자형 분석을 하였음

그림 3-1-9. Sequnom MassARRAY를 이용한 분석체계

표 3-1-2. Primer sequence for MassARRARY of 51 SNP marker panels

SNP_ID	Panel	PCR Primers	Size	UEP_SEQ (Extension primer)
NP1162552	Panel 1	ACGTTGGATGCAGTAAGCACATGTATCCAG ACGTTGGATGCTCACAGGATTGTCTTAGGG	112	AGCACATGTATCCAGTGCTTAT
NP054905	Panel 1	ACGTTGGATGACCAGTGGGGACAAAGGAG ACGTTGGATGGAGAACATCCATGTAGGGGC	99	CCCCCGGAGGCTGCCACCCAGA
NP079105	Panel 1	ACGTTGGATGTCCTTCCATCAGTTCCTTCC ACGTTGGATGCCCAGCTATAGCTACATGTC	96	GGGAATCAGTTCCTTCCAGATCTTA
NP005266	Panel 1	ACGTTGGATGTCTACCCCATTGCCCAAATC ACGTTGGATGAGGGCCTGCACAGGGATTC	96	ATCCAGGAGCCCTACAC
NP057660	Panel 1	ACGTTGGATGATGAGCGGGAACCTCTGCC ACGTTGGATGTAACCTCGGGCACAAGGCGG	120	AGTACGGGGACGCTCCCACC
NP079182	Panel 1	ACGTTGGATGGGGCAAGTTGGAGAAGACTC ACGTTGGATGGGTAGGTTGGGTCATAGATG	103	GGAGAAGACTCCCCAATA
NP653247	Panel 1	ACGTTGGATGCACTTAGATTCTGACACAAC ACGTTGGATGTCCAGCTCCACTTCTGTAAG	116	TGAGATTCTGACACAACATTTGATGC
NP003168	Panel 1	ACGTTGGATGATGGGCAGCGGATGATCTTT ACGTTGGATGAAGACCCAGAAAGAGTGTCC	86	AAGGATGATCTTTGCAGGA
NP006216	Panel 1	ACGTTGGATGACCCTGCTTTTGCTTAGGAC ACGTTGGATGAAGGGCAGGACAGAGCAATC	100	TTCGGACTCTGTACCCCCAGTATTTC
NP055407	Panel 1	ACGTTGGATGTGCTGTGTGTGGGAGGAAC ACGTTGGATGTGAGGCACCACTGGGCTCTA	102	TGGGAGGAACACGCAGT
NP002301	Panel 1	ACGTTGGATGTTTCGGGTTCTGCATCAGAG ACGTTGGATGGAAACTCGATCAGCAGTTCC	114	TCTTCATCAGAGCTCTCTTCC
NP001006642	Panel 2	ACGTTGGATGCCAAGCGAATTGGGTTACAG ACGTTGGATGGACAGTTATTGGATCCCCAC	100	AGAAAGTGGCCTCCCGCAGAT
NP005609	Panel 2	ACGTTGGATGTGCTCAGACAAAAGAGCTCC ACGTTGGATGGGAGCACAGGACCTTAGTTT	100	GCAAGGTAGCTCACAAA
NP937895	Panel 2	ACGTTGGATGTCTGGTGCGATCATCATGTC ACGTTGGATGTGCCCAAGTTCAGACTTCAG	100	GGCCACTTCACAGAGACACTGGATAT
NP003137	Panel 2	ACGTTGGATGTAAACAGCACCAAGCCAGAC ACGTTGGATGCCCCTAAGGAGCATGACAG	109	ATACCATGCCCTTCTCCCCTCTA
NP892028	Panel 2	ACGTTGGATGAGGAGCCCTCTGAAATGCAC ACGTTGGATGCAATAAGGGAGAAAGGGAGG	100	CCGAAATGCACCTGTCTTTCAAGCC
NP055595	Panel 2	ACGTTGGATGTCCTTTCCCCTGTCTTCCAC ACGTTGGATGGAACCATACGGTAAGGAAGG	99	AAACCCGTGCCAGCTGCCACCA
NP071350	Panel 2	ACGTTGGATGATCCTGGTGTGGGCTTTAAG ACGTTGGATGAATACTACCGCACTGGGTTC	119	TTCTCTTCCTCCCCTCCT
NP056076	Panel 2	ACGTTGGATGATTGGACCATCTCACCACAG ACGTTGGATGACAACAGATTTCCCCAGTCG	109	TCACAACAGCACTGTACCTGAGCCAC C
NP055914	Panel 2	ACGTTGGATGATAGAGTGCAAACTGCAGGG ACGTTGGATGTGCAACAACTGAACTTGGGG	120	AGCTGAAATGGAGGGACAGAGAT
NP068758	Panel 2	ACGTTGGATGACTTCCCTAAGAAGAGGTGC ACGTTGGATGCCTAAGCTGAGTTTTTCCCG	107	AGAGGTGCTTTATCCTGAT
NP789839	Panel 2	ACGTTGGATGTGGAGGTGATGTTGGAGTTG ACGTTGGATGATACAACTCATGCTGCTGGG	101	CCCCGGTTGGAGTTGGCAGACTAA
NP115976	Panel 2	ACGTTGGATGCTTTTCCGTACCCTCTGTAG ACGTTGGATGGAGCATTTTAATGCTGGGTG	108	AAGACGTGTTGACTGCTCCTTCA
NP000836	Panel 2	ACGTTGGATGCAAACTGGAATGGCATTCCC ACGTTGGATGATATAGTGGCGATGATGCCC	94	CTGTCATCCCTGTCTTCCT
NP003778	Panel 2	ACGTTGGATGACGTACCTCAAGTCCTGCC ACGTTGGATGAGAGCACAGAGTGGAACAGG	115	GGGTGCCGGCGCATGAAGAA
NP005520	Panel 2	ACGTTGGATGCAAATGCAGATGGGCATAGG ACGTTGGATGACTCCAGTTGGTCTGACTTC	103	ACTAAGCCCTGTGCCCC
NP005539	Panel 2	ACGTTGGATGAACGGAAGGTAAAGTGATGC ACGTTGGATGTAGTCCCGACCTCATCTAAC	104	TAGGGCCTGCCTTCCTTT

NP004073	Panel 2	ACGTTGGATGAACTCTCTGCGGAAGAGAAC ACGTTGGATGGTCAGGACTGAGAATTAGGG	96	CCATTGGGCAGTGTCCCTTC
NP937895	Panel 2	ACGTTGGATGTCTGGTGCGATCATCATGTC ACGTTGGATGTGCCCAAGTTCAGACTTCAG	100	GGCCACTTCACAGAGACACTGGATAT
NP003784	Panel 3	ACGTTGGATGTCATCGACCATGCTGTGCTG ACGTTGGATGTGTGGTCCAACTGGACAGAG	98	TCTACGGCAACCGTGAGTCCCACC
NP775908	Panel 3	ACGTTGGATGAGCACAAGAGACTCAGAGCC ACGTTGGATGGAGGAGACCAGCCTCTGAT	116	CGCCTTGGGTCAGACACCCCGC
NP001002811	Panel 3	ACGTTGGATGACATAGCTGTCATGCTTCGG ACGTTGGATGATAGTCAGAATCTGCAACCC	108	TTGATGCCGTGGCTGTGCA
NP006173	Panel 3	ACGTTGGATGTATGGTGTGATGGGAAAGGG ACGTTGGATGCCTCCTTATCTCTCTTGCTC	102	GCGAGTGTGAGAGATGGAGT
NP001003681	Panel 3	ACGTTGGATGAGCCGTCAGCAGCATGTTC ACGTTGGATGTCAGGGAGACCCAGCCTTAA	114	GCAGTGCTTCACCCAGGA
NP001008844	Panel 3	ACGTTGGATGCCTTGGCTGGAAGAGACAGT ACGTTGGATGATTCTCTTGGGCTTCTGAGG	107	GGTGGCTGGAAGAGACAGTGGCTTT
NP004437	Panel 3	ACGTTGGATGAAACACTACGCCGCTAGTTG ACGTTGGATGGTCCAAATACCAGTGACTAC	113	GAAGACGCTAGTTGCCAGGTATTC
NP0559181	Panel 3	ACGTTGGATGGGGGTTAACTCCACGGTC ACGTTGGATGAGGGGCTGTGTCTAAGGAG	84	ACTCCACGGTCAGCACC
NP055118	Panel 3	ACGTTGGATGCAGGGGAAAAGAATGACAGG ACGTTGGATGGACAAAGATCTCAGGTATGG	100	CAAACCATTAATCACTGGCCAGGTTC T
NP003460	Panel 3	ACGTTGGATGGGAATCTGTCTTCCAAGAGC ACGTTGGATGTTTGCTCCTCATCAACCCTC	97	CTTTATTCCAAGAGCTGGGGAAACTG
NP055542	Panel 3	ACGTTGGATGTCCCCTTTTGCTGTGTCTTC ACGTTGGATGTTAAGAAGATGCTCCCCCTC	114	TTAGAAGCAGTATTCTTCTTACGCC
NP002550	Panel 4	ACGTTGGATGATTCTGTGGCATCGGTCATC ACGTTGGATGTGGTGCTAGCTAGTGGGAAG	110	ATGTTGCATCGGTCATCCAGAAAACC
NP004508	Panel 4	ACGTTGGATGATGGGAGAAGATCCTGGAAG ACGTTGGATGAAGCCTGTCCAGCACTCAGA	104	GATCCTGGAAGGAGGAGAG
NP054722	Panel 4	ACGTTGGATGCAATTCCCTAGGGAAGAGAC ACGTTGGATGGCCGGTGTCAAAACAGTATG	117	ACCCAGCAGGTGACCGCATCAGCA
NP005893	Panel 4	ACGTTGGATGAGGATGGATGAGTCAGACAC ACGTTGGATGTCCATCAGTTGGTCACAGAG	97	CCAGACACCATCTGAACT
NP258261	Panel 4	ACGTTGGATGTCAGCATCCAGCTTCCTGTG ACGTTGGATGCGTGGGCATTTAAAGGAAGC	100	CCCTTGTCTGTGTTCTGCATCTT
NP036233	Panel 4	ACGTTGGATGGGGCAGGCTTTTTTACAGTC ACGTTGGATGGAGGGTTCATGTCAACCCAC	96	GTTGTCTATCTGCAGCTCA
NP002461	Panel 4	ACGTTGGATGTCTTCCTCCCAGCAGGTTC ACGTTGGATGACTTCACCTCCAGCCGGGTA	120	CGCAGCACCACCGCCCC
NP001097	Panel 4	ACGTTGGATGGGGTGGTGATCATGAAGTC ACGTTGGATGTTTCCATGGCTGTGGATGTG	112	CCTAAGAAGTGATCCCAGGG
NP006149	Panel 4	ACGTTGGATGTCTCCTCTTCGTGCACTTTC ACGTTGGATGAGCTCGAAAAGCGCATTGAC	89	GGGTAGTGCACTTTCTTCAGAAAGGC
NP0383471	Panel 4	ACGTTGGATGCAGAGTTCACTGCTGAGTGG ACGTTGGATGACAGGGCTTCTGGTCCACAT	108	GCACATCTGGGAAACCTCAGTG
NP005332	Panel 4	ACGTTGGATGACACCTATGGAACCCTGGTC ACGTTGGATGTCGAGGAGCCTCTGGCATC	97	GGGGTAACCCAAAGGCAGGGCC

⑤ 분석과정

- multiplex-PCR 반응액 조성은 PCR reaction buffer 10mM (Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl2)와 2.5mM dNTPs, 10 pmol first and second primer pairs, 10ng의 template DNA, 0.5U h-Taq DNA polymerase (Bioneer co., Ltd)와 Nanopure H2O를 사용하여 총 반응액은 10㎕로 하였다. PCR 반응에는 ABI GeneAmp PCR System 9700(Perkin-Elmer Co., USA)를 사용하였고, PCR 조건은 95℃에서 15분간

pre-denaturation 한 후 95℃에서 20초간 denatruation, 56℃에서 30초간 annealing, 그리고 72℃에서 1분간 extention을 45cycles 수행한 후 마지막으로 72℃에서 3분간 최종 extention과정을 수행하였다. PCR증폭 산물은 증폭된 단편의 크기가 예상된 allele size 범위 내에 존재하는지, PCR조건의 적정성 여부를 확인하기 위하여 EtBr (ethidium bromide)이 포함된 2% agarose gel에 전기영동하고 UV상에서 관찰하였다.

- dNTP를 제거하기 위해 SAP treatment 과정을 실시하였다. SAP treatment 반응액 조성은 10 x SAP buffer 0.170㎕, SAP enzyme 0.4U와 Nanopure H2O를 사용하여 총 반응액 2㎕ 로 하였다. SAP treatment 조건은 37℃에서 20분간 수행 후 85℃에서 5분간 반응을 시켰다.
- iPLEX 반응을 하기 위해 10 x iPLEX buffer 0.755㎕, iPLEX termination mix 0.200 ㎕, extension primer 7uM, iPLEX enzyme 0.0041㎕ 와 Nanopure H2O를 사용하여 반응액은 2㎕ 로 하였다. iPLEX 반응조건은 95℃에서 30초간, 95℃에서 5초간, 52℃에서 5초간, 80℃에서 5초간 수행한 후 3 step 에서 5 cycle 수행한 후 2 step 에서 다시 40 cycle 수행한 후 72℃에서 3분간 과정을 수행하였다. 384 well에서 SpectroCHIP (Sequenom SpectroCHIP®)으로 sample 이동 후 MALDI-TOF mass spectrometry (Sequenom Compact system)를 이용하여 유전자형을 관찰하였으며 Data 분석 및 sorting 은 Sequenom 의 SNP 분석 program인 Typer 4.0 (또는 3.0)을 이용하여 genotyping 결과 확인 및 오류 분석 과 Excel program을 이용하여 Data sorting 하였다.

(2) 51개 SNP 마커의 원산지 검증 효율성 비교

○ 돈육 원산지 식별을 이용할 효육적인 DNA 마커 선택은 Hardy-Weinberg 평형을 전제조건으로 하기에 Table 5에서 분석하였음 . 두 번째 조건으로 마커간의 독립성을 만족시켜야 만이 친자 감별의 모의실험과 실제 자료의 친자 감별 분석 결과를 통계량으로 나타내는 최우도 값 또는 LOD값이 의미가 있음. 그 이유는 많은 마커를 수행해야 할 경우 어떤 마커들 간에는 동일 염색체에 가까운 거리에 위치하여 독립적이지 못하기에 서로 독립적인 마커를 선별해야만 원산지 식별에 이용 할 수 DNA 마커 Contents 를 구축 할 수 있음.

표 3-1-3. Correlations between 51 SNP Makers of pig

SNP marker 1	SNP marker 2 (n=50)	Chr.	N	D' (average score)	r-square (average score)
NP001006642	each maker (n=50)	1	402	0.309	0.029
NP005609	each maker (n=50)	1	405	0.303	0.044
NP1162552	each maker (n=50)	1	406	0.242	0.045
NP937895	each maker (n=50)	1	399	0.270	0.039
NP002550	each maker (n=50)	2	402	0.336	0.051
NP003137	each maker (n=50)	2	397	0.286	0.042

NP003784	each maker (n=50)	2	407	0.265	0.029
NP004508	each maker (n=50)	2	404	0.365	0.045
NP054905	each maker (n=50)	2	400	0.265	0.037
NP775908	each maker (n=50)	2	396	0.283	0.027
NP001002811	each maker (n=50)	4	403	0.258	0.039
NP006173	each maker (n=50)	4	406	0.386	0.097
NP001003681	each maker (n=50)	5	405	0.314	0.053
NP079105	each maker (n=50)	5	401	0.232	0.017
NP054722	each maker (n=50)	6	406	0.364	0.071
NP892028	each maker (n=50)	6	390	0.345	0.084
NP001008844	each maker (n=50)	7	391	0.304	0.070
NP005266	each maker (n=50)	7	384	0.299	0.056
NP005893	each maker (n=50)	7	403	0.399	0.109
NP055595	each maker (n=50)	7	401	0.342	0.087
NP057660	each maker (n=50)	7	404	0.413	0.087
NP071350	each maker (n=50)	7	405	0.406	0.099
NP258261	each maker (n=50)	7	397	0.502	0.137
NP079182	each maker (n=50)	8	404	0.531	0.106
NP653247	each maker (n=50)	8	405	0.378	0.053
NP036233	each maker (n=50)	9	404	0.247	0.045
NP056076	each maker (n=50)	9	406	0.262	0.033
NP003168	each maker (n=50)	10	401	0.281	0.033
NP004437	each maker (n=50)	10	400	0.252	0.033
NP002461	each maker (n=50)	12	407	0.254	0.038
NP055914	each maker (n=50)	12	407	0.341	0.048
NP068758	each maker (n=50)	12	404	0.312	0.040
NP789839	each maker (n=50)	12	404	0.340	0.069
NP001097	each maker (n=50)	13	400	0.350	0.075
NP006216	each maker (n=50)	13	404	0.400	0.068
NP0559181	each maker (n=50)	13	404	0.374	0.061
NP006149	each maker (n=50)	14	400	0.444	0.063
NP0383471	each maker (n=50)	14	407	0.446	0.078
NP055118	each maker (n=50)	14	401	0.371	0.065
NP003460	each maker (n=50)	15	402	0.374	0.067
NP055407	each maker (n=50)	16	405	0.358	0.068
NP115976	each maker (n=50)	16	406	0.335	0.073
NP000836	each maker (n=50)	18	406	0.301	0.052
NP003778	each maker (n=50)	6	405	0.329	0.060
NP005332	each maker (n=50)	6	404	0.330	0.065
NP005520	each maker (n=50)	6	405	0.333	0.060
NP005539	each maker (n=50)	6	406	0.315	0.061
NP055542	each maker (n=50)	6	398	0.336	0.077

NP002301	each maker (n=50)	16	362	0.356	0.075
NP004073	each maker (n=50)	3	402	0.369	0.080
NP937895	each maker (n=50)	1	404	0.379	0.081
Total average	-	-	-	0.337	0.061

○ 독립성 검증 분석을 위해 Stephens method 적용 (Stephens 등, 2001) 하여 D' 및 r2을 이용하였다. 각 마커 별 평균 D' 값은 0.337 나타났으며 평균 r2값은 0.061로 매우 낮게 나타났다. 이는 51개의 SNP 마커들은 각각 독립적이며 연관성이 전혀 없음을 의미함.

51개 SNP 마커의 개체다형성 및 모의친자감별확률 분석 (CERVUS version 3.0을 이용)

○ 51개의 SNP 마커들의 다형성 과 독립성을 검증하기 위하여 모의실험을 실시하였는데 추정된 통계량을 이용하여 무작위교배집단, 반형매 교배집단 그리고 전형매 교배집단으로 가정하였음

○ SNP 유전자형의 통한 개체 출현확인 (probability that two randomly chosen individuals have identical genotypes; PI, probability of identify from half sib; PIhaif-sibs, and probabilityofidentityfromsibs;PIsib)을 분석하였음

○ 부돈과 모돈의 친자감정률 (exclusion probability: first parent; NE-1Pand exclusion probability: second parent; PE) 을 하여 추정하였음

○ 51 개의 SNP marker set 을 이용하여 친자를 추정한 결과 무작위 교배집단 (PI)에서는 5.63×10-33로 나타났으며, 반형매 교배집단 (PIhalf-sib)은 4.35×10-15로 관찰되었으며 나머지 전형매 교배집단 (PIsibs)은 1.32×10-15로 분석되었음

○ 부돈이나 모돈중 하나의 부모만 모를 경우 부돈을 찾을 확율은 0.99997780으로 나타내었고 모돈을 찾을 확률은 >0.99999999의 100%에 가까운 친자확인 확률값을 나타내었음

○ 이 결과는 최근 microsatellite 마커를 조합하여 이용하여 돼지의 친자를 추정한 보고들보다 월등히 뛰어난 친자감별 확률을 나타냄

표 3-1-4. The cumulative probability of exclusion and Multi-locus probability of identity estimations for 51 SNP marker set

	Overall probability of identity[1]			Cumulative probability of exclusion[2]	
	PI	$PI_{half-sib}$	PI_{sibs}	NE-1P	NE-2P
panel-1	1.00×10^{-7}	3.48×10^{-4}	8.54×10^{-4}	0.92376620	0.99038472
panel-1+2	7.82×10^{-15}	4.20×10^{-7}	3.40×10^{-7}	0.99161113	0.99984415
panel-1+2+3	4.76×10^{-27}	1.79×10^{-12}	7.31×10^{-13}	0.99985549	0.99999992
All panels	5.63×10^{-33}	4.35×10^{-15}	1.32×10^{-15}	0.99997780	>0.99999999

마커다형성에 대한 통계분석 방법

Botstein method를 이용하여 각 마커의 PIC 값을 다음과 같이 계산하였다.
PIC =1-∑ni=1pi2-2∑n-1i=∑nj=I+1pi+2pj2
pi, pj 는 각각 “1” 와 “2” 의 대립유전자가 나타나는 확률이며 n은 대립유전자의 개수이다.
친자감별시 확률적인 표현을 위해서 Aickin method 를 이용하여 paternity index (PI) 및 probability of paternity (PP) 를 사용하였으며 계산방법은 다음과 같다.

Statistical frequency (SF): ∂
Paternity Index (PI) or Likelyhood Ratio (LR): β/∂
Probability of Paternity (PP): [β/(β+∂)] x 100(%)

이 경우 SF는 전체 집단에서 무작위로 개체를 선택했을 때 부계가 될 수 있는 확률(∂) 이다. PI 혹은 LR 은 무작위로 선택한 개체가 부계일 확률(β)에 대하여 생물학적 부계로 추정되고 있는 개체가 친부일 확률(β)의 비이다(β/∂). PP 는 PI 를 백분율로 표현한 것이다.

(3) 51개의 SNP 마커의 부모돈 식별능력 유형별 비교.

○ 1차 유전자형분석을 통한 친자추정: 1세대 자손과 2세대의 친자를 추정하기 위해 51개 SNP 유전자형을 사용하였으여 CERVUS 3.0 프로그램은(www.fieldgenetics.com) 를 친자감별에 이용하였다.

<1세대의 아비정보와 어미정보>

ID	부계	ID	모계
K-27	Male	K-11	Female
K-31	Male	K-13	Female
Y4-133	Male	K-14	Female
Y4-16	Male	K-15	Female
Y4-40	Male	K-16	Female
		K-2	Female
		K-20	Female
		K-21	Female
		K-23	Female
		K-26	Female
		K-4	Female
		K-5	Female
		K-7	Female
		Y4-144	Female
		Y4-156	Female
		Y4-163	Female
		Y4-176	Female
		Y4-50	Female
아비 총 두수	5두	어미 총 두수	18두

그림 3-1-10. DNA 분석에 이용된 F0 와 F1 세대의 요약

<통계요약>

Father alone				
Level	Confidence (%)	Critical LOD	Assignments	Assignment Rate
Strict	100%	-999.00	62	100%
Relaxed	>95%	-999.00	62	100%
Unassigned			0	0%
Total			62	**100%**
Mother alone				
Level	Confidence (%)	Critical LOD	Assignments	Assignment Rate
Strict	100%	-999.00	62	100%
Relaxed	>95%	-999.00	62	100%
Unassigned			0	0%
Total			62	**100%**

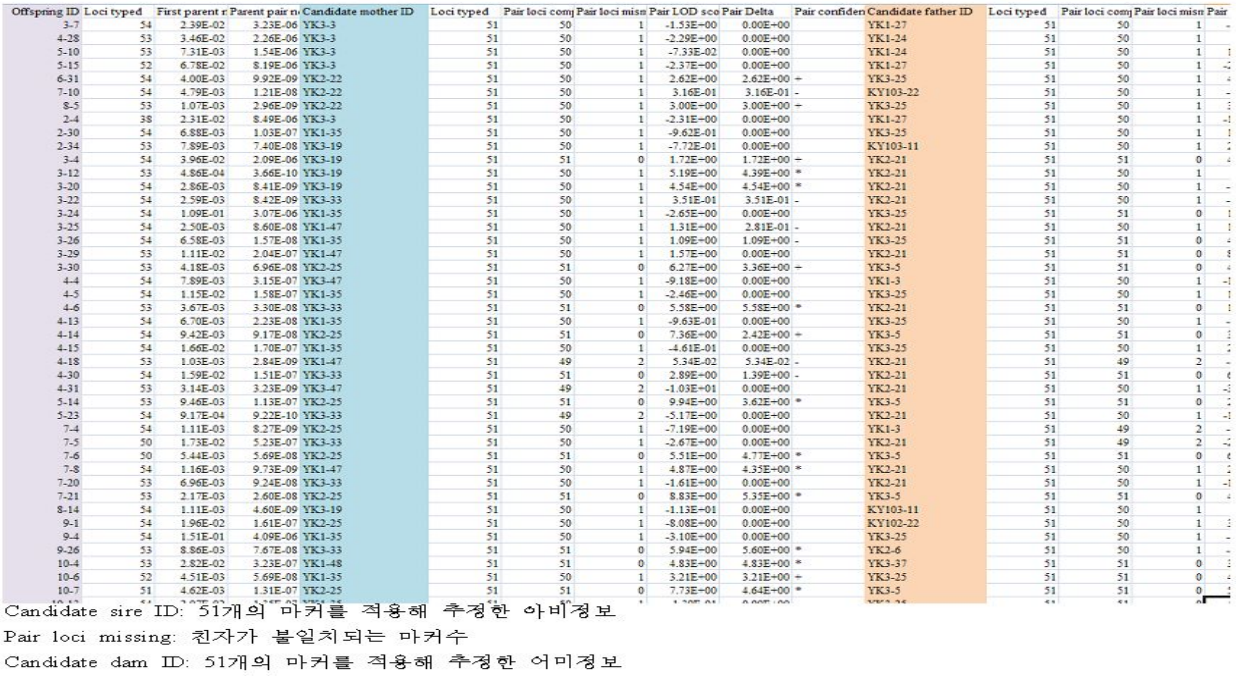
그림 3-1-11. F0 와 F1 세대의 DNA 친자감별 결과 요약

- 위의 통계적 결과로 나타나는 신뢰구간 95% ~ 100%를 유의 구간으로 두었고 1세대 자손 총 62두의 유전자형들은 분석을 통해 찾은 아비정보와 어미정보의 유전자형 일

치도는 100%를 나타내었다. 원래의 귀표에 의해 사전에 알고 있는 1세대와 2세대의 혈통관계를 51 개의 단일염기다형의 통계적 분석을 통해 추정한 혈통관계를 비교한 결과 모두 일치하는 것을 관찰할 수 있었다.

실시예 1: 51개의 SNP 마커들을 적용하여 돼지집단에서 친자감별추정

<Intact pedigree output file>
Offspring ID; 자손의 개체 ID
Typed loci: 대상 개체에서 유전자형 값이 기록된 마커 수



Offspring ID	Loci typed	First parent r	Parent pair n	Candidate mother ID	Loci typed	Pair loci comj	Pair loci mism	Pair LOD sco	Pair Delta	Pair confiden	Candidate father ID	Loci typed	Pair loci comj	Pair loci misn	Pair
3-7	54	2.39E-02	3.23E-06	YK3-3	51	50	1	-1.53E+00	0.00E+00		YK1-27	51	50	1	-
4-28	53	3.46E-02	2.26E-06	YK3-3	51	50	1	-2.29E+00	0.00E+00		YK1-24	51	50	1	
5-10	53	7.31E-03	1.54E-06	YK3-3	51	50	1	-7.33E-02	0.00E+00		YK1-24	51	50	1	
5-15	52	6.78E-02	8.19E-06	YK3-3	51	50	1	-2.37E+00	0.00E+00		YK1-27	51	50	1	-2
6-31	54	4.00E-03	9.92E-09	YK2-22	51	50	1	2.62E+00	2.62E+00	+	YK3-25	51	50	1	4
7-10	54	4.79E-03	1.21E-08	YK2-22	51	50	1	3.16E-01	3.16E-01	-	KY103-22	51	50	1	-
8-5	53	1.07E-03	2.96E-09	YK2-22	51	50	1	3.00E+00	3.00E+00	+	YK3-25	51	50	1	3
2-4	38	2.31E-02	8.49E-06	YK3-3	51	50	1	-2.31E+00	0.00E+00		YK1-27	51	50	1	-1
2-30	54	6.88E-03	1.03E-07	YK1-35	51	50	1	-9.62E-01	0.00E+00		YK3-25	51	50	1	1
2-34	53	7.89E-03	7.40E-08	YK3-19	51	50	1	-7.72E-01	0.00E+00		KY103-11	51	50	1	1
3-4	54	3.96E-02	2.09E-06	YK3-19	51	51	0	1.72E+00	1.72E+00	+	YK2-21	51	51	0	4
3-12	53	4.86E-04	3.66E-10	YK3-19	51	50	1	5.19E+00	4.39E+00	*	YK2-21	51	50	1	
3-20	54	2.86E-03	8.41E-09	YK3-19	51	50	1	4.54E+00	4.54E+00	*	YK2-21	51	50	1	-
3-22	54	2.59E-03	8.42E-09	YK3-33	51	50	1	3.51E-01	3.51E-01	-	YK2-21	51	50	1	-
3-24	54	1.09E-01	3.07E-06	YK1-35	51	50	1	-2.65E+00	0.00E+00		YK3-25	51	51	0	1
3-25	54	2.50E-03	8.60E-08	YK1-47	51	50	1	1.31E+00	2.81E-01	-	YK2-21	51	50	1	1
3-26	54	6.58E-03	1.57E-08	YK1-35	51	50	1	1.09E+00	1.09E+00	-	YK3-25	51	51	0	4
3-29	53	1.11E-02	2.04E-07	YK1-47	51	50	1	1.57E+00	0.00E+00		YK2-21	51	51	0	8
3-30	53	4.18E-03	6.96E-08	YK2-25	51	51	0	6.27E+00	3.36E+00	+	YK3-5	51	51	0	4
4-4	54	7.89E-03	3.15E-07	YK3-47	51	50	1	-9.18E+00	0.00E+00		YK1-3	51	50	1	-1
4-5	54	1.15E-02	1.58E-07	YK1-35	51	50	1	-2.46E+00	0.00E+00		YK3-25	51	50	1	1
4-6	53	3.67E-03	3.30E-08	YK3-33	51	51	0	5.58E+00	5.58E+00	*	YK2-21	51	51	0	1
4-13	54	6.70E-03	2.23E-08	YK1-35	51	50	1	-9.63E-01	0.00E+00		YK3-25	51	50	1	-
4-14	54	9.42E-03	9.17E-08	YK2-25	51	51	0	7.36E+00	2.42E+00	+	YK3-5	51	51	0	3
4-15	54	1.66E-02	1.70E-07	YK1-35	51	50	1	-4.61E-01	0.00E+00		YK3-25	51	50	1	2
4-18	53	1.03E-03	2.84E-09	YK1-47	51	49	2	5.34E-02	5.34E-02	-	YK2-21	51	49	2	-
4-30	54	1.59E-02	1.51E-07	YK3-33	51	51	0	2.89E+00	1.39E+00	-	YK2-21	51	51	0	6
4-31	53	3.14E-03	3.23E-09	YK3-47	51	49	2	-1.03E+01	0.00E+00		YK2-21	51	50	1	-1
5-14	53	9.46E-03	1.13E-07	YK2-25	51	51	0	9.94E+00	3.62E+00	*	YK3-5	51	51	0	2
5-23	54	9.17E-04	9.22E-10	YK3-33	51	49	2	-5.17E+00	0.00E+00		YK2-21	51	50	1	-1
7-4	54	1.11E-03	8.27E-09	YK2-25	51	50	1	-7.19E+00	0.00E+00		YK1-3	51	49	2	-
7-5	50	1.73E-02	5.23E-07	YK3-33	51	50	1	-2.67E+00	0.00E+00		YK2-21	51	49	2	-2
7-6	50	5.44E-03	5.69E-08	YK2-25	51	51	0	5.51E+00	4.77E+00	*	YK3-5	51	51	0	6
7-8	54	1.16E-03	9.73E-09	YK1-47	51	50	1	4.87E+00	4.35E+00	*	YK2-21	51	50	1	2
7-20	53	6.96E-03	9.24E-08	YK3-33	51	50	1	-1.61E+00	0.00E+00		YK2-21	51	50	1	-1
7-21	53	2.17E-03	2.60E-08	YK2-25	51	51	0	8.83E+00	5.35E+00	*	YK3-5	51	51	0	4
8-14	54	1.11E-03	4.60E-09	YK3-19	51	50	1	-1.13E+01	0.00E+00		KY103-11	51	50	1	
9-1	54	1.96E-02	1.61E-07	YK2-25	51	50	1	-8.08E+00	0.00E+00		KY102-22	51	50	1	3
9-4	54	1.51E-01	4.09E-06	YK1-35	51	50	1	-3.10E+00	0.00E+00		YK3-25	51	50	1	-
9-26	53	8.86E-03	7.67E-08	YK3-33	51	51	0	5.94E+00	5.60E+00	*	YK2-6	51	50	1	-
10-4	53	2.82E-02	3.23E-07	YK1-48	51	51	0	4.83E+00	4.83E+00	*	YK3-37	51	51	0	3
10-6	52	4.51E-03	5.69E-08	YK1-35	51	50	1	3.21E+00	3.21E+00	+	YK3-25	51	51	0	4
10-7	51	4.62E-03	1.31E-07	YK2-25	51	51	0	7.73E+00	4.64E+00	*	YK3-5	51	51	0	4

Candidate sire ID: 51개의 마커를 적용해 추정한 아비정보
Pair loci missing: 친자가 불일치되는 마커수
Candidate dam ID: 51개의 마커를 적용해 추정한 어미정보

그림 3-1-12. DNA 정보를 이용한 친자감별 결과 요약

51 SNP marker 를 이용하여 추정 결과

Generation	1세대 개체 ID	정확한 아비	추정한 아비	Match	정확한 어미	추정한 어미	Match
F1	KY102-11	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-13	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-14	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-16	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-17	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-18	K-27	K-27	O	Y4-50	Y4-50	O
F1	KY102-21	K-27	K-27	O	Y4-156	Y4-156	O
F1	KY102-22	K-27	K-27	O	Y4-156	Y4-156	O
F1	KY102-23	K-27	K-27	O	Y4-156	Y4-156	O
F1	KY102-3	K-27	K-27	O	Y4-156	Y4-156	O
F1	KY102-4	K-27	K-27	O	Y4-144	Y4-144	O
F1	KY103-11	K-31	K-31	O	Y4-163	Y4-163	O
F1	KY103-14	K-31	K-31	O	Y4-163	Y4-163	O
F1	KY103-22	K-31	K-31	O	Y4-176	Y4-176	O
F1	KY103-23	K-31	K-31	O	Y4-176	Y4-176	O
F1	KY103-24	K-31	K-31	O	Y4-176	Y4-176	O

그림 3-1-13. 농장의 기록과 DNA 친자감별 결과와의 비교 요약본

실시예 2: 자돈의 유전자형과 웅돈의 유전자형만 이용

표 3-1-5. 자돈의 유전자형을 이용하여 웅돈의 추정 결과

자손	기록상의 웅돈	추정된 웅돈	검증	검증된 마커수	검증되지 않는 마커수
G1					
KY102-11	K-27	K-27	O	51	0
KY102-13	K-27	K-27	O	51	0
KY102-14	K-27	K-27	O	51	0
KY102-16	K-27	K-27	O	51	0
KY102-17	K-27	K-27	O	51	0
KY102-18	K-27	K-27	O	51	0
KY102-21	K-27	K-27	O	51	0
KY102-22	K-27	K-27	O	51	0
KY102-23	K-27	K-27	O	51	0
KY102-4	K-27	K-27	O	51	0
G2					
KY103-11	K-31	K-31	O	51	0
KY103-14	K-31	K-31	O	51	0
KY103-22	K-31	K-31	O	51	0
KY103-23	K-31	K-31	O	51	0
KY103-24	K-31	K-31	O	51	0
KY103-26	K-31	K-31	O	51	0
KY103-27	K-31	K-31	O	51	0
KY103-28	K-31	K-31	O	51	0
G3					
YK3-13	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-14	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-16	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-18	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-19	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-20	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-21	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-24	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-25	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-27	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-3	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-33	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-34	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-36	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-37	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-38	Y4-133	Y4-133	O	51	0

YK3-43	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-47	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-5	Y4-133	Y4-133	O	51	0
YK3-52	Y4-133	Y4-133	O	51	0
G4					
YK1-1	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-23	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-24	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-26	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-27	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-3	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-35	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-37	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-47	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-48	Y4-16	Y4-16	O	51	0
YK1-7	Y4-16	Y4-16	O	51	0
G5					
YK2-11	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-13	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-21	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-22	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-24	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-25	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-36	**Y4-40**	**Y4-40 or K-31**	**△**	**51**	**0**
YK2-37	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-5	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-6	Y4-40	Y4-40	O	51	0
YK2-9	Y4-40	Y4-40	O	51	0

○ 5마리의 웅돈의 정액을 이용하여 교배한 자돈 56 두 중 1마리 (YK2-36) 의 아비는 Y4-40 또는 K-31 로 추정이 되었는데 기록상의 웅돈은 Y4-40 이었음. 유전자형을 이용한 추정에서 동일한 개체를 추정하였고, 나머지 자돈 55두는 모두 자돈의 유전자형만으로 웅돈을 추정 할 수 있었음.

○ 웅돈과 자돈의 유전자형으로도 높은 정확성을 가지고 친자감별결과를 나타내었는데, 동일한 웅돈을 여러 모돈농장에서 자손을 생산하여 브랜드육으로 판매하는 경우에 적용 가능한 모델로 판단됨. 국내산 고급 브랜드돈육을 생산하는데 특정하게 선발된 웅돈을 활용할 경우에 이용할 수 있으며, 특히 국내 100여개의 종돈장에서 보유한 웅돈에 대해 유전자형 분석을 통해서 국내산 돼지고기 여부를 판단하는데 활용할 수 있음.

실시예 3. 자돈의 유전자형과 모돈의 유전자형을 이용한 농장원산지 추정모델

표 3-1-6. 자돈의 유전자형을 이용하여 모돈만의 추정 결과

자손	기록상의 모돈	추정된 모돈	검증	검증된 마커수	검증되지 않는 마커수
G1					
KY102-11	Y4-50	Y4-50	O	51	0
KY102-13	Y4-50	Y4-50	O	51	0
KY102-14	Y4-50	Y4-50	O	51	0
KY102-16	Y4-50	Y4-50	O	51	0
KY102-17	Y4-50	Y4-50	O	51	0
KY102-18	Y4-50	Y4-50	O	51	0
G2					
KY103-22	Y4-176	Y4-176	O	51	0
KY103-23	Y4-176	K-11, K-19	X	50	0
KY103-24	Y4-176	Y4-176	O	51	0
KY103-26	Y4-176	Y4-176	O	51	0
KY103-27	Y4-176	Y4-176	O	51	0
KY103-28	Y4-176	Y4-176	O	51	0
G3					
KY103-11	Y4-163	K-11, K-19	X	50	0
KY103-14	Y4-163	Y4-163	O	51	0
G4					
KY102-21	Y4-156	Y4-156	O	51	0
KY102-22	Y4-156	Y4-156	O	51	0
KY102-23	Y4-156	Y4-156	O	51	0
G5					
KY102-4	Y4-144	Y4-144	O	51	0
G6					
YK3-21	K-7	K-7	O	51	0
YK3-24	K-7	K-7	O	51	0
YK3-25	K-7	K-7	O	51	0
YK3-27	K-7	K-7	O	51	0
G7					
YK3-13	K-5	K-5	O	51	0
YK3-14	K-5	K-5	O	51	0
YK3-16	K-5	K-5	O	51	0
YK3-18	K-5	K-5	O	51	0
YK3-19	K-5	K-5	O	51	0
YK3-20	K-5	K-5	O	51	0
G8					
YK3-3	K-4	K-4	O	51	0

YK3-5	K-4	K-4	O	51	0
G9					
YK1-35	K-26	K-26	O	51	0
YK1-37	K-26	K-26	O	51	0
G10					
YK1-23	K-23	K-23	O	51	0
YK1-24	K-23	K-23	O	51	0
YK1-26	K-23	K-23	O	51	0
YK1-27	K-23	K-23	O	51	0
YK1-47	K-23	K-23	O	49	2
G11					
YK3-52	K-21	K-21	O	51	0
G12					
YK2-21	K-20	K-20	O	51	0
YK2-22	K-20	K-20	O	51	0
YK2-24	K-20	K-20	O	51	0
YK2-25	K-20	K-20	O	51	0
G13					
YK1-48	K-2	Y4-50, K-14	X	47	4
YK2-5	K-2	K-2	O	51	0
YK2-6	K-2	K-2	O	51	0
YK2-9	K-2	K-2	O	51	0
G14					
YK1-1	K-16	K-16	O	51	0
YK1-3	K-16	K-16	O	51	0
YK1-7	K-16	K-16	O	51	0
G15					
YK2-11	K-15	K-15	O	51	0
YK2-13	K-15	K-15	O	51	0
G16					
YK3-43	K-14	K-14	O	51	0
YK3-47	K-14	K-14	O	51	0
G18					
YK3-33	K-13	K-13	O	51	0
YK3-34	K-13	K-13	O	51	0
YK3-36	K-13	K-13	O	51	0
YK3-37	K-13	K-13	O	51	0
YK3-38	K-13	K-13	O	51	0
G19					
YK2-36	K-11	K-11	O	51	0
YK2-37	K-11	K-11	O	51	0

○ 19두의 모돈으로부터 분만되어 무작위 선발된 자돈 56두 중 3마리는 자돈의 유전자형으로 추정된 모돈과 기록상의 모돈이 일치하지 않았다. 나머지 53두는 자돈의 51개의 자돈의 유전자형으로 모돈을 추정 할 수 있었음

○ 위의 실시예 2, 3은 작은 규모의 집단에서 안정적으로 웅돈과 모돈을 각각 추정하여 원산지 검증에 적용하는데 있어서, 51개의 마커의 시뮬레이션을 통한 통계적 수치는 높으나, 현장에 적용 할 경우에는 보다 많은 마커가 필요하다는 것을 나타내었다.

○ 많은 수의 양돈장에서 생산된 돼지고기의 원산지를 추적하는데 있어서 DNA 유전자형 정보만을 활용하였을 때, 나타날 수 있는 문제점을 개선하기 위해서 추가적인 실험을 다음과 같이 수행하였다.

(4) 원산지 검증 최적 DNA 마커 개수의 추정 및 유전자형 조합에 따른 적용방법 개발

○ 실시예 1의 샘플 검증결론을 바탕으로 알 수 있듯이 마커의 선발 및 적용성은 돼지고기의 원산지를 식별 하는데 있어 매우 중요한 요소임

○ 따라서 검증의 2차 단계로 돼지고기 원산지를 식별 할 수 있는 현장의 적용성을 검증하기 위해 Illumina사의 Porcine SNP 60 DNA analysis chip을 이용하여 돼지의 전 염색체에 분포된 분석 가능한 SNP 마커 62,163개를 이용하여 최적의 혈연관계를 확립하였음

○ 62,163개의 SNP 마커가운데 다양성 정보량 (PIC: Polymorphic information contents)이 높은 마커 315개의 SNP 마커를 추가적으로 선발하여 최대 62,163개의 SNP 마커의 추정효과와 비교분석하였음.

○ 초위성체 마커 (Microsatellite:MS) 135 개와 최종 선발된 SNP 마커 315개를 이용하여 비교 분석을 수행하여 분석의 정확성 및 현장적용시에 효율성을 비교하였음.

○ 웅돈 23두와 모돈 33두를 교배하여 생산된 자돈 >300두에서 확보한 200두의 선발집단을 이용하여 비교 분석하였음.

표 3-1-7. 농장 및 도축장에서의 기록을 통한 202두의 혈연관계

자돈	웅돈	모돈
G1		
5-6	KY102-17	KY103-27
G2		
8-1	KY102-17	KY103-14
6-13	KY102-17	KY103-14
6-8	KY102-17	KY103-14
G3		
1-4	KY103-11	YK3-52
2-23	KY103-11	YK3-52
3-19	KY103-11	YK3-52
9-7	KY103-11	YK3-52
9-18	KY103-11	YK3-52
9-24	KY103-11	YK3-52
9-29	KY103-11	YK3-52
10-1	KY103-11	YK3-52
10-11	KY103-11	YK3-52
10-17	KY103-11	YK3-52
10-24	KY103-11	YK3-52
10-27	KY103-11	YK3-52
G4		
1-6	KY103-11	KY102-13
2-3	KY103-11	KY102-13
2-7	KY103-11	KY102-13
3-2	KY103-11	KY102-13
3-14	KY103-11	KY102-13
3-15	KY103-11	KY102-13
4-2	KY103-11	KY102-13
2-12	KY103-11	KY102-13
4-26	KY103-11	KY102-13
G5		
1-7	KY103-11	YK3-18
1-13	KY103-11	YK3-18
1-17	KY103-11	YK3-18
1-21	KY103-11	YK3-18
2-11	KY103-11	YK3-18
2-13	KY103-11	YK3-18
5-18	KY103-11	YK3-18
5-22	KY103-11	YK3-18
7-15	KY103-11	YK3-18
7-22	KY103-11	YK3-18

2-33	KY103-11	YK3-18
5-33	KY103-11	YK3-18
G6		
2-2	KY103-11	KY102-23
6-1	KY103-11	KY102-23
6-9	KY103-11	KY102-23
6-10	KY103-11	KY102-23
6-15	KY103-11	KY102-23
6-18	KY103-11	KY102-23
6-23	KY103-11	KY102-23
G7		
2-16	KY103-11	KY102-11
3-1	KY103-11	KY102-11
3-5	KY103-11	KY102-11
4-12	KY103-11	KY102-11
2-32	KY103-11	KY102-11
G8		
3-17	KY103-11	KY102-18
4-10	KY103-11	KY102-18
4-16	KY103-11	KY102-18
5-26	KY103-11	KY102-18
11-6	KY103-11	KY102-18
11-17	KY103-11	KY102-18
G9		
4-9	KY103-11	YK3-14
4-25	KY103-11	YK3-14
7-24	KY103-11	YK3-14
7-25	KY103-11	YK3-14
10-19	KY103-11	YK3-14
G10		
9-12	KY103-11	KY102-4
11-10	KY103-11	KY102-4
G11		
3-9	KY103-23	KY102-4
3-13	KY103-23	KY102-4
3-28	KY103-23	KY102-4
5-20	KY103-23	KY102-4
G12		
6-7	KY103-23	KY102-14
6-12	KY103-23	KY102-14
8-3	KY103-23	KY102-14
8-6	KY103-23	KY102-14

8-10	KY103-23	KY102-14
8-12	KY103-23	KY102-14
G13		
9-3	KY103-26	KY102-13
9-10	KY103-26	KY102-13
9-17	KY103-26	KY102-13
10-9	KY103-26	KY102-13
10-10	KY103-26	KY102-13
11-7	KY103-26	KY102-13
12-7	KY103-26	KY102-13
G14		
2-6	YK1-24	YK2-9
5-24	YK1-24	YK2-9
7-12	YK1-24	YK2-9
G15		
3-6	YK1-24	YK3-43
5-2	YK1-24	YK3-43
5-19	YK1-24	YK3-43
5-27	YK1-24	YK3-43
7-1	YK1-24	YK3-43
7-7	YK1-24	YK3-43
G16		
3-18	YK1-24	YK3-16
4-3	YK1-24	YK3-16
4-8	YK1-24	YK3-16
4-20	YK1-24	YK3-16
4-21	YK1-24	YK3-16
6-2	YK1-24	YK3-16
G17		
4-28	YK1-24	YK3-3
5-10	YK1-24	YK3-3
G18		
2-22	YK1-37	YK3-20
7-11	YK1-37	YK3-20
7-18	YK1-37	YK3-20
7-27	YK1-37	YK3-20
G19		
6-4	YK1-37	YK2-37
6-5	YK1-37	YK2-37
6-16	YK1-37	YK2-37
6-19	YK1-37	YK2-37
6-22	YK1-37	YK2-37

6-25	YK1-37	YK2-37
6-26	YK1-37	YK2-37
8-7	YK1-37	YK2-37
G20		
2-25	YK2-21	YK3-33
3-22	YK2-21	YK3-33
4-6	YK2-21	YK3-33
4-30	YK2-21	YK3-33
7-5	YK2-21	YK3-33
7-20	YK2-21	YK3-33
G21		
2-27	YK2-21	YK1-47
3-25	YK2-21	YK1-47
3-29	YK2-21	YK1-47
4-18	YK2-21	YK1-47
7-8	YK2-21	YK1-47
10-22	YK2-21	YK1-47
11-27	YK2-21	YK1-47
11-30	YK2-21	YK1-47
G22		
9-20	YK2-21	YK1-23
10-8	YK2-21	YK1-23
10-23	YK2-21	YK1-23
11-26	YK2-21	YK1-23
12-8	YK2-21	YK1-23
12-15	YK2-21	YK1-23
12-20	YK2-21	YK1-23
7-32	YK2-21	YK1-23
9-31	YK2-21	YK1-23
G23		
1-3	YK2-36	YK3-38
3-21	YK2-36	YK3-38
5-25	YK2-36	YK3-38
7-13	YK2-36	YK3-38
7-17	YK2-36	YK3-38
11-23	YK2-36	YK3-38
3-32	YK2-36	YK3-38
G24		
1-19	YK2-36	YK3-24
3-31	YK2-36	YK3-24
5-16	YK2-36	YK3-24
5-21	YK2-36	YK3-24

10-26	YK2-36	YK3-24
G25		
9-2	YK2-36	YK3-13
9-23	YK2-36	YK3-13
10-25	YK2-36	YK3-13
11-9	YK2-36	YK3-13
11-29	YK2-36	YK3-13
G26		
1-11	YK3-25	YK1-35
3-24	YK3-25	YK1-35
3-26	YK3-25	YK1-35
4-5	YK3-25	YK1-35
4-13	YK3-25	YK1-35
4-15	YK3-25	YK1-35
9-4	YK3-25	YK1-35
10-6	YK3-25	YK1-35
10-13	YK3-25	YK1-35
10-18	YK3-25	YK1-35
2-30	YK3-25	YK1-35
G27		
6-14	YK3-25	YK1-1
6-21	YK3-25	YK1-1
6-24	YK3-25	YK1-1
6-29	YK3-25	YK1-1
8-2	YK3-25	YK1-1
G28		
8-5	YK3-25	YK2-22
6-31	YK3-25	YK2-22
G29		
8-8	YK3-37	YK2-5
8-20	YK3-37	YK2-5
G30		
9-5	YK3-37	YK2-11
9-6	YK3-37	YK2-11
9-9	YK3-37	YK2-11
9-13	YK3-37	YK2-11
9-15	YK3-37	YK2-11
9-22	YK3-37	YK2-11
G31		
9-8	YK3-37	YK1-26
9-11	YK3-37	YK1-26
9-14	YK3-37	YK1-26

10-3	YK3-37	YK1-26
10-4	YK3-37	YK1-26
10-15	YK3-37	YK1-26
10-28	YK3-37	YK1-26
G32		
11-4	YK3-37	YK3-21
12-9	YK3-37	YK3-21
G33		
2-18	YK3-5	YK1-26
4-22	YK3-5	YK1-26
7-19	YK3-5	YK1-26
7-23	YK3-5	YK1-26
7-31	YK3-5	YK1-26
G34		
3-16	YK3-5	YK2-11
5-30	YK3-5	YK2-11
G35		
3-30	YK3-5	YK2-25
4-14	YK3-5	YK2-25
5-14	YK3-5	YK2-25
7-6	YK3-5	YK2-25
7-21	YK3-5	YK2-25
10-7	YK3-5	YK2-25

○ 위의 집단을 이용하여 60000개의 SNP 마커를 이용하여 추정된 최종 혈연관계를 이용하여 60000개의 SNP 마커들중 염색체별로 다형성 정보량 (PIC) 높은 315개의 SNP 마커를 선별하여 자돈의 유전자형으로 웅돈과 모돈을 추정하였다.

표 3-1-8. 선발된 315개의 SNP 마커들을 이용하여 웅돈 및 모돈 추정 결과

자돈	최적의 웅돈	315 SNP추정-웅돈	추정된 마커	추정 못한 마커	검증	최적의 모돈	315 SNP추정-모돈	추정된 마커	추정 못한 마커	검증
G1										
5-6	KY102-17	KY102-17	296	0	O	KY103-27	KY103-27	296	0	O
G2										
8-1	KY102-17	KY102-17	297	0	O	KY103-14	KY103-14	296	0	O
6-13	KY102-17	KY102-17	303	8	O	KY103-14	KY103-14	296	0	O
6-8	KY102-17	KY102-17	297	0	O	KY103-14	KY103-14	296	0	O
G3										
1-4	KY103-11	KY103-11	296	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
2-23	KY103-11	KY103-11	303	10	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
3-19	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
9-7	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
9-18	KY103-11	KY103-11	296	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
9-24	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
9-29	KY103-11	KY103-11	303	6	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
10-1	KY103-11	KY103-11	303	8	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
10-11	KY103-11	KY103-11	303	9	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
10-17	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
10-24	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
10-27	KY103-11	KY103-11	303	10	O	YK3-52	YK3-52	296	0	O
G4										
1-6	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
2-3	KY103-11	KY103-11	302	10	O	KY102-13	KY102-13	296	0	O
2-7	KY103-11	KY103-11	296	0	O	KY102-13	KY102-13	296	0	O
3-2	KY103-11	KY103-11	302	10	O	KY102-13	KY102-13	296	0	O
3-14	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
3-15	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
4-2	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
2-12	KY103-11	KY103-11	302	10	O	KY102-13	KY102-13	296	0	O
4-26	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
G5										
1-7	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
1-13	KY103-11	KY103-11	302	9	O	YK3-18	YK3-18	296	0	O
1-17	KY103-11	KY103-11	303	6	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
1-21	KY103-11	KY103-11	296	0	O	YK3-18	YK3-18	296	0	O
2-11	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
2-13	KY103-11	KY103-11	302	7	O	YK3-18	YK3-18	296	0	O
5-18	KY103-11	KY103-11	303	8	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
5-22	KY103-11	KY103-11	303	9	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
7-15	KY103-11	KY103-11	298	0	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
7-22	KY103-11	KY103-11	303	9	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
2-33	KY103-11	KY103-11	303	6	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
5-33	KY103-11	KY103-11	303	6	O	YK3-18	YK3-18	297	0	O
G6										
2-2	KY103-11	KY103-11	296	0	O	KY102-23	KY102-23	296	10	O
6-1	KY103-11	KY103-11	303	8	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O
6-9	KY103-11	KY103-11	303	6	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O
6-10	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O

6-15	KY103-11	KY103-11	303	9	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O
6-18	KY103-11	KY103-11	303	10	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O
6-23	KY103-11	KY103-11	303	7	O	KY102-23	KY102-23	297	0	O
G7										
2-16	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-11	KY102-11	297	0	O
3-1	KY103-11	KY103-11	296	0	O	KY102-11	KY102-11	296	0	O
3-5	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-11	KY102-11	297	0	O
4-12	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-11	KY102-11	297	0	O
2-32	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-11	KY102-11	297	0	O
G8										
3-17	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-18	KY102-18	297	0	O
4-10	KY103-11	KY103-11	303	6	O	KY102-18	KY102-18	298	0	O
4-16	KY103-11	KY103-11	303	8	O	KY102-18	KY102-18	298	0	O
5-26	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-18	KY102-18	297	0	O
11-6	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-18	KY102-18	297	0	O
11-17	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-18	KY102-18	297	0	O
G9										
4-9	KY103-11	KY103-11	303	7	O	YK3-14	YK3-14	296	0	O
4-25	KY103-11	KY103-11	303	7	O	YK3-14	YK3-14	296	0	O
7-24	KY103-11	KY103-11	303	6	O	YK3-14	YK3-14	296	0	O
7-25	KY103-11	KY103-11	297	0	O	YK3-14	YK3-14	296	0	O
10-19	KY103-11	KY103-11	296	0	O	YK3-14	YK3-14	296	0	O
G10										
9-12	KY103-11	KY103-11	297	0	O	KY102-4	KY102-4	297	0	O
11-10	KY103-11	KY103-11	302	5	O	KY102-4	KY102-4	296	0	O
G11										
3-9	KY103-23	KY103-23	297	0	O	KY102-4	KY102-4	297	0	O
3-13	KY103-23	KY103-23	297	0	O	KY102-4	KY102-4	297	0	O
3-28	KY103-23	KY103-23	303	8	O	KY102-4	KY102-4	297	0	O
5-20	KY103-23	KY103-23	297	0	O	KY102-4	KY102-4	297	0	O
G12										
6-7	KY103-23	KY103-23	303	7	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
6-12	KY103-23	KY103-23	297	0	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
8-3	KY103-23	KY103-23	297	1	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
8-6	KY103-23	KY103-23	297	0	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
8-10	KY103-23	KY103-23	303	7	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
8-12	KY103-23	KY103-23	303	10	O	KY102-14	KY102-14	297	0	O
G13										
9-3	KY103-26	KY103-26	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
9-10	KY103-26	KY103-26	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
9-17	KY103-26	KY103-26	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
10-9	KY103-26	KY103-26	303	10	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
10-10	KY103-26	KY103-26	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
11-7	KY103-26	KY103-26	303	8	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
12-7	KY103-26	KY103-26	297	0	O	KY102-13	KY102-13	297	0	O
G14										
2-6	YK1-24	YK1-24	303	10	O	YK2-9	YK2-9	296	0	O
5-24	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK2-9	YK2-9	296	0	O
7-12	YK1-24	YK1-24	303	10	O	YK2-9	YK2-9	296	0	O
G15										
3-6	YK1-24	YK1-24	302	10	O	YK3-43	YK3-43	296	0	O

5-2	YK1-24	YK1-24	303	13	O	YK3-43	YK3-43	297	0	O
5-19	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-43	YK3-43	296	0	O
5-27	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-43	YK3-43	296	0	O
7-1	YK1-24	YK1-24	297	0	O	YK3-43	YK3-43	297	0	O
7-7	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-43	YK3-43	296	0	O
G16										
3-18	YK1-24	YK1-24	303	15	O	YK3-16	YK3-16	297	0	O
4-3	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-16	YK3-16	296	0	O
4-8	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-16	YK3-16	296	0	O
4-20	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-16	YK3-16	296	0	O
4-21	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-16	YK3-16	296	0	O
6-2	YK1-24	YK1-24	296	0	O	YK3-16	YK3-16	296	0	O
G17										
4-28	YK1-24	YK1-24	303	15	O	YK3-3	YK3-3	297	0	O
5-10	YK1-24	YK1-24	303	15	O	YK3-3	YK3-3	297	0	O
G18										
2-22	YK1-37	YK1-37	296	0	O	YK3-20	YK3-20	296	0	O
7-11	YK1-37	YK1-37	296	0	O	YK3-20	YK3-20	296	0	O
7-18	YK1-37	YK1-37	297	7	O	YK3-20	YK3-20	291	0	O
7-27	YK1-37	YK1-37	303	12	O	YK3-20	YK3-20	297	0	O
G19										
6-4	YK1-37	YK1-37	303	10	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
6-5	YK1-37	YK1-37	303	9	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
6-16	YK1-37	YK1-37	303	11	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
6-19	YK1-37	YK1-37	296	0	O	YK2-37	YK2-37	295	0	O
6-22	YK1-37	YK1-37	296	0	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
6-25	YK1-37	YK1-37	296	0	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
6-26	YK1-37	YK1-37	303	8	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
8-7	YK1-37	YK1-37	303	10	O	YK2-37	YK2-37	296	0	O
G20										
2-25	YK2-21	YK2-21	301	6	O	YK3-33	YK3-33	295	0	O
3-22	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK3-33	YK3-33	296	0	O
4-6	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK3-33	YK3-33	296	0	O
4-30	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK3-33	YK3-33	296	0	O
7-5	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK3-33	YK3-33	296	0	O
7-20	YK2-21	YK2-21	302	4	O	YK3-33	YK3-33	296	0	O
G21										
2-27	YK2-21	YK2-21	302	10	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
3-25	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
3-29	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
4-18	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
7-8	YK2-21	YK2-21	302	13	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
10-22	YK2-21	YK2-21	302	10	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
11-27	YK2-21	YK2-21	302	10	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
11-30	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK1-47	YK1-47	296	0	O
G22										
9-20	YK2-21	YK2-21	302	10	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
10-8	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK1-23	YK1-23	295	0	O
10-23	YK2-21	YK2-21	295	0	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
11-26	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
12-8	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O

12-15	YK2-21	YK2-21	302	12	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
12-20	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
7-32	YK2-21	YK2-21	296	0	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
9-31	YK2-21	YK2-21	302	12	O	YK1-23	YK1-23	296	0	O
G23										
1-3	YK2-36	YK2-36	301	12	O	YK3-38	YK3-38	295	0	O
3-21	YK2-36	YK2-36	296	0	O	YK3-38	YK3-38	296	0	O
5-25	YK2-36	YK2-36	295	0	O	YK3-38	YK3-38	296	0	O
7-13	YK2-36	YK2-36	294	0	O	YK3-38	YK3-38	295	0	O
7-17	YK2-36	YK2-36	295	0	O	YK3-38	YK3-38	296	0	O
11-23	YK2-36	YK2-36	302	20	O	YK3-38	YK3-38	296	0	O
3-32	YK2-36	YK2-36	294	0	O	YK3-38	YK3-38	295	0	O
G24										
1-19	YK2-36	YK2-36	302	10	O	YK3-24	YK3-24	296	0	O
3-31	YK2-36	YK2-36	302	11	O	YK3-24	YK3-24	296	0	O
5-16	YK2-36	YK2-36	302	8	O	YK3-24	YK3-24	296	0	O
5-21	YK2-36	YK2-36	296	0	O	YK3-24	YK3-24	296	0	O
10-26	YK2-36	YK2-36	302	5	O	YK3-24	YK3-24	296	0	O
G25										
9-2	YK2-36	YK2-36	296	0	O	YK3-13	YK3-13	296	0	O
9-23	YK2-36	YK2-36	295	0	O	YK3-13	YK3-13	296	0	O
10-25	YK2-36	YK2-36	302	12	O	YK3-13	YK3-13	296	0	O
11-9	YK2-36	YK2-36	302	11	O	YK3-13	YK3-13	296	0	O
11-29	YK2-36	YK2-36	302	9	O	YK3-13	YK3-13	296	0	O
G26										
1-11	YK3-25	YK3-25	303	8	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
3-24	YK3-25	YK3-25	303	9	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
3-26	YK3-25	YK3-25	297	0	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
4-5	YK3-25	YK3-25	303	9	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
4-13	YK3-25	YK3-25	302	11	O	YK1-35	YK1-35	295	0	O
4-15	YK3-25	YK3-25	303	8	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
9-4	YK3-25	YK3-25	303	13	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
10-6	YK3-25	YK3-25	297	0	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
10-13	YK3-25	YK3-25	297	0	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
10-18	YK3-25	YK3-25	297	0	O	YK1-35	YK1-35	296	0	O
2-30	YK3-25	YK3-25	302	13	O	YK1-35	YK1-35	295	0	O
G27										
6-14	YK3-25	YK3-25	303	13	O	YK1-1	YK1-1	296	0	O
6-21	YK3-25	YK3-25	303	13	O	YK1-1	YK1-1	296	0	O
6-24	YK3-25	YK3-25	303	11	O	YK1-1	YK1-1	296	0	O
6-29	YK3-25	YK3-25	296	0	O	YK1-1	YK1-1	296	0	O
8-2	YK3-25	YK3-25	295	0	O	YK1-1	YK1-1	295	0	O
G28										
8-5	YK3-25	YK3-25	303	5	O	YK2-22	YK2-22	296	0	O
6-31	YK3-25	YK3-25	303	4	O	YK2-22	YK2-22	296	0	O
G29										
8-8	YK3-37	YK3-37	296	0	O	YK2-5	YK2-5	296	0	O
8-20	YK3-37	YK3-37	296	0	O	YK2-5	YK2-5	296	0	O
G30										
9-5	YK3-37	YK3-37	303	10	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
9-6	YK3-37	YK3-37	302	12	O	YK2-11	YK2-11	295	0	O

9-9	YK3-37	YK3-37	302	8	O	YK2-11	YK2-11	295	0	O
9-13	YK3-37	YK3-37	303	10	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
9-15	YK3-37	YK3-37	303	9	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
9-22	YK3-37	YK3-37	303	12	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
G31										
9-8	YK3-37	YK3-37	303	10	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
9-11	YK3-37	YK3-37	302	14	O	YK1-26	YK1-26	295	0	O
9-14	YK3-37	YK3-37	303	12	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
10-3	YK3-37	YK3-37	302	10	O	YK1-26	YK1-26	295	0	O
10-4	YK3-37	YK3-37	303	14	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
10-15	YK3-37	YK3-37	303	12	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
10-28	YK3-37	YK3-37	297	0	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
G32										
11-4	YK3-37	YK3-37	297	0	O	YK3-21	YK3-21	296	0	O
12-9	YK3-37	YK3-37	297	0	O	YK3-21	YK3-21	296	0	O
G33										
2-18	YK3-5	YK3-5	296	0	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
4-22	YK3-5	YK3-5	303	5	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
7-19	YK3-5	YK3-5	303	7	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
7-23	YK3-5	YK3-5	303	5	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
7-31	YK3-5	YK3-5	296	0	O	YK1-26	YK1-26	296	0	O
G34										
3-16	YK3-5	YK3-5	303	4	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
5-30	YK3-5	YK3-5	297	0	O	YK2-11	YK2-11	296	0	O
G35										
3-30	YK3-5	YK3-5	303	11	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
4-14	YK3-5	YK3-5	296	0	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
5-14	YK3-5	YK3-5	297	0	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
7-6	YK3-5	YK3-5	297	0	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
7-21	YK3-5	YK3-5	303	8	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
10-7	YK3-5	YK3-5	303	13	O	YK2-25	YK2-25	296	0	O
			Average missmatch (4.663)					Average missmatch (0.051)		

○ 위의 결과 >60,000개의 SNP 마커를 이용하였을때와 최종으로 선발된 315개의 SNP 마커를 선발하였을때 동일한 결과를 나타내었다. 또한 웅돈의 추적이 되지 못한 마커는 평균 4.663 개로 관찰되었으며 모돈의 추정이 되지 못한 마커는 평균 0.051 개로 나타났다.

○ 본 결과를 토대로 해석한 결과, 다수의 마커를 이용한 원산지추정의 불일치는 웅돈의 영향을 많이 받는 것으로 관찰되었는데, SNP 마커수가 300개 이상일때 웅돈의 추정이 불가능한 마커의 평균은 9개로 관찰되었으며 300개 미만일때는 마커의 평균 0.170개로 나타났다.

표 3-1-9. 선발된 315개의 SNP 마커들을 이용한 친자추정의 결과분석

	마커300개의기준	평균 마커수
마커가 300개 이상	n=98	9
미커가 300개 미만	n=104	0.17

○ 마커수가 많을수록 추정 할 수 없는 마커수는 증가 할 수밖에 없다. 본 결과는 현재 300개의 마커로 돼지고기 원산지를 추정 할 수 있는 최적의 현장 검증용 마커로써 최적마커수를 확립하는 실험을 수행하였다.

○ 최적마커의 개수는 300개 미만으로 정하고, 원산지 검증에 적용하는 것이 가장 효율적인 유전자형 분석수는 96개라는 결론을 내렸음

○ 또한 소고기의 이력추적 및 개체식별에 사용되는 DNA 표지인자는 초위성체 마커(Microsatellite:MS) 이다. 본 연구에서는 돼지고기 원산지 식별에 이용 할 수 있는 총 초위성체 마커 (Microsatellite:MS) 135개와 최종 선발된 SNP 마커 315개를 이용하여 현장 적용시의 정확성과 효율성을 비교하였다.

표 3-1-10. 135개의 MS 마커와 선발된 315개의 SNP마커들과의 현장적용 검증 비교

자돈	기록상의 웅돈	135_MS추정-웅돈	135_MS 검증	315 SNP추정-웅돈	315 SNP 검증	기록상의 모돈	135_MS추정-모돈	135_MS 검증	315 SNP추정-모돈	315 SNP 검증
G1										
5-6	KY102-17	KY102-17	O	KY102-17	O	KY103-27	KY103-27	O	KY103-27	O
G2										
8-1	KY102-17	KY102-17	O	KY102-17	O	KY103-14	KY103-14	O	KY103-14	O
6-13	KY102-17	KY102-17	O	KY102-17	O	KY103-14	KY103-14	O	KY103-14	O
6-8	KY102-17	KY102-17	O	KY102-17	O	KY103-14	KY103-14	O	KY103-14	O
G3										
1-4	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
2-23	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
3-19	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
9-7	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
9-18	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
9-24	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
9-29	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
10-1	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
10-11	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
10-17	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O

10-24	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
10-27	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-52	YK3-52	O	YK3-52	O
G4										
1-6	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
2-3	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
2-7	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
3-2	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
3-14	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
3-15	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
4-2	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
2-12	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
4-26	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
G5										
1-7	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
1-13	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
1-17	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
1-21	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
2-11	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
2-13	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
5-18	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
5-22	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
7-15	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
7-22	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
2-33	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
5-33	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-18	YK3-18	O	YK3-18	O
G6										
2-2	KY103-11	**KY102-21**	**X**	KY103-11	O	KY102-23	**KY102-3**	**x**	KY102-23	O
6-1	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
6-9	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
6-10	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
6-15	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
6-18	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
6-23	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-23	KY102-23	O	KY102-23	O
G7										
2-16	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
3-1	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
3-5	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
4-12	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
2-32	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
G8										
3-17	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O
4-10	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O

4-16	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O
5-26	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O
11-6	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O
11-17	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-18	KY102-18	O	KY102-18	O
G9										
4-9	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-14	YK3-14	O	YK3-14	O
4-25	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-14	YK3-14	O	YK3-14	O
7-24	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-14	YK3-14	O	YK3-14	O
7-25	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-14	YK3-14	O	YK3-14	O
10-19	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	YK3-14	YK3-14	O	YK3-14	O
G10										
9-12	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
11-10	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
G11										
3-9	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
3-13	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
3-28	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
5-20	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-4	KY102-4	O	KY102-4	O
G12										
6-7	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
6-12	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
8-3	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
8-6	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
8-10	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
8-12	KY103-23	KY103-23	O	KY103-23	O	KY102-14	KY102-14	O	KY102-14	O
G13										
9-3	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
9-10	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
9-17	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
10-9	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
10-10	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
11-7	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
12-7	KY103-26	KY103-26	O	KY103-26	O	KY102-13	KY102-13	O	KY102-13	O
G14										
2-6	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK2-9	YK2-9	O	YK2-9	O
5-24	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK2-9	YK2-9	O	YK2-9	O
7-12	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK2-9	YK2-9	O	YK2-9	O
G15										
3-6	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O
5-2	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O
5-19	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O
5-27	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O

7-1	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O
7-7	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-43	YK3-43	O	YK3-43	O
G16										
3-18	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
4-3	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
4-8	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
4-20	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
4-21	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
6-2	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-16	YK3-16	O	YK3-16	O
G17										
4-28	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-3	YK3-3	O	YK3-3	O
5-10	YK1-24	YK1-24	O	YK1-24	O	YK3-3	YK3-3	O	YK3-3	O
G18										
2-22	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK3-20	YK3-20	O	YK3-20	O
7-11	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK3-20	YK3-20	O	YK3-20	O
7-18	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK3-20	YK3-20	O	YK3-20	O
7-27	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK3-20	YK3-20	O	YK3-20	O
G19										
6-4	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-5	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-16	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-19	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-22	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-25	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
6-26	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
8-7	YK1-37	YK1-37	O	YK1-37	O	YK2-37	YK2-37	O	YK2-37	O
G20										
2-25	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
3-22	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
4-6	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
4-30	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
7-5	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
7-20	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK3-33	YK3-33	O	YK3-33	O
G21										
2-27	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
3-25	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
3-29	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
4-18	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
7-8	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
10-22	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
11-27	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O
11-30	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-47	YK1-47	O	YK1-47	O

G22										
9-20	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
10-8	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
10-23	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
11-26	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
12-8	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
12-15	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
12-20	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
7-32	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
9-31	YK2-21	YK2-21	O	YK2-21	O	YK1-23	YK1-23	O	YK1-23	O
G23										
1-3	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
3-21	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
5-25	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
7-13	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
7-17	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
11-23	YK2-36	**YK1-6**	**X**	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
3-32	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-38	YK3-38	O	YK3-38	O
G24										
1-19	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-24	YK3-24	O	YK3-24	O
3-31	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-24	YK3-24	O	YK3-24	O
5-16	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-24	YK3-24	O	YK3-24	O
5-21	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-24	YK3-24	O	YK3-24	O
10-26	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-24	YK3-24	O	YK3-24	O
G25										
9-2	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-13	YK3-13	O	YK3-13	O
9-23	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-13	YK3-13	O	YK3-13	O
10-25	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-13	YK3-13	O	YK3-13	O
11-9	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-13	YK3-13	O	YK3-13	O
11-29	YK2-36	YK2-36	O	YK2-36	O	YK3-13	YK3-13	O	YK3-13	O
G26										
1-11	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
3-24	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
3-26	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
4-5	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
4-13	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
4-15	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
9-4	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
10-6	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
10-13	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
10-18	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O
2-30	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-35	YK1-35	O	YK1-35	O

G27										
6-14	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-1	YK1-1	O	YK1-1	O
6-21	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-1	YK1-1	O	YK1-1	O
6-24	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-1	YK1-1	O	YK1-1	O
6-29	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-1	YK1-1	O	YK1-1	O
8-2	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK1-1	YK1-1	O	YK1-1	O
G28										
8-5	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK2-22	YK2-22	O	YK2-22	O
6-31	YK3-25	YK3-25	O	YK3-25	O	YK2-22	YK2-22	O	YK2-22	O
G29										
8-8	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-5	YK2-5	O	YK2-5	O
8-20	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-5	YK2-5	O	YK2-5	O
G30										
9-5	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
9-6	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
9-9	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
9-13	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
9-15	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
9-22	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
G31										
9-8	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
9-11	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
9-14	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
10-3	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
10-4	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
10-15	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
10-28	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
G32										
11-4	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
12-9	YK3-37	YK3-37	O	YK3-37	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
G33										
2-18	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
4-22	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
7-19	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
7-23	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
7-31	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK1-26	YK1-26	O	YK1-26	O
G34										
3-16	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
5-30	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-11	YK2-11	O	YK2-11	O
G35										
3-30	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O
4-14	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O

5-14	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O
7-6	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O
7-21	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O
10-7	YK3-5	YK3-5	O	YK3-5	O	YK2-25	YK2-25	O	YK2-25	O
G36										
2-24	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	**YK3-13**	**x**	YK3-21	O
3-23	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
4-4	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
5-5	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
5-7	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	**YK3-13**	**x**	YK3-21	O
5-8	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
5-29	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
7-3	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	**YK3-13**	**x**	YK3-21	O
7-14	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
7-16	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	YK3-21	O	YK3-21	O
7-33	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK3-21	**YK3-13**	**x**	YK3-21	O
G37										
2-10	YK1-6	YK1-6	O	YK1-6	O	YK2-13	YK2-13	O	YK2-13	O
4-29	YK1-6	**YK2-6**	**X**	YK1-6	O	YK2-13	**KY102-3**	**x**	YK2-13	O
5-12	YK1-6	**YK2-6**	**X**	YK1-6	O	YK2-13	**YK1-35**	**x**	YK2-13	O
1-5	YK1-6	**YK2-6**	**X**	YK1-6	O	YK2-13	**KY102-3**	**x**	YK2-13	O
G38										
2-19	KY102-17	**KY103-11**	**X**	KY102-17	O	YK1-1	**YK3-14**	**x**	YK1-1	O
G39										
4-32	KY103-11	KY103-11	O	KY103-11		KY102-11	KY102-11	O	KY102-11	O
G40										
2-4	YK1-24	**YK1-27**	**X**	YK1-24	O	YK3-3	YK3-3	O	YK3-3	O
		Miss match: 7두		**Miss match: 0두**			**Miss match: 9두**		**Miss match: 0두**	

○ 위의 결과는 135개의 MS마커와 최종 선발한 315개의 SNP 마커들의 추정능력을 비교 분석한 결과이다. 135개의 MS 마커를 이용하여 추정한 결과에서 웅돈을 추정하는데 오류가 발생한 자돈은 7두이고 모돈을 추정하는데 오류가 발생한 자돈은 9두로 나타났다. 이와 반면에 최종 선발한 315개의 SNP 마커로 추정한 결과 모두 혈연관계와 일치하는 추정율을 나타내었다. 최종 선발된 315개의 SNP 마커들에 대해서 현장 검증에 활용할 계획이며, 3차년도에 원산지 식별 능력을 효율적으로 활용하기 위하여 최적의 SNP 마커 Set을 구축을 마무리 할 것이다.

(5) 분석시료의 DNA 분석결과와 개체정보자료와의 동일성 검증

○ 비육전문농장에서 출하된 비육돈의 경우 웅돈과 모돈의 정보를 확인할 수 없는데 이러한 경우 적용할 수 있는 동일성검사법을 실증시험하기 위해서 한번에 출하된 56두

중 임의로 20두를 선발하여 동일성 검증 (identity-test) 을 수행하였음.

표 3-1-11. 56두의 비육돈중 20두를 임의 선발하여 유전자형을 이용한 동일성 검증

First ID	Loci typed	Second ID	Loci typed	Matching loci	Mismatching loci	Status
8-1	24	임의돼지1	23	10	12	Excluded
8-1	24	임의돼지10	23	7	15	Excluded
8-1	**24**	**임의돼지6**	**23**	**22**	**0**	**Exact match**
8-2	**25**	**임의돼지5**	**21**	**19**	**2**	**Excluded**
8-2	25	임의돼지6	23	9	14	Excluded
8-2	25	임의돼지7	24	6	18	Excluded
8-3	**24**	**임의돼지4**	**25**	**23**	**1**	**Fuzzy match**
8-3	24	임의돼지5	21	7	13	Excluded
8-3	24	임의돼지6	23	11	11	Excluded
8-4	**25**	**임의돼지2**	**25**	**23**	**2**	**Excluded**
8-4	25	임의돼지20	24	12	12	Excluded
8-4	25	임의돼지3	24	10	14	Excluded
8-4	25	임의돼지4	25	17	8	Excluded
8-5	**24**	**임의돼지3**	**24**	**23**	**0**	**Exact match**
8-5	24	임의돼지4	25	10	14	Excluded
8-5	24	임의돼지5	21	10	10	Excluded
8-6	**25**	**임의돼지1**	**23**	**22**	**1**	**Fuzzy match**
8-6	25	임의돼지10	23	10	13	Excluded
8-6	25	임의돼지11	23	10	13	Excluded
8-7	25	임의돼지1	23	11	12	Excluded
8-7	**25**	**임의돼지10**	**23**	**21**	**2**	**Excluded**
8-8	25	임의돼지6	23	10	13	Excluded
8-8	25	임의돼지7	24	10	14	Excluded
8-8	**25**	**임의돼지8**	**24**	**22**	**2**	**Excluded**
8-8	25	임의돼지9	24	11	13	Excluded
8-9	25	임의돼지1	23	8	15	Excluded
8-9	**25**	**임의돼지7**	**24**	**22**	**2**	**Excluded**
8-10	25	임의돼지8	24	11	13	Excluded
8-10	**25**	**임의돼지9**	**24**	**22**	**2**	**Excluded**
8-11	24	임의돼지1	23	11	11	Excluded
8-11	**24**	**임의돼지20**	**24**	**22**	**1**	**Fuzzy match**
8-11	24	임의돼지3	24	9	14	Excluded
8-11	24	임의돼지4	25	11	13	Excluded
8-11	24	임의돼지5	21	8	12	Excluded
8-12	24	임의돼지18	25	11	13	Excluded
8-12	**24**	**임의돼지19**	**25**	**24**	**0**	**Exact match**
8-12	24	임의돼지2	25	11	13	Excluded
8-12	24	임의돼지20	24	9	14	Excluded
8-13	24	임의돼지16	23	6	16	Excluded
8-13	24	임의돼지17	23	10	12	Excluded
8-13	**24**	**임의돼지18**	**25**	**24**	**0**	**Exact match**
8-13	24	임의돼지19	25	11	13	Excluded
8-13	24	임의돼지2	25	7	17	Excluded
8-14	25	임의돼지12	23	7	16	Excluded

8-14	25	임의돼지13	24	7	17	Excluded
8-14	**25**	**임의돼지14**	**24**	**23**	**1**	**Fuzzy match**
8-14	25	임의돼지15	25	7	18	Excluded
8-15	24	임의돼지10	23	14	8	Excluded
8-15	24	임의돼지11	23	7	15	Excluded
8-15	**24**	**임의돼지12**	**23**	**21**	**1**	**Fuzzy match**
8-16	25	임의돼지1	23	10	13	Excluded
8-16	25	임의돼지10	23	8	15	Excluded
8-16	**25**	**임의돼지11**	**23**	**22**	**1**	**Fuzzy match**
8-17	25	임의돼지15	25	9	16	Excluded
8-17	25	임의돼지16	23	7	16	Excluded
8-17	**25**	**임의돼지17**	**23**	**22**	**1**	**Fuzzy match**
8-17	25	임의돼지18	25	12	13	Excluded
8-18	24	임의돼지14	24	11	12	Excluded
8-18	24	임의돼지15	25	9	15	Excluded
8-18	**24**	**임의돼지16**	**23**	**21**	**1**	**Fuzzy match**
8-18	24	임의돼지17	23	8	14	Excluded
8-19	24	임의돼지13	24	9	14	Excluded
8-19	24	임의돼지14	24	5	18	Excluded
8-19	**24**	**임의돼지15**	**25**	**24**	**0**	**Exact match**
8-19	24	임의돼지16	23	7	15	Excluded
8-20	24	임의돼지11	23	7	15	Excluded
8-20	24	임의돼지12	23	7	15	Excluded
8-20	**24**	**임의돼지13**	**24**	**21**	**2**	**Excluded**
8-20	24	임의돼지14	24	7	16	Excluded
8-20	24	임의돼지15	25	11	13	Excluded
8-20	24	임의돼지16	23	7	15	Excluded
8-20	24	임의돼지17	23	10	12	Excluded
8-20	24	임의돼지18	25	11	13	Excluded
8-20	24	임의돼지19	25	12	12	Excluded
8-20	24	임의돼지2	25	7	17	Excluded
8-20	24	임의돼지20	24	10	13	Excluded
8-20	24	임의돼지3	24	15	8	Excluded
8-20	24	임의돼지4	25	12	12	Excluded
8-20	24	임의돼지5	21	7	13	Excluded
8-20	24	임의돼지6	23	8	14	Excluded
8-20	24	임의돼지7	24	9	14	Excluded
8-20	24	임의돼지8	24	14	9	Excluded
8-20	24	임의돼지9	24	9	14	Excluded

○ 비육돈 56두 중 임의로 20두를 선발하여 25개의 마커를 이용하여 유전자형 동일성 검증을 수행하였을 때 20두를 기록과 동일하게 추정하는 것을 관찰 할 수 있었다.

○ 본 방안은 비육전문농장이나 특정한 브랜드의 비육돈이 유통과정을 통해 마트 또는 음식점에 입고하게 되었을 때 시료를 채취하여 어느 농장에서 출하된 국내산 돈육인지를 검증 할 수 있는 좋은 수단될 것으로 판단됨.

3. 대량 유전자형 분석 정보의 농장원산지 추적 적용

가. 대용량 DNA 정보를 이용한 유형별 원산지식별모델 현장검증

(1) 대용량 SNP Chip을 이용한 마커개발

○ 고순도의 정량된 DNA(750 ng/㎕) 와 Porcine 60K BeadChip analysis Kits(Illumina, USA) 를 이용하여 유전자형을 분석하였다(표 16). 분석 방법은 DNA를 genome wide amplification 방법으로 증폭 후 chemical method 로 무작위 조각을 내어 2-propanol 침전법으로 purification 을 수행한 후 Porcine SNP60 BeadChip 은 DNA 시료를 넣기 전에 완충용액으로 전처리하여 DNA 시료를 주입하였다. 16시간 동안 incubation 시행 후 staining, allele specific primer extension, hybridization, target removal, washing 하여 Illumina BeadStation 500으로 scanning 을 진행하였다. 프로그램 auto-clustering system 을 적용하여 대량의 시료의 유전자형을 동시에 calling 하였다. Calling 된 SNP 정보는 reporting tool에서 Scanning 된 결과는 Bead Studio version 3.1.(Illumina, USA) 을 통해 SNP marker별 대립유전자형을 분류한 후 Plink software(Shaun et al. 2007) 이용하여 minor allele frequency(MAF) 0.05 이하, genotyping error가 0.1 이상 그리고 hardy-weinberg equilibrium(HWE) 이 0.001 이하인 SNP marker를 제거 하여 Microsoft Excel(Microsoft, USA) 을 이용하여 자료를 취합하였다.

○ 한국재래돼지, 랜드레이스, 요크셔 그리고 버크셔 순수 4품종에서 Porcine 60K BeadChip analysis Kits(Illumina, USA) 를 이용하여 분석된 총 62,163 개의 단일염기다형마커 중 성염색체에 존재하는 마커들, 염색체의 위치가 알져지지 않은 마커들 그리고 유전자형의 missing 된 마커들을 제외한 총 45,317 개의 단일염기다형마커의 유전자형을 기초데이터로 이용하였으며 그 후 두단계의 분석을 통해 최종마커를 선발하였다.

○ 첫 번째로 4 품종(한국재래돼지, 랜드레이스, 요크셔, 버크셔) 에 대한 공통적으로 높은 다형성을 나타내는 마커들을 선발하기 위해 45,317 개의 단일염기다형마커의 대립유전자형의 빈도가 높은 마커들, 즉 minor allele frequency(MAF) 0.300 이상으로 산출된 총 1,139 개의 단일염기다형마커들을 1차 선발하였다.

○ 두 번째로 1차 선발된 1,139 개의 단일염기다형마커들 간의 연관불균형(linkage disequilibrium: LD)정도를 추정하기위해 단일염기다형 마커의 유전자형을 염색체 별로 정리하여 HaploView software package(Barrett et al. 2005) 을 이용하여 분석을 수행하였으며 Stephens 등(2003) method 적용하여 변이간의 D′과 r2 값을 추정하였으며, 염색체 별로 연관불균형(linkage disequilibrium: LD) 및 pair wise로 분석을 통해 염색체 별로 연관불균형 값이 매우 낮은 독립적인 단일염기다형 마커를 최종적으로 201개의 단일염기다형마커를 선발하였다.

표 3-1-12. 랜드레이스, 버크셔, 요크셔, 재래돼지의 Polymorphic SNP site 갯수

SSC	Number of SNPs[a]	Available SNPs	Missing SNPs
1	6,622	6,466	156
2	2,677	2,564	113
3	2,178	2,112	66
4	3,693	3,583	110
5	2,257	2,174	83
6	1,967	1,902	65
7	3,554	3,423	131
8	2,224	2,150	74
9	2,638	2,553	85
10	1,363	1,300	63
11	1,862	1,782	80
12	1,098	1,059	39
13	3,633	3,516	117
14	4,056	3,914	142
15	2,659	2,583	76
16	1,574	1,529	45
17	1,672	1,607	65
18	1,138	1,100	38
Total	46,865	45,317	1,548

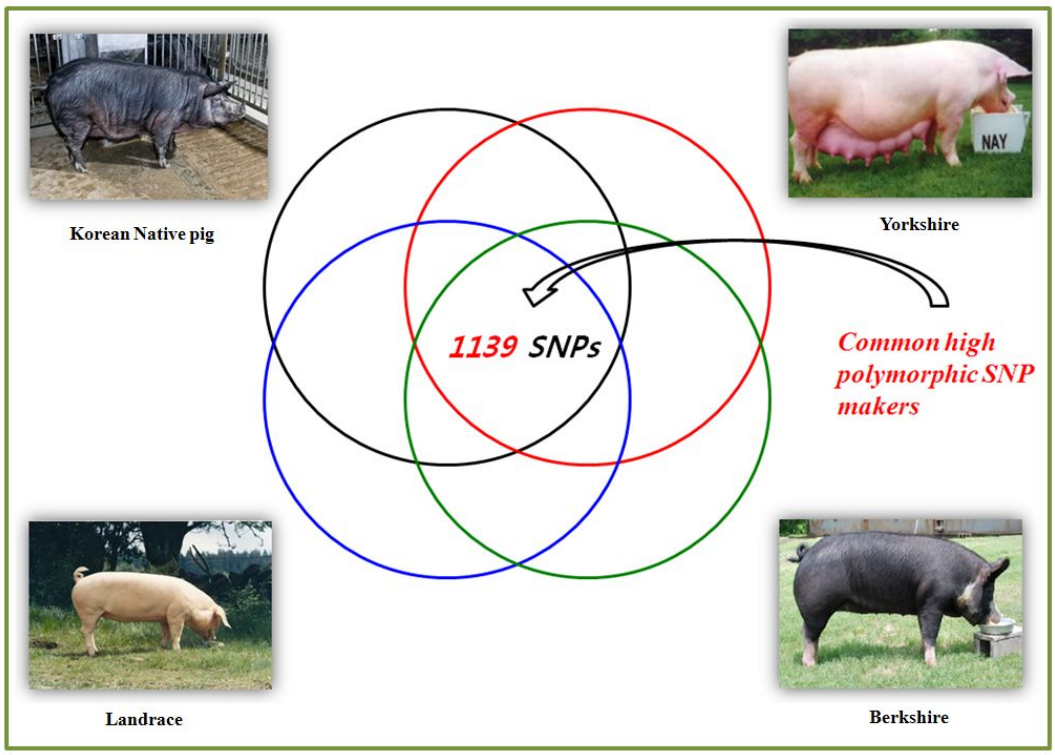


그림 3-1-14. 네 개 돼지품종의 최적 SNP Panel Contents 확립

표 3-1-13. Information of the common high polymorphic 201 SNP markers in four pure pig breed

SSC	Marker	Position (bp)	KNP (MAF)	YS (MAF)	LD (MAF)	BK (MAF)
1	ALGA0000047	761957	0.400	0.380	0.400	0.460
1	ASGA0000640	5513686	0.360	0.380	0.500	0.480
1	MARC0032578	18815142	0.330	0.380	0.430	0.480
1	ALGA0002625	30588519	0.480	0.440	0.430	0.330
1	ALGA0115339	44726459	0.430	0.310	0.500	0.330
1	ASGA0003802	76440117	0.450	0.440	0.360	0.460
1	ALGA0005296	85231384	0.380	0.310	0.360	0.500
1	ALGA0006933	147540361	0.330	0.310	0.360	0.390
1	DRGA0001841	172749364	0.350	0.380	0.360	0.350
1	DRGA0001920	180242859	0.400	0.310	0.360	0.370
1	ASGA0006176	210622379	0.330	0.440	0.360	0.310
1	ALGA0010261	234663368	0.500	0.400	0.400	0.350
1	ASGA0008160	243706215	0.330	0.500	0.420	0.440
2	ASGA0008857	3652896	0.430	0.440	0.330	0.460
2	ASGA0009594	12622166	0.330	0.380	0.330	0.370
2	ALGA0012873	16564872	0.350	0.310	0.420	0.390
2	ALGA0013042	21666334	0.310	0.310	0.500	0.460
2	H3GA0052654	27768232	0.350	0.380	0.430	0.350
2	H3GA0007052	41321024	0.350	0.380	0.500	0.350
2	MARC0075894	50187980	0.350	0.440	0.360	0.370
2	ALGA0123037	52592660	0.480	0.500	0.430	0.410
2	MARC0078804	58142524	0.330	0.380	0.360	0.460
2	H3GA0007536	63894364	0.430	0.310	0.360	0.350
2	ASGA0011650	64801924	0.390	0.420	0.430	0.380
2	ASGA0011937	68542305	0.450	0.310	0.360	0.500
2	ASGA0012712	76997094	0.310	0.440	0.430	0.310
2	ASGA0089488	122898447	0.450	0.380	0.360	0.300
3	H3GA0008408	121964	0.450	0.380	0.430	0.330

3	MARC0027888	2952803	0.330	0.380	0.360	0.300
3	ASGA0013988	8141251	0.310	0.380	0.430	0.350
3	H3GA0009347	14963522	0.450	0.380	0.400	0.430
3	H3GA0009489	16375290	0.450	0.440	0.500	0.370
3	ASGA0093387	17451839	0.400	0.380	0.360	0.430
3	CASI0007969	21600916	0.400	0.500	0.430	0.440
3	ALGA0019250	21935188	0.430	0.440	0.330	0.410
3	ASGA0015008	26659561	0.380	0.310	0.420	0.480
3	MARC0001937	55789437	0.430	0.500	0.430	0.460
3	M1GA0004815	58995864	0.480	0.440	0.330	0.350
3	DRGA0004318	62495771	0.450	0.440	0.360	0.390
3	M1GA0026540	138478135	0.360	0.500	0.330	0.440
4	M1GA0005054	435378	0.500	0.440	0.430	0.480
4	H3GA0012015	10858219	0.310	0.500	0.430	0.500
4	ALGA0023681	15367459	0.430	0.380	0.500	0.330
4	ALGA0023910	18426532	0.360	0.380	0.430	0.310
4	ASGA0019062	23544224	0.500	0.500	0.360	0.430
4	ASGA0019460	37337556	0.300	0.500	0.360	0.480
4	ALGA0025591	65893922	0.330	0.500	0.430	0.400
4	DIAS0001140	66129891	0.360	0.500	0.360	0.410
4	M1GA0005986	75100413	0.330	0.440	0.360	0.300
4	ASGA0096645	86795504	0.330	0.310	0.500	0.350
4	H3GA0013667	95203255	0.310	0.500	0.360	0.430
4	ALGA0027455	99961893	0.330	0.440	0.500	0.460
4	M1GA0006306	102248948	0.300	0.380	0.420	0.370
4	ALGA0110828	115379478	0.300	0.310	0.500	0.330
4	M1GA0006864	126026167	0.450	0.500	0.430	0.460
5	ALGA0029930	1605331	0.330	0.380	0.360	0.370
5	H3GA0015330	3515645	0.310	0.310	0.360	0.440
5	ALGA0030374	6343274	0.400	0.440	0.500	0.410
5	MARC0054550	27204769	0.480	0.310	0.360	0.390

5	ALGA0032254	46022464	0.480	0.310	0.430	0.440
5	M1GA0007853	48022699	0.400	0.310	0.500	0.310
5	ASGA0026017	49040079	0.360	0.380	0.360	0.370
5	MARC0006728	59053825	0.430	0.380	0.430	0.460
5	ASGA0027346	75154492	0.500	0.500	0.360	0.300
6	H3GA0017455	615843	0.300	0.380	0.360	0.440
6	MARC0034042	3858663	0.360	0.380	0.360	0.440
6	ASGA0027859	5152807	0.400	0.310	0.430	0.480
6	ALGA0035153	7834305	0.450	0.440	0.500	0.480
6	CASI0008018	22317106	0.480	0.310	0.420	0.480
6	ALGA0036718	30025122	0.430	0.440	0.360	0.410
6	ALGA0037236	38278063	0.430	0.310	0.360	0.430
6	ASGA0030094	42076052	0.450	0.380	0.430	0.410
6	H3GA0019296	44274199	0.400	0.440	0.430	0.390
6	ASGA0096796	69761591	0.300	0.380	0.420	0.390
6	CASI0009330	156699095	0.350	0.500	0.430	0.440
7	ASGA0031089	9262054	0.450	0.500	0.330	0.440
7	ASGA0031366	13985345	0.330	0.310	0.360	0.480
7	ALGA0039398	22667315	0.350	0.310	0.430	0.410
7	ALGA0040094	32745291	0.350	0.380	0.420	0.440
7	H3GA0021132	40477360	0.430	0.310	0.430	0.330
7	MARC0076146	65544809	0.380	0.440	0.330	0.350
7	MARC0049272	80379344	0.380	0.430	0.430	0.390
7	ALGA0042925	89182369	0.300	0.310	0.330	0.330
7	ASGA0034695	89923999	0.380	0.310	0.360	0.440
7	ASGA0034820	92872286	0.430	0.380	0.360	0.400
7	DRGA0008026	104330217	0.430	0.380	0.430	0.440
7	ASGA0035760	108831155	0.480	0.500	0.430	0.330
7	ALGA0044485	114733197	0.330	0.440	0.360	0.410
7	ALGA0044656	117084828	0.480	0.380	0.360	0.310
7	M1GA0011001	125595482	0.400	0.500	0.500	0.350

7	M1GA0011118	128644327	0.400	0.440	0.500	0.350
7	ALGA0045833	131080797	0.380	0.380	0.500	0.330
8	ALGA0046186	1602911	0.360	0.310	0.430	0.480
8	ALGA0046364	2695774	0.480	0.310	0.330	0.430
8	DRGA0008300	3118167	0.310	0.440	0.330	0.480
8	DRGA0008310	3849784	0.300	0.380	0.430	0.370
8	DRGA0008334	5440398	0.480	0.440	0.500	0.350
8	ASGA0037942	6289019	0.330	0.440	0.360	0.370
8	ASGA0038170	8670246	0.380	0.440	0.330	0.300
8	ASGA0038427	13938152	0.480	0.500	0.430	0.410
8	MARC0082021	15240577	0.400	0.440	0.430	0.330
8	MARC0008642	20084796	0.300	0.440	0.360	0.430
8	MARC0110399	44570314	0.430	0.380	0.360	0.480
8	ALGA0048970	51732324	0.400	0.440	0.420	0.430
8	ASGA0039768	58000720	0.380	0.380	0.500	0.310
8	MARC0069656	137621367	0.360	0.500	0.430	0.300
9	ALGA0050468	979975	0.480	0.380	0.500	0.500
9	ASGA0041237	3538170	0.310	0.380	0.430	0.480
9	ALGA0051465	7034972	0.450	0.380	0.360	0.330
9	ASGA0042177	13132088	0.480	0.440	0.360	0.350
9	H3GA0027032	20691660	0.310	0.500	0.430	0.310
9	H3GA0027196	23356210	0.450	0.310	0.330	0.390
9	H3GA0027400	28520206	0.380	0.380	0.500	0.430
9	ASGA0043269	30484007	0.400	0.310	0.360	0.410
9	ASGA0043379	32154888	0.450	0.380	0.330	0.390
9	ALGA0054671	61348032	0.430	0.440	0.360	0.370
9	ALGA0055134	69447683	0.430	0.380	0.330	0.460
9	ALGA0110772	137810029	0.400	0.440	0.430	0.350
10	ALGA0056626	4606150	0.430	0.440	0.430	0.430
10	H3GA0029351	10643382	0.400	0.310	0.360	0.500
10	MARC0095947	27480698	0.310	0.500	0.500	0.460

10	ALGA0059349	33453621	0.330	0.440	0.330	0.460
10	ALGA0059431	34336216	0.430	0.500	0.500	0.300
10	H3GA0030625	37536259	0.450	0.310	0.500	0.300
10	ASGA0048918	39186811	0.450	0.440	0.500	0.430
10	ALGA0113898	66833496	0.380	0.500	0.500	0.370
11	H3GA0030885	634783	0.400	0.380	0.360	0.310
11	ASGA0049629	6687059	0.400	0.440	0.430	0.370
11	ASGA0050154	16365049	0.400	0.440	0.430	0.500
11	ASGA0050297	18621454	0.450	0.310	0.430	0.330
11	H3GA0032391	56095836	0.430	0.440	0.360	0.330
11	H3GA0032545	58917138	0.380	0.310	0.360	0.480
12	ASGA0052576	1634769	0.360	0.310	0.360	0.330
12	ASGA0053297	6739185	0.380	0.440	0.500	0.460
12	MARC0031729	12183586	0.500	0.380	0.430	0.310
12	ALGA0066214	18145907	0.480	0.380	0.430	0.480
12	M1GA0016816	22804290	0.310	0.380	0.500	0.390
12	ALGA0067238	28631300	0.330	0.500	0.500	0.500
12	ALGA0108835	62481343	0.380	0.440	0.360	0.430
13	ASGA0055532	233466	0.480	0.440	0.430	0.350
13	ASGA0096935	6507997	0.310	0.310	0.500	0.440
13	H3GA0035594	10054375	0.400	0.500	0.500	0.410
13	ALGA0068417	10666010	0.450	0.440	0.360	0.300
13	ALGA0069109	17677749	0.310	0.310	0.500	0.410
13	M1GA0017549	36782875	0.430	0.310	0.360	0.330
13	ALGA0070422	38145807	0.500	0.440	0.430	0.310
13	ALGA0070458	38829547	0.480	0.440	0.330	0.350
13	ALGA0070637	42234103	0.450	0.310	0.360	0.370
13	ALGA0070775	45084819	0.480	0.310	0.500	0.440
13	ASGA0058094	46743152	0.500	0.310	0.360	0.480
13	ASGA0058243	49978325	0.400	0.440	0.360	0.480
13	INRA0040774	60935891	0.360	0.310	0.430	0.390

13	ASGA0058653	63974212	0.380	0.440	0.430	0.440
13	ASGA0058947	83311708	0.400	0.440	0.360	0.460
13	ALGA0072273	87360013	0.480	0.310	0.430	0.460
13	ASGA0059141	91049751	0.380	0.310	0.360	0.460
13	MARC0020231	108655250	0.500	0.310	0.420	0.460
13	H3GA0038015	116547370	0.310	0.310	0.420	0.300
13	MARC0079305	136916947	0.320	0.310	0.330	0.370
13	CASI0008842	208129889	0.400	0.440	0.430	0.430
14	ASGA0060319	98858	0.480	0.440	0.500	0.370
14	ASGA0060483	2988038	0.430	0.310	0.360	0.310
14	ASGA0060997	8291683	0.360	0.310	0.360	0.500
14	ASGA0061369	11439921	0.450	0.380	0.430	0.300
14	ALGA0076336	24982791	0.400	0.310	0.330	0.370
14	ASGA0062923	40772310	0.430	0.380	0.420	0.350
14	M1GA0018786	67479147	0.330	0.440	0.330	0.390
14	MARC0005018	84706150	0.300	0.380	0.430	0.310
14	SIRI0000848	97466337	0.430	0.380	0.500	0.310
14	H3GA0041818	111089534	0.330	0.310	0.500	0.300
14	INRA0046679	117015949	0.350	0.380	0.360	0.430
14	ALGA0081985	132272596	0.400	0.380	0.420	0.370
14	MARC0114625	141779479	0.380	0.380	0.430	0.310
14	M1GA0019641	143761601	0.380	0.380	0.360	0.410
15	ALGA0083510	1887454	0.310	0.440	0.420	0.370
15	H3GA0043695	3605283	0.480	0.380	0.360	0.350
15	ASGA0068483	5136513	0.500	0.380	0.360	0.500
15	ASGA0068625	7010517	0.480	0.310	0.430	0.440
15	H3GA0043897	12172365	0.450	0.440	0.360	0.370
15	ALGA0084512	17653881	0.370	0.420	0.430	0.390
15	H3GA0044561	52081943	0.360	0.310	0.500	0.330
15	ALGA0086091	53666184	0.400	0.440	0.330	0.350
15	ALGA0086847	77961724	0.330	0.380	0.360	0.330

16	H3GA0045756	263189	0.400	0.380	0.430	0.390
16	MARC0082133	7776414	0.330	0.440	0.360	0.300
16	ALGA0090727	31190151	0.330	0.310	0.500	0.440
16	ALGA0091099	38795378	0.480	0.500	0.360	0.330
16	ALGA0092291	49659484	0.380	0.440	0.430	0.350
17	MARC0018461	192496	0.450	0.380	0.430	0.390
17	MARC0058945	4889582	0.430	0.440	0.360	0.440
17	ASGA0075784	19642691	0.400	0.380	0.360	0.480
17	H3GA0048148	22007708	0.430	0.310	0.500	0.370
17	ALGA0095016	36442448	0.380	0.440	0.430	0.430
17	MARC0114143	44199211	0.300	0.380	0.500	0.440
17	ASGA0077918	50472798	0.380	0.380	0.360	0.330
17	M1GA0022766	54472268	0.360	0.380	0.330	0.330
18	ALGA0096804	696887	0.310	0.310	0.430	0.370
18	ALGA0097499	12237132	0.300	0.380	0.500	0.410
18	DRGA0016986	21055810	0.310	0.380	0.360	0.460
18	ALGA0098559	29704240	0.380	0.380	0.430	0.330
18	SIRI0001425	37323259	0.430	0.500	0.360	0.350

KNP: Korean Native pig; YS: Yorkshire; LD: Landrace; BK: Berkshire
MAF: Minor Allele Frequcey

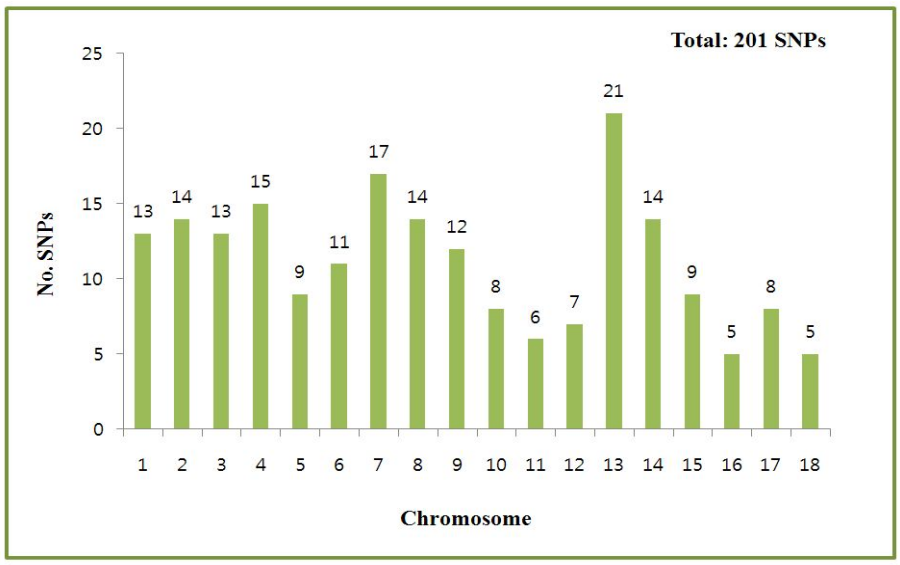


그림 3-1-15. 돼지염색체별 선발된 SNP 마커의 수

(2) DNA 정보를 이용한 농장원산지 추적 검증

○ 고품질 국내산 돼지고기의 부정유통방지를 위한 DNA정보기반 이력추적기술의 현장검증을 위해서 한국형 종돈개발사업과 고품질 돼지고기 생산에 활발히 활동하는 다산종돈 (대표 박화춘)의 지리산흑돈에 대한 이력추적 검증을 실시하였다.

○ 현재 지리산흑돈 브랜드는 돈육정보조회서비스를 개발하고 있으며, 이를 통해 돈육제품의 농장원산지를 추적하도록 할 예정임

그림 3-1-16. 다산종돈의 지리산 흑돈에 대한 이력추적 예시

○ 추후 지리산흑돈 브랜드의 이력추적사업이 효율적으로 진행되고 있는지 모니터링과 검증수단으로써 활용하기 위해서 DNA 정보를 이용한 농장원산지 추적을 실시하였음

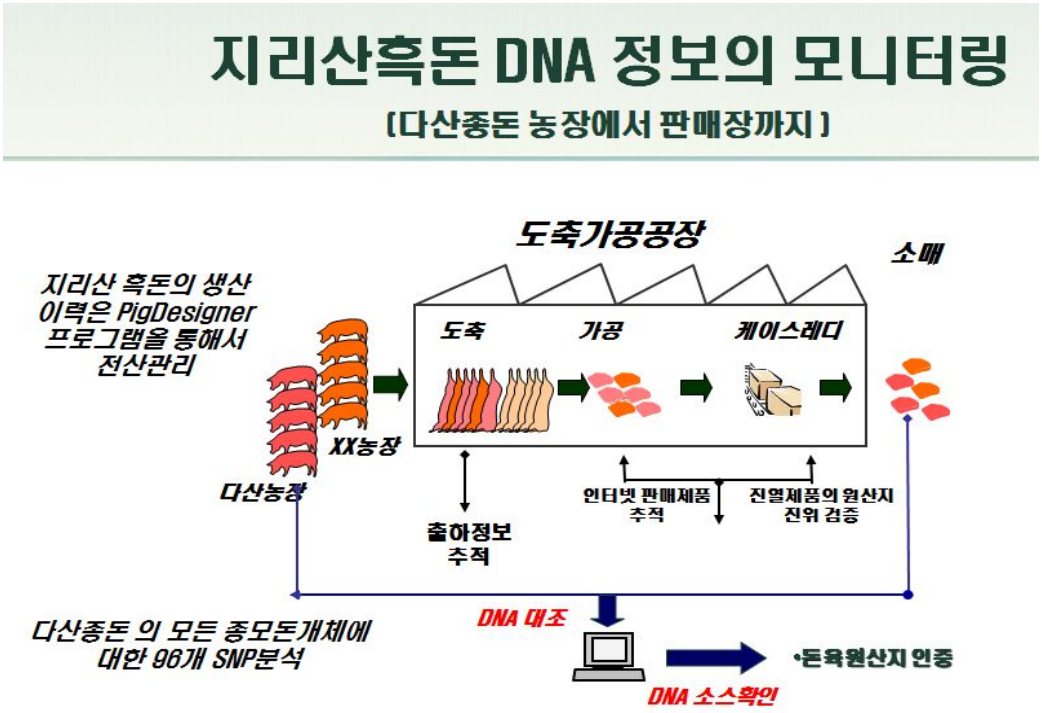
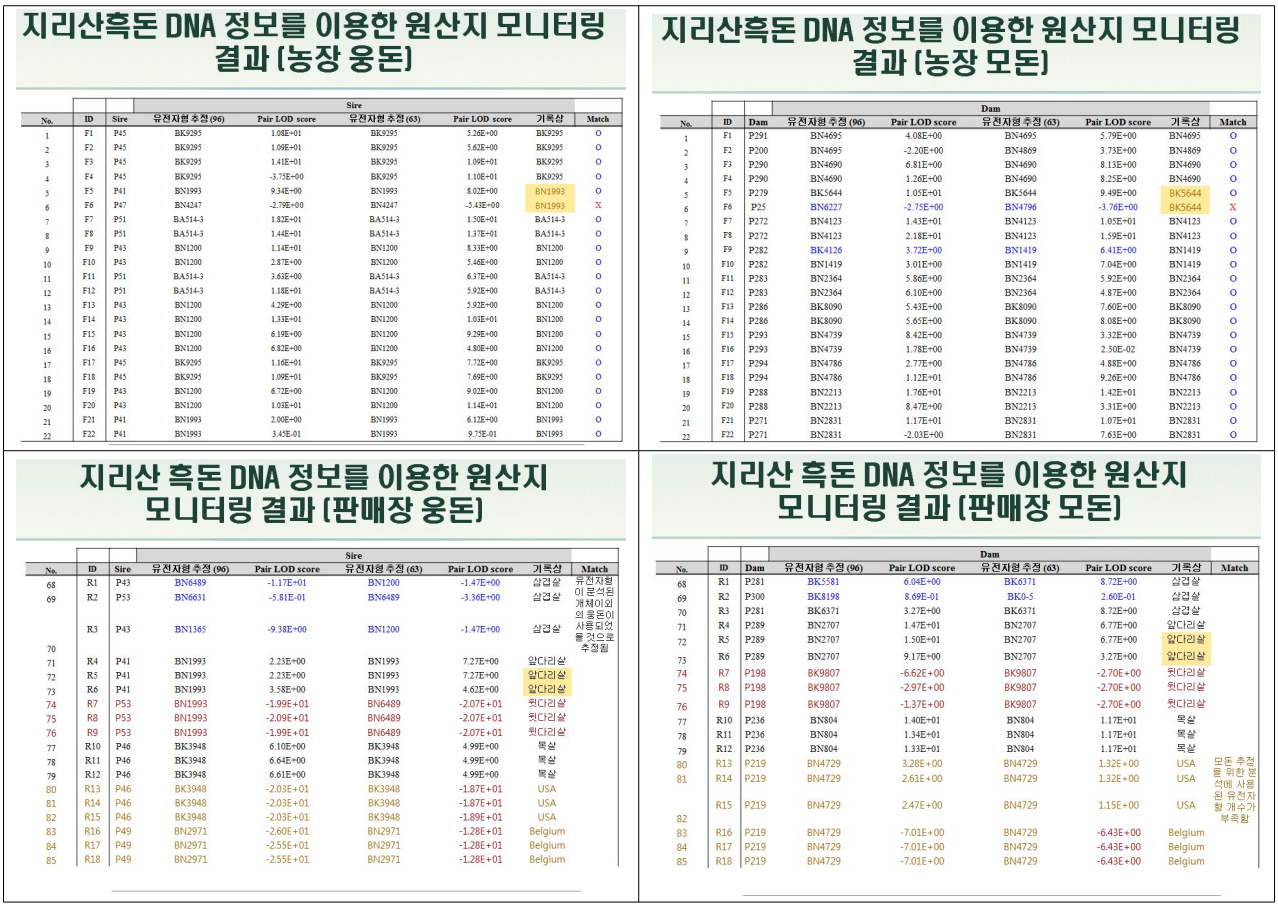


그림 3-1-17. 다산종돈의 지리산 흑돈에 대한 모니터링 예시

○ 다산종돈(모돈규모 300두)과 샘터농장 (모돈규모 150두)의 모든 부모돈 개체에 대해서 96개 SNP마커에 대한 DNA 분석을 수행하였으며, 이를 기 구축된 데이터베이스에 저장

○ 다산종돈(n=96)과 샘터농장 (n=80), 두 개의 농장에서 출하된 비육돈에 대해서 비교를 실시하였는데, 각각 총 6회 출하그룹에 대해서 도축장-육가공장-판매장/인터넷판매에서 시료를 수집하여 동일한 96개 SNP마커에 대한 분석을 수행하였음



지리산흑돈 DNA 정보를 이용한 원산지 모니터링 결과 (농장 웅돈)

No.	ID	Sire	Sire 유전자형 추정 (96)	Pair LOD score	Sire 유전자형 추정 (63)	Pair LOD score	거록삼	Match
1	F1	P45	BK9295	1.08E+01	BK9295	5.26E+00	BK9295	O
2	F2	P45	BK9295	1.09E+01	BK9295	5.62E+00	BK9295	O
3	F3	P45	BK9295	1.41E+01	BK9295	1.09E+01	BK9295	O
4	F4	P45	BK9295	-3.75E+00	BK9295	1.10E+01	BK9295	O
5	F5	P41	BN1993	9.34E+00	BN1993	8.02E+00	BN1993	O
6	F6	P47	BN4247	-2.79E+00	BN4247	-5.43E+00	BN1993	X
7	F7	P51	BA514-3	1.82E+01	BA514-3	1.50E+01	BA514-3	O
8	F8	P51	BA514-3	1.44E+01	BA514-3	1.37E+01	BA514-3	O
9	F9	P43	BN1200	1.14E+01	BN1200	8.33E+00	BN1200	O
10	F10	P43	BN1200	2.87E+00	BN1200	5.46E+00	BN1200	O
11	F11	P51	BA514-3	3.63E+00	BA514-3	6.37E+00	BA514-3	O
12	F12	P51	BA514-3	1.18E+01	BA514-3	5.92E+00	BA514-3	O
13	F13	P43	BN1200	4.29E+00	BN1200	5.92E+00	BN1200	O
14	F14	P43	BN1200	1.33E+01	BN1200	1.03E+01	BN1200	O
15	F15	P43	BN1200	6.19E+00	BN1200	9.29E+00	BN1200	O
16	F16	P43	BN1200	6.82E+00	BN1200	4.80E+00	BN1200	O
17	F17	P45	BK9295	1.16E+01	BK9295	7.72E+00	BK9295	O
18	F18	P45	BK9295	1.09E+01	BK9295	7.69E+00	BK9295	O
19	F19	P43	BN1200	6.72E+00	BN1200	9.02E+00	BN1200	O
20	F20	P43	BN1200	1.03E+01	BN1200	1.14E+01	BN1200	O
21	F21	P41	BN1993	2.00E+00	BN1993	6.12E+00	BN1993	O
22	F22	P41	BN1993	3.45E-01	BN1993	9.75E-01	BN1993	O

지리산흑돈 DNA 정보를 이용한 원산지 모니터링 결과 (농장 모돈)

No.	ID	Dam	Dam 유전자형 추정 (96)	Pair LOD score	Dam 유전자형 추정 (63)	Pair LOD score	거록삼	Match
1	F1	P291	BN4695	4.08E+00	BN4695	5.79E+00	BN4695	O
2	F2	P200	BN4695	-2.20E+00	BN4869	3.73E+00	BN4869	O
3	F3	P290	BN4690	6.81E+00	BN4690	8.13E+00	BN4690	O
4	F4	P290	BN4690	1.26E+00	BN4690	8.25E+00	BN4690	O
5	F5	P279	BK5644	1.05E+01	BK5644	9.49E+00	BK5644	O
6	F6	P25	BN6227	-2.75E+00	BN4796	-3.76E+00	BK5644	X
7	F7	P272	BN4123	1.43E+01	BN4123	1.05E+01	BN4123	O
8	F8	P272	BN4123	2.18E+01	BN4123	1.59E+01	BN4123	O
9	F9	P282	BK4126	3.72E+00	BN1419	6.41E+00	BN1419	O
10	F10	P282	BN1419	3.01E+00	BN1419	7.04E+00	BN1419	O
11	F11	P283	BN2364	5.86E+00	BN2364	5.92E+00	BN2364	O
12	F12	P283	BN2364	6.10E+00	BN2364	4.87E+00	BN2364	O
13	F13	P286	BK8090	5.43E+00	BK8090	7.60E+00	BK8090	O
14	F14	P286	BK8090	5.65E+00	BK8090	8.08E+00	BK8090	O
15	F15	P293	BN4739	8.42E+00	BN4739	3.32E+00	BN4739	O
16	F16	P293	BN4739	1.78E+00	BN4739	2.50E-02	BN4739	O
17	F17	P294	BN4786	2.77E+00	BN4786	4.88E+00	BN4786	O
18	F18	P294	BN4786	1.12E+01	BN4786	9.26E+00	BN4786	O
19	F19	P288	BN2213	1.76E+01	BN2213	1.42E+01	BN2213	O
20	F20	P288	BN2213	8.47E+00	BN2213	3.31E+00	BN2213	O
21	F21	P271	BN2831	1.17E+01	BN2831	1.07E+01	BN2831	O
22	F22	P271	BN2831	-2.03E+00	BN2831	7.63E+00	BN2831	O

지리산 흑돈 DNA 정보를 이용한 원산지 모니터링 결과 (판매장 웅돈)

No.	ID	Sire	Sire 유전자형 추정 (96)	Pair LOD score	Sire 유전자형 추정 (63)	Pair LOD score	거록삼	Match
68	R1	P43	BN6489	-1.17E+01	BN1200	-1.47E+00	삽겹살	유전자형이 분석된 개체이외의 웅돈이 사용되었을 것으로 추정됨
69	R2	P53	BN6631	-5.81E-01	BN6489	-3.36E+00	삽겹살	
	R3	P43	BN1365	-9.38E+00	BN1200	-1.47E+00	삽겹살	
70								
71	R4	P41	BN1993	2.23E+00	BN1993	7.27E+00	앞다리살	
72	R5	P41	BN1993	2.23E+00	BN1993	7.27E+00	앞다리살	
73	R6	P41	BN1993	3.58E+00	BN1993	4.62E+00	앞다리살	
74	R7	P53	BN1993	-1.99E+01	BN6489	-2.07E+01	뒷다리살	
75	R8	P53	BN1993	-2.09E+01	BN6489	-2.07E+01	뒷다리살	
76	R9	P53	BN1993	-1.99E+01	BN6489	-2.07E+01	뒷다리살	
77	R10	P46	BK3948	6.10E+00	BK3948	4.99E+00	목살	
78	R11	P46	BK3948	6.64E+00	BK3948	4.99E+00	목살	
79	R12	P46	BK3948	6.61E+00	BK3948	4.99E+00	목살	
80	R13	P46	BK3948	-2.03E+01	BK3948	-1.87E+01	USA	
81	R14	P46	BK3948	-2.03E+01	BK3948	-1.87E+01	USA	
82	R15	P46	BK3948	-2.03E+01	BK3948	-1.89E+01	USA	
83	R16	P49	BN2971	-2.60E+01	BN2971	-1.28E+01	Belgium	
84	R17	P49	BN2971	-2.55E+01	BN2971	-1.28E+01	Belgium	
85	R18	P49	BN2971	-2.55E+01	BN2971	-1.28E+01	Belgium	

지리산 흑돈 DNA 정보를 이용한 원산지 모니터링 결과 (판매장 모돈)

No.	ID	Dam	Dam 유전자형 추정 (96)	Pair LOD score	Dam 유전자형 추정 (63)	Pair LOD score	거록삼	Match
68	R1	P281	BK5581	6.04E+00	BK6371	8.72E+00	삽겹살	
69	R2	P300	BK8198	8.69E-01	BK0-5	2.60E-01	삽겹살	
70	R3	P281	BK6371	3.27E+00	BK6371	8.72E+00	삽겹살	
71	R4	P289	BN2707	1.47E+01	BN2707	6.77E+00	앞다리살	
72	R5	P289	BN2707	1.50E+01	BN2707	6.77E+00	앞다리살	
73	R6	P289	BN2707	9.17E+00	BN2707	3.27E+00	앞다리살	
74	R7	P198	BK9807	-6.62E+00	BK9807	-2.70E+00	뒷다리살	
75	R8	P198	BK9807	-2.97E+00	BK9807	-2.70E+00	뒷다리살	
76	R9	P198	BK9807	-1.37E+00	BK9807	-2.70E+00	뒷다리살	
77	R10	P236	BN804	1.40E+01	BN804	1.17E+01	목살	
78	R11	P236	BN804	1.34E+01	BN804	1.17E+01	목살	
79	R12	P236	BN804	1.33E+01	BN804	1.17E+01	목살	
80	R13	P219	BN4729	3.28E+00	BN4729	1.32E+00	USA	모돈 추정을 위한 분석에 사용된 유전자형 개수가 부족함
81	R14	P219	BN4729	2.61E+00	BN4729	1.32E+00	USA	
	R15	P219	BN4729	2.47E+00	BN4729	1.15E+00	USA	
82								
83	R16	P219	BN4729	-7.01E+00	BN4729	-6.43E+00	Belgium	
84	R17	P219	BN4729	-7.01E+00	BN4729	-6.43E+00	Belgium	
85	R18	P219	BN4729	-7.01E+00	BN4729	-6.43E+00	Belgium	

그림 3-1-18.DNA 정보를 이용한 다산종돈의 지리산 흑돈의 원산지 모니터링 결과 예시.

○ 웅돈과 모돈의 각각 유전자형 정보를 비육돈 유전자형을 비교 추적한 결과 다산종돈에서 생산된 돼지고기를 식별할 수 있었으며, 또한 기존의 기록에서 발생한 오류를 수정할수 있는 정확한 정보를 제공하여 개체식별 및 농장관리에 적용할 수 있도록 하였음

그림 3-1-19.DNA 검사를 통한 다산종돈의 지리산 흑돈의 대형마트 전시

○ 이러한 결과는 지리산흑돈이라는 국내산 고급돈육제품의 원산지식별 및 브랜드보호에 활용되어 소비자가 안심하고 국내산 돼지고기를 구매하는데 신뢰를 확보할 수 있는 도구로 활용될 수 있음을 증명함

○ 모돈기반 농장원산지 이력추적시스템을 검증하기 위해서 다산종돈과 샘터농장의 개체식별능력을 비교한 결과, 농장정보와 도축일자정보를 활용하여 소비자가 구매하는 국내산 돼지고기의 농장원산지를 DNA 정보를 활용하여 정확하게 식별할 수 있다는 것을 증명하였음

모돈기반 농장원산지 이력추적 시스템 확립

분석조합 1. 다산 모돈: >300두, 자손 : 96두 2. 샘터 모돈: >150두, 자손: 80 두	Candidate mother ID (average score)			
	Loci typed	Pair loci compared	Pair loci mismatching	Pair LOD score
다산농장 모돈 + 다산농장 자손 (총 6회의 출하그룹 분석)	62.2	59.0	0.6	4.3574
샘터농장 모돈 + 샘터농장 자손 (총 6회의 출하그룹 분석)	65.1	58.2	0.7	5.7723
다산농장 모돈 + 샘터농장 자손	61.9	40.3	1.5	-3.3927
샘터농장 모돈 + 다산농장 자손	70.5	51.2	3.0	-8.5079

그림 3-1-20. DNA 정보를 이용한 모돈기반 농장의 원산지검증 시스템 확립

○ 친자판별에 사용된 LOD 값이 3 이상의 경우 정확한 친자관계임을 증명하는 것으로써, 평균 LOD 값이 3 이하의 경우 동일한 원산지가 아닌 일부 시료가 섞여서 있다고 판정함

○ 다산종돈 농장에서 생산된 돼지고기의 경우 통계적 정확성을 나타내는 평균 LOD 값이 4.3, 샘터농장에서 생산된 돼지고기의 평균 LOD 값은 5.7로 나타난 반면, 다산종돈의 모돈에 대해서 샘터농장에서 생산된 돼지고기의 유전자형비교 평균 LOD 값이 -3.4, 샘터농장의 모돈에 대해서 다산종돈에서 생산된 돼지고기의 유전자형비교 평균 LOD 값은 -8.5로 나타나 각각의 농장에서 생산된 돼지고기에 대한 명확한 돼지고기 원산지를 식별할 수 있음을 보여주었음

○ 모돈기반 농장원산지 추적시스템에 활용된 96개 SNP 마커에 대한 정보는 다음 표와 같음

표 3-1-14. 모돈기반 농장원산지 추적시스템의 96 SNP 마커

No.	Marker name	SSC	Position	SNP code	Flanking sequence
1	MARC0089489	1	6517843	[T/C]	ACCTAGAGATTTAAAATCATGAATTGAACATGTAAAATTCCAGTAA AATGTAAAGATGGN[A/G]TATGCATCGCTCTTAACCTTGAGCATAGT GACTTAGAGACACTGTGTATCAGTATTGCCA
2	MARC0104045	1	30083189	[A/G]	TTCCAAAAAATACTTAAAAACTCGCCTCCCCCAAATATTACTTTTCC AAAAAAGAAAAAA[T/C]ATTTTCATGGTATTTAAAAATTGCTATAAG AGGAGTTACCATTGTGGCTCAGCAGTAACA
3	MARC0092163	1	122180841	[A/C]	AATGGGGCTAATGGTGCGATTTCGATAATAAGTGTAAAGAGGAAG AGAAAGGTTGATTCA[T/G]GTTGATCTAAGAGGCAGTTTCCCAGACG AAATGGGTAGAGCTTGGATAAGGAGGGATCAC
4	MARC0049963	1	147930096	[T/G]	GCAGATAGTTTAGGACAAATATGTATGCCCAGCATTGACAATCAAA ACTGGAAGTAAAAA[A/C]CCGAATGTCCAACAGGAGTGGAGATTGC CTCTTATTGACATAGTTGTAAGGTGG
5	MARC0085717	1	175253318	[A/C]	AGCCCTGACATTCCAGGACATTGGCTTTTTCCTTCAGATATCCCTTG ATTATCAAAATTC[T/G]GTGAGAAATTTCCTTAAATATTGCACATGC TCAAACTGAAAGCTCCAAAGGTATAAGACA
6	MARC0060820	1	204593273	[A/G]	CCACATTCACATCCCCTCCTTACTTGCTTRTAGATTTCACATTAGAC ATTTAGGTATTTG[T/C]GTAACTGTCTCCAAGAGCAAACTCAACAGC TAGTTGAGGGCTGGTTCCAGTTCTGCTCCT
7	MARC0050788	2	11843170	[A/G]	TTNNAAATNGNTGTGTGCCAAAAGTTTTAAACTCAGGGATACTGAG GTGATGAACCAATT[T/C]CTTGGTCAATATTGCCTCCCTAAAGAGTG CGTGTAAAACTAGAGGGACAATGGCTTGGGC
8	MARC0092955	2	19704851	[T/C]	GAGACGGTGGATATGGTAACCCTATGAATTCTATAACTAATTGTTT GTGTTTGTAGGACA[A/G]AATTAACTGAGTTGCAGGATAAAGTCAG TGATGACTGATGACAAGAGACAGAAATTCATC
9	MARC0112888	2	26339438	[A/C]	CATCTCGTCATGCCTGATGGGCTGTTACCTGACTTCCTACCCAGTTC ACCCATAGCTCCA[T/G]CAAAGACACATGTGACGTGCTGGCACTCCT TGTGGGCATTTATTTGGGTTCTGCAGCTCC
10	MARC0096049	3	24638936	[A/G]	CACATCTCAGTCACTAACACTCCAGCTGTGAAGGGTTTTCCACAGA AGAGAGGGCAATAC[T/C]ACCATCTCAAAGCCAAGAGCAGGCTAAG AGCCTGAAAAATGCCTTGGGAATAAACCTTAC
11	MARC0114647	3	135202107	[T/G]	ATGAATTAGAGTGAGTGACCTATTTAGATCTAAATCTAAATTGACC TTTGTGTGGGTTTT[T/G]GTTRCAATGATTCTTTTATTTTAGGAGGAA TGAAAGATGAAGG
12	MARC0021307	4	43182683	[T/C]	TCCCACCAGTCATACTGATAAAATATCAGTCAATAATACTCTAGTG AGAATGGATTTCAG[A/G]GTTCAACCTGTTTGGCTGAGACTGTTAGC AGCCATTTCCCAAGACCTACTTAGATGTAGA
13	MARC0030899	4	69448970	[A/G]	AGCGCTATTTACCTTTCTCTCCTTAGAAATGGGTTCAGAGTAGAGCA AACCACAGGTAAA[T/C]TCATAGGGTTTCAGTAGTGATGGTGACATG AGGTGAGAAATAGTAAGGGCAACGTTCAGG
14	MARC0015385	4	75972407	[T/C]	ATCACTTACAAAGAGACATTAGCCTGATGGTGGAATTTCTGGCAGT GACCATGGAGGCTG[T/C]AAGAGARGACAATGCCTTCAGCRCACGG AGAGAAAACCTGG
15	MARC0013873	5	57599341	[A/G]	CTCTCTACTGCGAGCTGGATGTTTGTGCCTGGAGAATAGTCCGCTAT GTGGGAACTGTGC[T/C]GAGGTGCCACACAGATAGAACTGGTGGTG CTTGTTCAGTAATGGGACAGGGCAGTGGACA
16	MARC0060957	6	8912283	[T/G]	CTGAGCCACGACRGGAACTCTTATAGTGTGTCTTTAAAAAAAGTCT TTGAAATCCAAAAA[A/C]GTTTCTAGAACCTAGCTAAGAAAGATGC CTCTTTGTAAGTACTACAGAGCCTTTGCAACT
17	MARC0026950	6	17428842	[A/G]	ATGACTTTTTTATCACTGAAAACTGGAACTATCTGCACTGAAAAAC AGATTTTAGGTAAC[A/G]AATTAACATTAAAAACCCCTTGGTCCTGA AATTAAATTGAAGTATCAGTGTGAACCCATA
18	MARC0057599	6	24289351	[A/G]	TCATGGCTTTGGCAGGGAGCCAACGCAGAGGAKTTTCKACGGGGCT GCCTCGAGGGAGTG[T/C]AGTTTTTAAATCCTCATGTGAGCAGGGAT CCTAGTCACTTGGAAGATATAACACAGTGAG
19	MARC0089437	7	27772934	[A/G]	GGCGGAGATCCCATGAATACATCTCACCTTATTTATTGAATTTGTAA GAAAGGAGGTAGT[A/G]AGGGGAAGGAAGCACTGAAGACTCGGAG CCCACATTAGACACTGGGGAGGGAAAAATTAA
20	MARC0075587	7	38702167	[A/G]	TTTTTTTTTTTTTCCTATCTTTATCCTTTACTGTCACACAGACTGCTTC ACGTCTGACCC[A/G]TCTGGTCAGCAAGCAATTCTCTGACAGCAGCT GGGTGTCCTGCAGTTTAACTCCGTTCTG
21	MARC0058847	7	56466058	[A/G]	TTTCCATATCACTTTATCTAAAGCCCCACTTAATTGGATAGTAGACC TGCTGATCCATCC[T/C]CCCATGCCTTTTGTCTTCTTGTTCTTGATACT TTGGGTTGGAAATTGCAAGACTGAAAGA
22	MARC0055700	7	70095544	[T/C]	TTTGTATGTATTTTTAAGACATCATTCTCAGCTATACTTGTATAACT GCAACTTAGAGGT[A/G]AGGGACATGAAGTGTTATATTTGTTAGATA TGTTAACCGAAGCACGGAGATAGGATTTGT
23	MARC0067107	7	116906730	[A/G]	ACTGTTTTGTGGCTATTCGTAATAATTGCATGCAAGTTAGCATGGTA GAGTTCAAGCTGA[A/G]TTAGTAGTTGCCTGGGAGACCTAGAATAA AGGAGCAACTTAGAAGGGTTGAGGGCTGCCT
24	MARC0066508	8	13066997	[A/G]	CCCAAATAAATCTTTAAAAAAYGTCTTTTGGGTGATTCTGATGTAA GTGCATT[T/C]TAGAAGACCATAGTTTAAGCAAAACACCACCACCA ACCACTTAGGTGGACTGGTAGATGT
25	MARC0052559	8	13465573	[T/C]	TTACAATGACAGGTAAATATGAGACATACATTTTTTACTAGCTTTGG

					TAAAATTGTATTC[A/G]TTTTACATTTTGGACTGAGGTGAAGGTTGC AAATATTAACTGAATTGAGGYGAAAGCTGA
26	MARC0091567	8	18924517	[A/G]	CAGGACACAAGCAAAGTGTCACTAAAAACAAAGAGCACAGAGCCA TTTTCCTGAAACTCG[A/G]TTTTGGTAGAAAGGGCAGCAAAGCCACT TCCYGCTGTGCACAAAAGCTTCCTCCTCTCAG
27	MARC0032253	8	43393823	[A/C]	AAGTAGAATATTTCCTGACTACTAACGTTGGATTTGGATGCTCATA AGATGCTTAGATTG[A/C]GTCACTTTTCTTTCCAGGAGATTAGACTG GG
28	MARC0041890	8	90421393	[A/G]	CAATCCTGCTTTTCCTCCTTTCCTTTCACAAGTGTTGATTTCTAATAA ATGTTCAATAAC[T/C]CAAATTCAGTTGCTTTTGGGGAACTCATCTT GTGACAATATAATTTTTCCTTTTGCTCTG
29	MARC0035886	9	30907756	[A/G]	CAATTTCATTATGAGAAGGAGCCAGAGCGTCCAGCACCCTGTGCTC TGTGGTCAGGGAAA[T/C]GGTTTGCAAGCATCTGGGGAAAGAGATG GTGAAGGTGATGGGAGATGCATTTAATATACA
30	MARC0074362	9	38695392	[T/C]	CCCAGAAAGAGTGTTGGCTGTAGGT[A/G]TGGCTTATGTGGGGACTT ACATGATATAACCATAATGCAGTTCTCTCTGTGTCCGGGYTT
31	MARC0045269	9	51142069	[T/C]	ATTTACATGGCACACTCAATTTTCTATGAATGAATACCATGGCACGT GCATGGAATATAG[T/C]GAGATCACTGTATGAATAAGTTAAACAGA TTAAAATAATGCTTCAGTTTAACCATCAGAT
32	MARC0052855	9	57853273	[A/G]	TGGAAAAGAAGTTTCTCATATTGGCTGAGCAGGTCTGCGGATACAG ACGCATATTTCTCT[A/G]GCGAGGAAAATCTCCATTTTTAACTTAGT GTTATTCTTAGTTTCAGTCCTGCTATCCTTT
33	MARC0053715	9	82946155	[T/C]	GNCTTNACCNTTNCTTNGTTNATNATGTATCACTGACTCACTCCAAA TCATTTAATCTAA[A/G]CTCACTTCACAAGTGCTTTGTTATGTAAAA CATTTGTGCATTTGTATATGAATTTTCACT
34	MARC0047165	9	116207011	[A/G]	RGGAAAAGCTCTCTTAGAGAGAAAACAACAACACAGGTGCCAAAG GAGTGAGCATGCTGA[A/G]GCKGGGGACGGACAATGNMGTGAAGG TGTGGAGACAGTGTGCAGAGGGGGTGGTGGAGGG
35	MARC0029459	10	4798997	[T/C]	CATCYTAGAGCAGCAGATGGTTTAGTGCAGAGAGCAGCAGATCTCT TTAGTAACACCGTT[T/C]TCTCAACAGAGTTCCCTGACCTCTGTGCCC CATTTCAAAACTGGAGAAGATTCATTTGAA
36	MARC0083543	10	9459210	[T/C]	CCATATTTAGGGGTAGCATGTCCTAAACCCTGTCATTCCCCCAAATG AAATT[T/C]CCCCAAGAACTTTCACAGTCCAGAAACTGNGTTNGNNN NANNNNCCNNNANCCNNNGNAN
37	MARC0032048	10	30757771	[A/G]	AAGGAAAGTGAATGAGCTACTAAAGAGTGAGTACAGAGTGAGATA ATAAATGATCATCTA[T/C]CCATCAAGGACAAGGCTGACACATTTAA CTCATGTTCTCACCACCCATAAAACRTNNTNN
38	MARC0089921	12	417158	[A/G]	AAAAGTGACTAATTTTGTTGTAGTCTGTACCCGTCAAGGGAAGAGA ATTGTACGGAACCA[A/G]ATGCCTCTAATTTAGAACCTGGACGGACT GCAGGCTGCAGGGCGG
39	MARC0063986	12	960692	[A/G]	CCGTCCTGCCCCCACCCAAAGCCTGGGCTGAACTGGACTGACCGGG CTAGAAAAGCAAGT[A/G]ATATGGAATTGCTGGGGCTCCACGGAGA GGGAGGGATCTCCCCGATGACAYGACCRTCTT
40	MARC0050287	12	10379204	[A/G]	CCGGTGTTATCCATTTAATCATTTACCATATTGAGCCTCCCTGTGTG[T/C]TGGGCATTGAACAAGGCTCATTCACAGTAGAGTTACTAGTGTT AATGATAAAGCTGTTGA
41	MARC0030180	12	68151961	[T/C]	TTCTGCAAAAGGAAAAGATCAAAACCTGAAAGGATTTTCTCCCCAA AAGCTCCCACCTCC[T/C]GGCTCTTCTACCGCGTCCTGTTGGGTAGTT ACAAGGGTGGGCAGCAGCCTCCGTCTGCTT
42	MARC0052461	13	21011759	[A/G]	GATTCTGTTTCAAAAATCTGGACAAGTTTATTCATAAGGGAAATAG CAGCCTCTCAGAGG[T/C]GTATCTGTAGAACTATCAGCATGATCACA CTGCCCCATCTCTTTGCTTGTCAGACCAGAT
43	MARC0115474	13	32811358	[A/G]	GACTTGACTGAAGTCCTCCCTGCCCCCCGAAACACACAGAGTGCTG AGTTATTGGAACAC[T/C]GCCACCCTGATATCAAAGGAAATACCCCT GTTGGAGGAGTTGACATTTCCCCTCTCATCT
44	MARC0036708	13	36994373	[A/G]	GAATAGGACTCATCCCACTAGATACATAAATACATTACAATGCTAA GTAAATAAAACCTC[T/C]CTCTTATGTGGGGGACAGAGATATAAAAT GGAAGAGGAAGCCCAGGAATATTCCGAAATA
45	MARC0070868	13	47581564	[A/G]	TTTTCACACTAAAAATCTTTAGGCAATTTTTCAAAAATATGGCATTG TGTTAGGGACCAG[A/G]GGAGGCAACAATTTTTTTTTTCCCCAGGG
46	MARC0031610	13	81404406	[T/C]	GAAATTTGAGCCTTGAATTATTTAAATACTTGCTCGAAAGAAACTG AGATGATGCAAAAA[T/C]AAACAAACAAACAATGTCTCTTTTACTCC CATCTTCACTCAAAAAACCTCAAGATCTTTG
47	MARC0093055	13	99721767	[T/C]	ACGTACATATCATGTTAAAAATCAAGTTAATTTTATATAGTAATTTG GTACCAAAAAATC[A/G]TCACATCATGATACAGGAATTTGTAGAGA CCTCACTAAAGGCACCTCAGGTGTTAAGCCA
48	MARC0014344	13	106153431	[T/C]	ACACACTCCTGCCACTCCTGCTCTCCCTTAATTAAGCCTAATGCCTT ATGCTTTGACCTT[T/C]TGTTCTAGCCTATTAACCCTATCTAGTACAA GTTCAATTATGTTAAACTAAAAAACTTTG
49	MARC0092210	13	109316551	[A/G]	CTRAATGAAAGTGAACACTGACATTATTGGTTCKTTAATTCAGAAT GAGTATACAGTTCT[T/C]GATGAAAATAGTCAAGGAAATAAAATAT TTCCCTTTTGAAGTCTTTGGCAGTATAAGATG
50	MARC0034983	13	139663387	[T/C]	GTTACAGGTCTTCAAAAGTCCCTTTGTAGCCATGTCATTCTCTGATT TCACTTCTGATAG[T/C]CCTAAGCTAGCAACAGTGAATTCTGTATTA GATGATTTATGGGTCAAGATGCAGTTTTCG

51	MARC0094480	14	11261238	[T/C]	CTTGCTCACCTGTTGTCTGGTTTCCAGAGTGAAACTCTGTCCTTAAC CCTCTAGAACTCA[T/C]CTCTAGCACCTGTGGTCCCACTCTGTCAGC GACCCAGTAGTGAGAAGTTGGGTTAGGGGA
52	MARC0025520	14	29334708	[A/G]	GGAGACCCAGAATCCAGTGTCTGCCTGCAGGGCGCAGAGCCAGCTG AATGATCAAACAGT[A/G]CGCTTAAAGGCAGGGTGCGCTGTGGGCT GGAATTCAGCTGGAGGGCAAAACAGAGGTCAG
53	MARC0058294	14	105829806	[A/G]	GGCATTTCTAATTCTGTTCCTTTTTAAAGTGGTGAAATTATTCTCTTT CAAGCAGACCAA[T/C]AGCCTAGAAGTTGGGGGTGAGAGCTGGTTT CCCAGACAGAGAGAATCTATTCTGGTTTTC
54	MARC0060657	14	135137903	[A/G]	GTATTTCATTACCAAAATCAGAGCTGCAACAAAACACTCCACCCAA GTAAAACTGCTCCC[A/G]AATGAGAACTRCCTTTAAAGTCTCTATAG AGATTTCACCAGGATTACGCCACATAGTCGT
55	MARC0028430	14	143617929	[T/C]	CCTTGTGAGCACCGGGCAGACAGCCT[A/G]AGAAAGGGTCATTAGC AGTCTTGACACCAGCAAAGTGGATGAGCAGAGCAGACACTGAAA
56	MARC0048682	14	143668338	[A/C]	GTATTGAGGGTGAGGGTTACCGCCCGGGAACAGAGCAGCGATTCTG KCTGCAGGGGGYGT[T/G]ACAGGCAAACTGCTCACCTCTCCTTCCTC ACCTTGAACGTGGAGCATCGAGGTTTAGGGG
57	MARC0035863	15	26017642	[A/G]	GACGCTGAAAGGTCATAGACATAGGTCTTGCGTATCAGATCCAGGT TTAATCATGTTATA[A/G]AGATTTCAATAATTTTTAACCAACACTAA AAAGTCATTAGATATCAGGTCAAAATCCCAA
58	MARC0088091	15	43637835	[A/G]	TGAGTTAAAAGACGTTGAGCTCTAAAAACTAGGGGAACAAAAAAT TACATACACACACTT[A/G]TGAACACCCCAGAGCCATGGGCTGTCA GGTTTTGTTTGGTCTGGACAGCATTTAAAGCAA
59	MARC0112924	15	95577153	[T/C]	TCAGCTTCTCCCTGTCCCTCCCGCAGAACCGTGTCCACGTTTCTTCG CAAACATTGAGAA[A/G]TAGGTGAGCTTCAGGACGCTGCCTTTCTAC CAACCCTTCCAGTGTTAATCGTGGGACCTT
60	MARC0077362	16	565385	[T/C]	TCCGTATCCAGGTAAGCTTTGCTAAGCATCTAAGCAGGATAAGTAA TAAGCCCTTATCAA[A/G]TGATTCCATCCACCTGAAATCCCTTCTTG GGGTTTGTGCTTAACTCTTTCAAGTTACCAA
61	MARC0048886	16	13628555	[T/C]	AAATTCTTAAAGAGACACCTGAAACAGCTGGACACTAATTGTGTTG CTTAGGTACAGTTT[T/C]GCCTCATACCATGATTACAGCAATAAAGT TAATGATCTAATTACAGACACACCAACATTT
62	MARC0043859	16	22150189	[A/G]	GATTCTGTTTATGCCACAACAAACTGCATTGCCTTTCCCCACCTGTG GAATGCATTTGCC[A/G]CTTTCATTTTTGCAGATGAATACCCCTGTG GAGTGATCTGCCAATTTRAAATGGAAGGAG
63	MARC0074610	16	72854046	[T/G]	ATCTCTGAAAAGAAGGGAATTTTTAAAAATAGCTCATGTCTAAAAT CTAGGAAACTCTCA[T/G]AATATTATTGATTAATAAACCTTAGCRTG TATGGATACCTGTATAAACACAYATGTATTT
64	MARC0071223	17	9346220	[A/G]	ACAGAAAGGGATCATGAGTGTCTTATTAATTGGAGGGAAGGAGGC AGGGGGTCTGTGTCA[T/C]GTGAGATCAGTCTCTTTGGTGAAGAAGA AATGATCATCTGAAGCGGTGGGGACTGGAGGA
65	MARC0111751	X	3690496	[A/G]	GTGTCAGGTAAGTTCTGTGAAAATCCAACCACAGGGACAGTAACCC TCGGGGCAGAGTCC[A/G]TGATGACCTTGGTAAACATTTGAAGTCG AAATCCAATTTGACCAGGGTTAGAGGCGAGTG
66	MARC0002500	0	0	[A/G]	CCTATTATGAGACAGGTCTAGATCACCTT[T/C]ACATTATACAGACC TACACATCTCAAAATCAGAGTCAGCATCATGTTTAATGGAGGATAA
67	MARC0012087	0	0	[A/G]	GGCAGAGAGGAGATTAACTTGGTTATTCTTTTATTCTATTGTATTGA TGAGTTAACATCC[T/C]AAATGCACTACTCTGTGAAATGACACAAAA CAAAGCAAATGCCCAAAGGCTGATAAGAAT
68	MARC0020951	0	0	[T/C]	CCACAGCCTTAAGAGCTTCCTTCTGAGCCCTTAAGTGGGC[A/G]GAG GAAACAGGTTTTGCACTTCATCAGCAAACACTTGTCACACCTGCTG CTGAAATGAAG
69	MARC0022388	0	0	[A/G]	AAAGAATTACCACAGCCGGCATACTGCTATATATTGGCAGAGATGA TGTTTCGGGCTGCA[A/G]TAACCTGTGCTAATGGGCTCTTGTCCTCT GGCAGTAAGGTGGCAGGCTTTTTTTTGTTA
70	MARC0026394	0	0	[A/G]	AAAATCAAGACCTAAGAAGGGGGGAATAATAGGACAAAAGGACCA GCATTTCCTCTTTCC[T/C]CTCCAGAAATCCCGCCTGAGGAAATAAT CTGAAACATGAGAAATGACTTATTTAAGATAA
71	MARC0028812	0	0	[T/C]	CCCTGGGAGTGACGGGGAAAGGCAAGCCAAAGAACAAGGATTTAA TGCCA[T/C]GTTTTTCTTTACTCAATTGAAAAATACATCTGAAAATC ATTACAAAAGTTCCTATTTTTG
72	MARC0029665	0	0	[T/C]	NNNNNNNNGGNANTTNGNAACCCCAGCCTGACCTGGCTTTGGGATC CGGATAAAGTGCCT[A/G]TGGGTTGTGCATGGAAGGTGGTGTAACG GTGATATTTTGGTGAGCAGCTGTGCGAATCCC
73	MARC0029888	0	0	[T/C]	AGCACAGCAGTTCCAGAAGTACAAAAATAAAACATGCATCTACTCT AAAAAGCTGTTGCT[A/G]AAACAAAAGCTGCAGCACATGATTCTGG AAAGCATAAATGGTGGCTCAGGTACAGAAGCT
74	MARC0030522	0	0	[A/G]	CTGACCCACTGGTTCATGCCTTCCCCAAGAGCAAGAATGGAAGTCA CCCAGTTTTAAAGT[T/C]AGAGTTGGCATCAAGGGATTTCTCCAGGT TTGGAGCTAAATTTCACCTCCAAAATTAGAT
75	MARC0030589	0	0	[T/C]	GTGAGGGGGCTCTGGGGACTGTGAGAGGGCTGGGGGACAGCGAGA G[A/G]AACCATGGGACATGAGAGGACCTATGAGGACACAAGGGGG CTGAGGGGACAGTGAGAGGA
76	MARC0031510	0	0	[T/C]	CCAAATTAATAGGTGTCTAATACAAGAAAGAGTAAAAAATAGAAG CCCCCAAA[A/G]TAGGTCTGTTAACTCTTACTGAATCAGCCAACCCA

					GGACAATTGATTTATCTTTTGCNNN
77	MARC0036375	0	0	[A/G]	TAATAGTTTATATAAAGATATTTTTGGTTCCAATAAATAAATAAACT CCAGCGACACTGA[T/C]CTCTTCTCGGTCAGCAAATTCAAAGCCCTT TACCCACTTTAAAAGGTTTGGAGTCAATGT
78	MARC0036725	0	0	[A/C]	TTTCAATTGCTGTGAAAACAATCTTTGACTTTTTTGCAGTTCCACTTT AGTCCAAGTATG[A/C]GAAATTGAAAGTTCAGCTTCTGGA
79	MARC0037294	0	0	[T/C]	GCTCAGGAATGCTGAATTGTGTTTGGATCCAGCTTTTCACCTTAAAT ATGAACAAATTTA[A/G]GTCAAAATCAGGGAGGCTTGAGTCCAGGA AAATGTTATCAGTGGAGTCAGAAATGTATCT
80	MARC0037295	0	0	[A/G]	ATCCATCACCCTGATGCATTTTGCATTAACTTATTATTCAAATCCTA GAAAATGTATTTG[T/C]TTAATGAAAGAAGGAAAGTATGCTTAAGA AATATCCTGAAGCTTATAGAAGAGAGGATGG
81	MARC0040061	0	0	[A/G]	AGGATCAGGATCGGGTTGGCATTTTTGTTGCCTGATAAGATTATCTT AAAACATGCAGTC[A/G]CGTGGATCTCAAGCCACCGGGTACCTAGA TCTTTTTGTTTTGTTCTGCGCTGACAGATTT
82	MARC0044793	0	0	[T/G]	ATTTCAAGGAGGGCATTCTAACTCCACCATCCTCATAGGCTTCCCCC AAAAGGGAATTTT[A/C]GTGGGTACCTGCGAGCTACGCATGAAAAC CAGTATTTTTTCAAGTTGTGAATCTATCAGG
83	MARC0059303	0	0	[A/G]	GATAACTAATATCATTGCATAATCTTTCACCAGCTACTTATAAGATA CTTGGCTCAGATA[T/C]AGAAAGTTTTAATGTAGAATTACTTCCTTCT AGGGCTTACAACTGTAGGTCAGTCTAATT
84	MARC0062781	0	0	[T/G]	CTTTCCCTCCTTGTCACAGTTCTCTTAGGAACTTTTTTAACCCCTTGA ATATTCCAAAAT[T/G]TGTAGCATAAGGTAGTAAGATGGTCTGG
85	MARC0064308	0	0	[T/C]	AGGAAAAAGGCACTTTCTAGGTCATGAGCACTTTCTAACTGGATCT TGATAGTAAGCCCT[T/C]ATGTGGCATAATTTTCAATTTCCAGACAT AAGAGCCNAAANTNNNNNNNNNTNNGNAAAN
86	MARC0064312	0	0	[T/C]	CATCCTTTTTAGAAGTTTGGCTGTATTATATTGAAGACACCCAAAGG AAGAGCAAGAGCG[T/C]GGTTACAAGGTACTAGCATGACCAGCCTA CCCAGCTCTGCCTGAGGACAGGGGGTGTGGC
87	MARC0070952	0	0	[A/G]	AGGGAATTGAACAGTCCCCTGAGCCAGTTCTTCCATTAAAAAGTCT CCCCTTCACAACAG[T/C]CAGCCTGACCAGCAGAACCCAGTGTTTTG TATGAATTAGGAAATGGTGCTCCTCTGCTCC
88	MARC0071898	0	0	[T/C]	GTTGGTGTCACTGCACATAGTGGGAAAAGAAGACACCAAATGATCG TGATAGCAGAATGA[T/C]TGGCTAATGTGCATAAAACATAAAATTA GATCCCTTCCTCACACTGCACTCAGAGATCGA
89	MARC0075511	0	0	[A/G]	ACAGCCTCTGATTTTCTTTATACTTGCTCTTCATGTTTTGGGGCAAA AAAATATTTCTCN[T/C]CTTGCTTAGGAATTTCCCCCCTCCTTGGAGA CAGTGGGATGCCTTGCTCTGATGAATGGC
90	MARC0076403	0	0	[T/C]	GTGCACCCCTGTATCTATTTGGCAT[A/G]TGGTTTAAACTGTTACGT GACTTCTGTATACTATCATGGGGAAATGAGTAGGCTATTTAT
91	MARC0085722	0	0	[A/G]	GCAGGGAAGGTAGTCTAGGCTGGTACAATGTTTAACAGTGTCATCA AGACAGAGATTCTT[T/C]CACGTTCCATCCACGCCATTTTTAATACA TGGTCTTATCTTTGTTGTTGTAGTTGGTTTC
92	MARC0089972	0	0	[A/G]	AAGCCCAACTGAATATTCCAGAGTATAAGGAGACGTAAAGTGAAC ATACTGGTTTTCCTC[A/G]ACTAAAGTGGNACCGGGCTAAATATTAA ACCTATGGAAACTCATGAGAAATAGACTCGCA
93	MARC0094560	0	0	[A/G]	TGGTAGGTTTTTCTTTTCTCCCAACTAAGTGAGGTTAACTACATGTG GCAGTTGTTTGCA[A/G]TTTGCTAGGTCCATTGGCTTTGAAACGTTT GAATCCTGAAGATGTTTTAAAACATTTTGG
94	MARC0102724	0	0	[A/G]	ATATTAAATACACATTTATAGGTGGATAGAATAGGAAACTAAGGGC AGACAGTGATGTGG[A/G]CAAATAAAGAAGCAAGGGGGAAAGCAG ACAAAGCCTGATTTAGGAGTCTTGTCAGTTTAA
95	MARC0102878	0	0	[T/C]	CCTCTGCTACATGATGACATAAGTAATTATCTAGGCTTTTCTGCATT AGAAGAGTGTTCT[A/G]TATTATAGAAAAAGTGTCACTGAGTGGGA AAACATGCTGAATTCTCTGTGGCTCATTTAT
96	MARC0113081	0	0	[A/G]	ACATACGTTAAAGGTAGAAATTATTCACACACAAATTAGAAGGGAA GTTAAAAGCGAAAG[T/C]AGTAAAATCACCTGTATCTACAATAAGC AGTTAAAGGAGACACACAAAAATTAGATGCAA

나. 돼지고기 농장원산지/개체식별을 위한 DNA 분석 프로그램 개발

○ 국내산 돈육의 개체 식별을 위한 방법으로 농장정보와 연계한 돼지의 유전정보(MS, SNP 등) 데이터베이스를 구축하였고, 저장된 데이터를 이용하여 친자확인 분석 및 개체 동일성 분석이 가능하도록 하였음

○ 프로그램 소개 및 활용 방법 : 프로그램은 크게 데이터베이스와 프로젝트로 구성되어 있음.

(1) 데이터베이스 : 농장정보와 연계한 유전정보 데이터 등록 및 관리

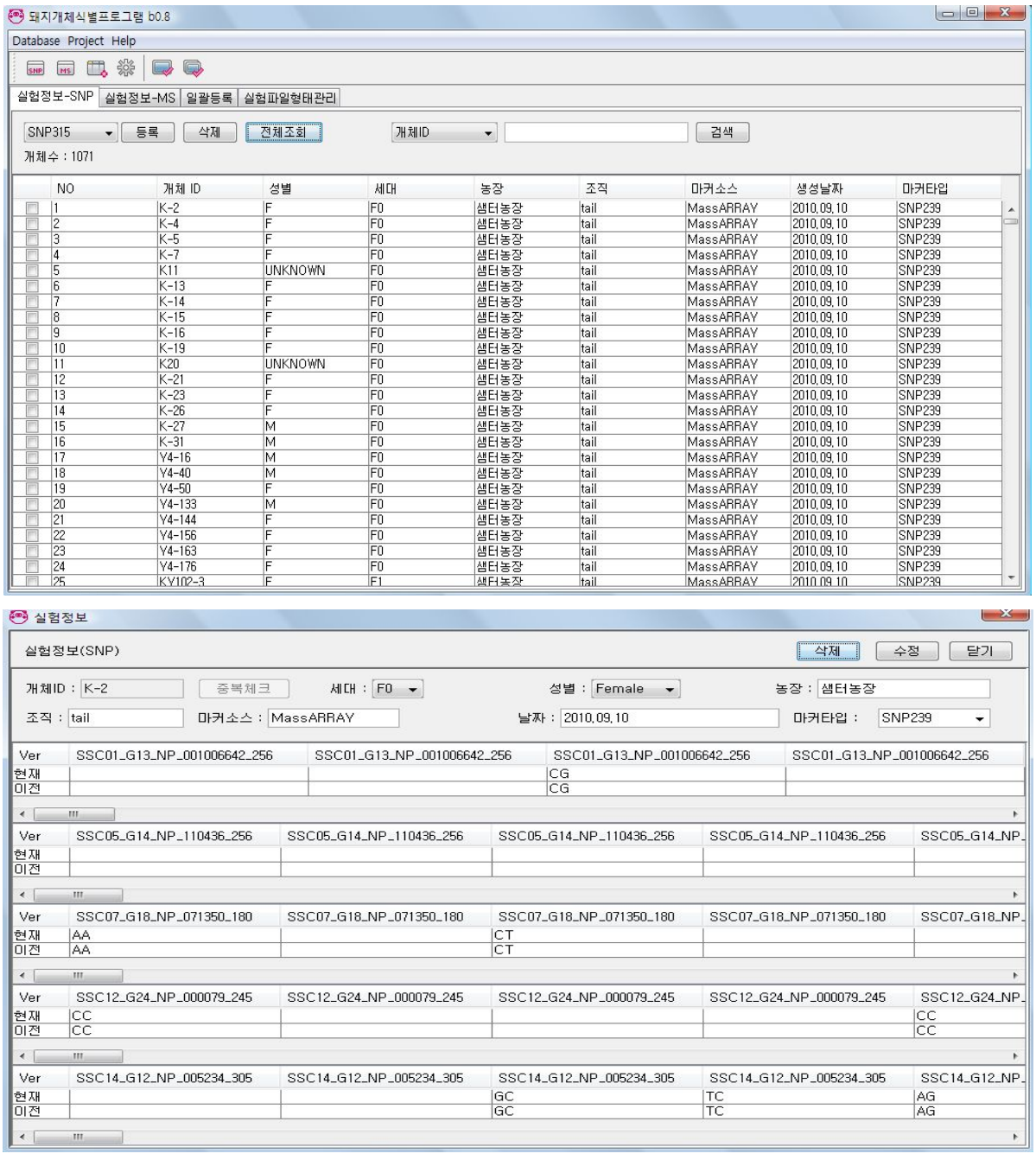


그림 3-1-21. 개발된 프로그램의 농장정보와 연계한 유전정보 데이터 등록 및 관리예시

- 개체, 농장, 세대, 성별, 조직정보 등과 연계된 MS 및 SNP 마커 정보를 보여주고 있으며, 이 프로그램을 활용하여 정보의 등록, 저장, 수정, 삭제 및 조회 등의 데이터 관리
- 데이터 등록은 엑셀 파일을 활용하여 일괄 등록을 할 수 있고, 입력 할 데이터의 양이 적을 경우에는 개별등록이 가능

(2) 친자확인 및 동일성분석 위한 프로젝트 생성 및 입력데이터 호출

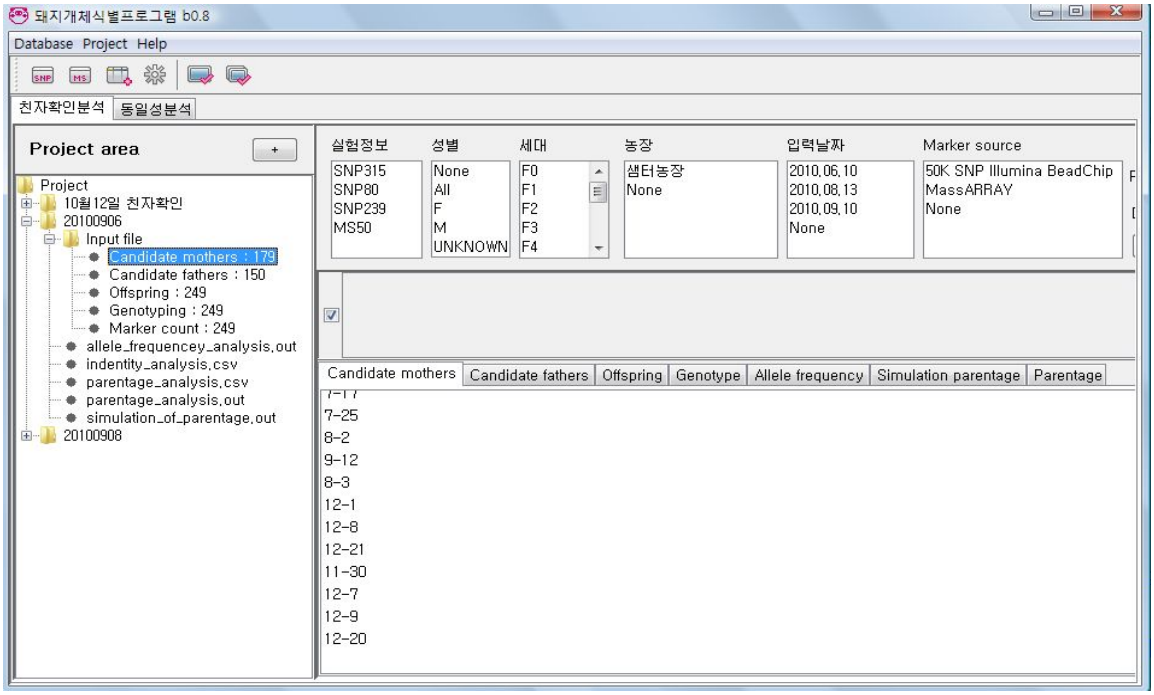


그림 3-1-22. 프로그램의 친자/동일성분석 위한 프로젝트 생성 및 입력데이터 호출예시

- 분석 수행 과정에서 생산된 결과의 저장 및 삭제를 위해 프로젝트 생성 기능이 있으며, 프로젝트를 통해 결과 데이터를 관리함.
- 생성된 프로젝트 폴더에서 분석을 실행하기 위해서는 데이터베이스에 저장된 정보의 선택 및 조합을 통해 입력 데이터를 호출함.
- 호출 된 데이터는 입력데이터 출력 화면을 통해 사용자가 점검 할 수 있음.

(3) 돈육의 농장원산지 검증을 위한 친자확인 분석 및 결과

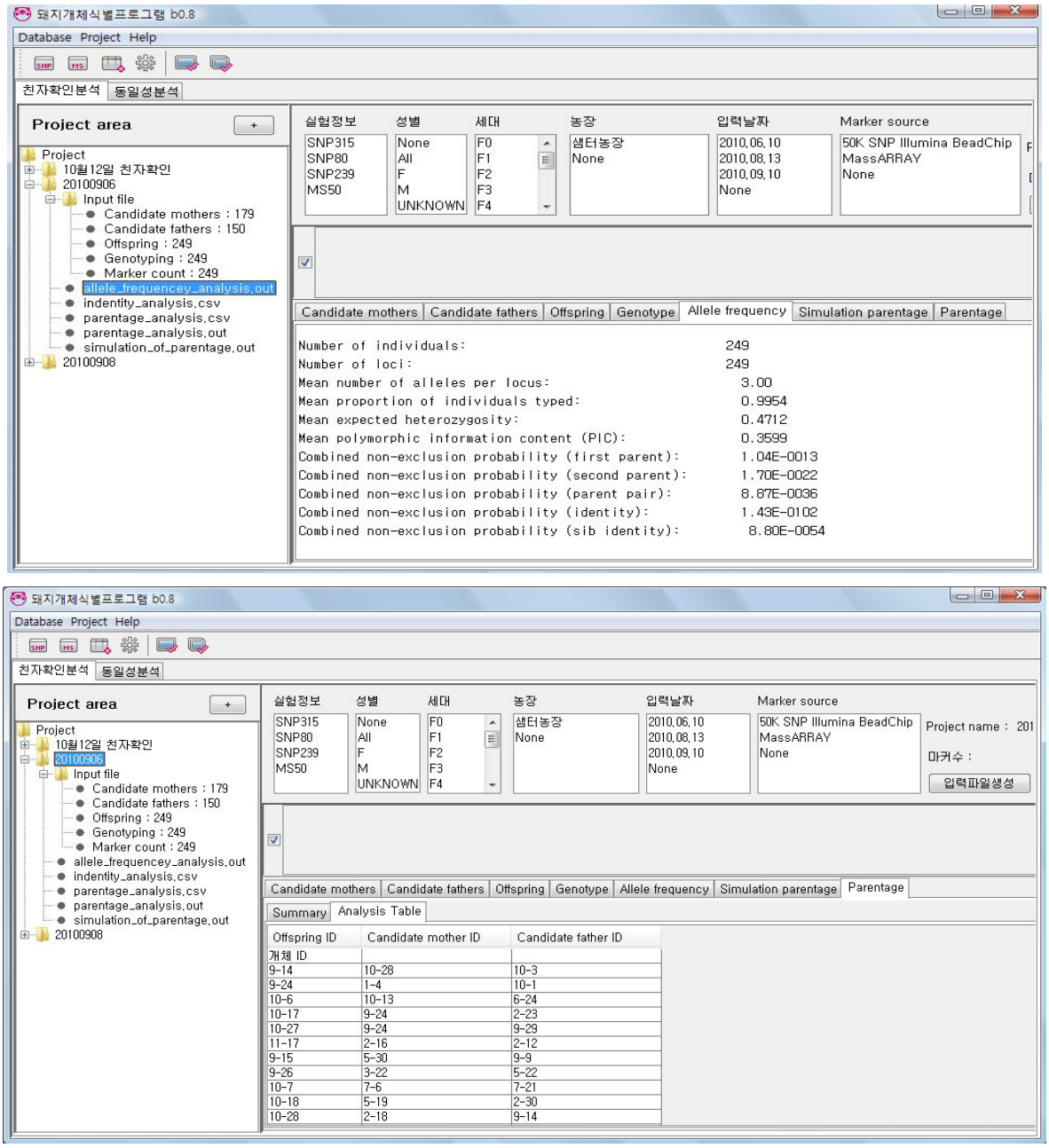


그림 3-1-23. 프로그램의 친자확인분석 결과데이터 예시

- 친자확인 분석은 Cervus 프로그램을 연동할 수 있도록 하였으며, 프로그램 실행 후 결과를 데이터베이스에 저장함
- 분석과정은 대립유전자빈도 분석, 친자확인 시뮬레이션 분석, 친자확인 분석 단계를 거쳐 진행함
- 친자확인 분석에 저장된 결과는 다음과 같음
  a. Candidate mothers : 데이터베이스에서 호출한 모돈 리스트 및 개체 수
  b. Candidate fathers : 데이터베이스에서 호출한 웅돈 리스트 및 개체 수

c. Offspring : 데이터베이스에서 호출한 자돈 리스트 및 개체 수
d. Genotype : 데이터베이스에서 호출한 개체 및 마커 정보 리스트
e. Allele Frequency : 선택된 집단 내에서 같은 유전자를 구성하는 서로 다른 대립유전자 사이의 구성 비율 결과
f. Simulation Parentage : 실제 친자확인 분석이전에 시뮬레이션 과정으로 모돈, 웅돈과 자돈의 유전자형 쌍을 생성하기 위해 allele frequency 결과를 사용하고, LOD, Delta score를 계산하여 confidence level이 95% 이상인 것을 결정하여 parentage 분석에 이용한다.
g. Parentage : 친자확인 분석을 위해 대립유전자빈도와 친자확인 시뮬레이션을 반드시 실행해야 하고, 이 결과 고려하여 친자확인 분석을 수행한다.

(4) 돈육의 동일성 분석 프로젝트

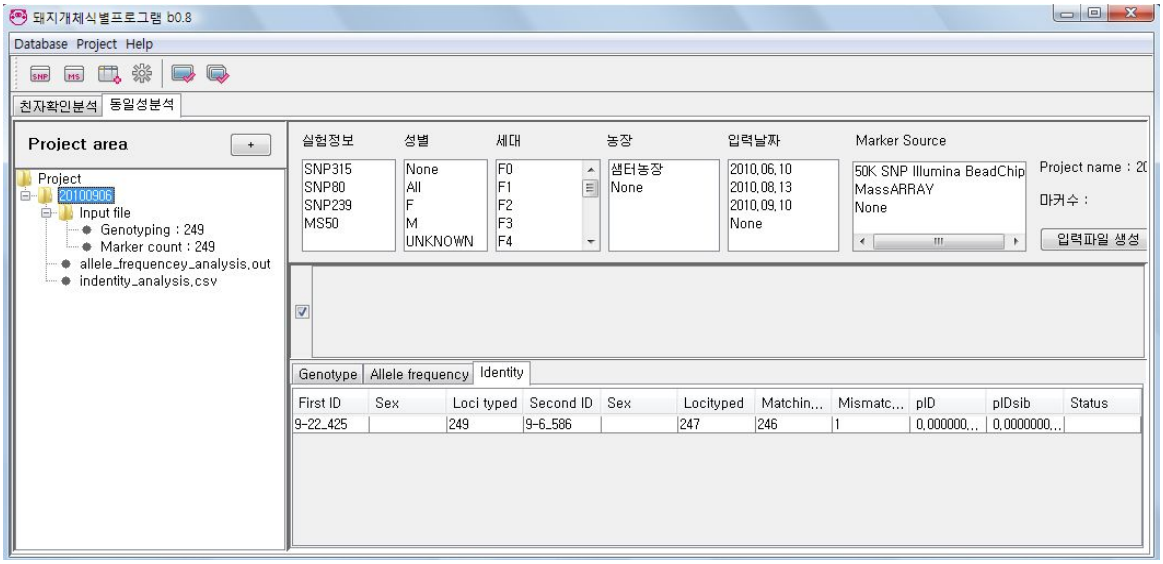


그림 3-1-23. 프로그램의 동일성분석 결과데이터 예시

- 동일성 분석 또한 Cervus 프로그램을 연동할 수 있도록 하였으며, 프로그램 실행 후 결과를 데이터베이스에 저장함
- 분석과정은 대립유전자빈도 분석, 동일성 분석 단계를 거쳐 진행됨
- 동일성 분석에 저장된 결과는 다음과 같다.
  a. Genotype : 데이터베이스에서 호출한 개체 및 마커 정보 리스트
  b. Allele Frequency : 선택된 집단 내에서 같은 유전자를 구성하는 서로 다른 대립유전자 사이의 구성 비율 결과
  c. Identity : 입력 데이터로 생성된 genotype 파일 안에서 유전자형 결과가 일치하는 개체를 찾는다. 이때 불일치 마커 옵션 선택을 통해 유연한 결과 해석을 할 수 있다.

제2절 돈육 원산지 판별기술/시스템 구축 비용 및 경제적 편익 분석

1. 돈육원산지 판별기술의 대안별 효과 및 생산·유통단계별 비용 분석

가. 분석결과 요약

◎ 생산이력제 도입에 따른 생산 및 유통 단계별 비용분석 결과, 가장 많은 비용을 부담해야 하는 주체는 LPC이었고 그 다음으로는 농가, 판매점 순임.

◎ 선행연구들에 비하여 모든 단계에서 비용이 더 높게 나타났는데, 이는 본 연구가 비용항목 구성에 있어서 그리고 양돈 산업 전체의 평균치를 대상으로 하여 현실 여건에 보다 부합되는 분석을 하기 위함임.

◎ 분석된 각 단계별 비용을 주체별로 감당할 수 있는 정도를 검토하여 생산이력제 실행에 대한 가능성을 가늠하였음.

○ 농가단계에서의 비용은 2.6~3.3% 수준의 비용 증가로, 다른 단계에 비해 감당할 수 여지가 많음.

○ LPC단계에서의 비용은 유통비용의 18.8~27.9% 수준인데, 이 정도의 추가 비용은 감당하기 어려움.

○ 판매장단계에서 정육점의 경우에 비용은 유통비용의 23.6~65.6%에 해당되며 대형유통업체는 2.5~6.9% 수준으로, 대형유통업체의 참여가 정육점보다 상대적으로 용이함.

○ 소비자의 경우 생산이력제가 제대로 시행된다는 전제로 kg당 추가지불의사액 1,275원은, 농가단계에서 109원, LPC단계에서는 122원 그리고 판매장 단계에서 높은 수준인 정육점에서의 241원을 모두 더한 472원을 상회하는 것임. 이와 같은 소비자의 의향은 철저한 생산이력제의 실시와 그에 따라 단계별 주체가 소비자 요구 수준을 충족시킬 수 있는 돼지고기를 생산, 공급해야 한다는 것 그리고 그를 위한 적절한 관리 및 지원이 정책적인 차원에서 요구된다는 것이 전제되어 있음.

○ 생산이력제 시행에 소요되는 비용문제는 각 단계별 주체에게 상당한 부담이 될 것이기 때문에 상대적으로 부담이 덜한, 농가단계에서는 대규모 농가, LPC단계에서는 가동율이 높고 규모화가 진전된 업체, 판매점단계에서는 대형유통업체 등의 참여를 먼저 유도하는 것이 원활한 생산이력제 도입에 도움을 줄 것으로 예상됨.

나. 농가 단계의 비용 분석

◎ 선행 연구 검토

○ 농가가 단순한 출하의 기능만 가지고 있다고 정의할 경우 생산이력제가 실시되어도 농가단위에서 수행하여야할 일이 없기 때문에 농가에서의 추가 비용은

발생하지 않음(허덕 외, 2007).

○ 충청남도(2007)는 농가의 모든 관리단계에서 RFID기술사용을 가정하여 16개 농가, 연간 출하량 130,000마리 규모로 범위를 제한한 비용분석을 실시함.

○ 충청남도의 경우 농가단계에서는 사양관리뿐만 아니라 가축질병 및 방역관리 서비스를 병행하며, 모든 종돈과 모돈에 RFID전자이표를 부착하고 핸드리더를 이용하여 사양 관리를 실시하는 것을 가정하고 있음

○ 또한 장비 구입 후 불가피하게 발생하는 유지보수비가 제외되어 있으며, RFID 기술을 이용한 정보의 관리로 인한 생산성 감소 문제를 포함하고 있지 않음

○ 위 선행연구에서 산출된 출하 1마리당 비용 600원은 생산이력제가 실시되었을 때 농가가 부담해야하는 전체 비용이 아니라 생산이력제 실시 초기에 필요 장비 구입에 들어가는 비용이므로 비용을 과소평가하고 있음

◎ 본 연구

○ 본 연구에서는 바코드와 RFID기술을 혼합하여 사용함을 가정함. 따라서 대량의 정보를 관리하는 단계에서는 RFID기술을 사용하고, 개체별 소량 정보 관리에는 바코드기술을 사용함으로써 보다 경제적인 비용이 산출되도록 함

○ 즉, 농가단계에서는 출하시 群別출하를 실시하고 2개의 RFID카드를 이용하여 출하정보를 전달하는 것을 가정하고, 전체 양돈농가의 평균치인 연간출하량 1,000마리 규모로 비용분석을 실시함(<표 3-2-1> 참조).

<표 3-2-1> 농가단계 비용분석

항 목	수량(개)	단가/비용(원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
RFID카드	2	5,000	250,000	250,000	250,000	250,000
장비			2,000,000	0	0	0
컴퓨터	1	900,000				
RFID입력기	1	500,000				
옥외용AP	1	600,000				
공사비(전원,통신,배관)(회)	1	1,430,000	1,430,000	400,000	400,000	400,000
정보입력시간+부착시간(분)	30					
인건비(명)	1	100	75,000	75,000	75,000	75,000
1년 총비용(원)			3,755,000	725,000	725,000	725,000
4년 총비용(원)		5,930,000				
출하마리당 비용(원)		5,930				

자료 : 본 연구 분석결과

◎ 비용 분석 결과

○ 비용분석 결과, 비육돈 출하 시에 개체별 정보관리가 아니라 군별 정보관리를 가정하므로 RFID기술사용 비용은 충청남도의 사업계획보다 감소함.

○ 또한, 필요장비 항목에 대해서도 종돈·모돈의 관리는 하지 않으므로 출하관리를 위한 장비만 필요하게 되어 장비 구입비용도 감소함.

○ 추가되는 공정과 생산성 감소 문제는 추가 인건비항목으로 포함시켜 계산하였

고, 새롭게 설치한 설비의 유지보수비도 농가 부담 비용으로 포함시킴.

○ 본 연구결과의 출하마리당 비용 5,930원은 충청남도의 출하마리당 비용 600원보다 작은데, 이는 본 연구에서의 RFID를 적게 사용하여 비용이 절감되었지만 충남의 경우 대규모 양돈농가를 대상으로 하여 출하마리당 비용은 적어졌음.

○ 본 연구에서는 또한 단순한 장비구입비용 뿐만 아니라 인건비와 유지보수비, 생산성 감소에 대한 기회비용까지 포함되어있다는 점에서 보다 현실적인 농가 부담 비용임.

다. LPC(도축+ 가공)단계의 비용 분석

◎ 유통 현황

○ 돼지의 경우 중가축으로 관리의 효율성을 위해 도축장과 가공장이 결합된 LPC 형태가 가공업태의 주를 이룸.

○ 유통경로의 중간단계에서는 도매시장, 도축장, 가공장, 중간유통업체 등으로 연결되어 서로에게 유통되기도 하지만, 지육상태의 돼지고기로 가장 빠르게 소비자에게 제공될 수 있는 경로가 도축과 가공이 결합된 형태이므로, 선행연구와 본 연구에서는 LPC형태의 유통기구에 대한 비용분석을 실시함.

○ 도축과 가공은 돼지가 생체에서 각각의 부위로 분할 도체된 지육으로 넘어가는 단계이므로 공정이 길고 복잡함. 생산이력제가 실시되면 이러한 각 공정에 대한 모든 정보를 관리해야 하므로 도축과 가공단계에 가장 많은 비용이 소요될 것으로 판단됨.

◎ 선행 연구 검토

○ 선행 연구(허덕 외, 2007)에서는 도축과 가공단계를 중심으로 연구를 하였으며, 특히 전 공정에 바코드 사용(「시나리오 1」) 혹은 RFID기술사용(「시나리오 2」)을 전제로 하여 실시한 비용분석은 어떤 기술을 사용하는 것이 얼마나 더 경제적인지를 보여주고 있음.

○ 허덕 외(2007)의 「시나리오 1」의 경우 도축마리 당 비용은 5,499원이 되고, 「시나리오 2」의 경우 도축마리 당 비용은 5,564원으로 비용이 산출됨. 따라서 RFID 기술을 사용할 경우 도축과 가공단계에서 비용부담이 더 커지게 됨.

○ 그러나 이 시나리오 분석은 도축과 가공단계에서만의 비용분석을 실시하였으므로 돼지고기 전 유통주체의 부담 비용을 계산 할 수 없음. 또한 도축단계 역시 생산이력제가 실시되면 정보관리가 필요하므로 이에 따른 생산성 감소가 불가피하게 발생함에도 불구하고 도축단계에서는 생산성감소가 없는 것으로 가정하여 정확한 비용 산출이라고 보기 어려움.

○ 충청남도 사업계획의 경우는 RFID카드를 활용하여 농장출하정보를 도축장에 전달하고 농장출하단위 ID를 기준으로 개체관리를 하는 것으로 가정하였음.

○ 도축장내 HOOK에 RFID태그를 설치하여 생산정보를 관리하고, HOOK를 통해 가공장으로 생산정보를 전달하며, 가공장 해체라인 입고 시 에는 HOOK정보를 TRAY태그에 정보를 전달하도록 가정하고, 박스 단위 라벨은 UHF태그라벨을

부착하여 출고하는 것으로 가정하여, 도내의 LPC 1개소, 연간 도축량 600천두 규모에서 전 공정의 RFID사용을 전제로 비용분석을 실시함.

○ 따라서 RFID태그 비용이 많이 소요되지만 재활용이 되는 것을 가정하였으므로 고정비용의 성격을 가지게 됨. 필요장비 항목의 경우 전 공정에 필요한 전산장비와 통신장비 등이 자세하게 포함되어 있고, 설비공사비 등이 포함되어 생산이력제 실시에 따라 어떤 항목에 많이 비용이 들어가는지를 쉽게 파악할 수 있음.

○ 그러나 충남 연구의 경우, 인건비 계산과 생산성감소에 따른 부분, 유지 보수비 등이 계산되지 않았기 때문에 농가단계에서의 비용분석과 마찬가지로 LPC가 부담해야하는 전체 비용이 아닌 생산이력제 시행 시 필요한 장비구입비용이 됨.

◎ 본 연구

○ 선행 연구들에서 확인할 수 있듯이 전 공정 RFID사용은 비용부담이 커지게 되나, 전 공정 바코드사용을 할 경우 대량의 정보를 빠르게 전달할 수 없고 지육의 특징 상 온전하게 부착시킬 수 없는 단점을 가지고 있음.

○ 따라서 본 연구는 도축과 가공단계에서 많은 정보를 저장해야하는 공정이나 각 공정사이의 정보전달 과정에는 RFID기술을 사용하고, 가공단계에서 개별소포장에 있어서는 바코드사용을 전제로 하여 연간 도축량은 전체 도축량의 평균치인 130천두 규모에서 비용분석을 실시함.

○ 선행연구들을 참고하여 필요한 장비들을 상세하게 제시하였고, 설비 공사와 함께 불가피하게 발생하는 유지보수비를 함께 포함시켰음. 생산성 감소로 인한 비용은 각 공정에 추가되는 인력의 인건비 상승으로 포함시켜 계산함(<표 3-2-2> 참조).

○ 본 연구에서는 도축장에서는 모든 과정(계류장 입고 → 전살 작업 → 방혈, 탕박작업 → 이분도체 → 등급판정 → 예냉실 입고 → 예냉실 출고)에서 RFID시스템을 사용하는 것을 가정하고, 공장에서는 부분육 도체과정에 RFID시스템을 이용하며, 각각의 소포장단계에서는 바코드, 박스포장에서는 UHF라벨 사용을 가정함.

<표 3-2-2> LPC단계 비용분석

항목	수량(개)	단가/비용(원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
젬블러용 RFID태그	1,300	30,000	39,000,000	0	0	0
tray RFID태그	4,333	3,000	13,000,000	0	0	0
UFH라벨태그	1	300,000	90,000,000	90,000,000	90,000,000	90,000,000
바코드라벨	3	3,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000
장비			211,100,000	0	0	0
컴퓨터	5	900,000				
RFID리더기	4	10,000,000				
전광판	5	1,000,000				
RFID리더기(가공장입고)	1	4,000,000				
tray RFID리더기	12	10,000,000				
바코드라벨프린터	11	2,000,000				
UHF라벨프린터	3	5,000,000				
옥외용AP	1	600,000				
공사비(전원,통신,배관)(회)	1	16,500,000	16,500,000	16,500,000	16,500,000	16,500,000
정보입력시간+부착시간(분)(도축)	108					
인건비(명)	4	100	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000
정보입력시간+부착시간(분)(가공)	77					
인건비(명)	14	100	32,500,000	32,500,000	32,500,000	32,500,000
1년총비용(원)			417,800,000	148,200,000	148,200,000	148,200,000
4년총비용(원)		862,400,000				
도축마리당비용(원)		6,634				

자료 : 본 연구 분석결과

◎ 비용 분석 결과

○ 총비용은 「시나리오 1」의 경우 822,780천원, 「시나리오 2」의 경우 829,600천원, 충청남도 사업계획의 경우 384,500천원, 본 연구는 862,400천원으로 충청남도 사업계획을 제외하고는 비슷하게 도출됨.

○ 도축마리당 비용은 「시나리오 1」 5,485원, 「시나리오 2」 5,531원, 충청남도 사업계획 641원, 본 연구 6,634원으로 본 연구가 가장 높게 나타남.

○ 이는 선행연구들은 각 비용 항목에서 빠지거나 제외시킨 항목이 많아 총 비용이 줄어든 반면 대규모 양돈장이기 때문에 상대적으로 도축마리당 비용이 줄어든 것임.

○ 본 연구는 선행연구들을 기초로 하여 비용 항목을 모두 포함하도록 했으며, 연간 도축량의 경우도 전체 도축량의 평균치로 계산하여 선행연구들에 비해 도축량이 적어, 도축마리 당 비용이 가장 높게 나타남.

○ LPC의 경우 점점 더 규모화, 대형화 하는 추세이며 가동률이 높은 업체를 중심으로 하고 실제 생산이력제가 실시된다면 분석결과보다는 훨씬 낮은 비용을 부담하게 될 것으로 판단됨.

라. 판매단계에서의 비용 분석

○ 충청남도의 경우 판매점으로 박스 입고 시, 핸드형 RFID리더기를 이용하여 입고작업을 하고, 소비자에게 판매할 때에는 입고 중량에서 판매량만큼을 차감하

는 방식으로 관리하는 것을 가정함. 개별 소포장에는 UHF태그라벨을 발행하고, 키오스크 · 동글이를 통한 생산이력 정보 조회의 기회를 제공하고 소비자는 이후에도 웹페이지를 통해 이력정보조회가 가능하도록 시스템 구축을 하는 것을 전제하고, 판매단계 비용분석은 충남 내에 있는 축협 5개소와 서울지역의 대형 판매점 5개소를 기준으로 연간 유통량 13,200천kg 규모에서 실시함. 판매장에서도 각종 전산장비, 통신장비 등이 필요한 것으로 가정하여 개별소포장에 필요한 RFID라벨 비용이 많이 소요됨에도 불구하고 장비 값 역시 비슷한 수준으로 필요한 것으로 나타남.

○ 유통경로에서 소매단계에는 직매장, 2차 가공업체, 대량소비처, 정육점, 요식업체, 대형유통업체 등 다양한 소매기구가 존재하고, 이 중에서 충청남도의 사업계획의 경우 대형유통업체 중 일부만을 한정하여 비용분석을 실시하였으나, 이러한 방법으로는 소매단계에서 판매점들의 정확한 비용부담 계산이 힘들 것이라는 판단 하에, 본 연구에서는 중간유통단계에서 지육의 형태로 출하되는 돼지고기를 정육의 형태로 소비자에게 직접 판매하는 업태인 정육점, 대형유통업체(마트)로 대상을 넓혀 보다 현실적인 비용분석을 실시하였음(<표 3-2-3>, <표 3-2-4>참조).

<표 3-2-3> 판매단계 비용분석 : 정육점

항목	수량(개)	단가/비용(원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
장비			11,000,000	0	0	0
RFID리더기	1	3,000,000				
라벨프린터	1	5,000,000				
POS	1	2,000,000				
터치스크린	1	1,000,000				
정보입력시간+부착시간(분)	30					
인건비(명)	1	100	1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000
1년총비용(원)			12,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000
4년총비용(원)		15,320,000				
kg당 비용(원)		241				

자료 : 본 연구 분석결과

<표 3-2-4> 판매단계 비용분석 : 마트

항목	수량(개)	단가/비용(원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
장비			11,000,000	0	0	0
RFID리더기	1	3,000,000				
라벨프린터	1	5,000,000				
POS	1	2,000,000				
터치스크린	1	1,000,000				
정보입력시간+부착시간(분)	15					
인건비(명)	1	100	540,000	540,000	540,000	540,000
1년총비용(원)			11,540,000	540,000	540,000	540,000
4년총비용(원)		13,160,000				
kg당 비용(원)		25				

자료 : 본 연구 분석결과

○ 충청남도의 경우 몇 개의 대형유통업체를 기준으로 하였기 때문에 다양한 항목의 장비 구입이 가능하지만 실제 소매단계의 유통기구들은 영세한 소규모 업체의 수가 훨씬 많기 때문에 장비 구입의 부담이 큼. 따라서 본 연구에서는 생산이력제 시행에 필수적인 장비만을 포함한 비용분석을 실시함.

○ 정육점의 경우 약 22천개 업체에서 연간 유통량 63,636kg, 총비용 15,320천원으로 kg당 비용은 241원으로 산정됨. 마트의 경우 460개 업체에서 연간 유통량 521,739kg, 총비용 13,160천원, kg당 비용은 25원으로 산정됨.

○ 총비용이 적게 들고 연간 유통량이 많은 마트에서의 부담비용이 가장 낮게 나타남. 충청남도 사업계획에서는 kg당 비용인 11원으로 본 연구보다 훨씬 낮은 비용을 부담하게 되지만, 이는 유통량이 많은 대형유통업체 일부를 대상으로 했기 때문에 비용이 낮아질 수밖에 없는 것임. 따라서 생산이력제가 실시된다면 모든 판매점에서 전면적 시행은 어렵기 때문에 비용이 가장 적게 드는 대형유통업체를 중심으로 실시하되 정육점에 대해서는 여건에 따라 순차적으로 실시하는 것이 필요함.

마. 비용분석 결과의 실행가능성 검토

○ 유통단계별 비용분석을 실시하였을 때 가장 많은 비용을 부담해야 하는 주체는 LPC이었고 다음으로 농가, 판매점 순이었음(<표 3-2-5> 참조).

<표 3-2-5> 연구별 산출 비용 비교 (단위 : 원)

	충청남도	허덕 외	본 연구
농가단계(출하마리당 비용)	600	-	5,930
LPC단계(도축마리당 비용)	641	5,499 (시나리오 1)	6,634
		5,564 (시나리오 2)	
판매장단계(kg당 비용)	11	-	241 (정육점)
			25 (마 트)
판매장단계(도축마리당 비용)	1,210	-	26,510 (정육점)
			2,750 (마 트)

○ 선행연구들에 비하여 모든 단계에서 본 연구의 비용이 더 높게 나타났는데, 이는 선행연구들이 비용항목을 구성함에 있어서 누락된 부분을 포함시켰으며 또한 일부 업체가 아닌 양돈 산업 전체의 평균치를 대상으로 하여 보다 현실 여건에 부합되도록 분석했기 때문임.

<표 3-2-6> 비육돈 두당 수익성 (단위 : 원, %)

구 분	사육규모별(2008년)					2007년 (b)	증감율 (a/b)
	1,000마리 미만	1,000~1,999	2,000~2,999	3,000마리 이상	평균 (a)		
조수입(A)	305,884	304,791	306,832	304,671	305,253	245,604	24.3
일반비(B)	214,508	225,169	235,660	239,767	231,389	177,977	30.0
사육비(C)	235,595	239,444	245,848	253,306	245,711	202,903	28.5
소득(A-B)	91,376	79,622	71,172	64,904	73,864	55,756	32.5
순수익(A-C)	70,289	65,347	60,984	51,365	59,542	42,701	39.4

자료 : 통계청, 2008년 축산물 생산비. 사)대한양돈협회에서 작성한 자료를 인용함

<표 3-2-7> 돼지/돼지고기 유통비용 추이 (단위 : %, 원/두)

구분		2003.8	2004.8	2005.8	2006.8	2007.8
유통비용(비율)		28.7	25.2	36.9	39.5	40.6
비용별	직접비	16.1	11.2	10.6	10.6	13.0
	간접비	8.7	10.2	9.3	9.2	10.1
	이윤	3.9	3.8	17.0	19.7	17.5
단계별	출하단계	4.4	1.7	1.6	1.5	2.0
	도매단계	11.2	6.0	5.8	5.8	6.8
	소매단계	13.1	17.5	29.5	32.2	31.8
농가수취가격		220,220	294,461	268,904	267,332	210,390
유통비용(가격)		88,682	99,089	157,581	173,788	143,907
소비자가격		308,902	393,550	426,482	441,120	354,297

비고 : 홍성 → 서울(서울농협축산물공판장)

자료 : KAMIS(농수산물유통정보), 돼지고기 유통실태조사. 2007

○ 농가단계에서의 비용을 <표 3-2-6> 비육돈 두당 수익성 자료와 비교하면, 마리당 5,930원은 2008년 일반비(231,389원)의 2.6%, 2007년 일반비(177,977원)의 3.3% 수준임. 이는 양돈농가에게 2.6~3.3%의 비용 증가로 감당할 수 있는 정도로 판단됨.

○ LPC단계에서의 비용을 <표 3-2-7> 돼지/돼지고기 유통비용 추이 자료를 환산하여 비교하면, 마리당 6,634원은 2007년 도매단계 유통비용의 27.9%, 2003년의 18.8% 수준이다. 이 정도의 추가 비용은 LPC로서는 감당하기 쉽지 않을 것으로 판단됨.

○ 판매장단계에서의 비용 역시 <표 3-2-7>에 의거하여 비교하면, 정육점의 경우 마리당 26,510원은 2007년 소매단계 유통비용의 23.6%, 2003년의 65.6%에 해당되며, 대형유통업체인 마트인 경우 마리당 2,750원은 2007년의 2.5%, 2003년의 6.9% 수준임. 이러한 결과는 대형유통업체부터 생산이력제를 도입하는 것이 용이하다는 점을 보여줌.

○ 마지막으로 비용 증가에 대해 소비자의 경우는 어떠한 입장을 가질 것인가를 분석하였음. 허덕 외(2007)에 의하면, 소비자는 600그램당 추가지불의사액이 765원으로 조사되었는데 이는 킬로그램당 1,275원임.

○ <표 3-2-5>에 의거하여 단계별로 킬로그램당 비용으로 환산하면 농가단계에서는 109원, LPC단계에서는 122원 그리고 판매장 단계의 높은 비용인 정육점 경우의 241원을 모두 합하면 472원인데, 이는 모든 단계에서 추가 발생할 비용을 모두 소비자에게 전가한다할 경우로써 소비자 지불의사액 1,275원보다 훨씬 낮은 수준임.

○ 이와 같은 소비자의 의향은 철저한 생산이력제의 실시와 그에 따라 안전하고 신선도 높은 우수한 품질의 국산 돼지고기를 소비한다는 것이 전제되어 있다는 점 즉, 각 단계별 생산·유통·판매 주체가 소비자 요구 수준을 충족시킬 수 있는 돼지고기를 생산, 공급해야 한다는 책임이 수반되고 있다는 사실에 유의해야 함.

○ 또한, 각 단계별로 추가 발생하는 비용에 대해서도 일정 정도 감당할 필요성이 제기됨. 물론 평균치로 계산한 본 연구 결과만 보더라도 각 업체들에게 생산이력제 시행에 소요되는 비용문제는 상당한 부담이 될 것으로 예상됨. 특히, 각 단계에서의 공정변화는 불가피하지만 공정변화에 대한 여건조성과 기반이 잡혀있지 않은 소규모 영세업체들에게는 더 큰 부담으로 다가올 것임.

○ 이러한 결과를 토대로 생산이력제의 시행은 어느 날 갑자기 개별 유통주체들의 자부담으로 실시할 문제가 아니라 양돈 산업 전반에 관한 정보를 관리·감독 할 수 있는 정부 산하의 기관을 만들어 기본 인프라를 구축하고, 유통단계별로 생산이력제를 실시하되 자부담으로도 시행이 가능한 규모화된 업체에게는 이력제 시행을 유도하는 유인책을, 자부담이 어려운 영세업체에는 시장여건조성이나 제도정비 등을 통해 이력제 시행에 대한 부담을 줄일 수 있도록 해야 할 것임.

2. 원산지 판별 제도의 도입에 따른 주체별 반응 분석과 정책적인 제안

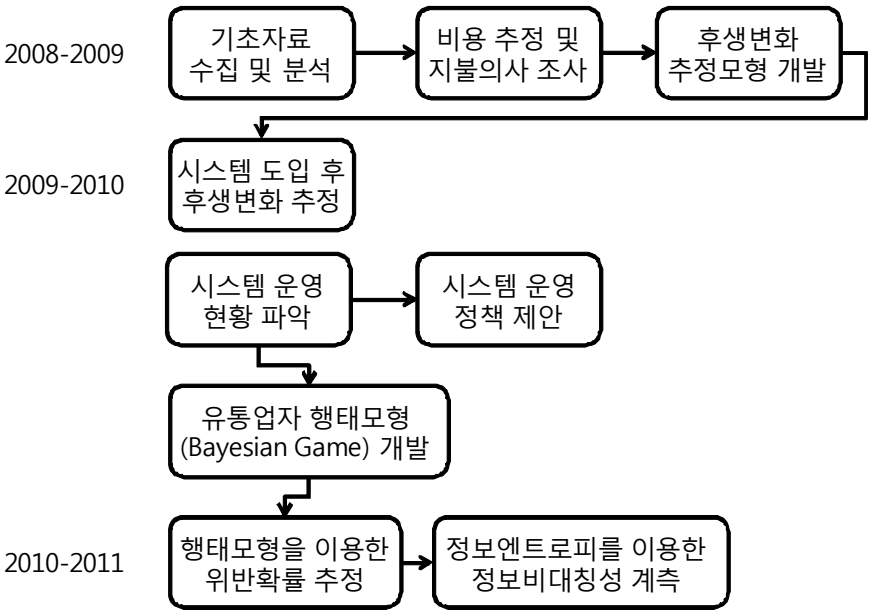
가. 연구 목표 및 결과 요약

◎ 2010년도 상반기 연구의 목표는 생산 및 유통단계 별 시스템 구축-운영비용 계산을 보완하여 실제적으로 판별 시스템이 시행될 때 소요될 비용을 계산해 보고, 소비자들의 지불의사를 고려하여 시장가격 및 물량이 어떻게 변할 것인지를 예측해 보는 것임. 연구결과 현재 추정된 비용은 수용가능한 범위에 있으며 약 2배로 증가하여 가격이 상승하여도 소비자의 저항이 없을 것으로 추정됨.

◎ 위의 연구결과는 판별기술이 개발되고, 이 기술이 현장에서 시스템에 참가하는 유통업자들이 시스템이 순응할 것이라는 가정 하에 계산된 결과임. 따라서 하반기의 연구 목표는 돼지고기 원산지 판별 제도의 운영에 대한 정책적 제안을 하기 위하여 유통업자들의 현재까지의 시스템 순응 행태를 관찰하는 것임. 즉, 국립농산물품질관리원의 단속수, 적발수 등을 이용하여 단속강도에 따른 유통업자들의 반응을 관찰하고, 이러한 행태가 지역적, 원산지별로 차이가 있는가에 대한 검증을 완료하였음.

◎ 이러한 검증된 자료를 이용하여 베이지안게임(Bayesian Game)을 구성하여 모형을 완성하는 것임. 완성된 모형을 가지고 각 유통형태별로 유통업자의 원산지표시 위반확률을 계산하고, 정보엔트로피(Information Entropy)를 이용하여 돼지고기 공급자와 소비자간 정보의 비대칭성을 지표(Index)화하여 정부에게 관리하도록 제안하는 것임. 그리고 해외 돼지고기 이력추적제 도입사례를 검토하여 국내에서 시행될 경우 그 시사점을 도출하였음. 이러한 연구의 흐름을 그림으로 정리하면 <그림 3-2-1>과 같음.

<그림 3-2-1> 연구 흐름도



나. 생산 및 유통단계별 이력추적 시스템 구축 및 운영비용 보완

◎ 선행 연구(최승철, 「돼지고기 이력추적시스템 발전방안 연구」, 2006) 검토

○ 이력추적시스템이 필요한지를 묻는 설문에 대해 '반드시 필요'하다고 응답한 소비자가 49.9%, '필요'가 40.9%로 대부분이 필요하다고 응답함.

○ 이력추적시스템 실시에 따라 추가비용이 발생할 경우 추가로 지불할 의향이 있으며, 추가지불 의사액은 돼지고기 1근(600g) 기준으로 500원 미만이 21.3%, 500원~1,000원 미만이 30.8%, 1,000원~1,500원 미만 24.5% 등으로 나타남. 평균 추가지불 의사액은 1근당 765원으로 계산됨.

○ 이력추적시스템이 안정적으로 시행할 경우, 돼지고기를 신뢰하고 구매하겠다는 응답자가 97.8%로써 압도적이며, 향후 구매량은 현재 수준 유지가 49.4%, 조금 증대할 예정이 50.6%로 분석됨.

◎ 모형

○ 수요곡선 및 공급곡선 추정(이력추적제 도입 이전)

$$Q_d^{woT} = f(p_{pork}, p_{beef}, p_{chicken}, GDP_{capita}) \text{ 혹은}$$

$$p_{pork}^{woT} = f^{-1}(Q_d^{woT} \mid p_{beef}, p_{chicken}, GDP_{capita})$$

$$Q_s^{wT} = g(p_{prok}, Q_{imported}) \text{ 혹은 } p_{pork}^{woT} = g^{-1}(Q_s^{wT} \mid Q_{imported})$$

○ 수요곡선 및 공급곡선 추정(이력추적제 도입 이후)

$$p_{prok}^{wT} = p_{prok}^{woT} + H^{-1}(Q_d)$$

$$p_{prok}^{wT} = p_{prok}^{woT} + \text{Unit Cost}$$

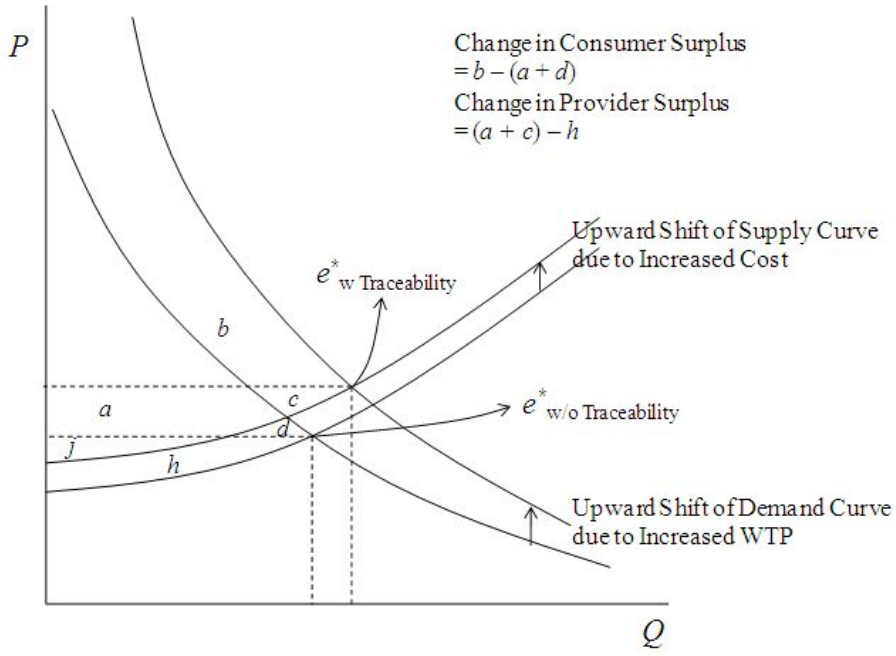
○ 사회적 후생(소비자잉여[CS] + 생산자잉여[PS])

$$\Delta CS = b - (a + d)$$

$$\Delta PS = (a + c) - h$$

$$\Delta SW = \Delta CS + \Delta PS$$

<그림 3-2-2> 모형



◎ 분석 결과 및 함의

○ 이력추적제의 도입으로 연간 소비자는 8,500억원, 생산자는 4,250억원의 후생이 증대됨(<그림 3-2-3> 참조).

- 이력추적 시스템의 도입비용을 돼지고기 500g당 183원으로 전제.

○ 시스템 도입 비용이 돼지고기 500g당 530원에 이르면, 생산자의 후생은 증대되지 않아 생산자는 시스템 도입에 대한 유인이 존재하지 않음.

- 이 경우에는 시스템 도입을 위해서는 정부의 지원이 요구되는데, 이는 소비자의 후생 증대분의 일부를 이전하는 것을 의미함.

○ 시스템 도입 비용이 돼지고기 500g당 1,093원에 이르면, 생산자의 후생 감소분은 소비자의 후생 증대분과 같게 되어, 시스템 도입에 따른 사회적 후생 증가분은 영(零)이 됨.

- 이 경우에는 시스템 도입의 유인이 존재하지 않음.

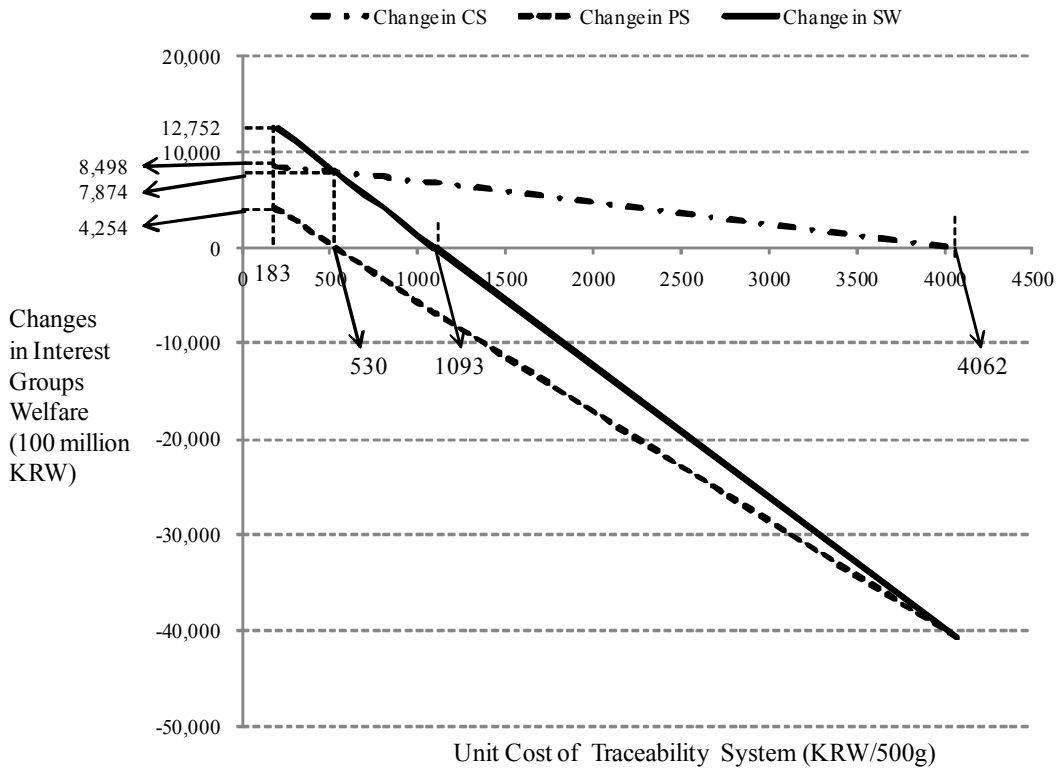
○ 시스템 도입비용이 돼지고기 500g당 4,062원을 넘어서면, 생산자의 후생은 물론이거니와 소비자의 후생도 마이너스가 됨.

- 이 경우, 생산자와 소비자 양측 모두 시스템 도입에 반대한다는 것을 의미함.

○ 결론적으로, 돼지고기 이력추적 시스템 도입에 있어서 소요되는 비용은 돼지고기 500g 당 최대 530원을 넘기지 않는 것이 요구된다는 것임.

- 유통단계 주체별 후생증가에 대한 분석 결과는 <표 3-2-8>에 나타나 있음.

<그림 3-2-3> 이력추적 시스템 도입 비용 변화에 따른 후생 변화



<표 3-2-8> 후생 증가의 유통단계 주체별 비교

Unit Cost of Traceability System =183 KRW/500g	Yearly Welfare Increase by Group (100 Mil.KRW)	Number of Business in 2008	Yearly Increased Welfare per Business/person (KRW)	Monthly Increased Welfare per Business/person (KRW)
Retailers (including Restaurants)	3,216	338,567	949,811	79,151
Wholesalers	620	8,220	7,544,103	628,675
Farmers (households)	418	7,681	5,441,930	453,494
Subtotal	4,254	-	-	-
Consumers (1,000 person)	8,498	47,000	18,081	1,507

다. 시스템 운영 현황 파악 및 제안

◎ 돼지고기 원산지표시 위반 현황

○ 국립농산물품질관리원(이하 품관원으로 줄임)에 의한 원산지 단속 결과를 통계청 기준에 따른 업태별과 그 위반 종류별로 구분, 정리한 것이 <표 3-2-9>임.

○ <표 3-2-9>에 의하면 단속장소 수는 제도 시행 2003년에 15만회 정도였는데 이

후 감소 추세를 보이다가 2008년에는 25만회 정도로 급격히 증가하였는데 이는 2008년부터 단속 대상에 일반음식점업과 기관구내식당업이 추가되었기 때문임.

○ 그에 따라 다른 업태의 단속 수는 이전에 비해 감소하였는데, 이는 제한된 단속인력으로는 어쩔 수 없는 선택으로 보여지며, 동시에 파급 효과가 큰 대형업소와 상대적으로 취약한 업소 중심으로 단속함으로써 그 효율을 높이고자 하는 변화가 나타남.

○ 위반종류별로 적발 건수를 비교해 보면, 상대적으로 허위표시는 전반적으로 감소 추세에 있으나 미표시는 큰 변화가 없는 것으로 나타남. 이는 원산지표시 위반에 따른 벌칙이 상대적으로 미표시의 경우가 작기 때문으로 보여짐.

<표 3-2-9> 국립농산물품질관리원 돼지고기 원산지표시 위반 현황(2003~2008년)

	단속장소 수(개소)						허위표시(건수)						미표시(건수)					
	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'03	'04	'05	'06	'07	'08
양돈업	531	788	339	1,009	989	702	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1
육류가공및 저장처리업	24,620	23,340	17,228	20,960	24,439	15,521	4	5	13	12	15	38	-	1	2	4	12	8
육류도매업	4,081	4,264	2,821	3,931	3,105	2,447	-	3	6	4	5	2	-	3	-	2	1	5
백화점	498	418	239	243	182	160	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
대형종합 소매점	11,513	12,876	7,584	9,189	9,918	8,911	1	2	1	2	6	4	2	18	10	6	1	5
슈퍼마켓	45,393	43,723	24,009	26,146	25,872	21,005	15	14	9	15	14	15	14	11	12	29	23	20
육류소매점	46,656	47,255	26,179	28,992	26,455	26,108	647	726	326	477	353	388	213	298	183	267	266	190
일반 음식점업	-	-	-	-	-	152,833	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
기관 구내식당업	-	-	-	-	-	8,724	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	16,697	16,727	12,274	10,898	15,292	10,094	2	1	1	4	5	4	2	2	2	6	12	3
계	149,989	149,391	90,673	101,368	106,252	246,505	669	751	356	514	399	455	232	334	209	314	315	232

비고 : 국립농산물품질관리원 기준 업태분류 위반 실적을 통계청기준에 맞춰 재정리함.

◎ 원산지 단속에 따른 유통단계별(업태별) 사업자의 반응

○ 품관원의 원산지 단속에 따른 유통단계별 사업자의 반응을 파악함으로써 향후 단속의 효율성을 증대시키기 위한 방안을 모색하기 위해 단속강도와 단속효율을 계산하였음.

<표 3-2-10> 업태별 사업체수(통계청 기준)

(단위 : 개)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
양돈업	53	108	103	114	121	122
육류가공및저장처리업	323	858	1,066	1,087	1,164	1,073
육류도매업	826	5,320	5,823	6,107	6,497	6,843
백화점	85	87	81	80	84	82
대형종합소매업	263	284	316	346	375	424
슈퍼마켓	965	6,898	6,638	6,902	7,138	8,060
육류소매업	201	24,941	22,449	22,488	22,857	22,049
일반음식점업	1,140	320,858	292,028	298,907	315,944	317,077
기관구내식당업	1,260	3,119	3,238	3,499	4,076	4,309

비고 : 2003년의 경우 법인체수만 조사됨.

<표 3-2-11> 업태별 단속강도

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	평균
양돈업	10.0189	7.2963	3.2913	8.8509	8.1736	5.7541	6.67
육류가공및저장처리업	76.2229	27.2028	16.1614	19.2824	20.9957	14.4651	19.62
육류도매업	29.8063	4.3872	2.9586	3.4321	3.7616	0.3576	2.98
백화점	5.8588	4.8046	2.9506	3.0375	2.1667	1.9512	2.98
대형종합소매업	43.7757	45.3380	24.0000	26.5578	26.4480	21.0165	28.67
슈퍼마켓	47.0394	6.3385	3.6169	3.7882	3.6245	2.6061	3.99
육류소매업	232.1194	1.8947	1.1662	1.2892	1.1574	1.1841	1.34
일반음식점업	-	-	-	-	-	0.4820	0.48
기관구내식당업	-	-	-	-	-	2.0246	2.02

비고 : 평균은 법인체만 조사한 2003년을 제외하여 계산한 수치임.

○ 업태별 단속강도는 특정업태 단속업체(장소)수를 특정업태 사업체수로 나눈 값으로 <표 3-2-10>와 <표 3-2-11>에 의해 계산한 그 결과는 <표 3-2-12>와 같음. 단속강도는 동일 업체를 반복 단속할 수 있기 때문에 1보다 클 수 있음.

○ 연평균 단속강도가 가장 강한 업태는 '대형종합소매업'이며 그 다음은 '육류가공 및 저장처리업'으로 나타남. 이는 제한된 인력으로 파급효과가 큰 곳을 집중적으로 단속함으로써 그 효율성을 높이고자 한 결과로 보임.

<표 3-2-12> 업태별 단속효율

	허위표시						미표시					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008
양돈업	-	-	-	-	-	0.1425	0.1883	0.1269	-	-	-	0.1425
육류가공및 저장처리업	0.0162	0.0214	0.0755	0.0573	0.0614	0.2448	-	0.0043	0.0116	0.0191	0.0491	0.0515
육류도매업	-	0.0704	0.2127	0.1018	0.1610	0.0817	-	0.0704	-	0.0509	0.0322	0.2043
백화점	-	-	-	-	0.5495	-	-	-	-	-	-	-
대형종합소매업	0.0087	0.0155	0.0132	0.0218	0.0605	0.0449	0.0174	0.1398	0.1319	0.0653	0.0101	0.0561
슈퍼마켓	0.0330	0.0320	0.0375	0.0574	0.0541	0.0714	0.0308	0.0252	0.0500	0.1109	0.0889	0.0952
육류소매업	1.3867	1.5363	1.2453	1.6453	1.3343	1.4861	0.4565	0.6306	0.6990	0.9209	1.0055	0.7277
일반음식점업	-	-	-	-	-	0.0020	-	-	-	-	-	-
기관구내식당업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

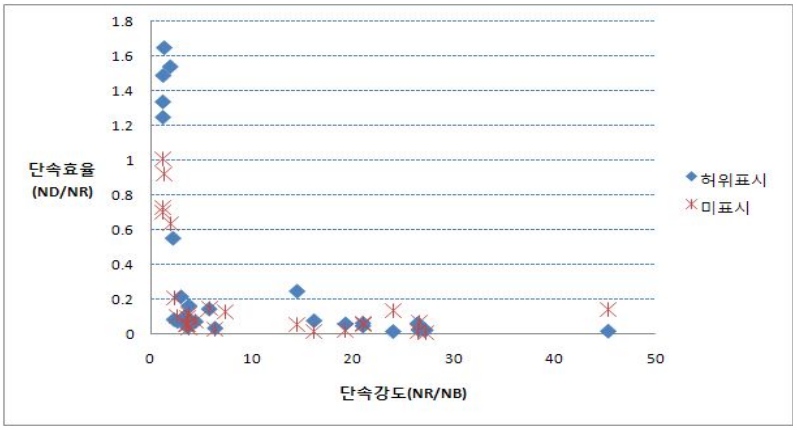
비고 : 단속효율(적발확률)(%) = 적발업체수(ND) / 단속업체수(NR) × 100

○ 업태별 단속효율은 특정업태 적발업체수를 특정업태 단속업체수로 나눈 값으로 그 결과는 <표 3-2-12>에 나타나 있음.

○ 단속강도와 단속효율(적발확률)간에 어떠한 관계에 있는지를 <표 3-2-11>와 <표 3-2-12>의 결과를 이용하여 그림으로 표시하면 <그림 3-2-4>과 같음.

○ <그림 3-2-4>에서 보여지듯이, 단속강도가 증가하면 육류 취급업체에 대한 단속효율은 허위표시와 미표시 경우 모두에서 감소하는 경향이 뚜렷하다는 것을 알 수 있음.

<그림 3-2-4> 단속강도와 단속효율간의 관계(2003~2008년, 업태 전체)



○ <그림 3-2-3>의 단속강도와 단속대비 적발효율간의 관계의 통계적인 의미를 보다 명확하기 위해 업태별로 상관계수를 추정하였는데, 그 결과는 <표 3-2-13>과 같음.

○ 상관계수에 있어서 '-'는, 단속강도가 증가하면 그에 따라 단속효율(적발확률 혹은 적발 수)은 감소하여 품관원 단속에 민감하게 반응한다는 것이며, 그 절대치는 단속에 대해 민감하게 반응하는 정도를 의미함.

○ <표 3-2-13>에 나타나듯이, 업태별로 상관계수가 다르며 또한 위반유형별로도 차이가 있음. 즉, 단속에 민감하게 반응을 보이는 업태는, 허위표시인 경우 '육류가공 및 저장처리업'과 '슈퍼마켓'이며, 미표시인 경우는 '육류도매업'과 '대형종합소매점'으로 나타났음.

○ 업태별로 그리고 위반유형별로 단속에 대한 반응하는 민감도가 다르다는 분석결과는, 품관원의 원산지 단속에 있어서 그 효율성을 증대시킬 수 있는 단속방식을 제시하고 수 있음. 즉, 단속에 민감하게 반응하는 업태 중심으로 단속을 강화하되, 원산지 판별 기술의 현장 적용 등 여건의 변화에 따른 단속의 효율성 제고를 바탕으로 덜 민감하게 반응하는 업태에 대한 단속을 강화할 수 있을 것임.

<표 3-2-13> 업태별 단속강도와 단속효율간의 상관계수

	육류가공 및 저장처리업	육류도매업	대형종합소매점	슈퍼마켓	육류소매점
허위표시	-0.7820	0.3414	-0.0066	-0.7124	0.8896
미 표 시	0.0220	-0.7549	-0.2770	-0.1146	0.2470

◎ 지역별 원산지표시 위반현황

○ 원산지표시 지역별 위반현황과 그 결과를 지역내 사업체수(<표 3-2-15>)와 비교한 위반업체 비율을 정리한 것이 각각 <표 3-2-14>과 <표 3-2-16>임. 위반업체 비율을 지역별로 보면 전남, 충남, 전북, 인천, 제주 순으로 높으며, 가장 낮은 지역은 서울로 나타났음.

<표 3-2-14> 지역별 위반현황

(단위 : 개소)

	허위표시						미표시						계
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008	(허위+미)
서울	114	116	57	65	71	57	25	44	19	25	18	15	626
인천	47	25	16	30	14	22	30	7	12	25	10	6	244
경기	142	117	46	133	82	101	60	76	45	76	70	49	997
충북	42	27	9	15	32	35	5	12	11	6	7	3	204
충남	51	47	31	24	18	16	8	7	10	13	3	2	230
대전	32	25	5	9	12	6	7	11	3	1	1	1	113
전북	35	24	9	17	13	14	17	22	18	21	27	26	243
전남	32	80	33	41	27	32	21	61	32	50	34	35	478
광주	12	17	16	28	12	38	9	17	15	16	28	15	223
강원	26	43	32	33	31	26	14	20	7	9	26	23	290
경북	12	23	10	22	17	24	14	12	16	33	33	30	246
경남	17	35	20	28	20	26	7	10	6	14	40	8	231
대구	36	43	25	30	18	34	1	3	11	21	7	6	235
울산	21	42	9	4	13	10	1	-	-	3	4	1	108
부산	46	70	32	31	18	9	3	5	2	-	7	6	229
제주	5	17	7	5	1	5	10	27	5	2	3	8	95
계	670	751	357	515	399	455	232	334	212	315	318	234	4,792

<표 3-2-15> 지역별 전체 사업체 수

(단위 : 개소)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계	비율(%)
서울	1,595	66,356	61,032	61,543	63,736	64,645	318,907	18.1
인천	211	16,081	14,404	14,693	18,665	15,719	79,773	4.5
경기	1,036	67,131	62,149	64,284	69,693	70,505	334,798	19.1
충북	211	13,151	11,950	12,625	13,327	13,480	64,744	3.7
충남	145	16,877	16,009	16,585	17,499	17,839	84,954	4.8
대전	194	10,526	9,208	9,634	10,307	10,560	50,429	2.9
전북	143	14,040	12,425	12,760	13,295	13,366	66,029	3.8
전남	108	15,923	14,810	14,997	15,227	15,223	76,288	4.3
광주	187	9,759	8,679	8,830	9,231	9,259	45,945	2.6
강원	141	18,143	16,774	17,139	17,937	18,071	88,205	5.0
경북	174	24,892	22,864	23,653	24,822	25,103	121,508	6.9
경남	236	27,733	25,540	26,359	27,797	27,924	135,589	7.7
대구	145	18,838	16,948	16,907	18,109	18,060	89,007	5.1
울산	75	8,967	8,189	8,309	8,880	8,894	43,314	2.5
부산	424	28,503	25,509	25,670	26,523	26,040	132,669	7.6
제주	47	4,959	4,602	4,806	5,208	5,351	24,973	1.4
계	5,072	361,879	331,092	338,794	360,256	360,039	1,757,132	100.0

○ 지역별 위반업체 비율 차이의 통계적인 의미를 명확하기 위해서 권역별로 구분, 정리하여 t-검정을 실시하였는데, 그 결과는 다음과 같음.

- 광역시와 지방/수도권과 중부권 : 위반업체 비율의 차이는 의미가 없음.
- 수도권과 남부권 : 위반업체 비율의 차이는 의미가 있음.
  → 남부권이 수도권보다 위반업체 비율이 더 높다고 판단할 수 있음.
- 중부권과 남부권 : 위반업체 비율의 차이는 의미가 있음
  → 남부권이 중부권보다 위반업체 비율이 더 높다고 판단할 수 있음.
- 영남권과 호남권 : 위반업체 비율의 차이는 의미가 있음.
  → 호남권이 영남권보다 위반업체 비율이 더 높다고 판단할 수 있음.

<표 3-2-16> 지역별 위반업체 비율

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계
서울	8.7147	0.2411	0.1245	0.1462	0.1396	0.1114	9.4760
인천	36.4929	0.1990	0.1944	0.3743	0.1286	0.1781	37.5673
경기	19.4981	0.2875	0.1464	0.3251	0.2181	0.2128	20.6880
충북	22.2749	0.2966	0.1674	0.1663	0.2926	0.2819	23.4794
충남	40.6897	0.3200	0.2561	0.2231	0.1200	0.1009	41.7097
대전	20.1031	0.3420	0.0869	0.1038	0.1261	0.0663	20.8282
전북	36.3636	0.3276	0.2173	0.2978	0.3009	0.2993	37.8065
전남	49.0741	0.8855	0.4389	0.6068	0.4006	0.4401	51.8460
광주	11.2299	0.3484	0.3572	0.4983	0.4333	0.5724	13.4396
강원	28.3688	0.3472	0.2325	0.2451	0.3178	0.2712	29.7825
경북	14.9425	0.1460	0.1137	0.2325	0.2014	0.2151	15.8459
경남	10.1695	0.1623	0.1018	0.1593	0.2159	0.1218	10.9305
대구	25.5172	0.2442	0.2124	0.3017	0.1381	0.2215	26.6350
울산	29.3333	0.4684	0.1099	0.0842	0.1914	0.1237	30.3110
부산	11.5566	0.2631	0.1333	0.1208	0.0943	0.0576	12.2256
제주	31.9149	0.8873	0.2608	0.1457	0.0768	0.2429	33.5283

비고 : 위반업체 비율(%) = (위반업체 수 / 전체 사업체 수)×100

◎ 원산지별 위반현황

○ 원산지별로 위반현황을 '국산과 수입산'의 혼합 그리고 '수입산 혼합'을 제외하여 허위표시와 미표시를 합한 단속건수(<표 3-2-17> 참조)

- 칠레 > 벨기에 > 미국 > 네덜란드 > 프랑스 > 헝가리 순으로 많이 적발
- 허위표시에만 국한시켜 본 원산지별 위반현황 역시 전체(허위표시 + 비표시)의 경우와 동일한 결과로 나타남.

<표 3-2-17> 원산지별 위반현황

	허위표시							미표시							계
	03	04	05	06	07	08	계	03	04	05	06	07	08	계	(허위+미)
국산 1)	-	3	1	4	6	13	27	66	114	70	94	148	67	559	586
혼합 2)	14	49	32	45	35	63	238	-	2	1	4	7	1	15	253
네덜란드	77	65	18	47	19	18	244	13	14	10	23	11	7	78	322
뉴질랜드	2	2	-	2	-	-	6	-	1	1	2	1	-	5	11
덴마크	45	36	14	9	6	2	112	14	20	12	2	6	4	58	170
멕시코	-	-	3	5	1	1	10	-	-	-	2	-	1	3	13
미 국	13	27	51	71	80	113	355	9	7	13	38	41	34	142	497
벨기에	206	170	73	67	51	22	589	51	55	30	34	13	14	197	786
스페인	-	1	5	13	13	13	45	-	1	2	6	5	4	18	63
스웨덴	1	1	2	1	-	1	6	-	3	-	-	-	-	3	9
영 국	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	0	2
오스트리아	20	-	15	32	25	30	122	5	-	5	14	10	7	41	163
인도네시아	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	0	1
중 국	1	2	1	1	1	2	8	-	-	-	-	1	2	3	11
칠 레	107	229	72	97	68	75	648	29	62	32	29	22	32	206	854
캐나다	14	11	12	24	39	49	149	6	5	2	12	11	9	45	194
폴란드	11	6	1	11	7	9	45	3	5	3	7	10	6	34	89
프랑스	33	67	19	43	17	10	189	10	19	15	21	9	9	83	272

핀란드	18	7	4	3	1	-	33	2	3	-	1	2	1	9	42
필리핀	-	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0	2
헝가리	75	32	14	31	23	24	199	14	11	9	15	10	11	70	269
호 주	21	28	10	7	6	3	75	4	4	6	10	9	5	38	113

비고 : 1)은 국산+수입산, 2)는 수입산 혼합

○ 원산지별 수입현황(<표 3-2-18> 참조)
- 미국 > 칠레 > 캐나다 > 프랑스 > 벨기에 > 네덜란드 순으로 많이 수입

○ 원산지별 위반물량(<표 3-2-19> 참조)
- 칠레 > 오스트리아 > 미국 > 벨기에 > 호주 > 네덜란드 > 헝가리 순으로 많음.

○ <표 3-2-18>과 <표 3-2-19>에 의거한 원산지별 수입량 대비 위반물량 비율(<표 3-2-20> 참조)
- 호주 > 벨기에 > 오스트리아 > 스웨덴 > 칠레 > 네덜란드 순으로 높음.

○ <표 3-2-17>과<표 3-2-19>에 의하여 계산한 원산지별 건당 위반물량(<표 3-2-21> 참조)
- 오스트리아 > 영국 > 호주 > 미국 > 스웨덴 > 칠레 > 벨기에 순으로 많음.

○ 이러한 분석결과 즉, 원산지별 적발건수, 위반물량, 건당 위반물량 등을 바탕으로, 주되게 원산지가 둔갑되는 수입국 중심으로 우선적으로 단속을 하게 되면, 단속의 효율성을 제고할 수 있을 것으로 판단됨.

<표 3-2-18> 원산지별 수입량

(단위 : 톤)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계
네덜란드	4,608	9,438	9,481	10,745	13,502	11,388	59,162
덴마크	3,429	9,791	8,576	10,033	11,101	6,502	49,432
멕시코	14	340	1,823	893	1,749	1,447	6,266
미 국	5,149	12,888	43,129	60,861	70,152	72,319	264,498
벨기에	13,222	16,769	16,886	18,538	16,852	14,211	81,388
스웨덴	45	1,026	1,180	282	734	292	3,559
스페인	-	1,654	4,997	8,261	11,234	7,813	33,959
영 국	-	247	957	877	827	-	2,908
오스트리아	1,811	6,854	7,312	10,970	14,006	16,386	57,339
칠 레	12,074	17,366	25,357	22,347	31,919	19,472	128,535
캐나다	3,376	8,692	20,205	26,059	29,504	28,476	116,312
폴란드	1,135	3,917	6,220	10,152	11,628	6,695	39,747
프랑스	7,278	12,493	18,291	18,245	21,562	17,274	95,143
핀란드	1,206	924	968	1,799	2,338	3,051	10,286
헝가리	6,610	5,428	6,866	9,635	10,205	8,966	47,710
호 주	832	1,001	1,178	691	320	79	4,101
계	60,790	108,829	173,426	210,388	247,633	214,371	1,000,345

비고 : 국립수의과학검역원자료. 검역합격기준으로 통계확정 전 잠정치임,

<표 3-2-19> 원산지별 위반물량

(단위 : 톤)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	계
네덜란드	25.4163	16.2649	13.3449	11.1013	12.9394	3.0380	82.1038
덴마크	13.7933	16.2528	3.9431	8.4369	2.8670	0.1488	45.4419
멕시코	-	-	0.1114	3.6604	0.0560	0.0880	3.9158
미국	0.8036	5.6327	19.7182	36.8313	69.2659	260.8916	393.1433
벨기에	39.0163	150.0749	61.5286	45.0253	20.0893	30.6562	346.3906
스웨덴	1.2640	1.0535	0.2186	0.0300	-	3.3150	5.8811
스페인	-	0.0316	1.6821	4.1129	11.0640	7.8699	24.7605
영국	-	-	-	0.0400	4.3650	-	4.4050
오스트리아	11.8272	-	91.6086	262.1009	161.6146	9.0557	536.2070
칠레	22.2025	184.9056	82.5227	105.1884	68.3199	79.2802	542.4193
캐나다	7.0317	0.8100	4.5111	10.2266	8.0762	20.5243	51.1799
폴란드	2.7906	0.2467	0.0482	4.1942	0.4808	11.3469	19.1074
프랑스	3.8712	16.6620	12.3430	7.2898	28.0364	3.8051	72.0075
핀란드	1.5553	0.2964	0.1455	1.2579	0.1470	0.0080	3.4010
헝가리	15.8339	8.1683	3.9836	10.0970	19.1003	24.8051	81.9882
호주	2.6944	4.7117	4.8327	87.1889	0.3328	27.1623	126.9228
계	148.0990	405.1111	300.5423	596.7818	406.7546	481.9951	2,339.2852

비고 : 허위표시 물량과 미표시 물량을 합하였음. 국산+수입산, 수입산 혼합 등의 경우를 제외한 단일국가수입산 기준

<표 3-2-20> 원산지별 수입량 대비 위반물량 비율

(단위 : %)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	평 균
네덜란드	0.5515	0.1723	0.1408	0.1033	0.0958	0.0267	0.18
덴마크	0.4023	0.1660	0.0460	0.0841	0.0258	0.0023	0.12
멕시코	-	-	0.0061	0.4099	0.0032	0.0061	0.07
미국	0.0156	0.0437	0.0457	0.0605	0.0987	0.3508	0.10
벨기에	0.2951	8.9384	0.3644	0.2429	0.1192	0.2157	1.70
스웨덴	2.8089	0.1027	0.0185	0.0106	-	1.1353	0.82
스페인	-	0.0019	0.0337	0.0498	0.0985	0.1007	0.06
영국	-	-	-	0.0046	0.5278	-	0.14
오스트리아	0.6531	-	1.2529	2.3893	1.1539	0.0553	1.10
칠레	0.1839	1.0648	0.3254	0.4707	0.2140	0.4071	0.44
캐나다	0.2083	0.0093	0.0223	0.0392	0.0274	0.0721	0.06
폴란드	0.2459	0.0063	0.0008	0.0413	0.0041	0.1695	0.08
프랑스	0.0532	0.1334	0.0675	0.0400	0.1300	0.0220	0.07
핀란드	0.1290	0.0321	0.0150	0.0699	0.0063	0.0003	0.04
헝가리	0.2395	0.1505	0.0580	0.1048	0.1872	0.2767	0.17
호주	0.3238	0.4707	0.4102	12.6178	0.1040	34.3827	8.05

<표 3-2-21> 원산지별 건당 위반물량

(단위 : kg)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	평 균
오스트리아	473.1	-	4580.4	5,697.8	4,617.6	244.7	3,289.6
영국	-	-	-	40.0	4,365.0	-	2,202.5
호주	107.8	147.2	302.0	5,128.8	22.2	3,395.3	1,123.2
미국	36.5	165.7	308.1	337.9	572.4	1,774.8	791.0
스웨덴	1,264.0	263.4	109.3	30.0	-	3,315.0	653.5
칠레	163.3	635.4	793.5	834.8	759.1	740.9	635.2
벨기에	151.8	667.0	597.4	445.8	313.9	851.6	440.7
스페인	-	15.8	240.3	216.5	614.7	462.9	393.0
헝가리	177.9	190.0	173.2	219.5	578.8	708.7	304.8
멕시코	-	-	37.1	522.9	56.0	44.0	301.2
덴마크	233.8	290.2	151.7	767.0	238.9	24.8	267.3
프랑스	90.0	193.7	363.0	113.9	1,078.3	200.3	264.7
캐나다	351.6	50.6	322.2	284.1	161.5	353.9	263.8
네덜란드	282.4	205.9	476.6	158.6	431.3	121.5	255.0
폴란드	199.3	22.4	12.1	233.0	28.3	756.5	214.7
핀란드	77.8	29.6	36.4	314.5	49.0	8.0	81.0
평 균	184.9	455.7	664.9	882.8	788.3	937.7	606.3

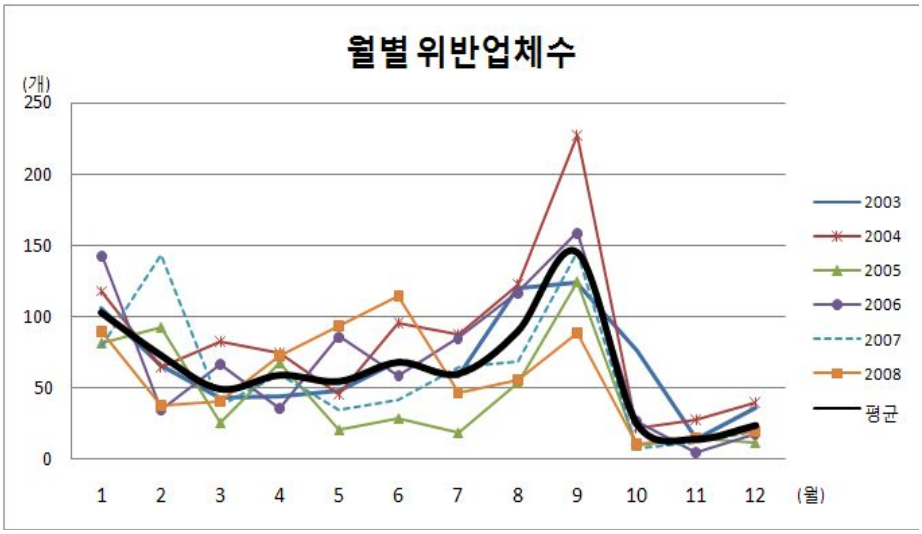
◎ 월별 적발 현황

○ 원산지 위반업체 수를 월별로 보면 8~9월에 집중됨을 확인할 수 있음.(<표 3-2-22>와 <그림 3-2-5> 참조

<표 3-2-22> 월별 위반현황

	허위표시						미표시					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1월	80	85	49	83	58	51	26	33	33	60	21	39
2월	39	40	57	20	82	23	27	25	36	15	61	15
3월	36	61	19	51	19	21	7	22	7	16	19	20
4월	31	47	44	25	15	48	13	28	24	11	45	25
5월	37	37	18	57	19	65	11	9	3	29	16	29
6월	59	72	21	44	29	82	10	24	8	15	13	33
7월	44	69	13	57	41	39	14	19	6	28	24	8
8월	104	91	33	72	45	44	16	32	21	45	24	12
9월	89	138	65	77	66	50	35	89	60	82	79	39
10월	37	16	8	16	5	6	39	6	2	11	3	5
11월	5	19	11	2	8	15	9	9	4	3	4	-
12월	22	27	11	12	11	19	14	13	1	6	9	1
계	583	702	349	516	398	463	221	309	205	321	318	226

<그림 3-2-5> 월별 위반 현황

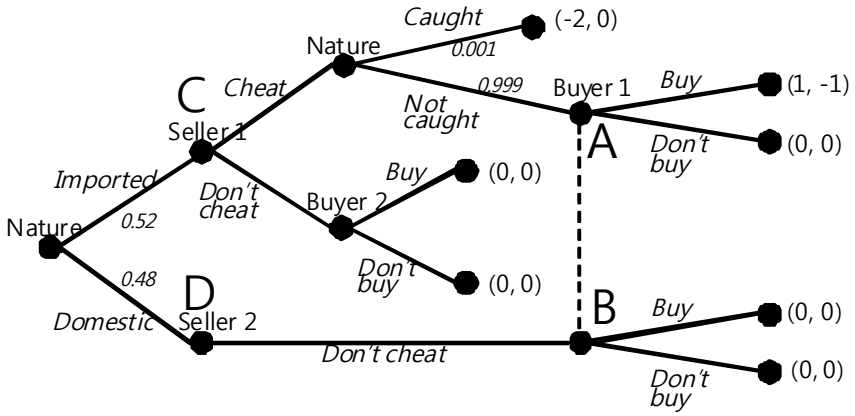


비고 : 허위표시 + 미표시

라. 유통업자 행태모형의 개발

◎ 돼지고기 원산지 표시제도가 시행될 때 유통업자와 소비자들이 어떻게 행동할 것인가는 베이지안 게임(Bayesian Game) 모형을 구성될 수 있음. 베이지안 게임은 참가 선수들간에 정보비대칭성이 존재할 때, 참가선수들의 행태를 모형화할 수 있음. 수입돼지고기와 국산돼지고기를 라벨링(labelling)을 믿고 구입하지만 실제로 수입인지 국내산인지는 모르는 소비자와 자신이 유통시키는 돼지고기가 국내산인지 수입산인지를 알고 있는 유통업자의 게임으로 묘사될 수 있음. 가장 단순한 2인의 판매자와 1인의 소비자의 경우를 그림으로 나타내면 <그림 3-2-6>과 같음.[1)]

<그림 3-2-6> 단순화된 돼지고기 원산지 표시 게임



Seller type 1: Seller selling imported beef
Seller type 2: Seller selling domestic beef

1) Song, Yanghoon, 2010, A Composite Approach of Information Theory and Bayesian Game Theory to Information Asymmetry in Korean Beef Market: Estimation of Information Entropy as a Measure of Information Asymmetry, Korean Review of Agricultural Economics, Vol.51, No.3, Sept, 2010

Buyer type 1: Buyer buying domestic beef labeled beef
Buyer type 2: Buyer buying imported beef labeled beef

◎ 위 그림에서 우선 판매자가 수입 돼지고기를 판매하는 업자인지, 국내산 돼지고기를 판매하는 업자인지(type)는 자연(Nature)이 결정한다. 즉, 판매업자가 소비자 구매당시 수입산을 판매하는지(seller 1) 국내산을 판매하는지(seller 2)는 확률에 의하여 결정되며, 이는 국내산과 수입산의 유통비율로 대체될 수 있다. 위의 예에서는 수입산이 52%, 국내산이 48% 수요되므로, 이를 판매업자의 각 type에 대한 확률로 정의하였다.

◎ 이 경우, seller 1이 위반(수입산을 국내산으로 속이기)하는 전략을 선택한다면, 품관원에 의하여 적발될 확률이 0.1%, 적발되지 않을 확률이 99.9%라고 가정한다. 만일 자연(Nature)이 적발(caught)을 선택한다면, 위반업자의 보상은 -2(2를 벌금으로 납부)가 되고, 이 경우 소비자는 소비를 하지 않게 되므로 보상은 0이 된다.

◎ seller 1이 위반 전략을 선택한 경우 적발되지 않는다면(Not caught) 소비자는 구매할 경우 속았으므로 1을 손해 보게 되고(보상=-1), seller 1은 추가적으로 1만큼 이익(보상=1)을 보게 된다. 만일 소비자가 구매하지 않는다면(Don't buy), 판매자와 소비자는 손해도 이익도 보지 않게 되므로 보상은 모두 0이 된다.

◎ Seller 1이 위반을 하지 않는다면(Don't cheat) 소비자가 구매하는 경우 정당한 가격을 주고 수입산을 수입산으로 구매하였으므로 이 게임으로 인해 모두 이익을 보거나 손해를 보지 않게 된다. 따라서 보상은 모두 0이다. 소비자가 판매자를 믿지 못하여 구매하지 않는 경우에 누구도 거래로 인하여 손해를 보지 않았으므로 보상은 모두 0이 된다.

◎ 자연(Nature)이 국내산(Domestic)을 선택하는 경우 판매자는 국내산을 판매하므로, 이를 수입산으로 판매(국내산을 수입산으로 속여 판매)할 이유가 없어지게 된다. 따라서 국내산을 판매하는 Seller 2는 한가지의 전략, 즉, 국내산을 국내산으로 판매하게 되며, 이를 소비자가 구매하던, 구매하지 않던 간에, 이 거래는 공정한 거래이므로, 이 게임에서의 보상은 모두 0이 된다.

◎ 위 그림에서 원산지에 대한 정보 비대칭성은 소비자(Buyer 1)에서 발생하며, 이는 소비자가 자신이 어떤 의사결정점에 도달했는지 알 수 없음을 표시한 점선으로 표시되어 있다. 즉, 소비자는 구매결정시, 자신이 1) 수입산을 판매하는 판매자가 위반하고, 적발되지 않게 되어 소비의사결정점 A에 있는지, 2) 국내산을 판매하는 판매자가 위반하지 않아서 B에 있는지를 구별할 수 없다(또는 A,B 2개 의사결정점이 동일한 정보집합(information set)에 있다). 이에 반하여 판매자는 자신이 어떤 전략을 선택하였고, 이에 따라 어떤 점에 와 있는지를 정확하게 알고 있다(또는 C,D 2개 의사결정점이 다른 정보집합(information set)에 있다). 이런 의미에서 베이지안 게임은 비대칭정보게임(Asymmetric Information Game) 또는 불완전정보게임(Incomplete Information Game)이라고 부르며, 전략의 선택이 확률적으로 이루어고 이에 따라 소비자의 전략선택(몇 %의 확률로 구매하는가) 및 판매자의 전략선택(몇 %로 위반하는 것이 최적인가)이 정하여 지게 된다. 따라서, 베이지안 게임(Bayesian Game)이라고 부르기도 한다.

◎ 위 게임을 풀면 6개의 가능한 해를 찾을 수 있다. 이를 표로 나타내면 <표 3-2-23>

과 같다. 이를 보면, 모든 type의 판매자들은 위반을 하지 않는 것이 기대된다. 판매자 2(seller 2)는 국내산을 수입산으로 더 낮은 가격을 판매할 유인이 없으므로 당연히 원산지를 속이지 않을 것이다. 판매자 1(seller 1)은 속일 유인이 있으나, 적발확률이 아주 낮더라도(0.1%) 위반을 하지 않을 것이 기대되어 흥미롭다. 그러나 문제는 소비자들에게 있어 보인다. 즉, 국내산으로 라벨링된 돼지고기를 사는 소비자 1(Buyer 1)은 구매할 확률이 모든 가능한 균형에서 100%에 가깝다. 따라서, 정보비대칭성이 존재한다는 것 자체가 국내산 돼지고기의 소비가 성장할 수 없는 이유가 된다. 흥미로운 것은 수입산으로 라벨링된 돼지고기를 구매하는 소비자들의 경우도 균형점 #4,5,6의 경우는 불매할 것을 기대할 수 있다는 것이다.

<표 3-2-23> '단순화된 돼지고기 원산지 표시 게임'의 6개 균형(Equilibria)

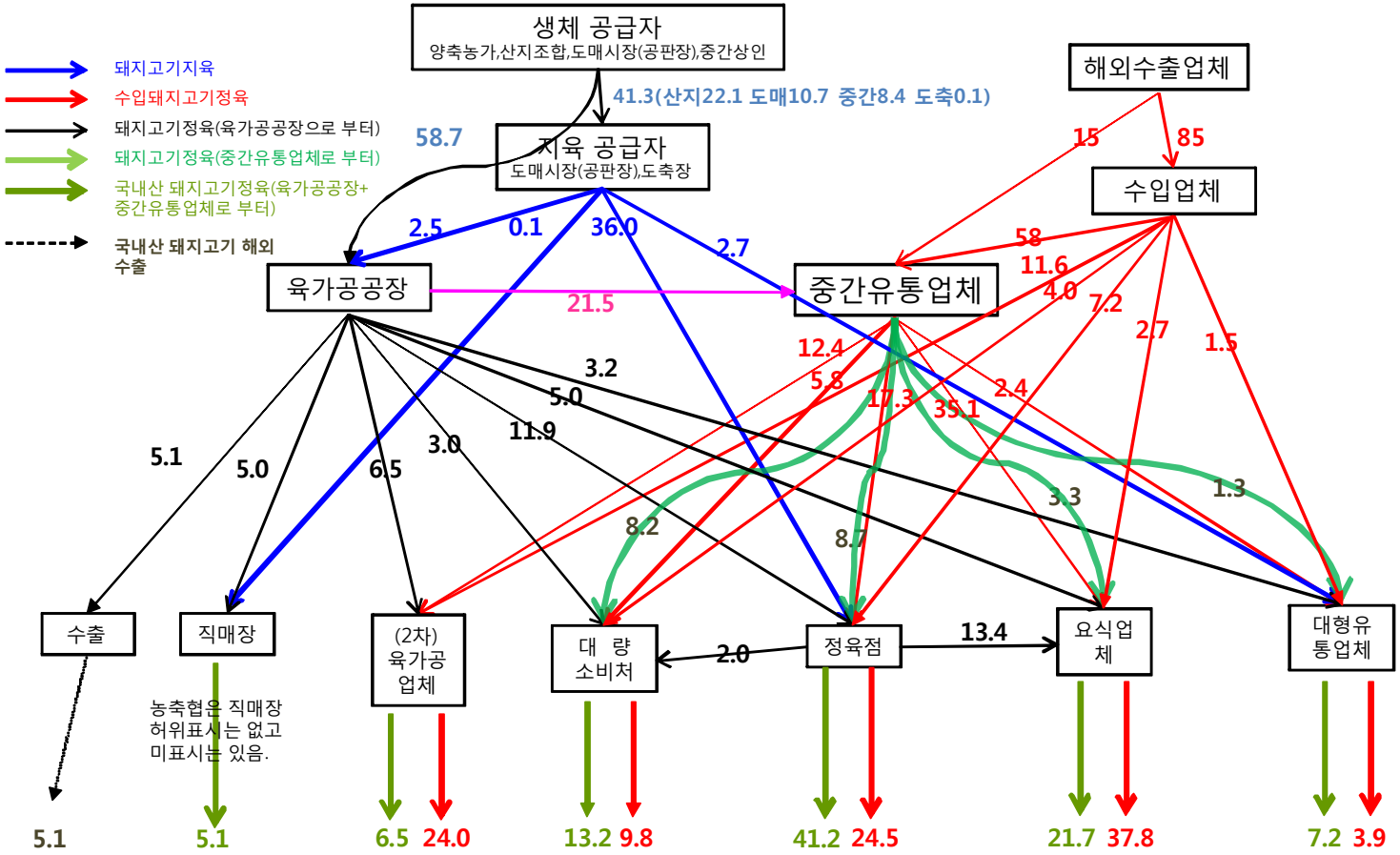
Equilibri-um #	Seller 1		Seller 2	Buyer 1		Buyer 2	
	cheat	don't cheat	don't cheat	buy	don't buy	buy	don't buy
1	0	1	1	2/999	997/999	1	0
2	0	1	1	2/999	997/999	997/999	2/999
3	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	1	2/999	997/999	2/999	997/999
5	0	1	1	2/999	997/999	0	1
6	0	1	1	0	1	0	1

◎ 이상은 전술한대로 판매자 2인, 소비자 1인의 가장 간단한 경우의 베이지안 게임에 대한 설명이었다. 하지만 우리나라 돼지고기 시장은 <그림 3-2-7>에 나타난 바와 같이 훨씬 복잡하다. 즉, 실제 이 모형을 이용하기 위해서는 자연(nature), 소비자, 돈육농가, 해외수출업체를 제외하고도 10개 형태의 추가적인 선수가 고려되어야 한다. 따라서 <그림 3-2-8>과 같은 베이지안 게임을 구성하였다. 이러한 모형을 구성하기 위하여 GAMBIT 0.2010.09.01.을 사용하였다.[2] 이 모형에 필요한 parameter들은 <그림 3-2-1>의 2009-2010의 '시스템 운영 현황파악' 모듈에서 추출된 자연(Nature)의 전략선택 확률들과, 각 유통업태에 따는 적발확률들이다.

◎ 2011년의 연구 계획은 개발된 베이지안 게임모형에 2010년에 추출된 parameter와 베이지안 모형을 이용하여 각 소매단계에서 업태별 위반확률을 계산하는 것이다. 이렇게 계산된 위반확률을 가지고 우리나라 돼지고기시장의 정보비대칭성을 지표화하여 원산지표시제도를 관리(monitoring)하도록 제안하는 것이다.

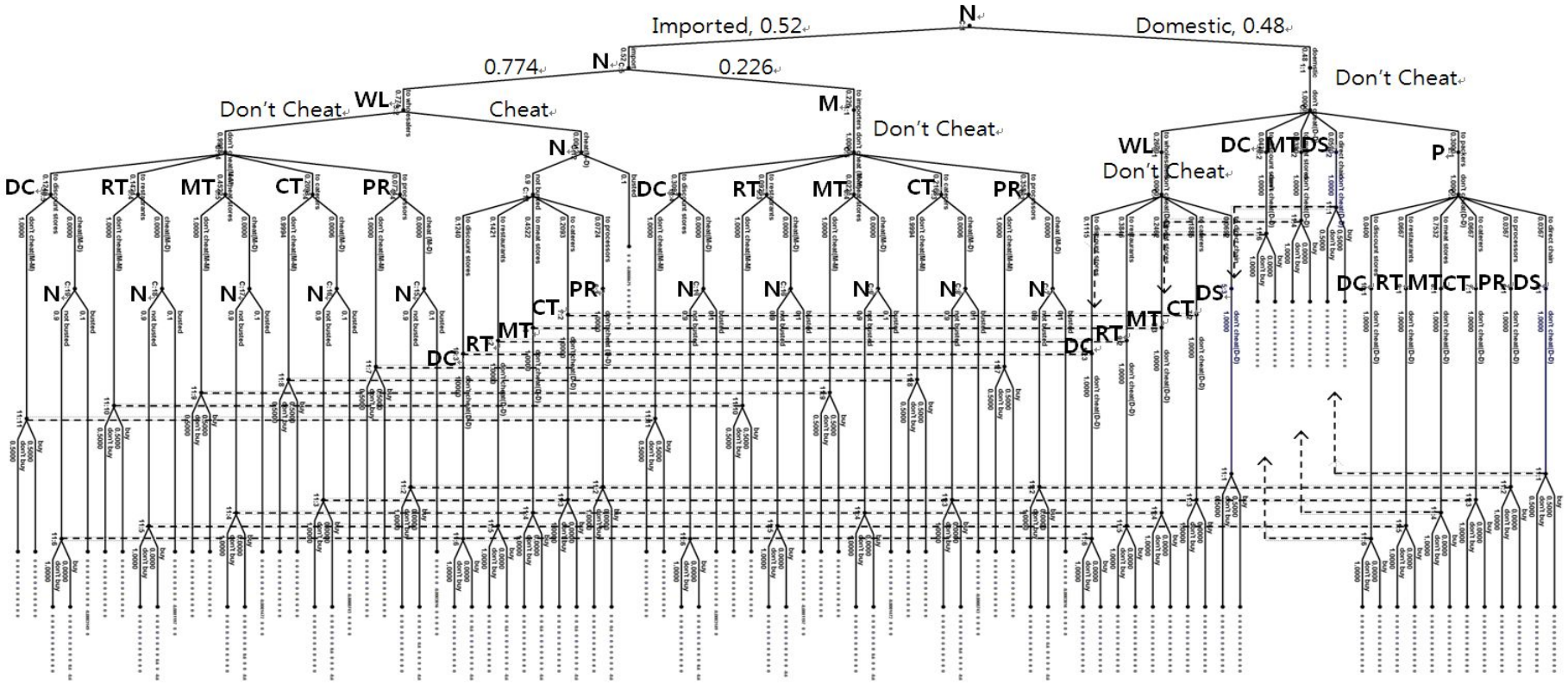
2) McKelvey, Richard D., McLennan, Andrew M., and Turocy, Theodore L. (2010). Gambit: Software Tools for Game Theory, Version 0.2010.09.01. http://www.gambit-project.org

<그림 3-2-7> 우리나라 돼지고기 시장의 유통구조 및 유통경로별 유통비율



2009 식육편람, 한국육류유통수출입협회, 2009, 177 ~ 178p
(원자료; 가축 유통실태 조사 및 개선방안, 농수산식품부-한국육류유통수출입협회, 2005)

<그림 3-2-8> 우리나라 돼지고기 시장의 베이지안 게임으로의 구성



N: Nature
M: Importers
ST: Slaughters
P : Packers
DS: Direct Sales
MT: Meat Stores
DC: Discount Stores
WL: Wholesalers
PR: Processors
CT: Caterers
RT: Restaurants
None: Consumers

마. 해외 돼지고기 이력추적제 도입사례 분석을 통한 시사점

◎ 이력추적 시스템 참여(관련) 사업자의 이해와 협력

○ 이력추적제의 도입 목적에 대한 명확한 규정

- EU에서는 핵심사항인 추적요건을 모든 단계, 모든 품목에서 준수하도록 유도하고, 나머지 사항은 자율적으로 선택하도록 하고 있음
- 도입목적에 따라 필수적이고 핵심적인 사항만을 관리함으로써 그에 따른 시스템 관리유지비용이 절감할 수 있음.
- 나머지 사항에 대해서는 자율적으로 선택하게 함으로써 관련 사업자가 시스템 도입 및 관리유지 비용을 절감할 수 있기에, 그들의 참여 유도가 용이해짐. 특히 도축가공업자의 경우 시스템 도입에 따른 설비투자, 관리노력, 모니터링에 대한 감사비용 등 막대한 비용이 요구되나 편익은 그리 높지 않다는 점(호주의 사례, 본 세부과제의 분석결과)을 고려할 때 더욱 그러함.
- 인력 확보가 어려운 농장 단계에서 정보의 기록, 관리 작업을 최소화할 수 있도록 하고 또한 정보입력의 최소화를 위한 입력형태를 제공할 수 있음으로 해서 생산자의 참여 노력을 제고할 수 있음.

○ 직접적인 이해당사자의 자발적인 참여와 적극적인 협력

- 제도의 도입이 국가단위보다 업체 중심의 각종 위원회에서 접근하는 경우(네덜란드) 그리고 참여 사업자의 자조노력 뿐만 아니라 호주축산공사와 정부를 포함하는 조직간 제휴를 통해 추진되는 경우(호주) 등은, 육류 수출이 중요한 사안이기에 안전성을 확보함으로써 신뢰를 획득하겠다는 적극적인 전략이 깔려 있기 때문임.
- 이력추적제와 품질관리시스템을 연계 도입(프랑스)함으로써 참여 사업자에게 직간접적인 이익을 제공하여 그들의 자발적인 참여가 가능해짐.
- 제도 도입에 따라 안전성의 문제가 발생할 경우 그 책임 소재가 명확하게 규명되어 문제 제공자는 막대한 경제적 손실을 입게 되기 때문에, 업체가 자율적으로 소비자의 신뢰 확보를 위해 노력함.

◎ 제도적인 보완·정비

○ 시스템 도입에 참여토록 경제적인 유인을 제공해야 함.

- 네덜란드의 경우, 1992년부터 실시한 '통합계열컨트롤체계(IBK, Integrate Chain Control System)'를 바탕으로 하고 있는데, IBK 도입 초기에는 물량 확보 등의 문제로 제도 정착이 어려웠으나, 가축의 법적 소유권을 갖고 있는 도축업계에게 IBK 가입을 전제로 사업 초기 5년 동안 생산농가에게 돼지 1마리당 2~3 유로의 프리미엄을 지급하여, 현재 돼지고기 총생산량의 95% 정도가 IBK 제품임.
- 시스템 도입에 따른 생산성 저하(라벨 등의 장착에는 시간이 소요)라는 문제가 발생하기에, 단계별 참여 사업자가가 생산성 저하를 감수할 수 있는 경제적 유인 제공이 요구됨.

○ 관련 법률 정비

- 이미 한국에서 시행하고 있는 쇠고기 이력추적에서 나타난 문제는 다음과 같음. 정해걸 의원이 농림수산식품부로부터 제출받은 '쇠고기 이력추적제 사업 추진 현황' 자료를 받아 분석한 결과 "쇠고기 이력추적제 시행 15개월 동안 총 920건(미표시 648건, 거짓표시 172건)이 위반 적발됐고, 그 중 대형업소가 30건인 것으로 나타났다. 가공·포장처리업소의 경우 47건(개체식별번호표시 위반 34건, 장부기록 관련 위반 13건)이 위반 단속으로 과태료 처분을 받았다. 이처럼 업소들의 쇠고기 이력추적제의 위반 사례가 많은 이유는 가공·포장단계가 전산이 아닌 수기로 장부에 기록하기 때문인 것으로 드러났다"(국민일보, 2010년 10월 1일자)는 것임. 현행법(소 및 쇠고기 이력관리에 관한 법률 시행령 제2조, 시행규칙 제5조)은 가공·포장처리단계의 전산처리는 10인 이상 업소일 경우에만 의무적으로 하게 돼 있을 뿐, 10인 미만인 업소에서는 신청할 경우 가능하도록 돼 있음.

○ 모니터링시스템과 인증시스템의 도입

- 프랑스에 있어서는 이력추적제와 품질관리시스템에 대해 대외적으로 입증할 수 있는 검사체계와 인증시스템이 일반화되어 있음.
- 호주의 경우도, 제3자 기관이 모니터링 기능을 담당하여 정기적인 감사를 시행하고 있음. 감사성적이 좋으면 감사횟수를 줄여주는 인센티브 제도를 채택하고 있음.
- 생산자가 기재하는 개체정보에 대한 오류가능성이 높기 때문에 더욱 필요함. 이는 우리나라에서 이미 시행하고 있는 쇠고기 이력추적제에서 구체적으로 발생하고 있다는 점을 교훈으로 삼아야 함. "기초자료가 되는 이력정보에 오류가 있는 소가 9만 여두나 되는 것"(한국농어민신문, 2009년 5월 14일자)으로 보도하고 있음.

○ 관리·감독기관의 일원화

- 한국의 경우, 관련 법률이 이원화에 따라서 쇠고기 이력제와 원산지표시제를 관리·감독하는 기관의 이원화로 인한 업무의 비효율과 혼선이 발생함. 즉, 모든 음식점이 단속 대상인 '농산물품질관리법'과 100㎡(30평) 이상이 대상인 '식품위생법'의 적용이 그것임.

◎ '식품법의 일반원칙과 유럽식품 안전기관 설립 및 식품안전에 관한 유럽의회 및 이사회 규칙(EC)No 178/2002'

○ 규칙에서 '트레이스어빌리티'를 "생산, 가공 및 유통의 모든 단계를 통해 식품, 사료, 식품생산용 동물 또는 식물과 사료에 의도적으로 함유의 여부 또는 예상되는 물질을 추적하여 역추적할 수 있는 능력"으로 정의(제3조제15항)

○ 식품사업자에게 다음과 같은 사항을 요구

- 제품을 누가 누구에게 공급하였는가를 확인할 수 있어야 할 것
- 소관관청의 도움을 얻어 소관관청이 상기의 정보를 이용 가능하도록 하는 시스템과 절차를 갖출 것

○ 이 요건은 '일보 전과 일보 앞 접근방법'이라는 방법에 대응할 수 있는 것이어야

하며, 식품사업자에게 다음의 3가지를 수행하도록 함

- 제품을 직접 공급하는 자와 공급선을 해당 사업자가 확인할 수 있는 적절한 시스템을 갖출 것
- 공급된 제품과의 관련을 확립할 것(즉, 어떤 제품이 어떤 공급자로부터 공급되었는가를 확인할 것)
- 공급된 제품과의 관련을 확립할 것(즉, 어떤 제품을 어떤 공급선에게 공급하였는가를 확인할 것. 단, 식품사업자는 제품의 직접 공급선이 최종소비자일 경우에는 그 공급선을 확인할 필요는 없다).

○ 식품의 안전 확보를 위한 제1의 책임이 식품사업자에게 있다는 점을 전 분야로 확대한 것임.

- 식품에 문제가 발생할 경우 사업자가 책임지고 식품을 회수하도록 규정하였으며, 그 담보조치로써 트레이스어빌리티의 확보를 전제하고 있음.

○ 이 규칙의 의의는, 식품 또는 사료의 직접 공급한 자와 공급선을 확인할 의무를 '모든 식품사업자'에게 부과한다는 점을, 명확히 규정한 최초의 규칙으로써 식품사업자에 대한 일반적인 의무가 창설되었다는 데에 있음.

- 목표와 성과에 대해서는 규정되어 있지만, 어떻게 하여 그 성과를 얻을 수 있을 것인가에 대해서는 규정되어 있지 않은데, 이는 총괄적인 내용만을 보여주는 방식으로써 이력추적에 있어 식품사업자에게 보다 많은 유연성을 제공하고 있음.
- 그에 따라 식품사업자가 가장 적은 비용으로 가장 효율적인 이력추적 시스템을 갖출 수 있게 되며, 이를 위해 식품사업자에게 관련된 규칙 준수를 위한 비용 절감과도 연결되어 있음.(「GAP·농산물이력추적관리제도 해외 운영 실태 결과」, "EU, 식품트레이스어빌리티 매뉴얼", 농림수산식품부, 2008 참조)

3. 정보엔트로피를 이용한 돼지고기 시장의 정보비대칭성의 계측
- 원산지표시의 효과 분석과 그에 따른 활용도 제고 방안 -

가. 연구 목표

◎ 원산지표시제가 시행되면 공급자 측에서는 비용이 증가하지만, 수요자 측에서는 편익이 발생하므로 그 경제적 효과는 대부분 정(+)으로 나타나기 때문에 원산지표시제도 시행의 경제적 당위성은 확보됨. 하지만 이러한 분석은 원산지표시가 효과적으로 시행된다는 가정 하에 전개가 가능함.

◎ 원산지표시제가 본격 시행된 2003년 이후 원산지표시제는 상당히 정착되었다는 정성적인 판단임. 하지만 거짓표시나 미표시로 인한 경제적 유인이 사라지지 않는 한, 지속적인 제도의 관리, 운영 없이는 정보비대칭성으로 인한 도덕적 해이(정보의 비대칭성이 계약-거래 이전에 발생해 야기되는 정보비대칭성의 폐해)는 사라지지 않음. 따라서 어떻게 어느 수준으로 원산지표시제를 관리, 감독해야 하는가 하는 surveillance의 문제가 제기됨.

◎ 따라서 원산지표시제의 위반 및 단속실태를 관측 가능한 자료를 토대로 분석하고, 관측되지 않는 위반업체수 등은 게임이론(Game Theory)을 통하여 '계산'해 내며, 관리 실태와 최적의 가정된 상황을 비교하여, '벌금'과 '단속'이라는 두 관리 축을 어떻게 운용할 것인지에 대한 제안을 하고자 함.원산지표시제의 위반 및 단속 실태 분석

◎ 농식품 원산지표시제의 개황

○ 1991년 "대외무역법" 등에 의하여 실시되었으나, 2010년 2월 "농수산물의 원산지 표시에 관한 법률"이 제정되어 관련규정이 통합되어 실시되고 있음.

○ 농관원이 단속자료를 축적하기 시작한 것은 1994년이며, 1994년 178개 품목에 대하여 단속을 하였고 2010년 현재 622개 품목에 대하여 단속을 실시하고 있으며, 단속대상업체수도 1995년 24만여 개에서 2010년 120만여 개로 확대되었음.

○ 특히 음식점은 2008년 이후 단속대상으로 편입되었으며, 분류된 업태 중 가장 많은 단속대상 업체가 있어 (2009년 현재 63만여 개) 집중적으로 단속되어 왔음.

◎ 단속 현황

○ 단속은 농관원을 중심으로 전담반, 일반, 지원반으로 구분하여 수행되고 있으며 지자체도 일부 단속을 담당하고 있음.

○ 지자체 중 별도로 특별사법경찰조직을 구성한 시도는 서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 경기도, 충청남도임.

○ 조사인원은 <표 3-2-24>에서 나타난 바와 같이 1990년대 중 2만여 명에서 2004년까지 37천명으로 증가-유지하다가, 2005년 예산삭감과 더불어 26천여 명으로 급락하게 되었음. 따라서 적발된 위반업소수도 반감하였음. 이후 점차적으로 조사인원이 보강되어 2010년에는 사상 최대인 111천여 명이 투입되었고, 위반업소 수는 5천여 업체로 유지되고 있음.

○ 이러한 단속노력에 부응하여, 원산지표시 이행은 <표 3-2-25>와 같이, 1994년 62%가 적정하게 이행하였으나, 2009년에는 97.6%가 적정하게 이행하고 있는 것으로 조사되어 원산지표시제가 정착되고 있다고 판단됨.

<표 3-2-24> 원산지표시 단속실적 추이

년도	조사 인원	조사 업소수	위반 업소수	위반업소 조치내역				
				허위표시			미표시	
				고발 (개소)	수사 (개소)	계 (개소)	과태료 (개 소)	금액 (만원)
1995	22,886	226,120	4,724	238		238	4,486	16,549
2000	37,537	258,769	7,430	212	2,565	2,777	4,653	57,619
2005	25,855	122,435	3,231	53	1,698	1,751	1,480	20,000
2010	111,628	391,116	4,894	81	2,991	3,072	1,822	78,963

자료 : 국립농산물품질관리원

<표 3-2-25> 원산지표시 이행실태 조사결과

단위 %

년도	1994	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2008	2009
적정	62.2	82.0	90.4	94.8	95.9	96.1	96.9	97.3	97.5	97.6
부적정			5.3	3.2	1.7	2.0	1.1	1.1	1.0	0.7
미표시			4.3	2.0	2.4	1.9	2.0	1.6	1.5	1.7

자료 : 국립농산물품질관리원

<표 3-2-26> 품목별-업태별 단속시 적발확률 (적발수/단속수): 돼지고기

농식품 업종	년 단속 사업체수(Number of Raids)				거짓표시 적발수(ND; Number of Disclosure)				미표시 적발수(ND; Number of Disclosure)				거짓표시 적발확률(%, Prob of ND)				미표시 적발확률(%, Prob of ND)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
생산업체	205	245	135	143									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
생산자기타	1,009	989	702	754			1				1	3	0.0000	0.0000	0.1425	0.0000	0.0000	0.0000	0.1425	0.3979
수입상	75	68	31	26									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
임도정공장	881	1,898	1,975	2,313									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
도매상	2,734	2,083	1,786	1,405	2		2	3	1	1	5	1	0.0732	0.0000	0.1120	0.2135	0.0366	0.0480	0.2800	0.0712
가공업체	20,960	24,439	15,521	17,592	25	15	38	27	8	12	8	12	0.1193	0.0614	0.2448	0.1535	0.0382	0.0491	0.0515	0.0682
종묘상	10	29	7	4									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
소분업자	89	416	400	295						1			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2404	0.0000	0.0000
식자재납품업	1,197	1,022	661	748	2	3		1	2			1	0.1671	0.2935	0.0000	0.1337	0.1671	0.0000	0.0000	0.1337
백화점	243	182	160	251		1							0.0000	0.5495	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
할인매장	4,628	4,944	4,645	6,878	3	6	3	2	5	1	1		0.0648	0.1214	0.0646	0.0291	0.1080	0.0202	0.0215	0.0000
슈퍼	26,146	25,872	21,005	31,263	15	14	15	11	30	23	20	19	0.0574	0.0541	0.0714	0.0352	0.1147	0.0889	0.0952	0.0608
농축협	4,561	4,974	4,266	6,259			1	2	1		4		0.0000	0.0000	0.0234	0.0320	0.0219	0.0000	0.0938	0.0000
양곡상	9,161	11,054	7,442	9,415									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
식육점	28,992	26,455	26,108	57,350	472	365	388	176	290	268	190	189	1.6280	1.3797	1.4861	0.3069	1.0003	1.0130	0.7277	0.3296
건어물상	2,745	2,122	1,418	1,500									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
청과상	5,252	4,843	3,211	4,289	1								0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
한약상	4,911	6,475	5,710	9,331									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
노점상	3,482	3,160	1,603	2,422		1		1		2	2	4	0.0000	0.0316	0.0000	0.0413	0.0000	0.0633	0.1248	0.1652
전자상거래-통신신판매업	40	55	29	36									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
일반음식점			**150,188**	**143,489**		1	3	1008				202			0.0020	0.7025			0.0000	0.1408
집단급식소			8,420	7,419				22				19			0.0000	0.2965			0.0000	0.2561
휴게음식점		87	2,645	2,711				5				3		0.0000	0.0000	0.1844		0.0000	0.0000	0.1107
위탁급식소			304	1,774				11				7			0.0000	0.6201			0.0000	0.3946
기타					4	5	4													
계	**117,321**	**121,412**	**258,372**	**307,667**	**524**	**411**	**455**	**1,269**	**337**	**308**	**231**	**460**	0.4466	0.3385	0.1761	0.4125	0.2872	0.2537	0.0894	0.1495

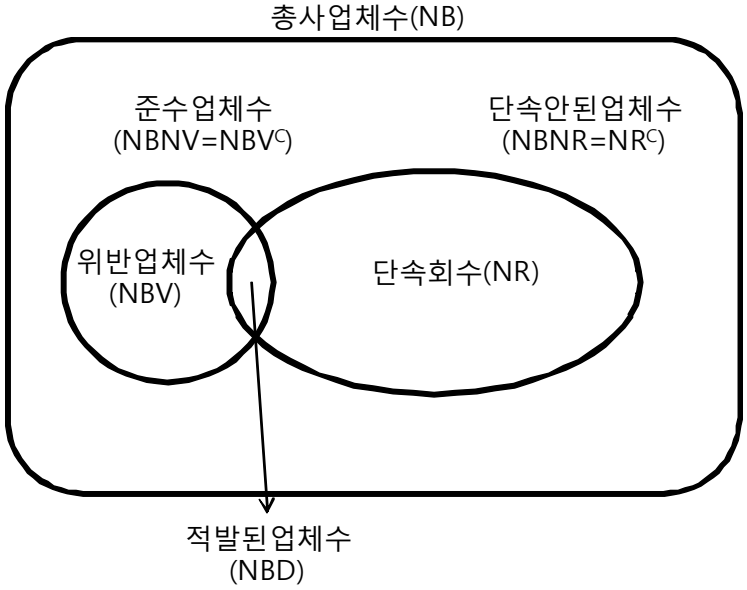
- 업태별 돼지고기 적발확률을 표시한 것이 <표 3-2-26>이다.

◎ 원산지표시제의 효과 분석

○ 원산지표시제의 효과는 단속에 의하여 위반비율이 감소하는 것인가에 있고, 이를 계산하기 위해서는 전체사업체의 수를 기본적으로 알아야 함. 문제는 전체사업체수를 관리하는 통계청과 적발업체수를 관리하는 농관원의 분류기준이 상이하다는 것이기에 유사한 업체-업태끼리 분류기준을 통일하였음.

○ 원산지표시 단속효과 측정을 위한 큰 그림을 그리기 위하여 Venn-diagram을 이용하면 <그림 3-2-9>과 같음.

<그림 3-2-9> 원산지단속효과 측정의 Venn-diagram



NB: Number of the business

NBV: Number of the business violating (unobservable)

NR: Number of raids

NBD 또는 ND: Number of (Business) Disclosed

NBNV: Number of Business NOT Violating; complementary set of NBV^C

NBNR: Number of Business NOT Raided; complementary set of NR^C

○ <그림 3-2-9>에서 보면, 업태별 총사업체가 있고, 이 중 일부 업체가 위반을 하고 있으며, 농관원도 이 중 일부를 단속하고 있음. 농관원에서 적발한 업체는 위반업체수와 단속횟수(또는 업체수)의 교집합으로 나타남. 또한 원산지표시제 준수 업체수와 단속안된업체수는 동일하다는 의미는 아님. 이중 총사업체수와 단속회수 및 적발된 업체수만이 관측 가능함. 위반업체수 중 일부인 단속에 의하여 적발된 업체수는 단속회수의 부분집합으로 관측되나 위반업체수 전체 집합은 관측되지 않음. 따라서 위반업체수(NBV)는 게임이론으로 '계산'되어져야 함.

나. 게임이론을 이용한 위반확률 및 위반업체수의 계산 모형

◎ 비완벽정보게임(Imperfect Information Game)

○ 원산지표시제 운영과 이에 따른 단속과 위반행위는 비완벽정보게임으로 가장 잘 설명될 수 있다. 비완벽정보게임은 선수(player)가 움직이려고 할 때 자신이 어느 위치에 있는지 모르는 경우의 게임이다. 모든 정태게임(Static games) 또는 동시선택게임은 이러한 의미에서 비완벽정보게임이다.

◎ 혼합전략(mixed strategy)모형

○ 본 연구는 비완벽정보게임을 가정하지만 분석의 명료성 및 용이성을 위하여 정보가 완전하고 대칭적이라는 가정 하에 혼합전략 모형을 사용하였다. 이 모형은 정보의 비대칭성을 가정한 게임의 해인 베이지안(내쉬)균형(Bayesian (Nash) Equilibrium)에서 정보비대칭성이 소멸된 경우로, 베이지안(내쉬)균형의 특별한 경우다.

○ 혼합전략을 사용하는 경우는 전략이 동시에 결정되는 경우 확률적으로 전략을 선택하는 경우이다. 본 연구의 내용상으로는 위반업체는 자신이 적발되었을 경우 벌금 수위를 알고 있으며, 농관원은 위반업체를 단속하는데 소요되는 비용을 알고 있으며 이러한 사실은 서로에게 상식이라고 가정한다. 물론 보상(payoff)은 금액으로 표시된다. 이를 정규형게임(Normal form)으로 표시하면 다음과 같다.

<표 3-2-27> 원산지표시게임의 일반화된 보상표

		농관원(NAQS; G)		
		단속(Raid; R)	불단속(Don't Raid; DR)	q-mix
업체 (Seller; S)	위반 (cheat; C)	a, b	c, d	qa + (1-q)c, qb + (1-q)d
	준수 (Don't cheat; DC)	e, f	g, h	qe + (1-q)g, qf + (1-q)h
	p-mix	pa + (1-p)e, pb+(1-p)f	pc + (1-p)g, pd + (1-p)h	π_S =p[qa + (1-q)c]+(1-p)[qe + (1-q)g], π_G =p[qb + (1-q)d]+(1-p)[qf + (1-q)h]

○ 위 정규게임에서는 업체가 위반할 확률을 p, 위반하지 않을 확률을 1-p, 농관원이 해당업체를 단속할 확률을 q, 단속하지 않을 확률을 1-q라고 한다면, 업체가 순수전략(pure strategies) 및 p-mix전략을 사용하고, 농관원이 순수전략(pure strategies) 및 q-mix를 각각 사용할 때 기대 보상이 나열되어 있다. 이 중 p-mix와 q-mix를 사용할 때 기대보상들을 이용하여 업체와 농관원의 최적 확률선택을 계산하기 위하여 업체의 수익(πS)과 농관원의 수익(πG)을 각각 p와 q로 미분하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_S}{\partial p} = qa + (1-q)c - [qe + (1-q)q] = 0 \Rightarrow q = \frac{g-c}{a-c-e+g}$$
$$\frac{\partial \pi_G}{\partial q} = pb - pd + (1-p)f - (1-p)h = 0 \Rightarrow p = \frac{h-f}{b-d-f+h} \quad (1)$$

○ 그런데, 농관원이 단속해도 업체가 준수하고 있으면, 업체의 보상은 0이 된다(e=0). 또한 업체가 위반하지 않고(준수하고) 농관원이 단속도 하지 않으면, 역시 양측의 보상은 0이 된다(g=0, h=0). 따라서 업체와 농관원의 위반 및 단속의 최적혼합전략을 계산하는 식은 아래와 같이 간단해 진다.

$$p = \frac{-f}{b-d-f}$$
$$q = \frac{-c}{a-c} \quad (2)$$

○ 그런데, b(업체가 위반하고 농관원이 단속하는 경우 농관원의 보상)는 벌금부과로 인해 정부재정증가에서 비용을 제한 금액이 된다. 또한 단속하지 않았을 때 위반하는 경우 소비자는 업체의 부당이익(c)만큼 손해를 보게 된다. 이는 소비자의 손해이지만 소비자를 대행하는 농관원의 손해이기도 하다. 따라서 다음과 같은 식이 성립한다.

$$b = -a + f, d = -c.$$

○ 따라서, 식 (2)는 다음과 같이 정리된다.

$$p = \frac{-f}{b-d-f} = \frac{-f}{-a+f+c-f} = \frac{-f}{-a+c}$$
$$q = \frac{-c}{a-c} = \frac{-1}{\frac{a}{c}-1}$$

○ 즉, 업체가 위반할 확률(p)은 업체가 위반하고 농관원이 단속할 때 농관원의 보상(b)이 커지면(또는 벌금(a)의 절대값이 커지면) 덜 위반하게 된다. 하지만 단속비용(f)의 절대값이 커지면 분자가 커지므로 더 위반하게 된다.

○ 유사하게 농관원이 단속할 확률(q)은 벌금이 증가하면 분모가 커지게 되므로 감소한다. 반대로 업체가 위반하고 농관원이 단속하지 않을 때 업체의 보상(c)이 커지면 a/c(<0)의 비율은 작아지게 되고, 따라서 분모가 작아지므로 농관원은 단속확률을 높여야 한다.

○ 보다 엄밀하게 살펴보면, 적발 시 벌금을 증가시키면 최적단속확률은 줄어들게 되며, 그 크기는 다음에 의하여 결정된다.

$$\frac{\partial q}{\partial a} = \frac{\partial q}{\partial (a-c)} \cdot \frac{\partial (a-c)}{\partial a} = \frac{\partial \left[-c(a-c)^{-1}\right]}{\partial (a-c)} \cdot 1 = c(a-c)^{-2} > 0 \quad (3)$$

단, a<0, c>0.

○ 따라서, a가 증가하면(a는 음수이므로 벌금이 감소하면), q(최적단속확률)는 커지게 된다. 또한 비단속시 업체의 보상(c)이 커지면,

$$\frac{\partial q}{\partial c} = (-1)\cdot(a-c)^{-1} + (-c)\cdot\left[(-1)(a-c)^{-2}(-1)\right] = \frac{-a}{(a-c)^2} > 0 \quad (4)$$

만큼 단속확률이 커져야 한다. 마찬가지로,

$$\frac{\partial p}{\partial c}=\frac{\partial p}{\partial(-a+c)}\cdot\frac{\partial(-a+c)}{\partial c}=-f\cdot(-1)\cdot(-a+c)^{-2}=f(-a+c)^{-2}<0$$

$$\frac{\partial p}{\partial a}=\frac{\partial p}{\partial(-a+c)}\cdot\frac{\partial(-a+c)}{\partial a}=-f\cdot(-1)\cdot(-a+c)^{-2}\cdot(-1)=-f(-a+c)^{-2}>0 \quad (5)$$

이므로, 비단속시 위반업체의 보상(c>0)이 커지면 위반업체는 덜 위반하게 되고, 벌금액이 증가하면(a<0이므로 a가 감소하면) 위반확률도 감소한다.

다. 모형의 적용 (2009년 돼지고기)

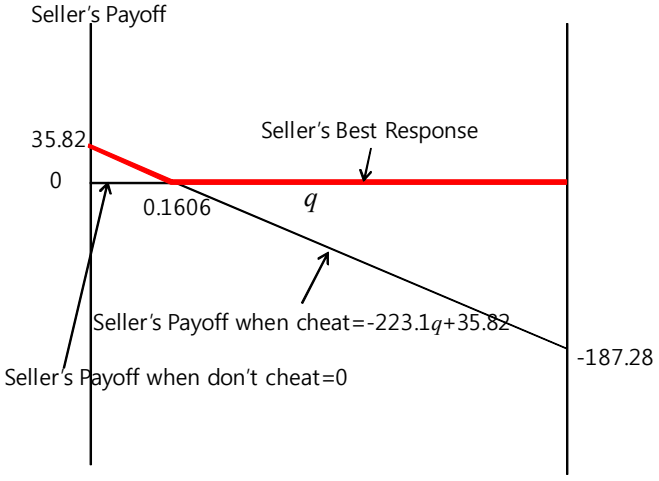
(1) 평균기반 모형 (mean based model)

○ 2009년 돼지고기의 경우, 평균 부과된 벌금이 187.28만원이었고, 위반금액은 716.47만원이었다. 따라서 위반금액의 5%가 업체의 위반할 때 발생하는 편익이라면, 1일당 35.82만원의 편익이 발생하게 된다. 단속비용은 '2006-2009년 평균 3.4만원/건'을 사용하였다. 이들을 이용하여 게임을 구성하면 다음과 같다. 이 경우 순수전략으로써 내쉬균형은 존재하지 않는다. 따라서 혼합전략하에서 내쉬균형을 구하여야 한다.

		NAQS		
		Raid	Don't Raid	q-mix
Seller	Cheat	-187.28, 183.88	35.82, -35.82	-223.1q+35.82, 219.7q-35.82
	Don't Cheat	0, -3.4	0, 0	0, -3.4q
	p-mix	-187.28p, 187.28p-3.4	35.82p, -35.82p	

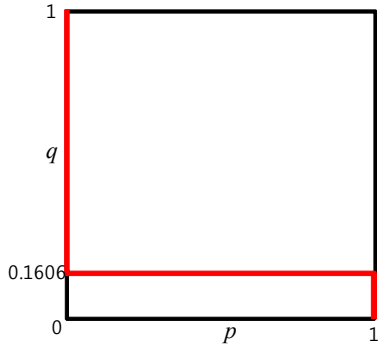
○ 따라서, Seller의 최적반응을 그림으로 나타내면 다음 <그림 3-2-10>와 같다.

<그림 3-2-10> 농관원의 단속확률전략(q-mix)에 대한 판매자의 최적반응



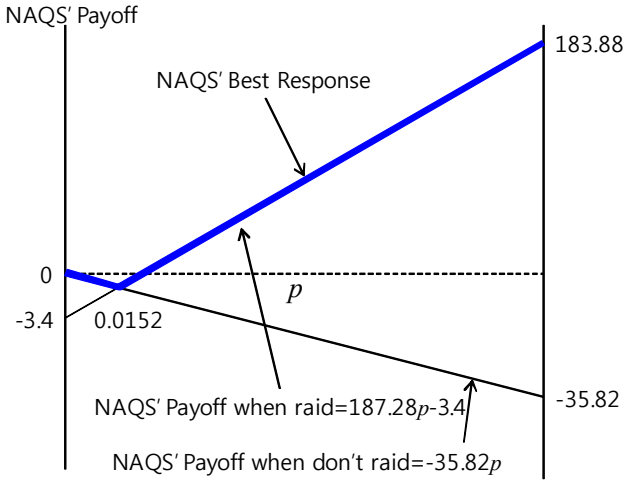
○ <그림 3-2-10>에서 판매자는 자신의 보상을 극대화하려 하므로 농관원의 단속확률(q)의 변화에 따라 두 가지 전략(Cheat와 Don't Cheat)을 구사하게 되며, 따라서 기대보상을 나타내는 두 개의 직선(Seller's Payoff Function)의 상단포락선(Upper Envelope; 적색 굵은선)을 따라 반응하게 되고 이것이 판매자의 최적반응(Best Response)을 나타낸다. 따라서 판매자는 q가 0.1606보다 작을 때는 Cheat를 선택(p=1)하게 되고, 0.1606보다 클 때에는 Don't Cheat를 선택(p=0)하게 된다. 이러한 판매자의 최적반응을 농관원의 q-mix에 대한 최적반응 p-mix로 표시하면 <그림 3-2-11>과 같다.

<그림 3-2-11> 농관원의 q-mix에 대한 판매자의 최적 p-mix



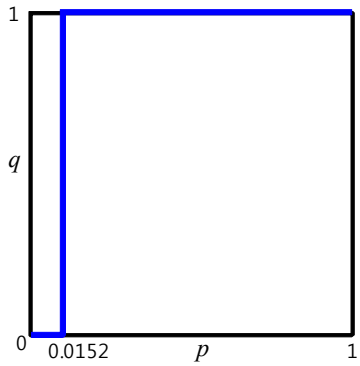
○ 농관원의 최적반응도 <그림 3-2-12>와 같이 표시된다.

<그림 3-2-12> 판매자의 위반확률전략(p-mix)에 대한 농관원의 최적반응



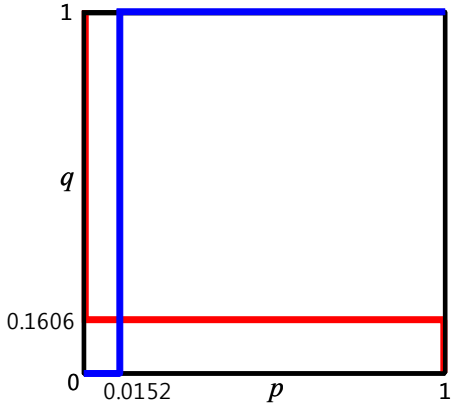
○ 역시 판매자의 p-mix에 대한 농관원의 최적 q-mix는 <그림 3-2-13>와 같이 나타난다. 즉, 농관원은 판매자가 위반할 확률이 0.0152보다 작을 때는 단속을 하지 않고(q=0), 이보다 클 때에는 단속하는 것(q=1)이 최적반응이다.

<그림 3-2-13> 판매자의 p-mix에 대한 농관원의 최적 q-mix



○ 혼합전략하의 내쉬균형은 두 최적반응함수의 교차점으로 정의되므로 <그림 3-2-14>과 같이 두 최적반응함수가 교차하는 점이 균형으로 기대되며, 판매자는 0.0152의 확률로 위반하고, 농관원은 0.1606의 확률로 단속하는 것이 최적전략이며 이는 이 게임에서 유일한 내쉬균형이다.

<그림 3-2-14> 혼합전략하의 내쉬균형



○ 이런 결과는 식(1)에 의해서도 간단히 계산될 수 있다. 즉, 돼지고기의 경우 1.52%가 위반할 것으로 기대되며, 농관원은 돼지고기 업소를 단속할 확률을 약 16%로 유지하여야 한다. 따라서 2009년 현재 단속수준인 0.046(2009년 총단속된사업체수/(365*총사업체수)을 유지하려면 벌금을 700만원으로 3.7배 정도 올려야 적정한 수준이다.

(2) 분포기반(dstribution based) 모형(2009년 돼지고기)

○ 이상의 분석에서 사용된 보상(벌금, 미단속-위반시 이익 등)들은 농관원이 적발된 사건의 평균값이다. 하지만 각 업체가 위반할 것인가를 결정하는 시기에 이러한 기대되는 보상은 다양하게 나타나므로, 업체들의 최적위반확률이나 농관원의 최적단속확률은 다양하게 나타난다. 따라서, 이러한 보상들이 변화할 때 업체와 농관원의 혼합전략이 어떠한 범위 내에서 변화하며, 어떠한 의미가 있는지 분석하여야 한다.

○ 혼합전략하의 최적전략을 계산하기 위한 여러 보상의 결정은 1) 업체가 위반하고

농관원이 단속하여 업체가 적발되었을 때 업체의 보상(벌금) 2) 업체가 위반하였으나 농관원이 단속하지 않은 경우 업체에게 돌아가는 이익, 두 개의 보상으로 압축된다. 2009년의 경우 벌금과 위반액을 모두 사용할 수 있는 위반사례는 526건이 있었다. 이 사례를 이용하여 Palisade의 BestFit을 이용하여 여러 함수형태를 가정하여 분포를 추정하고 Chi-square치를 이용하여 적합도가 가장 높은 분포함수를 이용하였다.

○ 벌금(a) 분포 함수(exponential)

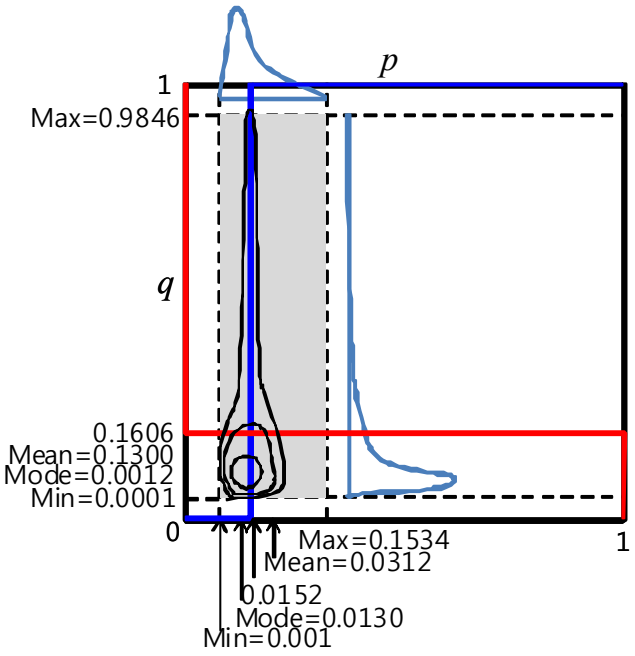
$$f(x) = \frac{e^{-x/167.28}}{167.28} + 19.682$$

○ 미단속-위반시 업체보상(c) 분포함수(Log-normal)

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi \cdot 44474516}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - 7342169}{44474516}\right]^2}$$

○ 위의 보상들을 가지고 업체의 최적위반확률(p)과 농관원의 최적단속확률의 분포를 모의(Simulation)하여, 이를 최적반응함수(Best Response function)로 한 그래프로 나타내면 <그림 3-2-15>과 같다.

<그림 3-2-15>업체최적위반확률(p)와 농관원최적단속확률(q)의 분포



- <그림 3-2-15>에 의하면 평균값을 이용한 최적확률(p=0.0152, q=0.1606)과 비교할 때, 업체의 경우 90%는 0.0058<p<0.0924의 구간에서 최적위반확률이 분포되어 있음을 알 수 있다. 농관원의 최적단속확률도 90%가 0.0016<q<0.5776의 구간에 분포되어 있다.
- 또한 업체 최적위반확률(p)의 경우 평균값을 가지고 계산한 최적위반확률은 0.0152이나 모의를 통하여 계산된 최적위반확률의 평균은 0.0312로 2배 더 많게 나타났다. 하지만 모의에 의하여 계산된 mode(최빈도 최적위반확률)는 0.0130으

로 거의 유사하다. 하지만 농관원의 최적단속확률분포의 경우 skew되어 있을 뿐 아니라 tail이 길어 mode와 평균의 차이가 크다. 즉, 최빈도 최적단속확률은 0.1%로 농관원이 대부분 극히 일부만 단속을 하지만, 경우에 따라서는 13%정도까지 단속확률을 높여야 하는 것이 최적전략이라고 할 수 있다.

- 위와 같이 최적단속확률과 최적위반확률을 구하는 것이 가능하지만, 벌금 및 미단속-위반시 업체보상의 경우 추정된 분포가 실제분포와는 차이를 보인다. 따라서 실제 분포를 10만원 단위의 구간으로 나누어 histogram을 그린 다음, 평균(mean)과 mode를 수작업으로 찾아내어 최적단속확률과 위반확률을 계산하였다.

라. 소분류(품목별)-대분류 및 업태별 최적전략의 계산

(1) 소분류(품목별)-대분류 최적전략

○ 이와 같은 분석방법을 이용하여 2009년 거짓(허위)표시 단속자료 중 벌금(a), 미단속시보상(c; 단속 자료의 위반금액의 5%를 보상으로 가정)의 평균 및 mode값을 이용하여 품목별 업체의 최적위반확률과 농관원의 최적단속확률을 계산하면 <표 3-2-28>와 같다. 평균 기준으로 볼 때 돼지고기의 경우, 업체는 1.5% 위반하는 것이 기대되며 16% 수준의 단속확률을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

<표 3-2-28> 소분류 품목별 업체의 위반확률과 최적단속확률

소분류 품목	p(최적위반확률)		q(최적단속확률)	
	Mean 기준	Mode기준	Mean 기준	Mode기준
쇠고기	0.0111	0.0170	0.3791	0.0025
돼지고기	0.0152	0.0169	0.1606	0.0050

○ Mode를 기준으로 계산하면, 최적위반확률은 약간 상승하는 것으로 나타나며, 최적단속확률은 대부분의 경우 0.2%~0.5%로 계산되었다. 이는 Mean기준으로는 도저히 불가능하였으나 mode기준으로는 그나마 실행이 가능한 수준이라고 할 수 있으며, 가장 빈번하게 관측되는(mode) 위반수준 및 벌금에 따른 최적전략이라고 할 수 있다.

○ 농산물의 대분류를 이용하여 최적위반확률과 최적단속확률을 계산하면 다음 <표 3-2-29>과 같다.

<표 3-2-29> 대분류 품목별 업체의 위반확률과 최적단속확률

대분류 품목	p(최적위반확률)		q(최적단속확률)	
	Mean 기준	Mode기준	Mean 기준	Mode기준
식육제품	0.0121	0.0337	0.3310	0.0099
육류	0.0158	0.0170	0.1278	0.0025

(2) 업태별 최적단속전략 계산

○ 농관원의 원산지 단속은 품목별로 이루어지기 보다는 업태별로 이루어지게 되고, 농산물 원산지단속에 대한 분석도 이러한 틀에서 이루어지는 것이 더 의미 있다. 업태별로 농산물원산지 단속게임을 구성하여 분석하였다(<표 3-2-30>).

<표 3-2-30> 2009년 업태별 업체의 위반확률과 최적단속확률(q/q'순으로 정렬)

	최적위반확률		최적단속확률(q)		실제단속확률(q′)	q/q′(단속확률 증가필요 비율)	
	Mean 기준	Mode기준	Mean 기준	Mode 기준		Mean 기준	Mode 기준
소분업자	0.0783	0.0777	0.0790	0.0857	0.0003	300.69	326.23
급식자재납품업체	0.0073	0.0073	0.1422	0.1424	0.0007	213.49	213.76
생산업체-생산자기타	0.0219	0.0304	0.2381	0.1071	0.0007	354.54	159.56
휴게음식점	0.0216	0.0337	0.0214	0.0099	0.0024	8.87	4.10
위탁급식소	0.0167	0.0169	0.0152	0.0050	0.0016	9.59	3.15
도매상	0.0166	0.0170	0.0795	0.0025	0.0013	63.54	1.99
할인매장	0.0224	0.0482	0.0722	0.0071	0.0061	11.80	1.16
농협	0.0170	0.0226	0.0004	0.0033	0.0056	0.07	0.60
집단급식소	0.0143	0.0113	0.1482	0.0017	0.0066	22.44	0.25
슈퍼	0.0272	0.0338	0.0284	0.0050	0.0278	1.02	0.18
가공업체	0.0067	0.0170	0.4070	0.0025	0.0157	25.98	0.16
식육점	0.0143	0.0169	0.0681	0.0037	0.0511	1.33	0.07
일반음식점	0.0165	0.0170	0.1318	0.0025	0.1278	1.03	0.02

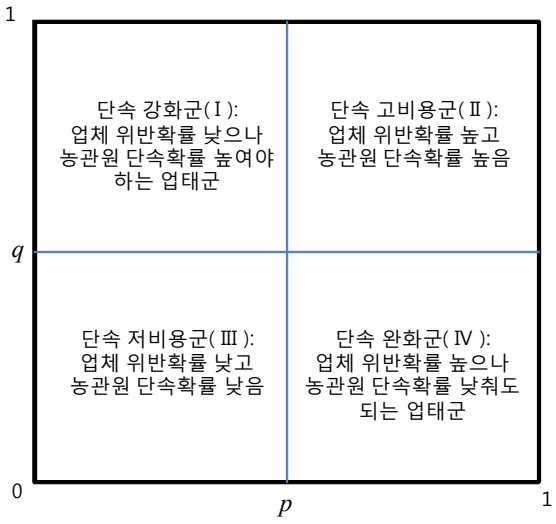
○ 평균을 기준으로 보면 가장 위반확률이 높을 것으로 기대되는 업태는 소분업자이다. 통상 농관원의 단속이 집중적으로 이루어지고 있고 일반적인 원산지위반의 관심 업태인 일반음식점과 식육점은 실제단속확률과 최적단속확률이 수렴하고 있고($q/q' \approx 1$), 위반확률도 2% 이하로 관리가 양호하다고 할 수 있다. 또한 적정 벌금수준도 실제 벌금수준과 유사하다도 할 수 있다. 문제는 다른 업태들의 경우, q/q' 수준에서 보여지는 바와 같이 실제단속확률이 최적단속확률에 크게 못 미치고 있다는 것이다. 가장 문제가 되는 업태가 생산업체-생산자기타로 단속확률을 350배가량 높여야 최적이라고 할 수 있다. 소분업자와 급식자재납품업체도 같은 사정이라

고 할 수 있다. 이는 농관원이 예산이 한정되어 있고, 따라서 단속노력을 일반음식점 및 식육점에 집중한 결과라고 할 수 있다.

○ Mode를 기준으로 보면 농관원의 최적단속확률은 대폭 감소하게 된다. 소분업자, 급식자재납품업체, 생산업체-생산자기타 업태의 경우 변함없이 단속이 대폭 늘어나야 할 것으로 계산되었다. 가공업체~농협의 경우는 오히려 단속을 현재의 0.16~0.6 수준으로 완화하여야하고, 일반음식점과 식육점은 단속을 대폭 완화(0.02~0.07)하였어도 되었다는 판단이다.

○ <표 3-2-30>의 결과를 보다 의미 있게 분석하기 위하여 <그림 3-2-16>과 같이 위반확률과 단속확률을 기준으로, 업태를 4개 군(군)으로 분류하였다.

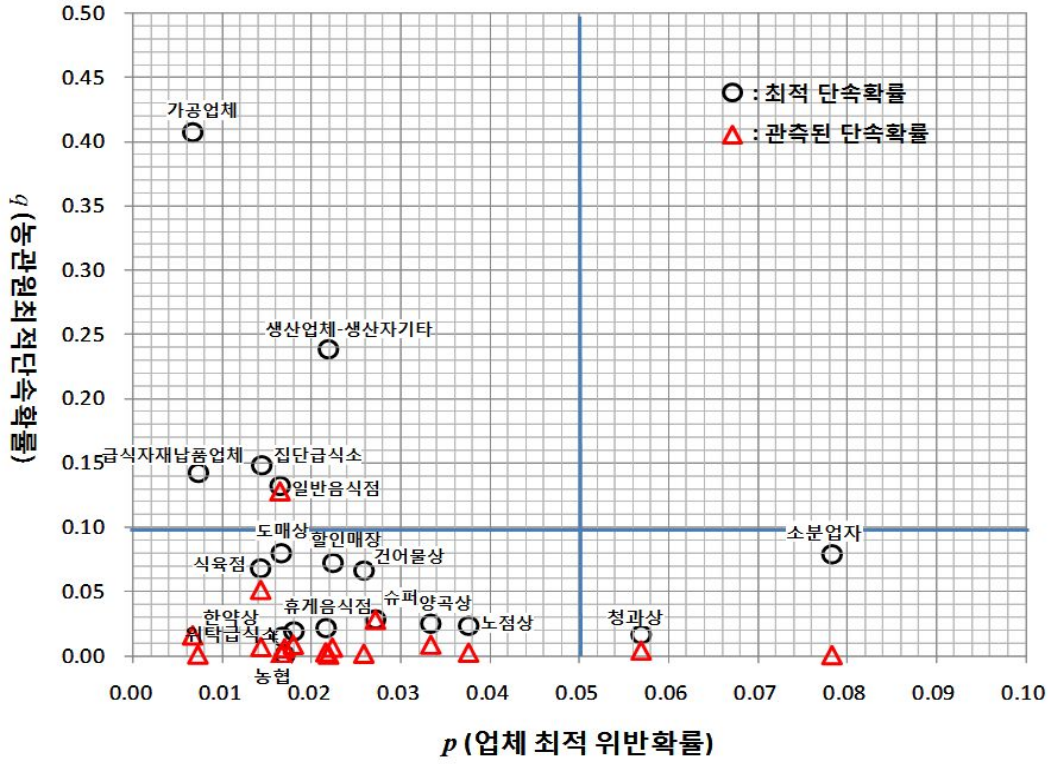
<그림 3-2-16> 위반확률과 단속확률 기준 업태별 원산지관리 상황



○ 제I군은 단속강화군으로 업체위반확률이 낮으나, 농관원의 단속확률을 높여야하는 업태군이다. 제IV군은 단속완화군으로 업체위반확률은 높으나 농관원의 단속확률은 낮아도 무방안 업태군이다. 제II군은 업체의 위반확률도 높고 농관원의 단속확률도 높아야 하는 업태군으로 단속고비용군이라고 할 수 있다. 마지막으로 제III군은 업체위반확률도 낮고 농관원 단속확률도 낮게 유지할 수 있는 업태군으로 단속저비용군이라고 할 수 있다.

○ 각 업태군을 나누는 구체적인 확률은 관리자가 정하여야 한다. 예를 들어 위반확률 5%가 수용가능하다고 하고, 단속확률 10%가 실행 가능한 단속확률 수준이라면 2009년 거짓(허위)표시의 경우 각 업태군은 <그림 3-2-17>와 같이 분류될 수 있다.

<그림 3-2-17> Mean기준 업태별 최적단속-위반확률 조합과 실제단속확률의 분포



제I군(단속강화군): 가공업체, 생산업체-생산자기타, 급식자재납품업체, 집단급식소, 일반음식점

제II군(단속고비용군): 없음

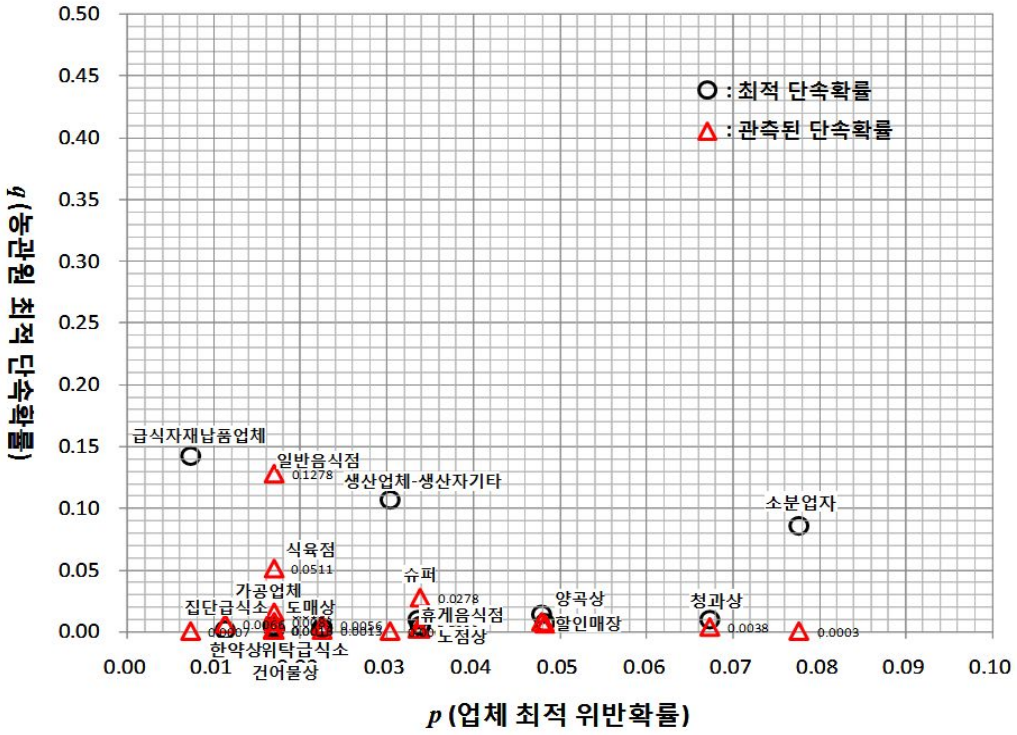
제III군(단속저비용군): 도매상, 할인매장, 식육점, 건어물상, 한약상, 위탁급식소, 휴게음식점, 슈퍼, 양곡상, 노점상

제IV군(단속완화군): 소분업자, 청과상

○ <그림 3-2-17>에서 일반음식점, 식육점, 슈퍼는 최적단속확률(O)과 실제단속확률(△)의 위치가 거의 비슷하며 이는 이 3개 업태는 단속이 양호하게 이루어지고 있음을 의미한다. 하지만, 가공업체. 생산업체-생산자기타, 급식자재납품업체, 집단급식소, 도매상, 할인매장, 건어물상, 소분업자는 최적단속확률과 실제단속확률의 차가 매우 큼을 알 수 있다. 하지만 전체적으로 최적단속확률보다 실제단속확률이 매우 낮음을 알 수 있다. 즉, 단속완화군에 포함되는 소분업자와 청과상의 경우 위반확률이 높지만 단속확률이 낮아도 되는 업태군의 경우도, 이미 너무 낮은 확률로 단속이 이루어지고 있다.

○ Mode를 기준으로 보면, 농관원의 최적단속확률과 실제 관측된 단속확률간의 차이는 현저하게 줄어들며, 이를 그림으로 나타내면 다음 <그림 3-2-18>과 같다.

<그림 3-2-18> Mode기준 업태별 최적단속-위반확률 조합과 실제단속확률의 분포



○ 급식자재납품업체, 생산업체-생산지기타, 소분업자는 상대적으로 두르러지게 단속이 강화되어야 할(흑색 원이 적색 세모보다 위에 위치) 업태이고 일반음식점과 식육점은 단속이 완화되어야 하는 업태(적색 세모가 흑색 원보다 위에 위치)임을 쉽게 확인할 수 있다.

마. 원산지 단속의 효율적 운영방안

◎ 혼합전략게임으로 분석한 농산물원산지게임의 결과를 정리하면 다음과 같은 제도시행에의 시사점을 갖는다. 업체는 원산지표시를 위반할 것인지 준수할 것인지의 전략 외에 위반과 준수 전략을 확률적으로 선택할 수 있다. 즉, 계속 위반하거나 계속 준수하는 전략 외에도 확률적으로 위반과 준수하는 전략을 선택할 수 있다. 농관원 역시 특정 업체를 항상 단속하거나 단속하지 않는 전략 외에 임의적으로 단속을 하거나 단속하지 않는 확률적 전략을 구사할 수 있으며 실제로 이렇게 단속하고 있다.

◎ 관심 품목별로 보면, 평균값을 기준으로 보면, 돼지고기, 쇠고기, 콩-두부, 마늘, 고춧가루를 판매하는 업체들의 위반확률은 최상의 경우 2%이하(1.1%~1.8%)의 위반확률을 유지할 것으로 판단되어 위반정도가 높지 않아 보인다. 문제는 농관원이 각 품목을 취급하는 업체의 적게는 9.3%(마늘), 최고 45.6%의 업체를 단속하여야 한다는 것이다. Mode를 기준으로 보면 위반확률은 거의 변화가 없지만, 최적 단속확률은 현저히 낮게 계산되어 현재 농관원의 단속수준에 근접하고 있다. 하지만 업태별로 볼 때 일부 업태

는 보다 단속을 강화하여야 하고, 일부 업태는 단속을 완화하여야 할 것으로 판단된다.

◎ 본 연구결과 중 농관원이 가장 주목해야 하는 것은 업태별 분석이다. 단속은 품목별로 이루어진다기 보다는 업태별로 이루어지기 때문이다. 업태별 분석의 주요결과는 2009년의 경우 평균을 기준으로 했을 때에도 일반음식점, 식육점, 슈퍼의 경우 최적단속확률과 실제단속확률이 거의 일치하고 있어 거의 단속이 최적화되어 있다고 판단된다. 이는 농관원의 주요 단속 대상이 육류와 쌀 및 조미채소에 집중되어 있어 이들을 판매 또는 조리 판매하는 이 3개 업태에 집중되어 있기 때문이다. Mode를 기준으로 볼 때에는 일반음식점과 식육점의 경우 단속을 대폭 완화하여도 된다는 결론을 내릴 수 있었다.

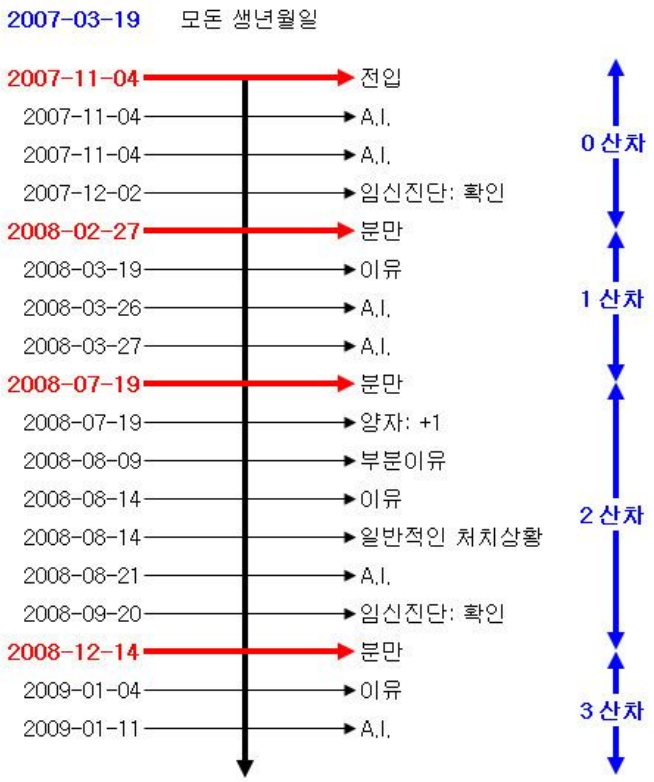
제3절 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델개발

1. 양돈 전산관리 시스템 개발 방향

○ 1인당 관리두수가 계속 늘어나고 있지만 아직까지 수기에 의한 기록관리를 하는 곳이 많고 기록관리 자체를 하지 않는 곳도 많다.

○ 일반 농장에서 전산관리를 꺼리는 이유 중의 하나로 자료를 어떻게 입력을 해서 사용을 해야 하는지 모르는 경우가 많다. 입력한 자료가 올바르게 입력되고 있는지, 그리고 입력한 자료에 맞는 결과가 출력되고 있는지 상당히 궁금해 한다.

○ 이번에 개발된 전산프로그램 “픽디자이너(PigDesigner)”는 농장에서 자료를 입력하는 방식을 단순화하였고 자료의 입력은 돼지의 관리 흐름에 따라 입력하도록 하였다.



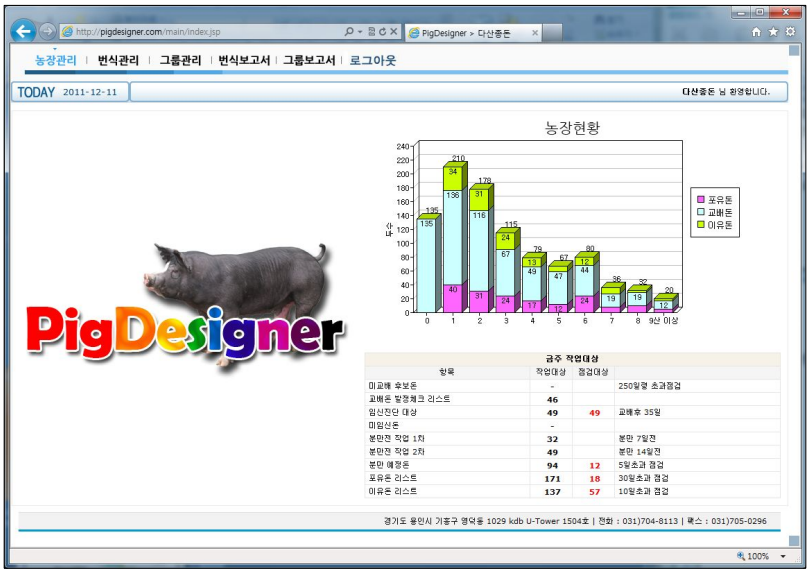
(그림 3-3-1) 농장전산자료 입력순서

○ 모든 자료의 입력은 (그림 3-3-1)처럼 돼지의 생산관리의 흐름에 따라 자료를 처리한다. 이런 흐름에 의한 자료처리는 사용자로 하여금 자료입력의 오류를 줄일 수 있고 보다 정확한 자료를 입력할 수 있도록 도와준다.

○ 처음 프로그램을 설계할 당시 세운 목표는 타인이 아닌 관리자가 직접 자료를 입력하

는 시스템이다. 현재 국내에서 이루어지고 있는 대부분의 전산자료 입력은 사료회사나 조합에서 전산입력 부분이 상당수 차지한다. 전산자료입력을 본인이 아닌 타인에 의해 이루어지다 보니 중간에 농장에 무슨 일이 생겼을 경우 자료입력이 중단되는 사례도 많이 있었다. 이러다 보니 지속적이고 양질의 통계자료를 얻는데 한계가 있었다. 그리고 과거의 전산프로그램은 사용자 컴퓨터에 설치해서 사용하는 방식을 취하다 보니 바이러스나 악성코드에 감염되는 비율도 상당수 발생하였고 이로 인해 농장의 자료가 유실되는 경우도 많이 있었다.

○ 이번에 픽디자이너 프로그램은 3가지 원칙을 가지고 개발하였다. 첫째 장소, 시간, 공간에 상관없이 자료를 입력할 수 있는 시스템, 둘째 어떤 일이 있더라도 농장의 데이터가 안전하게 보관 및 이용할 수 있는 시스템, 셋째 사용자가 직접 자료를 입력하는 시스템이다.



(그림 3-3-2) 일반 PC 웹브로우저를 통해서 실행된 '픽디지이너'

(그림 3-3-3) 태블릿 PC의 하나인 갤럭시탭10.1에서 실행된
'픽디자이너' 초기화면

가. 장소/시간/공간 제약없이 사용할 수 있는 시스템

○ 픽디자이너 프로그램은 국내의 뛰어난 유무선 네트워크 망을 이용한 최신프로그램이다. 분산환경에 뛰어난 JAVA를 기반으로 개발되었으며 64비트 환경에서 운영된다.

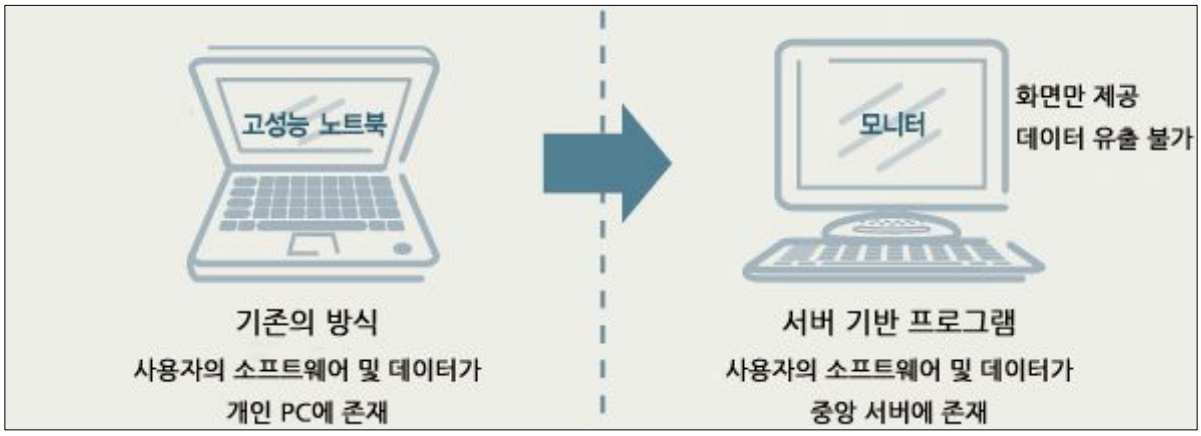
○ 프로그램 설계초기부터 특정 운영체제나 플랫폼에 종속되지 않도록 설계하였다. 그리고 인터넷 표준에 맞게 개발되었으며 비표준 사양인 액티브X(ActivX)를 사용하지 않았다. 그렇기 때문에 일반 PC 환경에서 많이 사용되는 인터넷 익스플로러(IE) 이외에 구글 크롬(Chrome), 애플의 사파리(Safari) 등을 지원한다. ActiveX를 사용하지 않기 때문에 일반적으로 많이 사용하는 윈도우 환경이 아닌 리눅스(Linux), 유닉스(Unix), 맥(Mac) 환경에서도 사용할 수 있다. 국내의 타 업체의 프로그램의 경우 마이크로소프트(MS)의 윈도우 환경에서만 사용가능하다.

○ (그림 3-3-2)는 일반 PC 환경에서의 초기화면이며, (그림 3-3-3)는 최근 인기가 높아지고 있는 태블릿PC의 하나인 갤럭시탭10.1에서 구동된 화면이다. (그림 3-3-4)는 작업 현장에서 신속히 자료입력을 위해 모바일 입력환경을 갖추었는데 국내에 많이 보급된 안드로이드 계열의 갤럭시S의 초기화면이다.

(그림 3-3-4) 스마트폰 픽디자이너 초기화면

○ 국내의 인터넷 환경은 세계 최고의 수준이다. 과거에는 모든 프로그램이 사용자 PC에 설치되고 사용되어왔다. 사용자 PC에서 직접 사용하다 보니 다른 곳에서 사용하려면 똑같은 프로그램을 다시 설치를 해야 하고 데이터를 매번 옮겨주어야 했다. 데이터를 옮겨주는 과정에서 데이터가 유실되는 경우도 많았다. 최근 개발되는 프로그램은 인터넷을 이용해서 하나의 네트워크로 묶는 방향으로 진행되고 있다. 이러한 개념이 요즘 각광받고 있는 "클라우드 시스템"이다.

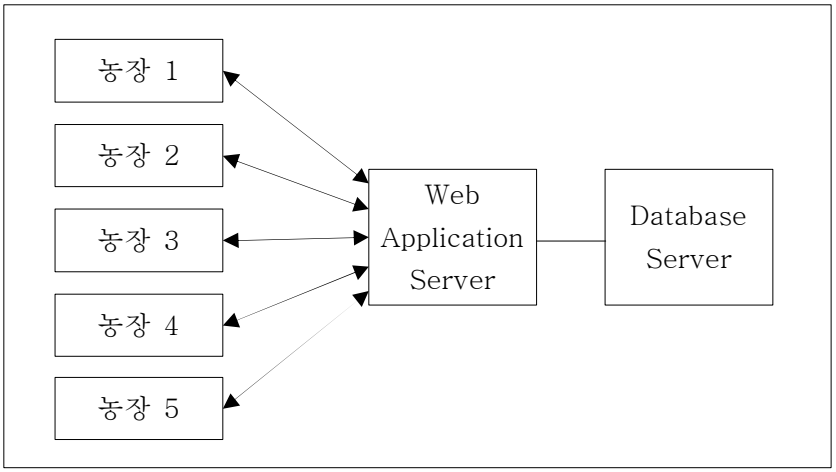
○ 클라우드 시스템은 사용자가 정해진 PC 없이 웹상에 자료를 저장했다가 어디서나 프로그램을 실행해서 저장한 자료를 이용할 수 있는 분산형 서비스다. 마치 "거대한 구름 같은 컴퓨터"에 접속해 구름의 일부를 원하는 만큼 사용한다는 의미에서 클라우드(Cloud, 구름)이라 이름이 붙었다.



(그림 3-3-5) 기존의 프로그램 사용방식과 서버기반 프로그램 사용방식 비교

나. 농장의 데이터가 안전하게 보관 및 이용할 수 있는 시스템

○ 픽디자이너 프로그램은 인터넷 환경의 웹상에서 모든 것이 실행되고 자료가 저장된다. 농장에서는 단지 인터넷을 이용할 수 있는 환경만 조성되면 이용할 수 있다. (그림 3-3-5)처럼 기존의 방식은 사용자의 PC에 소프트웨어와 데이터가 있어야만 사용할 수 있었다. 만약 사용자 PC에 문제가 생기면 프로그램은 물론 지금까지 사용했던 데이터 역시 모두 사라지게 된다.



(그림 3-3-6) 농장과 인터넷을 이용한 전산프로그램 연결

○ 프로그램의 연결은 (그림 3-3-6)과 같다. 모든 프로그램은 중앙에 있는 "Web Application Server"에서 실행되며 데이터는 "Database Server"에 저장된다. 각 농장은 인터넷망을 이용하여 Web Application Server에 접속해서 사용하게 된다.

○ 이번에 구축된 서버의 사양은 (표 3-3-1)과 (그림 3-3-7)과 같다.

(표 3-3-1) Web Application Server 및 Databasee Server 세부사양

구분	수량	세 부 사 양
서버	2식	HP ProLiant DL160G6 • PU : Intel(r) Xeon E5504 QuerdCore2 2.00GHz × 2개 • Memory : 32GB(4GB × 8개) • 내장 Disk : 1500G 7500rpm SATA × 2개(RAID 구성) • OS : Opensolaris 2009.06(Solaris 10)

(그림 3-3-7) Server 내부 사진. CPU 2개, RAM 8개 장착

다. 사용자가 직접 자료를 입력하는 시스템

○ 픽디자이너는 모돈의 라이프 사이클(Life Cycle) 흐름대로 자료를 입력하고 처리할 수 있도록 설계하였다. (그림 3-3-8)는 픽디자이너 자료입력 화면으로 하나의 화면에서 자료를 입력, 수정, 삭제할 수 있다.

○ 픽디자이너는 최근 많이 사용되고 있는 스마트폰 및 태블릿PC를 이용해서 현장에서 자료를 바로 처리할 수 있다. 작업현장에서 신속한 자료 입력을 위해 RFID 태그 및 바코드와 QR코드를 지원한다.

(그림 3-3-8) 픽디자이너 자료입력 화면

(그림 3-3-9) 갤럭시S와 갤럭시탭10.1 픽디자이너 초기화면

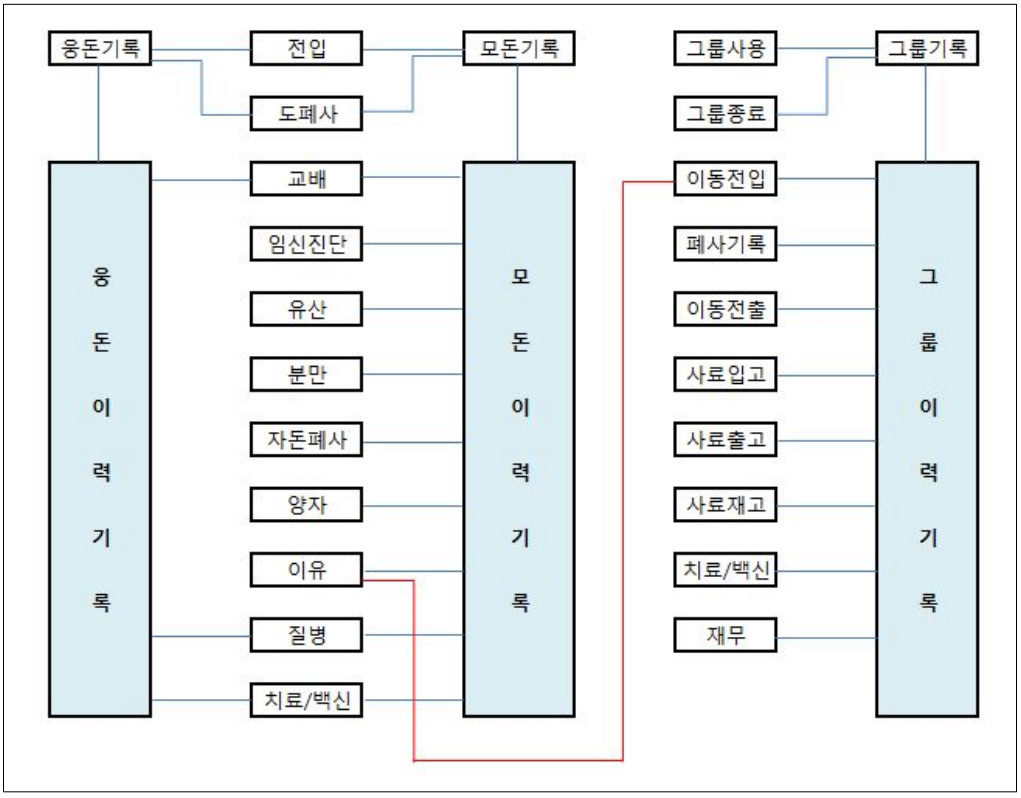
2. 양돈 전산관리 프로그램 “픽디자이너”

가. 픽디자이너 소개

○ 양돈장 전산관리 프로그램 “픽디자이너”는 ㈜정피엔씨연구소에서 지난 1997년 미국에서 도입한 “픽챔프(PigCHAMP”를 기반으로 개발하였다. 그동안 실제 농장컨설팅 지도를 통해서 얻은 노하우 등을 집약해 개발하였다. “픽챔프” 프로그램은 국내의 다른 양돈장 전산프로그램의 기본 모델로 많이 사용되었으며 미국, 일본 및 전 세계에서 가장 많이 사용하는 프로그램으로 세계의 표준이라고 말할 수 있는 프로그램이다.

○ “픽디자이너(PigDesigner)”라고 명명한 이 프로그램은 국내의 뛰어난 유무선 네트워크 망을 이용한 최신 프로그램이다. 미국 픽챔프 본고장에서도 우리가 개발한 방식으로의 접근은 아직 진행하고 있지 않다. 미국 내에서도 네트워크를 이용한 방식을 검토한 적이 있었지만 개발 중간에 프로젝트가 중단되었다.

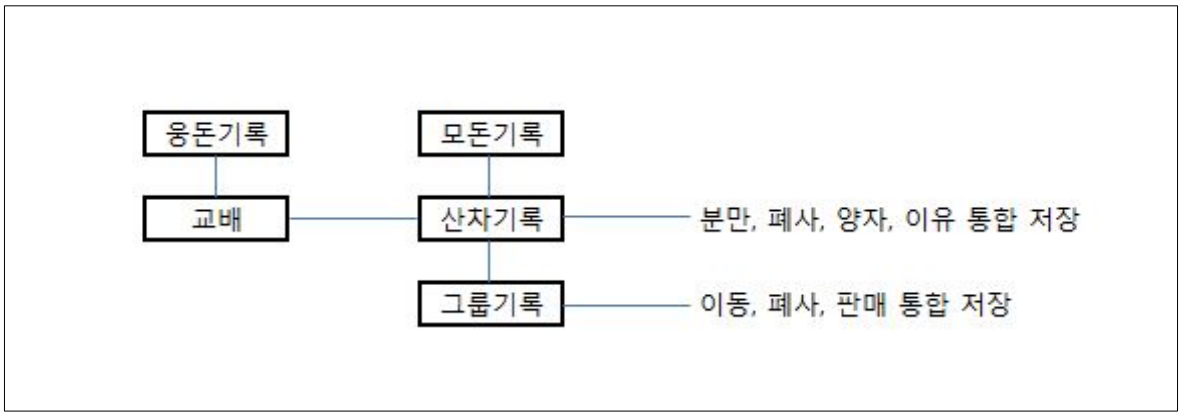
○ “픽디자이너” 개발시 가장 중점을 두었던 부분이 기존 “픽챔프”에서의 입력방식인 ‘최소의 입력으로 최대의 효과’, ‘오류 없는 정확한 기록유지’이다. 여기에 ‘운영체제와 상관없이 실행’ 하는 기능을 부여하였다.



(그림 3-3-10) 픽디자이너 데이터 연결도(작업단위로 자료가 처리된다)

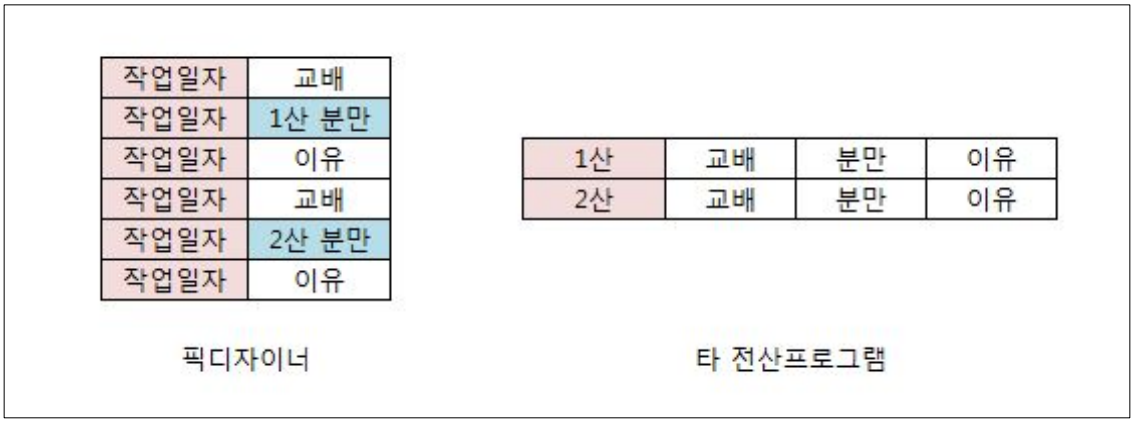
○ (그림 3-3-10)는 픽디자이너 데이터 연결도를 표시한 것이다. 픽디자이너는 일반 다른

프로그램과 달리 '사건단위'가 아닌 '작업단위'로 자료를 처리한다. 픽디자이너는 이력기록파일을 중심으로 모든 처리가 이루어진다. 각 단계별 자료의 입력, 수정, 삭제 등이 유기적으로 처리된다.



(그림 3-3-11) 타 프로그램의 데이터 연결도(사건단위로 자료가 처리된다)

○ (그림 3-3-11)은 국내 타 프로그램의 데이터 연결도를 표시한 것으로 산차기록을 중심으로 모든 자료를 처리한다. 각 단계별 자료의 입력, 수정, 삭제 등을 처리할 때 산차를 중심으로 자료를 처리하기 때문에 단계별 이력추적을 놓칠 수 있는 오류를 범할 수 있다.



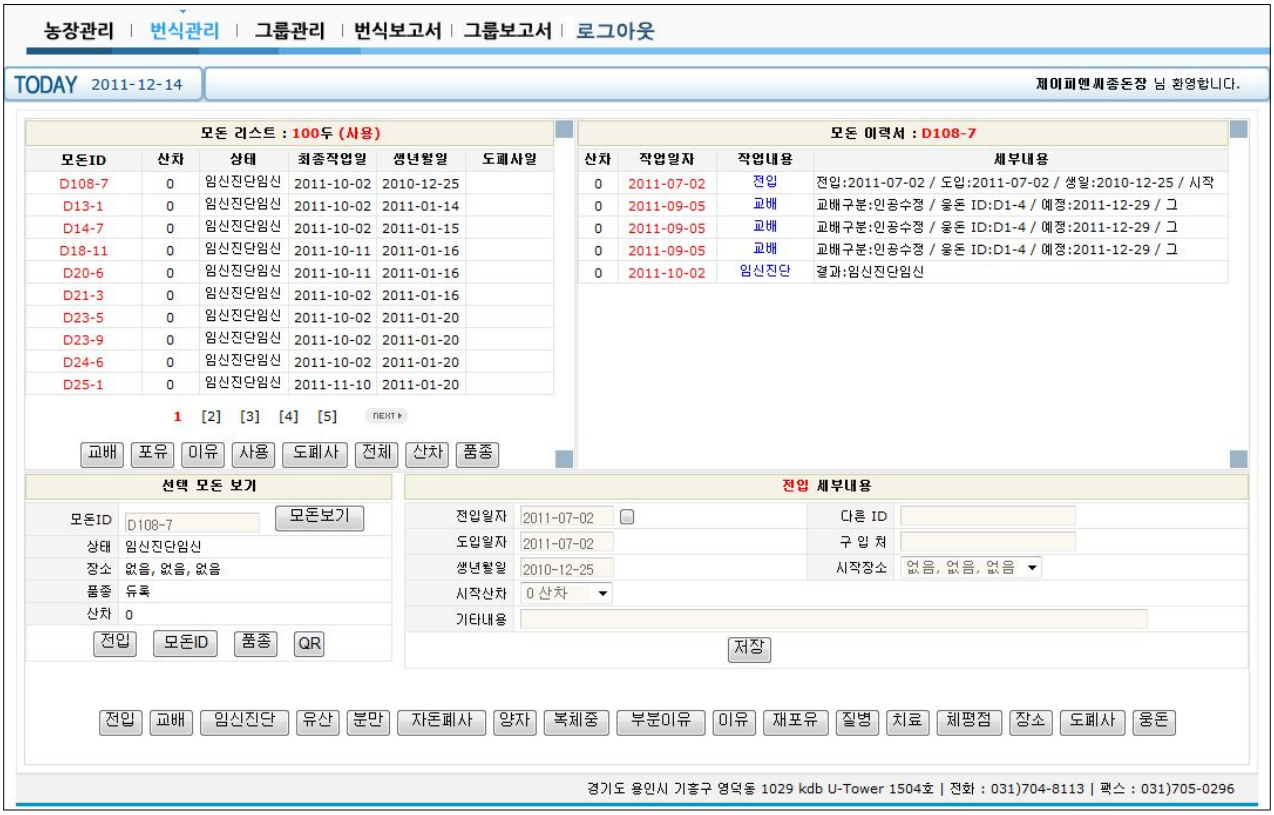
(그림 3-3-12) 픽디자이너와 타 전산프로그램 자료처리방식 비교

○ (그림 3-3-12)은 픽디자이너와 타 전산프로그램 자료처리방식을 비교한 것이다. 픽디자이너는 작업일자를 중심으로 종(縱)의 형태로 자료를 처리하지만, 타 전산프로그램은 산차를 중심으로 횡(橫)의 형태로 자료를 처리한다. 픽디자이너는 종의 형태로 자료를 처리하기 때문에 이력관리 및 세부적인 분석이 가능하지만, 타 전산프로그램은 횡의 형태로 자료를 처리하기 때문에 자료의 형태만 맞으면 모두 올바른 자료로 인식을 해서 처리하기 때문에 오류가 발생할 수 있다.

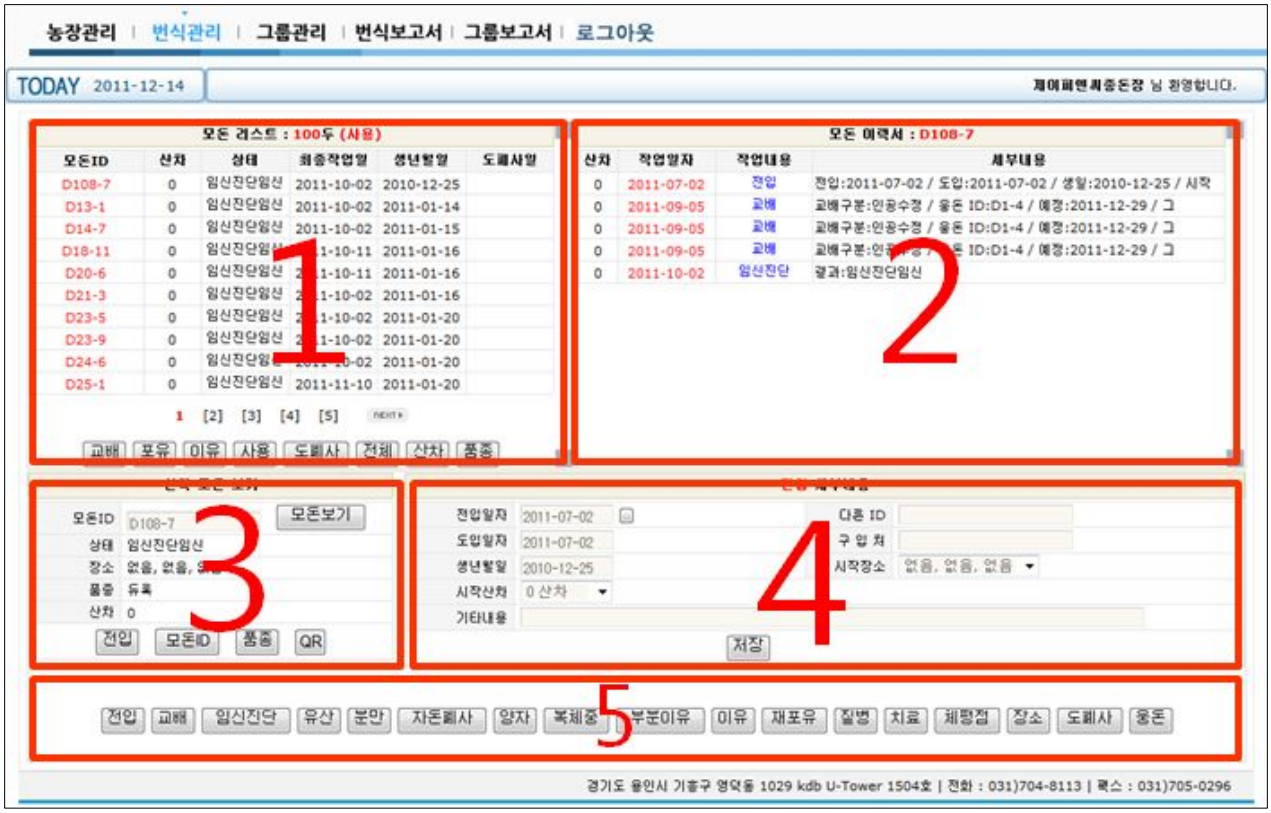
○ (그림 3-3-13)은 ㈜정피엔씨연구소가 미국에서 도입한 픽챔프의 자료입력 화면이다. 화면구성 자체가 매우 단순하다. 픽챔프의 실행원칙은 최소의 자료입력으로 최대의 결과를 도출시키는 것이다.

○ (그림 3-3-14)는 픽디자이너 자료입력화면이다. 기존의 픽챔프 자료입력 방법을 인터넷 웹 방식으로 바꿨지만 기본적인 처리방법은 동일하다. 현재의 화면에서 화면전환 없이 모든 자료를 각 모돈 개체별 이력내용을 보면서 자료를 처리하기 때문에 자료의 오류를 막을 수 있고, 입력단계에서 오류 점검을 하기 때문에 문제가 있는 자료는 입력이 안된다.

(그림 3-3-13) 픽챔프 자료입력 화면(현재의 화면에서 화면전환 없이 모든 자료를 처리)



(그림 3-3-14) 픽디자이너 자료입력 화면(현재의 화면에서 화면전환 없이 모든 자료를 처리)



(그림 3-3-15) 픽디자이너 자료입력 화면 구성

○ (그림 3-3-15)은 픽디자이너 자료입력 화면 구성으로 크게 다섯 부분으로 나누어진다. 각 부분은 독립적으로 실행된다.

○ 1번 부분은 농장에서 보유하고 있는 전체 모돈의 리스트가 표시되며 현재 각 모돈의 상태를 표시해준다. 필터링으로 교배, 포유, 이유, 사용, 도폐사, 산차, 품종 등의 조건을 부여해서 선택 조회할 수 있다.

○ 2번 부분은 모돈 개체의 이력내용을 표시해준다. 1번 내용에서 선택한 모돈의 이력내용을 보여준다. "모돈 이력서"에 표시된 작업내용 중 수정할 부분이 있으면 해당 작업내용의 작업일자를 선택한다. 그러면 수정할 내용이 4번 부분에 입력되어 있는 내용이 표시된다. 내용을 수정한 후 마지막으로 "저장"을 선택하면 수정이 완료된다.

○ 3번 부분은 선택한 모돈의 상태, 장소, 산차 등을 표시해주며, 모돈 검색기능이 있다. 선택한 모돈의 이력내용은 2번 부분에 표시된다.

○ 4번 부분은 자료의 입력과 수정이 이루어지는 부분이다.

○ 5번 부분은 새로운 자료를 입력하기 위한 각 단계별 메뉴로 자료를 추가하기 위해 해당 내용의 버튼을 선택하면 자료를 입력할 수 있는 화면이 4번 부분에 표시된다. 여기서 신규로 저장한 내용은 2번 부분의 모돈이력서에 바로 반영되면서 화면에 표시된다.

나. 픽디자이너 장점

○ 픽디자이너는 인터넷을 사용할 수 있는 환경이라면 어느 장소나 시간과 상관없이 사용할 수 있는 프로그램이다. 국내는 유선인터넷 환경에서 벗어나 무선인터넷 환경으로 진화를 하고 있다. 지난 2011년 9월말 국내 통신사에서 기존의 3G 무선인터넷을 넘어 4G 무선인터넷 LTE 서비스를 시작하였다.

○ 무선인터넷도 유선인터넷에 버금가는 속도로 사용할 수 있는 환경이 조성된 셈이다. 픽디자이너는 기존의 3G 무선인터넷 환경에서도 사용할 수 있는 시스템이다. 픽디자이너 프로그램은 사용자 PC에서 실행되는 것이 아니라 인터넷 웹서버에서 모든 것이 실행되고 실행된 결과가 사용자 PC에 보여주는 형태를 취한다.

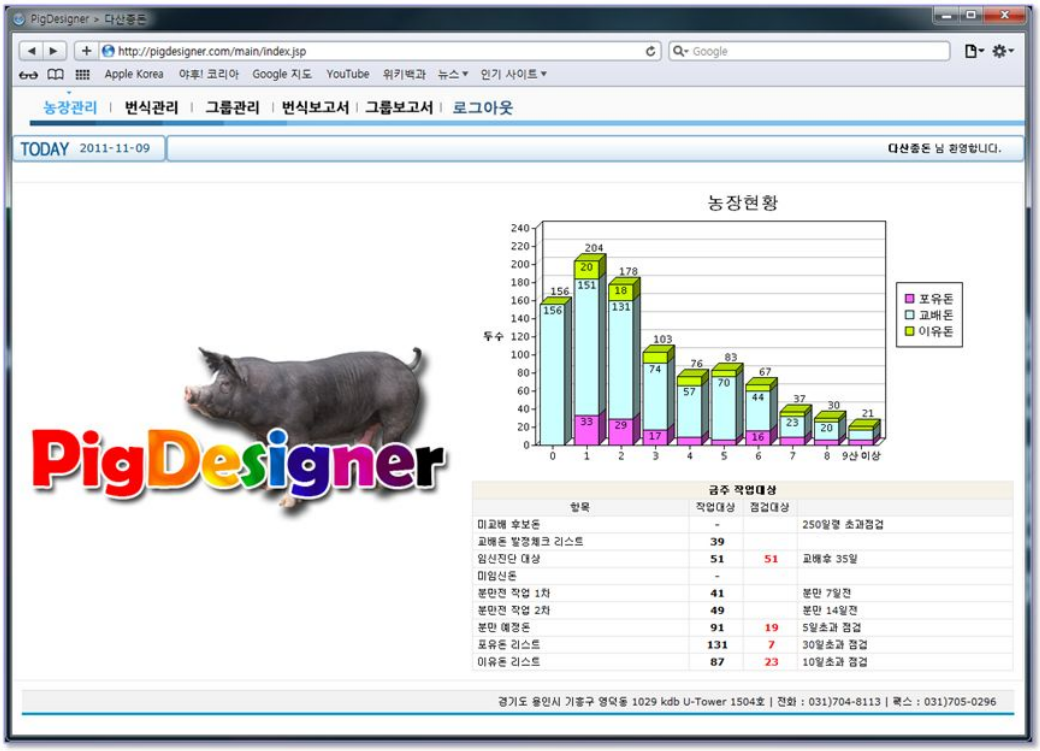
○ 그렇기 때문에 사용자 PC의 컴퓨터 사양에 크게 영향을 받지 않는다. 단 최근 인터넷 표준을 지원하는 웹브로우저만 필요할 뿐이다.

○ 국내에서 가장 많이 사용하는 인터넷 웹브로우저는 마이크로소프트에서 만든 '인터넷

익스플로러(Internet Explorer, IE)'이다. 인터넷 익스플로러는 ActiveX를 지원한다. HTML 콘텐츠 내에 ActiveX 컨트롤이 있으면 사용자의 간섭없이 컨트롤 내용을 사용자 PC에 자동으로 내려받아 설치한다. 이 기능은 기존의 웹을 더 풍성이 만들고 다양한 기능을 부여해주었지만, MS 윈도우 환경에서만 실행된다는 호환성 문제와 더불어 보안문제까지 나타나게 되었다. 최근 아이폰과 안드로이드폰과 같은 스마트폰이 크게 인기를 끌면서 새로운 시장이 생겨나고 있다. 보안 및 호환성에 문제가 있었던 ActiveX 등이 퇴출되고, 웹과 관련된 기술이 발전하면서 HTML5과 같은 신기술이 크게 대두되었다.

○ 픽디자이너는 ActiveX 대신 HTML 웹표준 내용을 가지고 만들어졌다. 그렇기 때문에 인터넷 익스플로어 이외에 구글에서 개발한 크롬(Chrome)과 애플에서 개발한 사파리(Safari)에서도 아무런 제약없이 사용할 수 있다. 그리고 웹킷(Webkit)을 지원하는 대부분의 스마트폰에서도 사용할 수 있다.

(그림 3-3-16) 구글 크롬(Google Chrome 15.0.874)



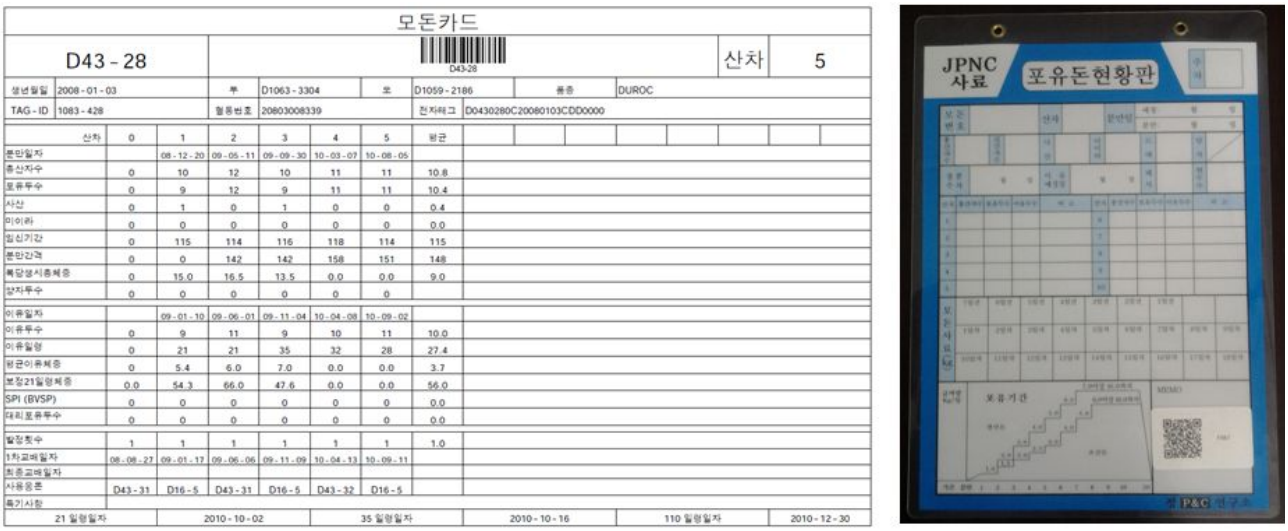
(그림 3-3-17) 애플 사파리(Apple Safari 5.1.1)

(그림 3-3-18) 웹킷(Webkit)을 지원하는 스마트폰(갤럭시S)

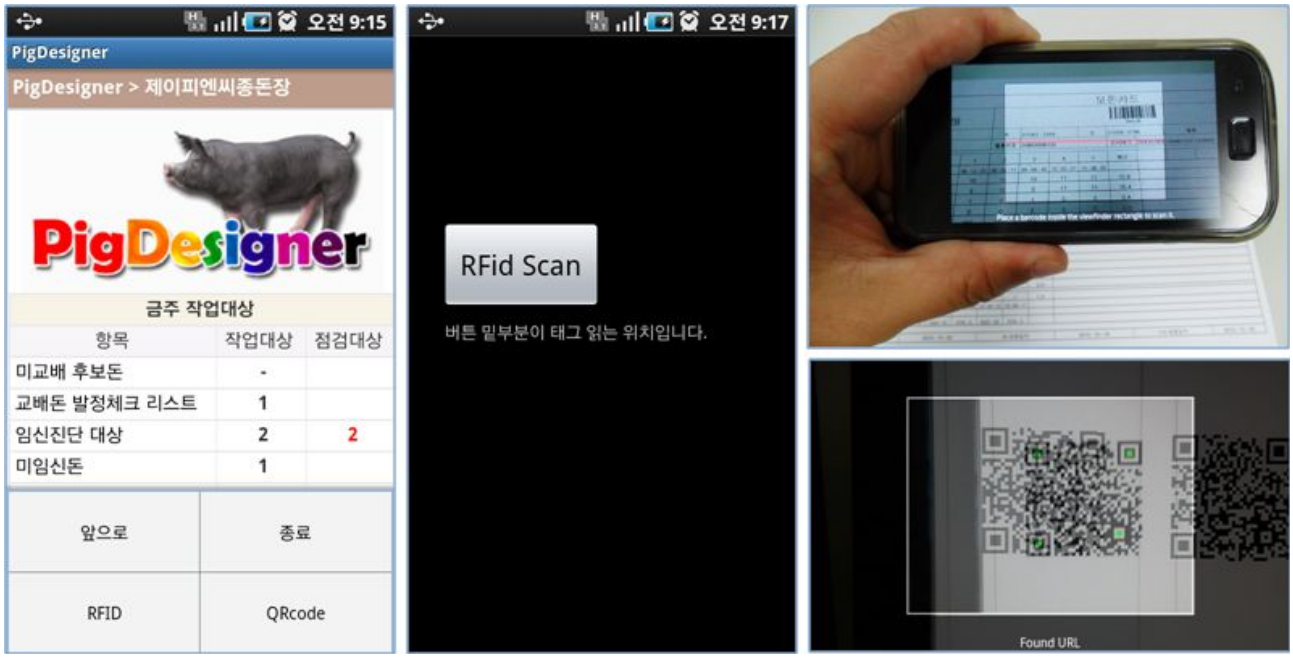
다. 모바일 장비를 이용한 자료입력

○ 픽디자이너는 작업현장에서 신속히 자료를 입력할 수 있도록 스마트폰을 이용한 자료입력을 지원한다. RFID, Barcode, QRcode 등을 이용해서 보다 쉽게 개체정보에 접근할 수 있다. 픽디자이너에서는 기본적으로 바코드가 출력되는 모돈카드를 이용할 수 있으며, 기존에 농장에서 사용하는 모돈카드가 있으면 픽디자이너에서 QRcode 라벨을 생성해서 부착하면 스마트폰으로 직접 개체정보에 접근할 수 있다.

○ 현재는 안드로이드 계열의 폰에서만 앱(App)을 통해서 부가적인 기능을 사용할 수 있으며 기타 다른 스마트폰의 경우 HTML5를 지원하는 모바일 웹브로우저를 통해서 이용할 수 있다. 모바일 웹브로우저를 통해서 사용할 경우 RFID나 카메라 기능을 이용한 Barcode 및 QRcode 읽기 기능을 사용할 수 없다.



(그림 3-3-19) 픽디자이너에서 출력한 모돈카드와 QRcode 라벨을 활용한 기존의 모돈카드



(그림 3-3-20) 픽디자이너는 스마트폰에서 RFID 태그 및 Barcode, QRcode 읽기 지원

○ 이러한 부가적인 기능은 농장 HACCP에 필요한 기록관리도 현장에서 바로 처리할 수 있다.

라. DNA 데이터베이스와 연계된 프로그램

○ 픽디자이너 프로그램은 DNA 이력추적을 위한 기본정보 구축시스템으로 설계되었다. 이력추적시 필요한 기본정보를 제공하며, 저장된 DNA 정보는 다양하게 재사용할 수 있도록 하였다.

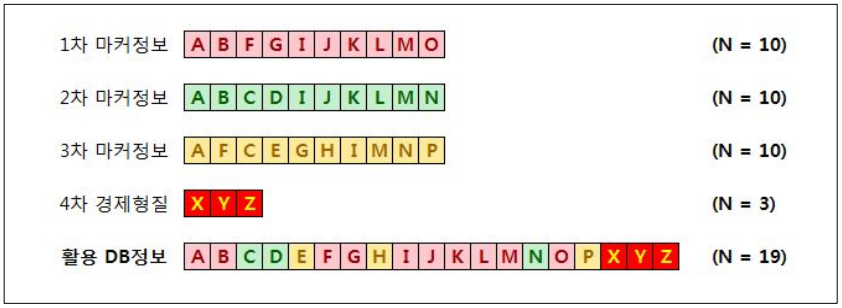
○ DNA 정보는 돼지 개체식별 데이터 통합관리 프로그램의 입력파일로 제공된다. 현재 이력추적에 이용하는 96개의 유전자 마커정보를 이용한다.

○ 1~2차년도 연구사업시 제이피엔씨종돈장의 웅돈 및 모돈 513두에 대해 DNA 정보구축 작업을 완료했으나 2010년 11월 발생한 구제역이 전국으로 번지면서 아쉽게도 제이피엔씨종돈장도 피해를 입어 전 두수가 살처분 되었다. 그래서 2011년 3차년도 사업을 진행하면서 새롭게 전라북도 남원에 위치한 다산종돈을 새로운 시험농장으로 선정하여 새롭게 DNA 정보구축작업을 실시하였다. 다산종돈은 버크셔 흑돈 고급 브랜드육 "박화춘박사의 지리산흑돈"을 생산 및 공급을 하고 있다.

(그림 3-3-21) 다산종돈 홈페이지

○ 다산종돈의 버크셔 품종 부모돈 280두에 대해 이력추적에 필요한 96개의 유전자마커정보를 구축하였고, 다산종돈에서 출하된 비육돈 및 시중에 유통된 돼지고기 샘플에서 채취한 104점에 대한 DNA 정보구축을 완료하였다.

(1) 유전자 정보를 담을 데이터베이스 설계



(그림 3-3-22) 한 개체에 대해 DB에 저장된 유전자마커 활용 예

○ (그림 3-3-22)은 DB에 저장된 유전자마커 정보의 활용 예를 그림으로 표시한 것이다. 만약 한 개체에 대해 4번의 유전자 분석이 이루어졌다고 가정했고 매 분석마다 마커정보가 조금씩 달랐을 경우를 생각해 보았다. 분석한 결과는 모두 DB에 저장되었다. 이 개체에 대해 최종적으로 그동안 분석했던 유전자 마커정보를 종합하여 그림 맨 아래에 있는 것처럼 총 19개의 마커정보를 사용할 수 있게 된다

○ 픽디자이너에서는 한 개체에 대해 저장되어있는 다양한 마커정보를 활용할 수 있게 테이블을 설계하였다.

(표 3-3-2) 마커이름 테이블(marker_name)

Name	Field	Type	Null	Key	Default	Extra
마 커 키	MarkerKey	int(11)	NO	PRI	NULL	
마커이름	MarkerName	varchar(100)	NO	UNI	NULL	
등록일자	MarkerDate	datetime	NO		NULL	
사용유무	MarkerUse	Smallint(6)			1	

(표 3-3-3) 생성기록저장 테이블(exe_info)

Name	Field	Type	Null	Key	Default	Extra
생 성 키	CreateKey	int(11)	NO	PRI	NULL	
생성일자	CreateDate	datetime	NO	MUL	NULL	
분석조직	Organization	varchar(20)	NO		NULL	
마커소스	MarkerSource	varchar(20)	NO		NULL	
마커타입	MarkerType	varchar(20)	NO		NULL	
마 커 수	MarkerSize	Int(11)	NO		NULL	

(표 3-3-4) 유전정보 마스터 테이블(dna_master)

Name	Field	Type	Null	Key	Default	Extra
샘플키	SampleKey	int(11)	NO	PRI	NULL	
생성키	CreateKey	int(11)	NO	MUL		
샘플ID	SampleID	varchar(30)	NO			
태그ID	TagID	varchar(30)	NO			
성 별	Sex	varchar(20)	NO			

(표 3-3-5) 유전정보 디테일 테이블(dna_detail)

Name	Field	Type	Null	Key	Default	Extra
마 커 ID	MarkID	int(11)	NO	PRI	NULL	
샘 플 키	SampleKey	int(11)	NO	MUL		
마 커 키	MarkerKey	int(11)				
마커정보	Mark	char(2)				

(2) DNA 정보 일괄입력

○ DNA 데이터베이스를 만들기 위해 마커분석은 미국의 GeneSeek에 의뢰하였다. 분석결과는 엑셀파일 형태로 보내온다. (그림 3-3-23)는 분석결과 원본의 일부이다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Sample ID	MARC0002500	MARC0012087	MARC0013873	MARC0014344	MARC0015385	MARC0020951	MARC0021307	MARC0022388
2	53909-Plate 1 Well 1	GA	G	GA	AG	GA	CT	TC	T
3	53909-Plate 1 Well 10	G	A	GA	AG	GA	C	TC	T
4	53909-Plate 1 Well 11	A	0	A	A	A	C	0	T
5	53909-Plate 1 Well 12	GA	0	A	G	GA	T	0	T
6	53909-Plate 1 Well 13	G	A	A	AG	G	CT	C	CT
7	53909-Plate 1 Well 14	GA	A	A	AG	G	C	TC	CT
8	53909-Plate 1 Well 15	G	A	A	AG	GA	T	TC	T
9	53909-Plate 1 Well 16	GA	GA	A	A	GA	T	TC	CT
10	53909-Plate 1 Well 17	GA	G	GA	AG	GA	CT	TC	C
11	53909-Plate 1 Well 18	GA	A	GA	AG	G	T	C	C
12	53909-Plate 1 Well 19	GA	A	GA	G	G	CT	0	T
13	53909-Plate 1 Well 2	A	0	A	A	A	C	0	T
14	53909-Plate 1 Well 20	GA	A	GA	AG	G	CT	0	T
15	53909-Plate 1 Well 21	GA	G	GA	G	G	CT	TC	T

(그림 3-3-23) GeneSeek 유전자분석 결과 원본 내용의 일부

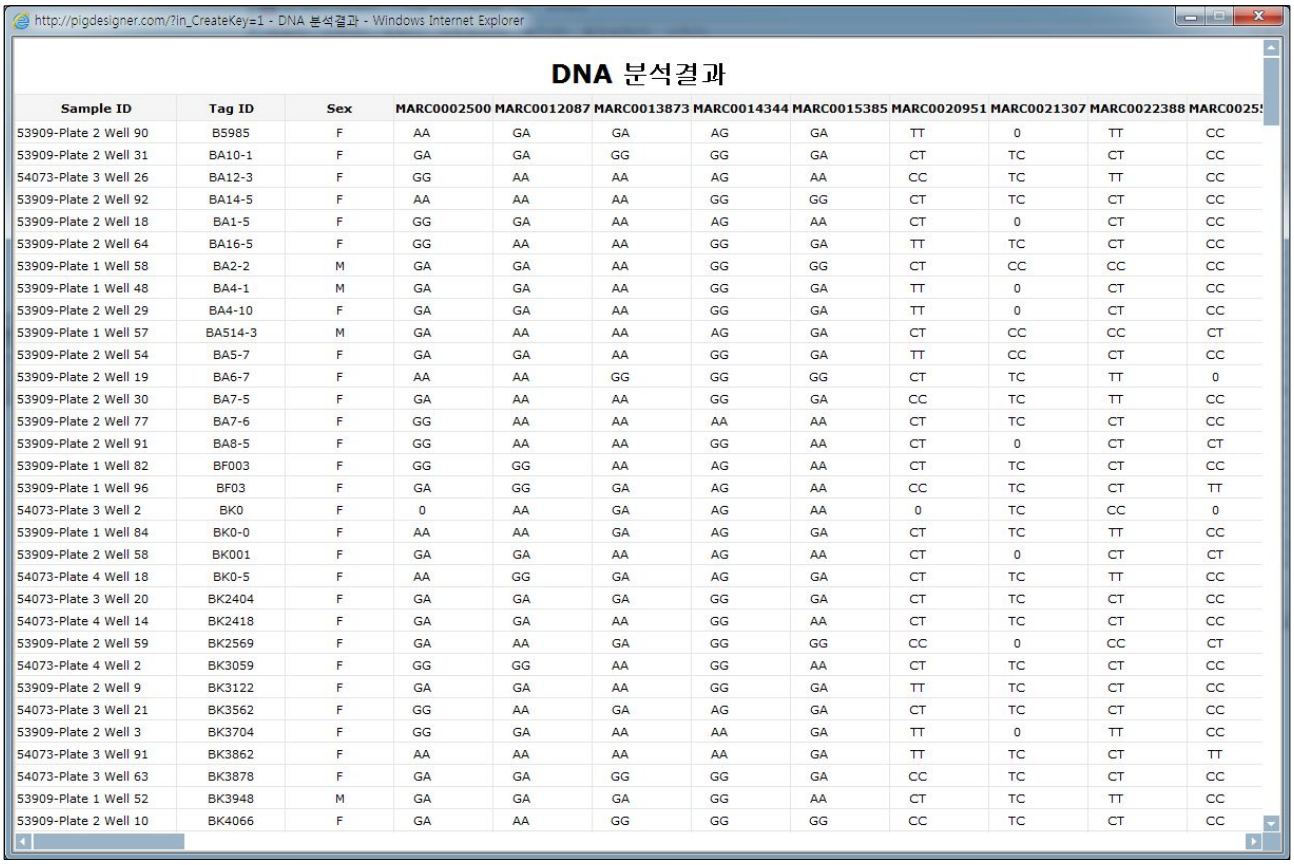
○ 픽디자이너 DNA 정보를 입력하기 위해 (그림 3-3-24)과 같이 입력파일을 정리를 해주어야 한다. 맨 첫 번째줄에는 샘플 채취일자, 분석조직, 마커소스, 마커타입, 마커수 등을 기재하고 Sample_ID와 연결되는 농장내의 Tag_ID, Sex 등을 삽입한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2011-07-14	Tail	MASSARRAY	SNP	96				
2	Sample ID	Tag_ID	Sex	MARC0002500	MARC0012087	MARC0013873	MARC0014344	MARC0015385	MARC0020951
3	53909-Plate 2 Well 90	B5985	F	A	GA	GA	AG	GA	T
4	53909-Plate 2 Well 31	BA10-1	F	GA	GA	G	G	GA	CT
5	54073-Plate 3 Well 26	BA12-3	F	G	A	A	AG	A	C
6	53909-Plate 2 Well 92	BA14-5	F	A	A	A	G	G	CT
7	53909-Plate 2 Well 18	BA1-5	F	G	GA	A	AG	A	CT
8	53909-Plate 2 Well 64	BA16-5	F	G	A	A	G	GA	T
9	53909-Plate 1 Well 58	BA2-2	M	GA	GA	A	G	G	CT
10	53909-Plate 1 Well 48	BA4-1	M	GA	GA	A	G	GA	T
11	53909-Plate 2 Well 29	BA4-10	F	GA	GA	A	G	GA	T
12	53909-Plate 1 Well 57	BA514-3	M	GA	A	A	AG	GA	CT
13	53909-Plate 2 Well 54	BA5-7	F	GA	GA	A	G	GA	T
14	53909-Plate 2 Well 19	BA6-7	F	A	A	G	G	G	CT
15	53909-Plate 2 Well 30	BA7-5	F	GA	A	A	G	GA	C

(그림 3-3-24) 픽디자이너 DNA 정보 일괄입력파일 형태

○ (그림 3-3-25)은 DNA 유전자 일괄 등록을 하는 화면으로 화면 중앙에 있는 “찾아보기” 버튼을 눌러 등록하고자 하는 엑셀파일을 선택한 후 “일괄등록”을 선택한다. 등록이 완료되었으면 바로 윗부분에 등록된 내역이 표시된다. (그림 3-3-26)은 유전자 데이터베이스에 저장된 내용이다.

(그림 3-3-25) DNA 유전자 일괄등록 화면



http://pigdesigner.com/?in_CreateKey=1 - DNA 분석결과 - Windows Internet Explorer

DNA 분석결과

Sample ID	Tag ID	Sex	MARC0002500	MARC0012087	MARC0013873	MARC0014344	MARC0015385	MARC0020951	MARC0021307	MARC0022388	MARC0025
53909-Plate 2 Well 90	B5985	F	AA	GA	GA	AG	GA	TT	0	TT	CC
53909-Plate 2 Well 31	BA10-1	F	GA	GA	GG	GG	GA	CT	TC	CT	CC
54073-Plate 3 Well 26	BA12-3	F	GG	AA	AA	AG	AA	CC	TC	TT	CC
53909-Plate 2 Well 92	BA14-5	F	AA	AA	AA	GG	GG	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 18	BA1-5	F	GG	GA	AA	AG	AA	CT	0	CT	CC
53909-Plate 2 Well 64	BA16-5	F	GG	AA	AA	GG	GA	TT	TC	CT	CC
53909-Plate 1 Well 58	BA2-2	M	GA	GA	AA	GG	GG	CT	CC	CC	CC
53909-Plate 1 Well 48	BA4-1	M	GA	GA	AA	GG	GA	TT	0	CT	CC
53909-Plate 2 Well 29	BA4-10	F	GA	GA	AA	GG	GA	TT	0	CT	CC
53909-Plate 1 Well 57	BA514-3	M	GA	AA	AA	AG	GA	CT	CC	CC	CT
53909-Plate 2 Well 54	BA5-7	F	GA	GA	AA	GG	GA	TT	CC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 19	BA6-7	F	AA	AA	GG	GG	GG	CT	TC	TT	0
53909-Plate 2 Well 30	BA7-5	F	GA	AA	AA	GG	GA	CC	TC	TT	CC
53909-Plate 2 Well 77	BA7-6	F	GG	AA	AA	AA	AA	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 91	BA8-5	F	GG	AA	AA	GG	AA	CT	0	CT	CT
53909-Plate 1 Well 82	BF003	F	GG	GG	AA	AG	AA	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 1 Well 96	BF03	F	GA	GG	GA	AG	AA	CC	TC	CT	TT
54073-Plate 3 Well 2	BK0	F	0	AA	GA	AG	AA	0	TC	CC	0
53909-Plate 1 Well 84	BK0-0	F	AA	AA	GA	AG	GA	CT	TC	TT	CC
53909-Plate 2 Well 58	BK001	F	GA	GA	AA	AG	AA	CT	0	CT	CT
54073-Plate 4 Well 18	BK0-5	F	AA	GG	GA	AG	GA	CT	TC	TT	CC
54073-Plate 3 Well 20	BK2404	F	GA	GA	GA	GG	GA	CT	TC	CT	CC
54073-Plate 4 Well 14	BK2418	F	GA	GA	AA	GG	AA	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 59	BK2569	F	GA	AA	GA	GG	GG	CC	0	CC	CT
54073-Plate 4 Well 2	BK3059	F	GG	GG	AA	GG	AA	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 9	BK3122	F	GA	GA	AA	GG	GA	TT	TC	CT	CC
54073-Plate 3 Well 21	BK3562	F	GG	AA	GA	AG	GA	CT	TC	CT	CC
53909-Plate 2 Well 3	BK3704	F	GG	GA	AA	AA	GA	TT	0	TT	CC
54073-Plate 3 Well 91	BK3862	F	AA	AA	AA	AA	GA	TT	TC	CT	TT
54073-Plate 3 Well 63	BK3878	F	GA	GA	GG	GG	GA	CC	TC	CT	CC
53909-Plate 1 Well 52	BK3948	M	GA	GA	GA	GG	AA	CT	TC	TT	CC
53909-Plate 2 Well 10	BK4066	F	GA	AA	GG	GG	GG	CC	TC	CT	CC

(그림 3-3-26) 픽디자이너 데이터베이스에 저장된 개체별 DNA 마커정보

(3) 마커정보 관리

○ DNA 유전자 정보를 일괄 등록할 때 입력파일의 헤더부분의 정보를 읽어 마커이름을 관리한다.

○ 마커정보 관리에서는 일괄 등록된 마커이름 및 새로운 마커정보를 추가할 때 사용하며, 나중에 유전자분석용 데이터 추출시 마커정보를 사용할 것인지 아니면 제외할 것인지를 선택을 해준다. 기본적으로 등록되는 모든 마커정보는 사용하도록 되어있다.

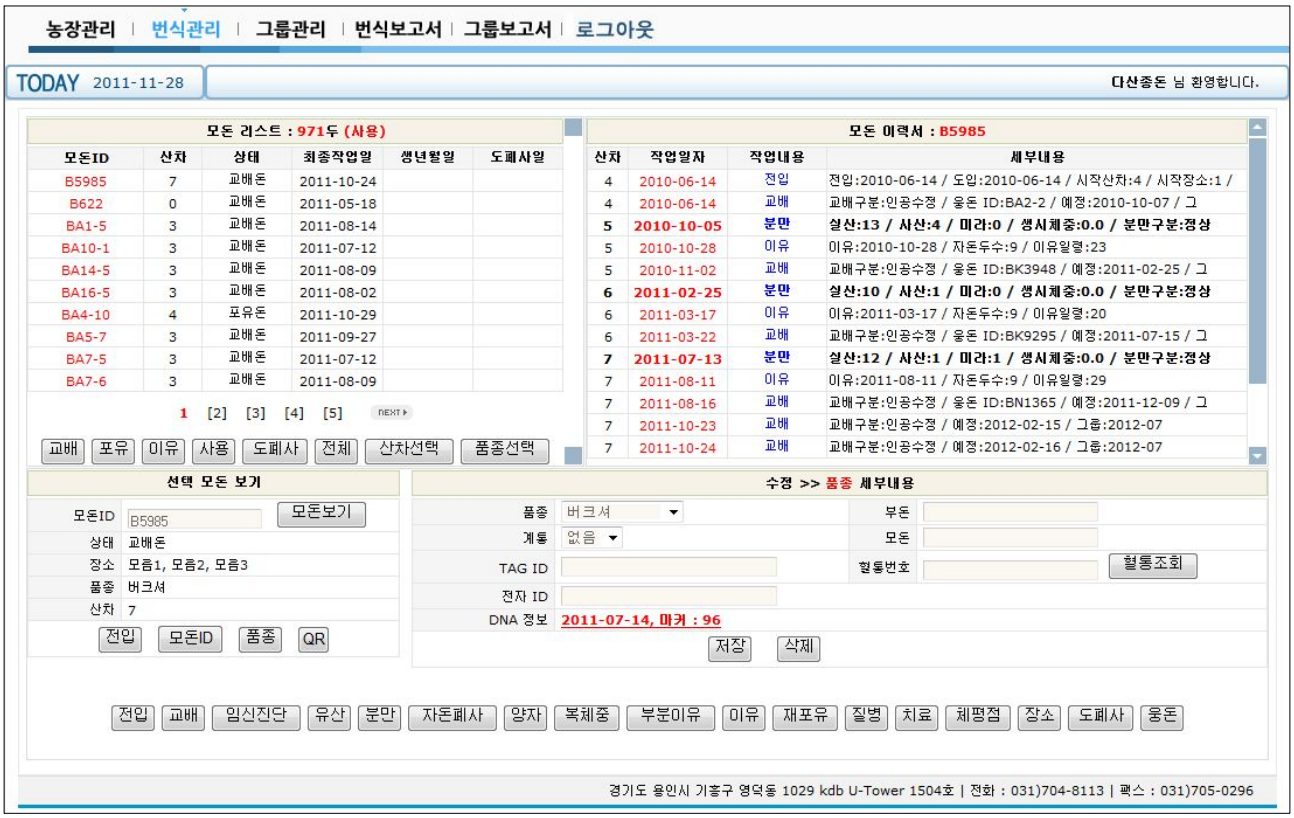
(그림 3-3-27) 픽디자이너 마커정보 관리 화면

(그림 3-3-28) 마커정보 신규등록 화면

(그림 3-3-29) 마커정보 수정 화면

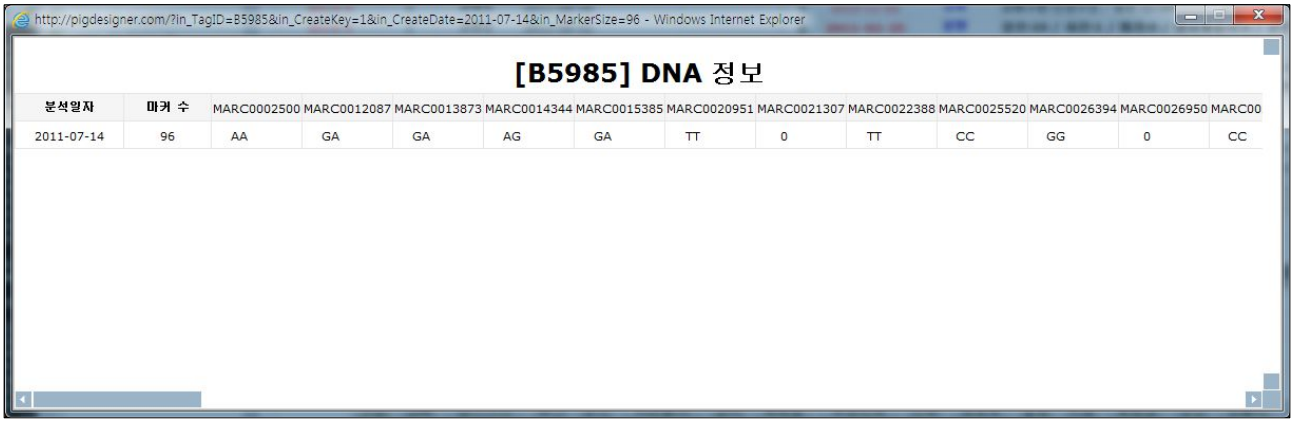
(4) 개체별 마커정보 조회

○ 개체별 입력된 마커정보는 픽디자이너 자료입력화면에서 조회할 수 있다. 왼편 하단의 “품종”버튼을 누르면 (그림 3-3-30)과 같이 우측 하단부에 품종 및 가계정보를 입력하는 형태로 바뀐다.



(그림 3-3-30) 픽디자이너 자료입력 화면 중 품종 및 가계정보 입력화면

○ 우측 “품종 세부내용”의 항목 중 DNA 정보가 있는 개체는 정보 등록일자와 마커 수가 표시된다. 등록된 내용을 확인하려면 등록일자를 선택하면 (그림 3-3-31)와 같이 세부정보가 표시된다.

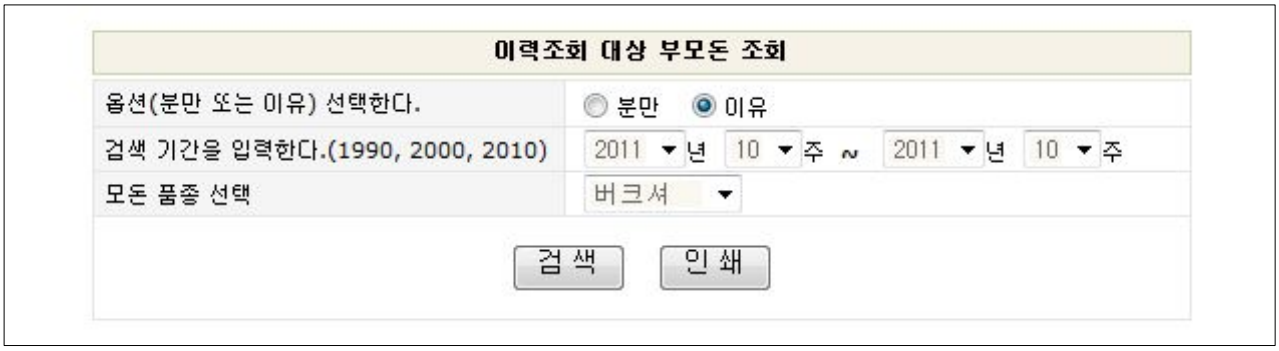


(그림 3-3-31) 모돈 “B5985”의 DNA 정보 조회 화면

(5) 이력조회 대상부모돈 출력

○ 돼지이력추적을 할 때 가장 이상적인 로트(LOT)단위는 분만 또는 이유주차단위로 그룹을 묶는 것이다. 대부분의 농장은 이유시점을 기준으로 많이 관리한다. 픽디자이너에서는 인실리코젠에서 개발한 돼지 개체식별 프로그램에서 사용할 입력파일을 생성한다. 생성하는 파일의 형태는 엑셀파일이다.

○ 농장 전체의 부모돈의 유전정보를 이용할 수 있지만 보다 더 정확한 분석결과를 얻기 위해 이력추적을 위한 부모돈을 한정해서 출력하는 기능을 담았다.



(그림 3-3-32) 이력조회 대상 부모돈 조회(2011년 10주 이유, 버크셔 품종)

(그림 3-3-33) 이력조회 대상 부모돈 조회 결과

○ (그림 3-3-33)에서 조회된 결과에 해당하는 모돈 및 부돈의 개체번호와 DNA 정보를 (그림 3-3-34)처럼 엑셀파일의 형태로 생성된다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	SNP96											
2	농장	생성일자	개체ID	성별	세대	분석조직	마커소스	MARC0002500	MARC0012087	MARC0013873	MARC0014344	MARC0015385
3	다산종돈	2011.07.14	B5985	F	F1	Tail	MASSARR	AA	GA	GA	AG	GA
4	다산종돈	2011.07.14	BA10-1	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	GG	GG	GA
5	다산종돈	2011.07.14	BA12-3	F	F1	Tail	MASSARR	GG	AA	AA	AG	AA
6	다산종돈	2011.07.14	BA14-5	F	F1	Tail	MASSARR	AA	AA	AA	GG	GG
7	다산종돈	2011.07.14	BA1-5	F	F1	Tail	MASSARR	GG	GA	AA	AG	AA
8	다산종돈	2011.07.14	BA16-5	F	F1	Tail	MASSARR	GG	AA	AA	GG	GA
9	다산종돈	2011.07.14	BA2-2	M	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	GG	GG
10	다산종돈	2011.07.14	BA4-1	M	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	GG	GA
11	다산종돈	2011.07.14	BA4-10	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	GG	GA
12	다산종돈	2011.07.14	BA514-3	M	F1	Tail	MASSARR	GA	AA	AA	AG	GA
13	다산종돈	2011.07.14	BA5-7	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	GG	GA
14	다산종돈	2011.07.14	BA6-7	F	F1	Tail	MASSARR	AA	AA	GG	GG	GG
15	다산종돈	2011.07.14	BA7-5	F	F1	Tail	MASSARR	GA	AA	AA	GG	GA
16	다산종돈	2011.07.14	BA7-6	F	F1	Tail	MASSARR	GG	AA	AA	AA	AA
17	다산종돈	2011.07.14	BA8-5	F	F1	Tail	MASSARR	GG	AA	AA	GG	AA
18	다산종돈	2011.07.14	BF003	F	F1	Tail	MASSARR	GG	GG	AA	AG	AA
19	다산종돈	2011.07.14	BF03	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GG	GA	AG	AA
20	다산종돈	2011.07.14	BK0	F	F1	Tail	MASSARR	0	AA	GA	AG	AA
21	다산종돈	2011.07.14	BK0-0	F	F1	Tail	MASSARR	AA	AA	GA	AG	GA
22	다산종돈	2011.07.14	BK001	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	AG	AA
23	다산종돈	2011.07.14	BK0-5	F	F1	Tail	MASSARR	AA	GG	GA	AG	GA
24	다산종돈	2011.07.14	BK2404	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	GA	GG	GA
25	다산종돈	2011.07.14	BK2418	F	F1	Tail	MASSARR	GA	GA	AA	GG	AA
26	다산종돈	2011.07.14	BK2569	F	F1	Tail	MASSARR	GA	AA	GA	GG	GG

(그림 3-3-34) 픽디지이너에서 생성된 이력조회 대상 부모돈 DNA 정보의 일부, 엑셀을 이용해서 열람.

(6) 이력조회 결과 판정(동일성 및 친자 분석)

○ 돼지 개체식별 프로그램에 (그림 3-3-34)의 형식처럼 생성한 파일을 입력하면 (그림 3-3-35)과 같이 최종 분석결과를 얻을 수 있다. 이 내용이 DNA 이력추적 데이터베이스에 입력되며 개체의 동일성 검사 및 친자감별 검사의 결과 자료로 이용된다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Offspring	Loci typed	Candidate	Loci typed	Pair loci c	Pair loci m	Pair LOD s	Pair Delta	Pair confi	Candidate	Loci typed	Pair loci c	Pair loci m	Pair LOD
2	RZDG0_1	90	BN4695	90	89	2	#######	0.00E+00		BK9295	86	86	0	1.09E+01
3	RZDG0_2	88	BN4690	88	84	0	9.14E+00	5.25E+00	*	BK9295	86	85	2	4.14E+00
4	RZDG0_3	86	BK5644	87	83	0	1.05E+01	7.71E+00	*	BN1993	52	51	0	9.33E+00
5	RZDG0_4	84	BN6227	85	81	2	#######	0.00E+00		BN4247	87	83	2	#######
6	RZDG0_5	88	BN4123	89	87	0	1.43E+01	3.79E+00	*	BA514-3	89	87	1	1.82E+01
7	RZDG0_6	87	BN4123	89	86	0	2.18E+01	1.21E+01	*	BA514-3	89	86	1	1.44E+01
8	RZDG0_7	89	BK4126	87	87	1	3.71E+00	0.00E+00		BN1200	76	76	0	1.14E+01
9	RZDG0_8	88	BN1419	88	84	2	3.00E+00	1.23E+00	*	BN1200	76	75	1	2.87E+00
10	RZDG0_9	90	BN2364	89	87	1	5.86E+00	2.21E+00	*	BA514-3	89	88	2	3.62E+00
11	RZDG0_10	86	BN2364	89	84	0	6.10E+00	0.00E+00		BA514-3	89	85	0	1.18E+01
12	RZDG0_11	85	BK8090	88	81	1	5.43E+00	0.00E+00		BN1200	76	76	1	4.29E+00
13	RZDG0_12	87	BK5644	87	83	0	1.05E+01	7.14E+00	*	BN1993	52	51	0	9.33E+00
14	RZDG0_13	86	BK8090	88	82	1	5.64E+00	2.93E+00	*	BN1200	76	76	0	1.33E+01
15	RZDG0_14	89	BN4739	84	81	0	8.42E+00	6.41E+00	*	BN1200	76	76	1	6.19E+00
16	RZDG0_15	87	BN4739	84	79	1	1.77E+00	0.00E+00		BN1200	76	76	0	6.82E+00
17	RZDG0_16	87	BN4786	87	83	1	2.76E+00	1.80E+00	*	BK9295	86	84	0	1.16E+01
18	RZDG0_17	85	BN4786	87	80	0	1.12E+01	1.11E+01	*	BK9295	86	83	0	1.09E+01
19	RZDG0_18	88	BN2213	86	83	0	1.76E+01	1.76E+01	*	BN1200	76	75	1	6.72E+00
20	RZDG0_19	87	BN2213	86	84	2	8.46E+00	4.19E+00	*	BN1200	76	76	1	1.03E+01
21	RZDG0_20	87	BN2831	87	84	1	1.17E+01	7.66E-02	*	BN1993	52	52	1	1.99E+00

(그림 3-3-35) 돼지 개체식별 프로그램 최종 분석결과 내용

(표 3-3-6) 최종 분석결과 세부내역

헤더정보	입력값	
Offspring ID	RZDG0_1	RZDG0_2
Loci typed	90	88
Candidate mother ID	BN4695	BN4690
Loci typed	90	88
Pair loci compared	89	84
Pair loci mismatching	2	0
Pair LOD score ①	-1.63523849	9.143913963
Pair Delta	0	5.25096988
Pair confidence		*
Candidate father ID	BK9295	BK9295
Loci typed	86	86
Pair loci compared	86	85
Pair loci mismatching	0	2
Pair LOD score ②	10.87862465	4.138477869
Pair Delta	10.87862465	4.138477869
Pair confidence	*	*
Trio loci compared	90	87
Trio loci mismatching	2	2
Trio LOD score	19.36640497	18.30972545
Trio Delta	2.10176098	11.27018228
Trio confidence	*	*

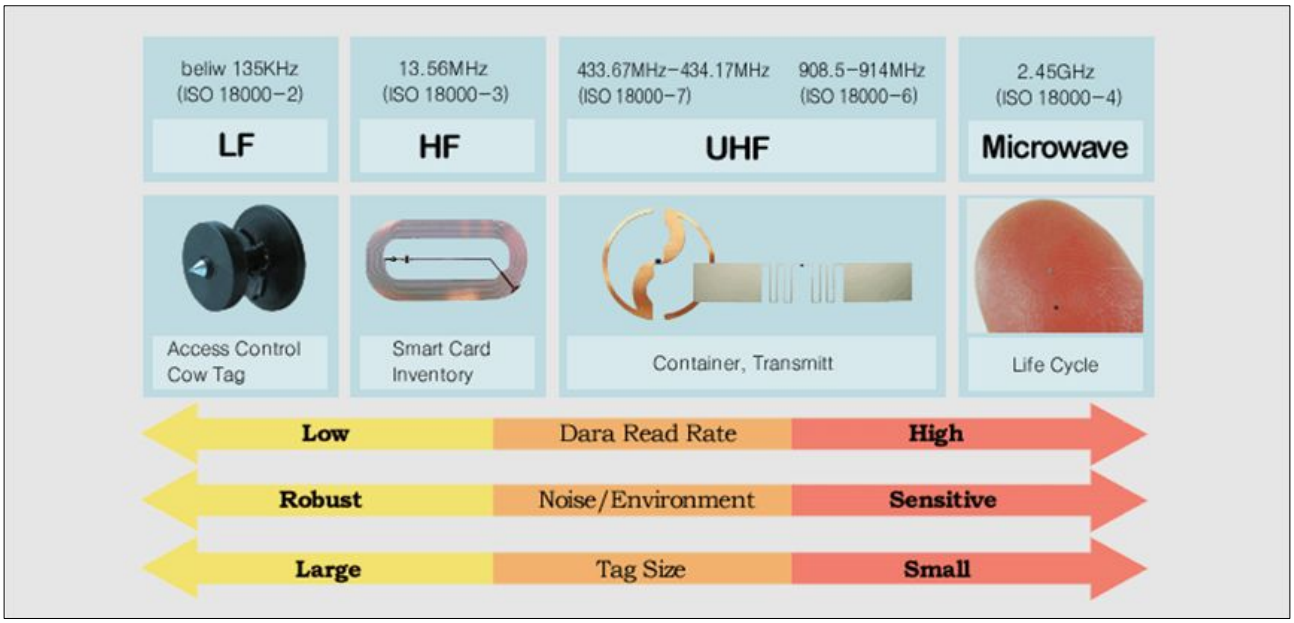
○ (표 3-3-6)은 (그림 3-3-35)의 결과 내용에서 맨 위의 개체정보 2개 “RZDG0_1”, “RZDG0_2”의 내용을 자세히 표시한 내용이다. 여기에 표시된 각 정보 중에서 친자판별에 “LOD score”의 값이 사용된다. LOD score의 값이 3.0 이상의 경우 친자관계임을 설명할 수 있다.

3. RFID를 이용한 현장 관리

가. RFID 개요

○ 전 세계의 경제규모가 점차 커지면서 한 나라에서 발생할 수 있는 심각한 문제가 다른 나라에도 영향을 줄 수 있는 단계에 이르렀다. 그래서 동물에 대해 주요 고유 식별 수단의 하나인 RFID를 이용해서 생산이력을 추적시스템을 구축하는 나라가 늘어나고 있다.

○ 동물관리용 RFID는 ISO 11784, ISO 18000-2 에서 134kHz 대역을 규정하고 있지만, 실제 동물관리용 태그는 ICAR(국제동물등록위원회: International Committee for Animal Recording)에서 주관하고 있다. ICAR는 134kHz 태그에 대한 규칙과 표준을 수립하여 동물관리를 하는 조직이다.



(그림 3-3-36) RFID 주파수 대역별 특징 비교

○ 동물관리용 RFID는 LF 대역의 주파수를 이용한다. 환경에 대한 성능저하가 거의 없고 환경에 강하지만 인식속도도 늦고 태그 사이즈가 크며 생산단가가 높다.

○ 이번 연구과제에서 도입한 RFID 태그는 UHF 대역의 주파수 900Mhz를 사용하는 태그를 이용하였다. UHF 대역의 태그 장점이라면 IC 기술발달로 가장 저가로 생산가능하며, 다중태그 인식과 인식거리가 길다는 장점이 있다.

○ 한국은 900Mhz 대역의 모바일 RFID를 세계최초로 개발하였다(ISO 18000-6). UHF 대역의 태그는 현재 물류 및 유통분야에서 많이 사용하고 있다. 국내에 스마트폰이 본격적으로 보급되면서 과거와 달리 무선인터넷망에 바로 접속할 수 있는 시스템이 구축되면서 모바일 RFID에 대한 관심은 계속 높아가고 있다.

○ UHF 대역의 장점은 태그의 소형화도 있지만 태그를 읽어들일 수 있는 리더(Reader)도 소형화가 가능하며 LF 대역의 리더기에 비해 수급이 용이하고 가격이 저렴하다.

○ 한국보다 먼저 RFID를 도입한 미국은 지난 2010년 1월 USDA의 승인을 받아 UHF 대역의 태그를 NAIS(국립동물식별시스템: National Animal Identification System)에 사용하기 시작했다. 기존에 사용하던 LF 대역의 태그 대신 UHF 대역의 태그를 도입하게 된 이유 중 하나가 태그를 읽어 들이는 반응속도이다. LF 태그를 읽어 들이는데 두당 약10초 정도의 시간이 소요된다. 7,000두의 가축이 있다고 했을 때 1시간 동안 360두밖에 읽지 못한다. 그리고 무시 못한 이유 중 하나가 LF 태그를 읽으려면 많은 양의 전기를 소모한다는 것이다. UHF 대역의 장비는 적은 전력을 소모하며, 다수의 태그를 동시에 읽어들일 수 있다. LH 대역의 장비는 가격이 높다. 높은 가격만큼 성능이 따라주지 못하고 있는 셈이다.

나. RFID 리더

○ UHF 대역의 리더기는 수급이 양호한 상태이며 선택의 폭이 넓다. LH 대역의 리더기의 경우 장비가 고가이고 구입 후 유지비용이 많이 들어가고 선택의 폭이 좁은 편이다.

○ 지난 3년간 연구개발을 수행하면서 가장 많은 변화가 있었던 부분이 리더기 부분이다. 그동안 RFID 태그와 리더기는 별개의 사항으로 접근을 하였고 단순히 리더기는 태그를 읽는 도구에 불과했다.

(그림 3-3-37) WinCE 기반 리더기

○ 2009년도 1차년도 연구사업을 시작하면서 사용했던 리더기는 (그림 3-3-37)와 같이 WinCE 기반의 리더기였다. 2009년까지만 하더라도 UHF 대역의 태그 및 바코드를 읽을 수 있는 범용단말기로는 WinCE 계열의 단말기 밖에 없었다. 2G의 무선인터넷망을 지원하였지만 당시만 해도 데이터 무선요금은 상당히 높았다. 그래서 대안으로 농장내 무선인터넷 WiFi 환경 구축을 목표로 해서 연구사업을 진행하였다.

○ 2009년 11월말 국내에 KT를 통해 아이폰(iPhone3Gs)이 출시되면서 국내의 스마트폰의 기류에 변화가 생겼다. 그 이전까지는 WM(Micorosoft Windows Mobile) 계열이 대부분이었다. 아이폰이 출시되면서 예전에는 요금이 높아 사용하지 못했던 휴대전화를 이용한 무선인터넷이 비교적 낮은 요금으로 사용할 수 있는 길이

열린 셈이다.

○ 스마트폰이 등장하면서 (그림 3-3-37)의 리더기의 기능을 일부 흡수하게 되었다. 가장 대표적인 기능이 바코드를 읽을 수 있는 기능이다. 기존의 리더기는 바코드 라벨에 붉은 빛을 비추어서 반사되어 온 값을 읽어서 라벨을 읽었다. 그런데 스마트폰의 경우 폰에 내장된 카메라 기능을 이용해서 바코드 라벨의 이미지를 읽은 후 이미지 분석을 통해 라벨의 내용을 읽는다. 이미지 분석에 의한 방법이기 때문에 기존의 단말기에서 다룰 수 없었던 QRcode도 읽을 수 있다.

(그림 3-3-38) 스마트폰에 RFID USIM 외형 및 설치

○ 2010년은 아이폰에 이어서 안드로이드폰이 널리 보급된 시기이다. 아이폰은 iOS라는 고유의 OS를 사용하였다. 하드웨어의 연결 및 사용에 대해 제한이 있었고, 프로그램(App) 개발 역시 애플에서 제공하는 PC와 운영체제(OS X)에서만 개발할 수 있게 되어있었다. 그런 가운데 오픈소스기반의 안드로이드폰 중 대표격인 갤럭시S가 출시되면서 무선데이터요금제가 생겨났다. 안드로이드폰의 경우 오픈소스를 바탕으로 했기 때문에 하드웨어와의 연결 및 프로그램 개발이 자유로워졌다.

○ 기존의 RFID 휴대용 리더기의 가격이 고가였는데, 스마트폰이 보급되면서 RFID 리더기의 대안이 생겼다. 그것은 RFID USIM을 이용한 방법이었다. SK텔레콤이 RFID USIM을 개발보급 하였다. 2010년도 가장 많이 보급된 갤럭시S에 USIM만 교체하는 것으로 훌륭한 리더기 역할을 할 수 있게 되었고, 가장 훌륭한 자료입력 단말기로 활용할 수 있게 되었다.

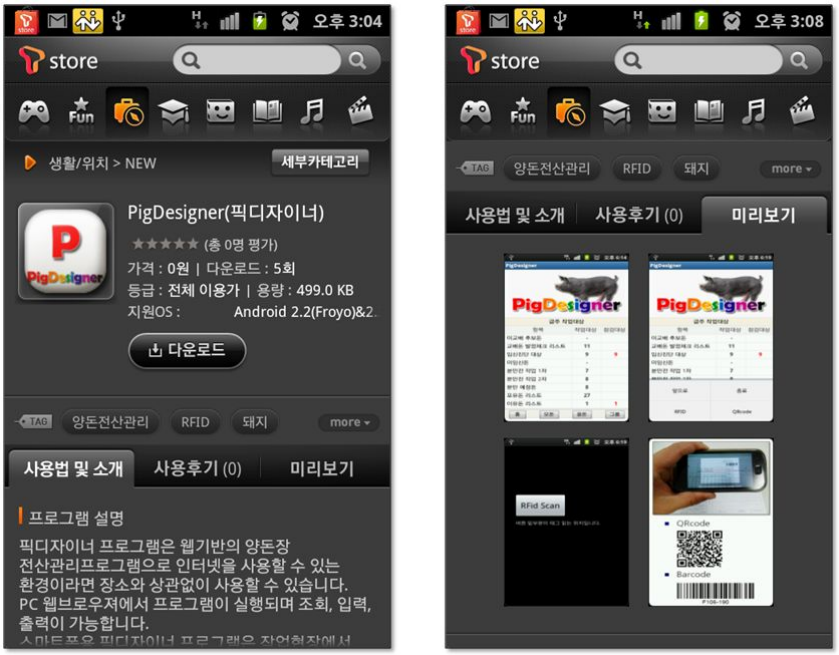
○ RFID USIM의 이용형태와 설치형태는 (그림 3-3-38)과 같다. 3G 이동통신망에 사용하는 휴대폰의 USIM을 사용하는 형태로 900Mhz 대역의 RFID 안테나를 내장하였다.

○ RFID USIM을 이용한 스마트폰을 사용할 경우 매우 저렴한 비용으로 농장내 생산이력 시스템을 구축할 수 있다.

○ 스마트폰의 장점은 사용자가 원하는 프로그램을 설치해서 사용할 수 있다는 점이다. (그림 3-3-39)은 SK텔레콤에서 구축한 T스토어에 등록되어있는 “PigDesigner” 설명내용이다.

○ RFID USIM을 사용할 수 없는 스마트폰의 경우 카메라를 이용한 바코드 및 QR코드 리더기로 사용할 수 있다.

○ 지난 2011년 10월 30일 방송통신위원회에서는 국내 스마트폰 사용자가 2천만명이 넘어섰다고 발표하였다. 그것도 2년이란 짧은 기간동안 이루어진 것이고 국내의 스마트폰 증가속도는 전세계에서 가장 빠른 수준이며 2011년 말에는 국내 전체 휴대전화 사용자 중에서 스마트폰 사용자가 약 42%에 이를 것으로 예상되고 있다.



(그림 3-3-39) T스토어에 등록된 픽디지이너 앱 소개

○ 이제 스마트폰은 단순히 전화통화에만 사용하는 도구가 아니라 생산이력 추적에 사용할 수 있는 가장 훌륭한 도구로 변모하고 있다.

○ 그동안 여러 가지의 생산이력시스템 프로젝트가 실행되었었지만 번번이 실패한 이유는 발생하는 데이터를 얼마나 신속히 처리할 수 있는지의 여부라 할 수 있겠다. 과거의 생산이력시스템은 실시간으로 데이터를 처리할 수 없었지만, 이제는 상황이 많이 바뀌어 다양한 입력 디바이스를 통해서 보다 신속히 자료를 처리할 수 있는 단계로 발전해 나가고 있다.

○ 2011년 3차년도 연구사업을 진행하면서 RFID 리더 부분에 새로운 개념을 도입해 진행하였다. 2010년도에 도입한 RFID USIM을 활용한 방법이 금방 벽에 부딪히게 된 것이다. 바로 눈부신 기술발전으로 인한 부분도 있고 USIM을 기반으로 하다 보니 특정 통신사에 종속되고, 최근 안드로이드폰에 도입된 NFC 기능으로 인해 RFID USIM 사용에 많은 제약이 생겼다. NFC(근거리무선통신 : Near Field Communication)은 아주 짧은 거리에서 이뤄지는 비접촉신 통신 기술로 주파수 대역은 13.56MHz를 사용한다. IC칩과 무선을 통해 식품이나, 동물, 사물 등의 다양한 개체정보를 관리할 수 있는 차세대 인식기술 전자태그의 일종이다. NFC라는 새로운 기술이 나왔지만 UHF 대역을 이용하는 모바일 RFID 기술에 인식속도 및 경제성에서 앞선다.

○ 이번에 새롭게 도입한 개념은 블루투스를 이용한 RFID 리더를 이용하는 방식이다. 오래전 PDA 시절부터 기본적으로 내장된 기능이 블루투스에 의한 무선연결이다. 최신

(그림 3-3-40) 블루투스 RFID 리더기를 이용한 태그 읽기

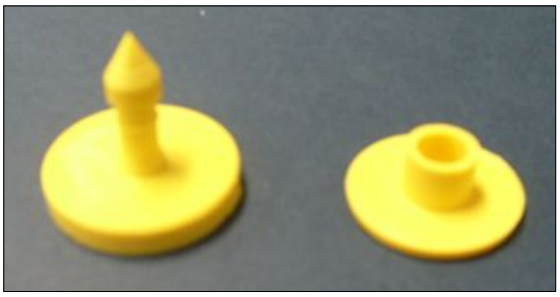
스마트폰에도 당연히 블루투스 기능은 기본적으로 내장되어있다. 스마트폰에 RFID 리더기를 직접 장착하는 것이 아니라 리더기와 스마트폰은 분리되어있는 형태로 블루투스 신호규격에 맞추어 리더기에서 읽혀진 태그 정보를 스마트폰에 전송을 한다(그림 3-3-40).

○ UHF 대역의 장점은 리더기의 크기를 최소화 할 수 있으며, 사용되는 전압을 조절하여 인식거리를 조절할 수 있다는 점이다. 사용한 리더기는 신용카드 정도의 크기로 한손으로 사용해도 무게를 거의 느낄 수 없을 정도로 가벼운 편이다.

○ 블루투스 리더기와 스마트폰과의 최대 연결거리는 10m이다. UHF 전압을 최대로 했을 때 약 10m 정도 떨어진 태그를 읽을 수 있다. 그리고 블루투스 기능이 있는 스마트폰이라면 모두 연결해서 사용할 수 있기 때문에 RFID USIM을 사용할 때처럼 단말기 사용의 제약이 없다. 한가지 아쉬운 부분은 안드로이드 계열의 스마트폰과 테블릿PC만 완벽히 지원한다. 아이폰 및 아이패드도 사용가능하나 애플의 직접적인 하드웨어에 제약이 있어 안드로이드와 동일한 방법으로의 접속은 불가능하다. 안드로이드의 계열은 HID(Human Interface Device) 및 SPP(Serial Port Profile) 모드로 접속을 허용하나 아이폰 계열은 HID 방식만 지원한다.

다. RFID 태그

○ RFID 시스템 도입목적은 생산단계부터 유통단계까지 소비자에게 생산이력을 투명하게 제공하기 위함이다. 시스템 도입에 앞서 중요한 부분은 가축에 장착할 '태그(Tag)'라 할 수 있겠다. 태그의 재질이 너무 딱딱하고 탄력성이 없는 경우에는 가축에 장착시 실패할 확률이 높다. 앞서 언급한 것처럼 RFID 태그의 주파수 대역은 UHF 900MHz을 선택하였다. 그동안 국내에서 많이 사용되었던 LH 대역의 태그에 비해 인식거리가 길고, 반응속도가 빠르고, 유지비용이 저렴하기 때문이다.

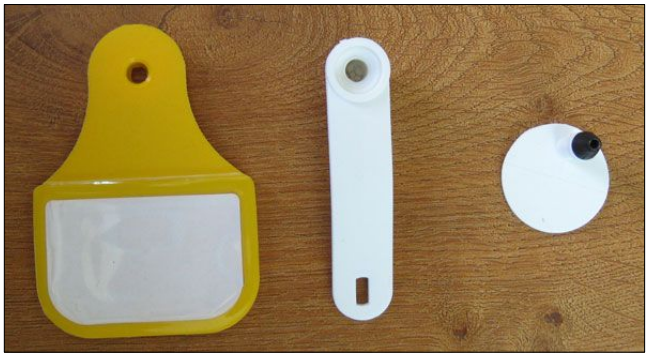


(그림 3-3-41) LH 대역을 사용하는 태그

(그림 3-3-42) 농장에서 버려진 RFID 장비

○ (그림 3-3-41)은 LH 대역을 사용하는 태그이다. 국내 초기 다른 연구사업에 많이 사용된 태그 중 하나이다. 실제 농장에 시스템 구축 후 시스템 활용도가 현저히 떨어졌다. 그 이유는 농장의 상태는 전혀 고려하지 않고 기계중심으로 무리하게 시스템을 도입을 했기 때문이다.

○ (그림 3-3-42)은 실제 돼지농장에서 촬영한 사진이로, RFID 기반 자동사료급여장치를 모두 떼어놓아 한 곳에 모아놓은 사진이다. 잦은 인식불량과 오작동에 의해 고장이 많이 발생하고 가축성장에도 문제가 생기자 모든 설비를 뜯어내고 예전 시스템으로 돌아갔다.



(그림 3-3-43) 1차년도에 사용한 RFID 태그

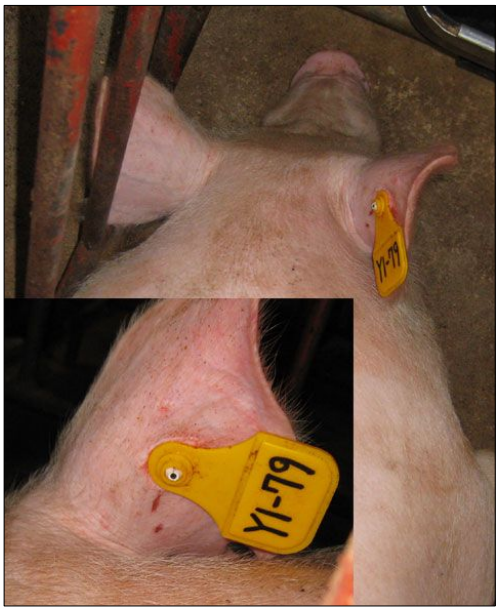
○ (그림 3-3-43)은 1차년도 연구사업에 사용한 태그로 UHF 대역의 태그와 DNA 샘플 채취용 키트의 조합으로 구성되었다.

○ (그림 3-3-44)은 RFID 태그에 DNA 샘플 채취용 키트를 세팅한 이표장착기 사진이다.

○ (그림 3-3-45)은 모돈의 귀에 RFID 태그를 장착하는 사진으로 장착시 태그는 모돈의 귀에 남게 되고 DNA 샘플채취용 키트에는 모돈 귀의 조직이 들어가게 된다. 장착 완료후 DNA 샘플 채취용 키트를 이표장착기에 분리후 수거한다.

(그림 3-3-44) RFID 태그를 이표장착기에 세팅한 사진

(그림 3-3-45) 모돈 귀에 RFID 태그 장착하는 모습과 장착 후 모습



(그림 3-3-46) 모돈 귀에 부착된 태그

○ 강원도 철원군 소재 제이피엔씨종돈장(김화읍 청양리 523-2)의 모돈 500두와 웅돈 13두 전두수에 전자식별 RFID 태그를 부착하였고, 부착시 발생하는 조직 샘플을 개체별로 채취하여 DNA를 추출하였다. 모돈은 순종과 F1, 잡종모돈으로 구성되었고 웅돈은 모두 순종이었다.

○ 제이피엔씨종돈장을 연구시험농장으로 선정하게 된 이유는 2008년 신규로 종돈업을 시작했으며 전산기록관리 및 혈통관리가 체계적으로 이루어지고 있었고, 외부에서 별도로 다른 돼지의 유입이 없었다.

(표 3-3-7) RFID 태그부착 및 DNA 추출 성돈의 품종구성

	랜드레이스	버크셔	대요크셔	듀록	F1(LY)모돈	잡종모돈	계
암	4	2	33	10	430	21	500
수	1	1	2	9			13
계	5	3	35	19	430	21	513

(표 3-3-8) 제이피엔씨종돈장 개체별 등록된 RFID 태그정보 및 DNA 정보 일부

이각번호	RFID 태그정보	DNA 정보
D33-92	D0330920C20080103CDD0000	AAGGTTTCCTTCCACCGTGATCAAGGGATCCAOOGGCCAAGGGGCCGGCTTAOOGGAGTCCCTCCGGCTA GTTCCTGACCOOAGGGCGGGCTGGGGGGGGAAAOOCCGGAGCTGAAGOOGGCCTCTTAGGGOOAATT
D33-94	D0330940C20080103CDD0000	CAGGTTCCCCTCCCTCGGAATCGGAGGATCCCTTAACCAAGGGACCGGTTTTTCGGGGTTTCTTCGGCAA GTOOCTGGCCCCOOGTGGGCTTGGGGGGGGAAGGGGGGGGCCGAAAOOGGCCTCTTAGGGCCAATT
D43-28	D0430280C20080103CDD0000	AAGGTTCCCCTCCATTGGAATCAGAGGATCAATTAGTCCAGAGGCTGATTTATTGGAGTTTCTCGGGCTA GTCCCTGGCCOOAGGGGGGGTTGGGGGGGAAAGGGCGGAACCGGAAOOGGCCTTTTGGGGCCAAGT
D43-78	D0430780C20080104CDD0000	AAGGTCCCCCTCCCTCGGAATTAAAGGATTAATTAACCCAGAGACTGGTTTTTCGGAGTTTTTTCGGCAA GTCCOOGACCOOOOGTCGGGTTGGAGGGGGGAGAGGGGAACTGGAAOOGGCCTTTTAGGGCCAAGT
L93-56	A0930560C20080207CDD0000	AAGGTTCCCCTCCCOOGTGACCGGAGGATTCATTGGCCAAGGGGCTGGTTTATTGGAGTTTCCCCGGCTT GTTCCCGGCCTTAGTTCCGGCTGGAAOOGGGAAAGGCCAACTGGAAOOOOCTCCTTAAGACCAATT
Y83-51	E0830510C20080201CDD0000	AAGGTTTTTTCCCATCGGGGTCAAGGGGCCCATTAGTCAAGGGACCGGCTTTTTGGGGCCTTTCGGGCTT GTCCCCGGCCTTAAGTGGGCCCGGGGOOGGAAGGGCCGAGCCGGAAOOOOTTTTTTGGGGOOAATT
Y83-53	E0830530C20080201CDD0000	AAGGTTTTTTCCCCOOGGGGCCAGAGGATCCAGTGGCCAAGGGACCGGTTTTTCGGGGTCTTTTGGGCTT GTCCCCGGCCTTAGGTGGGCTTGGGGOOGGAAGGGGGGAGCCGGAAOOGGCCTCTTAAGGOOAAGT
Y83-58	E0830580C20080201CDD0000	AAGGTTCCCCTCCATTGGAACCAAGGGATCCCTTAGCCCAGAGACCGGCTTATCGGGGTCTTTTGGGCTA GTCCCTGGCCCTAATTGGGCTTGGGGCGGGAAGGGGCGAGCCOOAAOOOOCTTTTTAGGGOOAAGT
Y83-72	E0830720C20080201CDD0000	AAGGTTCCCCTCCATCGGAATCAGGGGATCCATTAGCCAAGGGACCGGTTTATTGGGGTCTTTCGGGCTA TTCCCCGGCCCTAATTCGGCTTGGGGGGGGAAGGGCGGAGCCGAAAOOOOCCTCTTGGGGOOAATT
Y83-78	E0830780C20080201CDD0000	AAGGTTTCCTTCCAOOGGGACCAAAAGGCCCATTAACCAAGGGACTGGTTTTCCGGAGCCTCTTGGGCTT GTCCCCAACCCCAAGGCGGCOOGGAGGGGGAAGGGGGGAACTGGAAOOGGCCTCTTGGGGCCAAGG
Y83-85	E0830850C20080201CDD0000	AAAGTTTCCTTCCCTCGGGATCAAAAGATCCATTAACCAAGGGACTGATTTTCCGGGGTTTCTCCGGCTT GTCCCTAACCCCAAGTCCGCCTGGAGCGGGAAGGGCGGAGCCGGAAOOOOCTTCTTAGGGOOAAGT
Y83-87	E0830870C20080201CDD0000	AAAGTTCCCCTCCCCCGTAATCGGAAGATCCATTAGCCAAGGGACTGATTTATCGGGGTTTCCCGGGCTT GTCCCTAACCCCAAGTCCGCCTGGAGGGGGGAGGGCGGAGCCGGAAOOOOCTTCTTAGAAOOAAGG
Y83-98	E0830980C20080201CDD0000	AAGGTCTCCTTCCACCGGGATTGGAAGGCCCATTAACCAAGGGACTGGTTTTCCGGAGCCTCTCGGCCTT GTCCTTGGCCCCAGTTCGGGTTGGAGGGGGAAGGGCGGAACCGGAAOOOOCCCCTTAGGGOOAAGG
Y93-39	E0930390C20080206CDD0000	AAAACCCCCCTCAACCGGAATTGGAAGGCCCAGTGGCCAAGGGATTGGTTTATCGGAGTTTTTCGGGCTT GTCCCTGGCCCCAATTCGGCTTGGAGCGGGGAGAGGCCAACCGGAAOOOOCCCCTTAGGGOOAATT
Y93-73	E0930730C20080207CDD0000	AAAGTCCCCCTCCCOOGGGATCAAAGGGCCCAGGGGCCAAGGGACTGGTTTTTTGGAGTTTTTTGGGCTT TTCCCTGGCCCCAAGTGGGCTTGGGGGGGGAAGGGCCCAACCGGAAOOOOCCTCTTAGGGOOAATT
Y93-74	E0930740C20080207CDD0000	OOGGTCCCCCTCCCOOGGAATCAAAAGGCCCAGTAGCCAAGGGACTGGCTTTTTGGAGTCTTTTGGGCTT GTCCCTGGCCCTAAGTGGGCTTGGGGGGGGAAGGCCCCAACTGGAAOOOOCCTCTTGGGGOOAATT

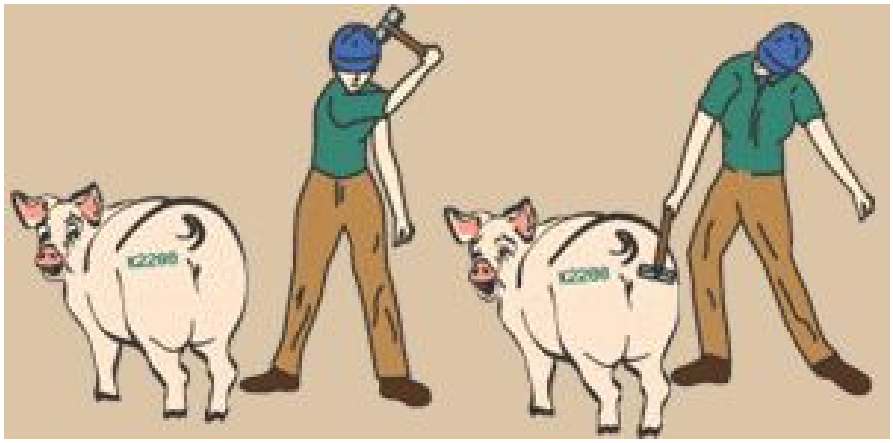
4. 돼지 생산이력 추적시스템 연구

가. 국내 돼지 생산이력추적제 현황

○ 농림수산식품부는 돼지열병 청정화 기반구축을 위해 농장별 고유번호를 부여하고 돼지가 농장 밖으로 이동할 때 이를 표시하는 사육부터 도축까지 일괄 관리하는 시스템을 구축하여 운영할 계획이다. 국내에서 돼지를 사육하고 있는 9천 5백여 양돈장 중 축산업 등록대상인 8천 1백호 농가는 현행 축산업 등록번호(5자리)를 농장 고유번호로 사용하고, 미 등록대상인 1천 4백호 농가에 대해서도 별도의 고유번호를 부여한다.

○ 농장별 고유번호는 축산업 등록증에 축산업 등록번호로 영문 대문자와 아라비아 숫자를 합한 5자리로 구성되어 있다(예: ABCD1, ZXYW9). 2012년부터 양돈장 밖으로 이동하는 모든 돼지는 농장별 고유번호를 엉덩이 부위에 의무적으로 표시하여야 하며, '돼지열병 예방접종확인서' 휴대는 2013년부터 중단하고, 농장별 고유번호만 표시하도록 전환할 계획이다. 다만, 자돈의 경우 출혈에 따른 가축전염병 전파 우려 등을 고려하여 문신 또는 이표 중에 선택할 수 있도록 하였으며, 돼지써코바이러스(PCV-2) 백신, 돼지소모성질환 지도지원사업 등 지원시 고유번호가 없는 농가는 지원대상에서 제외하고, 고유번호가 없는 농장의 돼지는 이동 또는 도축을 금지하며, 농장별 고유번호 표시 위반시 가축전염병예방법에 따라 500만원 이하의 과태료를 부과할 계획이다.

○ 한편 농수산식품부는 2014년부터 돼지생산이력제도 도입을 검토하고 있다.



(그림 3-3-47) 농장고유번호 표시방법

나. 돼지 생산이력추적제 개요

○ 생산이력관리제도의 목적은 돼지와 돼지고기의 사육/도축/가공/유통과정의 각 단계별 정보를 기록, 공유하여 문제발생시 이동경로를 거꾸로 추적하여 신속한 원인규명 및 조치를 가능하게 함으로써 문제 확산을 차단하고 생산에서부터 유통까지의 모든 경로가 투명한 돼지고기를 소비자에게 제공함으로써 제품의 신뢰도를 높이기 위함이다.

○ 돼지 생산이력제를 위한 전제 조건은 양돈장에서부터의 기록이 소비자에게 도달 할 때까지 유지되어 문제 발생시 역추적이 가능한 시스템을 구축하는 것이다.

○ 생산이력을 관리하기위해서는 전담 기관이 필요하다. 우선 양돈장의 생산기록을 관리하는 기관, 도축정보를 관리하는 기관, 이러한 정보를 취합해서 데이터베이스로 관리하는 생산이력지원기관이 필요하다.

○ 만일 유전자 마커를 이용한 생산이력 시스템을 적용하기위해서는 정부로부터 위탁받은 유전자분석기관이 필요하다. 본 연구는 기존의 생산이력추적시스템에 유전자이용방식이 추가된 방식을 연구했다.

다. 돼지 생산이력추적시스템 모델개발

○ 농장의 모돈과 부돈 DNA 샘플은 의무화 되어야 하고, 도축장과 가공공장, 소매단계 DNA 시료분석은 필요시 분석을 실시한다. 각단계별 업무와 관리내용은 다음과 같다

(1) 사육단계

양돈장과 돼지의 고유번호가 필요하다.
첫째는 농장번호, 둘째는 모돈과 부돈의 개체번호, 셋째는 자돈과 비육돈의 묶음(Lot)번호이다. 원칙적으로 번식돈은 개체관리, 태어나는 자돈은 이유 시부터는 50두-500두 단위로 묶은 Lot 단위로 관리된다. 또한 전산으로 입력된 생산기록이필요하고 출하시 두수와 출하장소 또는 자돈구입자등의 전산기록이필요하다. 이러한 기록을 관리하는 것은 생산자 단체인 양돈협회가 적합하다. 양돈협회는 생산기록을 생산이력지원기관과 데이터를 함께 공유한다.
종축개량협회는 순종돈의 개체번호와 순종자돈 생산기록, 종돈의 이동기록을 관리한다.
양돈장은 모든 번식용 모돈과 웅돈의 체모를 채취해서 유전자 분석기관으로 보내서 농장의 유전자 데이터베이스를 구축한다.

(2) 도축단계

도축장은 농장고유번호, 돼지묶음번호, 두수, 일자, 수송차량, 도축체중 등 등급정보를 전산기록유지하고 정보를 축산품질평가원에 보고하고 축산품질평가원은 데이터를 생산이력지원기

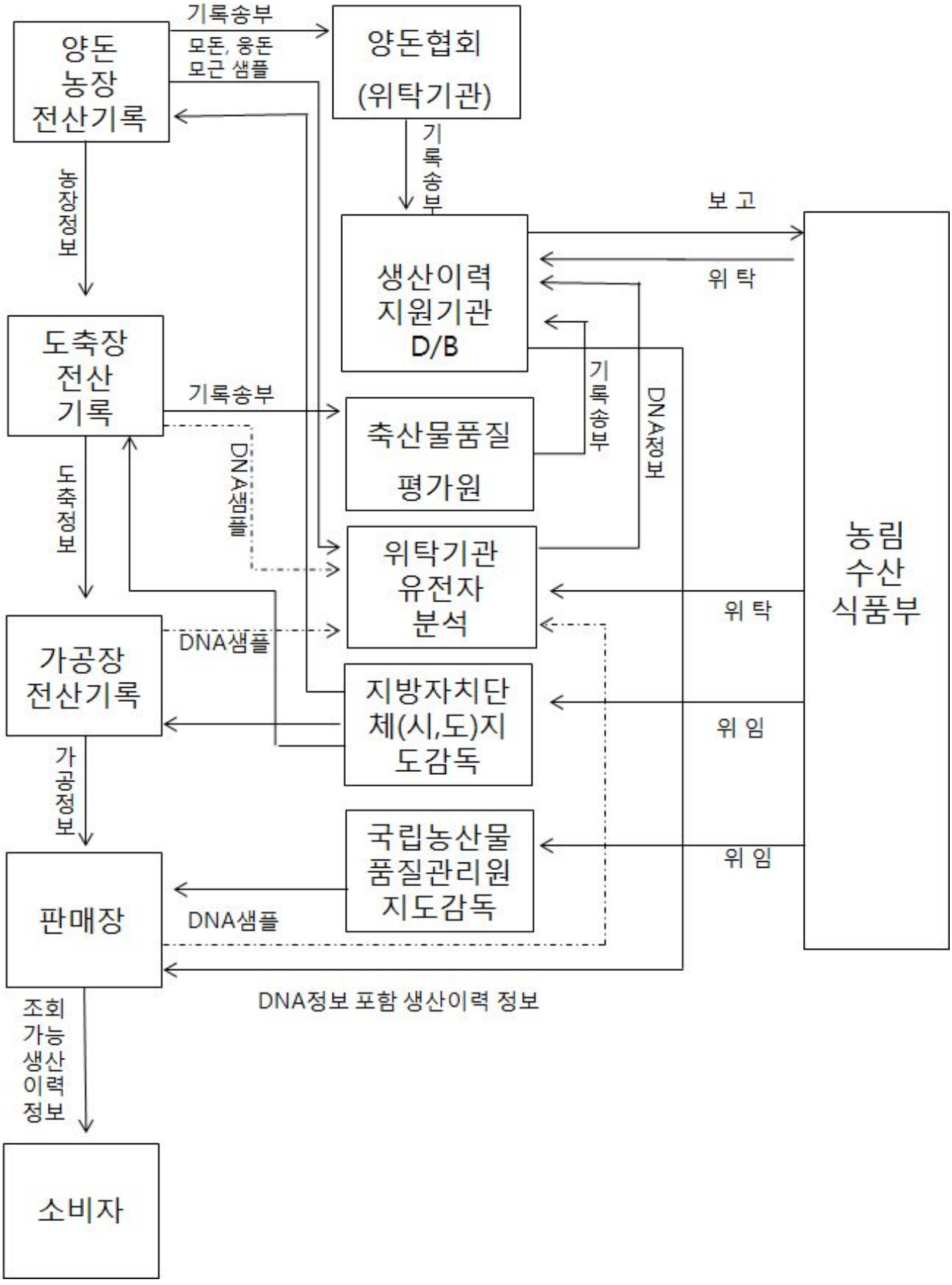
관과 함께 공유한다. 도축장에서 비정기적으로 DNA분석용 샘플을 채취해서 유전자분석기관으로 보낸다.

(3) 가공단계

1차 가공공장은 농장식별번호 단위로 구입하고 작업해서 전산기록을 유지하고 판매시에도 농장번호단위로 판매하고 기록을 유지한다.
각 개별포장에는 농장개별번호, 도축관련정보를 가공공장정보와 함께 표시한다.
가공공장에서 비정기적으로 DNA분석용 샘플을 채취해서 유전자분석기관으로 보낸다.

(4) 판매단계

판매업체는 가능한 한 농장단위의 돈육제품을 구입하고 매입과 판매기록을 전산기록으로 보관한다. 소비자가 농장식별번호를 통해 돈육제품의 생산이력을 파악할 수 있게 농장 이름, 도축장, 가공공장 이름, 도축, 가공일자 등을 제공한다.
판매장에서 비정기적으로 DNA분석용 샘플을 채취해서 유전자분석기관으로 보낸다.



(그림 3-3-48) 국내 돼지고기 생산이력 실행 추진 체계(안)

(표 3-3-9) 돈육생산 이력추적 시스템 운영체제 요약

단계	운영주체	관련업무내용	관리기관
사육단계	- 종돈장 - 비육농장 - 계열화업체 주체	- 부돈, 모돈 개체 정보 관리 - 비육돈 LOT 단위관리 - 부돈, 모돈 DNA 시료채취 - 부돈, 모돈 RFID 귀표부착 - 비육돈 개체별 농장 - 고유번호 색인 - 이동 종돈, 비육돈 LOT별 RFID 카드관리	- 양돈협회 - 종축개량협회 - 각 시,도, 군 자치단체 - 국가동물방역 시스템(KAHIS) - 국가위탁 생산이력지원기관
도축단계	- 도축업체 - 등급판정사	- 지육에 개체식별번호 표시 출하농장 및 비육돈 LOT, 도축 일자입력 - 육등급, 육질등급전산입력 (등급판정사) - 비육돈 LOT별 DNA시료 채취 - 거래 내역 대장기록·보존	- 각 시,도, 군 자치단체 - 축산물품질평가원 - 국가위탁 생산이력지원기관
가공단계	- 식육가공업체	- 부분육 포장 및 BOX에 농장식별번호 표시 - 거래내역대장 기록·보존	- 각 시,도,군 자치단체
판매단계	- 식육판매업체 - 소비자	- 식육의 판매표지판 등에 농장식별번호표시 - 거래내역대장 기록·보존 - 인터넷, 핸드폰을 이용한 이력정보확인(소비자)	- 국가위탁 생산이력지원기관
전산관리	- 농림수산식품부 - 축산물품질평가원	- 이력추적시스템 통합전산망 운영	- 농림수산식품부 - 위탁기관
DNA 검사	- 유전자분석 - 위탁기관	- 농장 부모돈 DNA 프로파일 분석 및 데이터처리 - DNA 동일성검사(유통단계)	- 농림수산식품부 - 위탁기관

(표 3-3-10) 돼지사육단계 이력추적 업무흐름

단계	생산이력관련업무	관리기관
① 농장고유번호 신고	- 등록내용: 축산업등록번호, 소유자 성명, 주민번호, 주소, 사육시설소재지 등	- 각 시,도,군 자치단체
② 부돈,모돈 개체 RFID 귀표부착 및 DNA 시료 채취	- 부돈과 모돈에 RFID 귀표 의무적 부착 - 부돈 모돈의 DNA시료 채취 및 발송 - 부돈, 모돈의 전산관리의무화	- 종축개량협회 - 양돈협회 - 국가위탁 생산이력지원기관
③ 자돈이유시 LOT번호부여	- 자돈이유시 그룹 단위로 LOT번호부여 및 관리 - LOT 단위 이유자돈이 자돈사육성비육사 이동시 그룹단위로 관리하고 투약, 치료기록유지	- 양돈협회 - 국가위탁 생산이력지원기관
④ 비육돈 출하, 종돈판매	- 도축을 위해 출하시 농장 고유번호, 비육돈 LOT번호 입력 RFID카드를 도축장에 제출	- 종축개량협회 - 양돈협회 - 국가위탁 생산이력지원기관

(표 3-3-11) 돼지도축단계의 이력추적 업무흐름

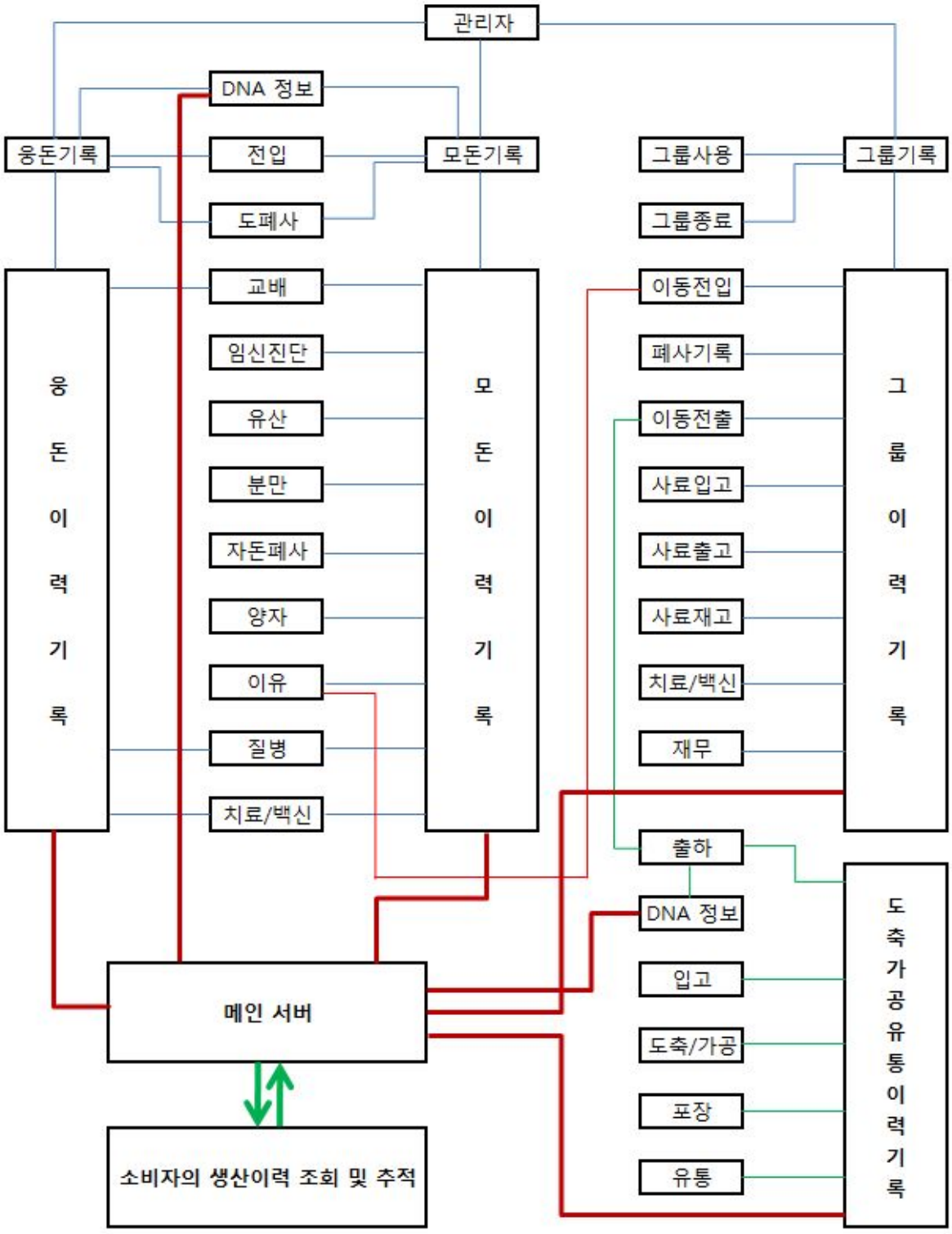
단계	생산이력관련업무	관리기관
① 도축신청접수	- 도축검사신청서 제출	- 각 시,도,군 자치단체
② 농장고유번호확인	- 도축검사신청서와 돼지체표 표시 농장고유번호 일치 확인 - 이력제 통합 전산망 등록 확인	- 각 시,도,군 자치단체
③ 위생검사 및 도축	- 출하된 돼지 농장번호와 신청서상의 농장번호 일치여부 확인 - 검사관은 위생검사 결과 전산입력	
④ DNA시료채취	- 등급판정사가 비육돈 LOT당 2두씩 도체 에서 시료채취 후 농장과 도축번호를 기록하여 등급판정소 본소로 발송	- 축산물품질평가원 - 농림수산식품부 위탁기관
⑤ 등급판정	- 농장번호와 비육돈 LOT번호 확인 후 등급판정내역 입력 및 자료 전송	- 축산물품질평가원

(표 3-3-12) 부분육 가공단계의 이력추적 업무흐름

업무단계	생산이력관련업무	관리기관
① 부분육가공공장 도체입고	- 입고된 도체와 거래명세서상의 농장고유번호 일치여부확인	- 각 시,도,군 자치단체
② 발골·정형	- 가공장에 입고된 도체의 농장고유번호 확인 후 다른 농장 비육돈과 섞이지 않도록 부위별로 발골·정형	
③ 부위별 포장	- 부위별로 포장된 부분육에 농장고유번호, 비육돈 LOT 번호가 표시된 라벨을 포장지에 부착	- 각 시,도,군 자치단체
④ BOX 포장	- 부위별로 1차비닐로 포장된 부분육의 농장고유번호, 비육돈LOT번호와 일치된 라벨을 겉포장지 BOX에 부착 - 부위별 소분할 포장의 경우에도 농장고유번호, 비육돈 LOT번호 라벨 부착	
⑤ 출 하	- 거래명세서와 농장고유번호 ,비육돈LOT번호의 일치여부 확인 후 소매판매장으로 출고	

(표 3-3-13) 돈육 소매판매단계 이력추적 업무흐름

단계	생산이력관련업무	관리기관
① 판매장 입고	- 입고된 부분육과 거래명세서상의 농장고유 번호 비육돈LOT번호 일치여부 확인 - 거래내역서에 농장고유번호, 비육돈LOT번 호 등 기록관리	- 각 시,도,군 자치단체
② 부분육의 소분할	- 농장고유번호 및 비육돈LOT 확인 후 단위별 소분할작업 - 소분할 포장정육은 농장고유번호 및 비육돈 LOT번호와 동일한 번호를 포장지에 표시	
③ 농장고유번호/ 비육돈LOT번호 게시 후 판매	- 판매 시 식육 표시판 등에 농장고유 번호를 게시하여 판매 - 소포장단위판매(셀프판매포장)시 농장고유 번호 및 비육돈 LOT가 표시된 라벨을 포장 지에 부착 후 판매	
④ 이력정보 공개	- 터치스크린, 인터넷, 축산물등급판정확인서 등을 통해 돈육이력 정보 공개	- 국가위탁 생산이력지원기관



(그림 3-3-49) 농장에서부터 소비자에게 이르기까지의 이력관리를 위한 기본 데이터 연결도

○ (그림 3-3-49)은 양돈 전산관리 프로그램 “픽디자이너”를 이용해서 이력관리시스템에서 사용할 수 있는 데이터의 종류와 연결상태를 표시한 것이다. 농장에서 발생하는 모든 자료는 메인서버에 저장되며 사용자의 요청에 각 단계별 이력기록을 가져와 사용자에게 제공할 정보로 이용된다.

라. 생산이력추적시스템 적용

○ 3년차 시험농장으로 운영한 다산종돈을 중심으로 해서 전라북도 남원시에 “남원친환경흑돈클러스터사업단”을 설립하여 운영 중이다.

(그림 3-3-50) 남원친환경흑돈클러스터사업단 홈페이지 화면(http://heukdon.com)

(그림 3-3-51) 남원친환경흑돈클러스터사업단 브랜드육 “고원흑돈” 생산이력 추적시스템 구성도

○ 남원친환경흑돈클러스터사업단은 전국 흑돼지 사육농가 중 단일 시군으로는 가장 많은 16%를 차지하고 있다. 현재 홍보전시관을 건립 완료한 상태이며 인력센터 및 안정된 사업기반을 조성 중이다. 동사업단은 향후 DNA를 이용한 흑돈육 생산이력추적 시스템을 도입할 준비를 하고 있다.

제4절 동위원소비율(δ-value ‰)분석을 이용한 돈육의 원산지 식별 기술개발

1. 동위원소분석법 개발의 이론적 배경 및 실험방법

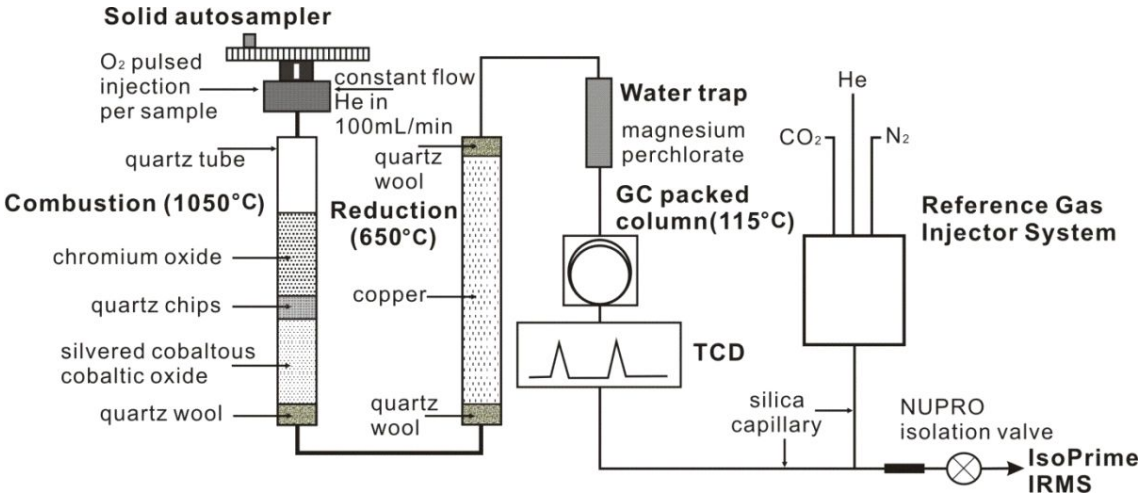
○ 동위원소란 원자핵 내에 있는 양성자 수, 즉 원자번호가 같아서 화학적 성질은 동일하지만 중성자 수가 달라 질량수가 서로 다른 핵종을 말한다. 동위원소의 영문표현인 'isotope'은 그리스어 'isos(같다)'와 'topos(위치)'에서 파생되었는데 주기율표상에서 위치가 같다는 의미, 즉 화학적 성질이 같다는 뜻

○ 예를 들어 원자번호 1번 수소의 경우 99.9% 이상이 질량수 1이지만 0.015% 정도는 질량수 2인 중수소이고 나머지 극미량은 질량수 3인 삼중수소로 존재한다. 천연원소 90여종에는 약 300종의 동위원소가 있는데 원소에 따라서 비스무트(Bi)와 같이 단지 1개의 동위원소만 갖는 경우도 있고 주석(Sn)과 같이 무려 10개의 동위원소를 가짐

○ 동위원소는 크게 안정 동위원소와 방사성 동위원소로 나뉜다. 대부분의 동위원소는 자연상태에서 방사성 붕괴를 하지 않는 안정 동위원소이다. 방사성 동위원소의 존재비는 시간의 흐름에 따라 달라지는데, 안정 동위원소의 존재비도 경우에 따라 영구적이지는 않다. 자연계에서 동위원소는 일정한 변이를 나타내는데 이 변이는 상당히 규칙적이고 예측가능하기 때문에 다양한 연구 분야에 활용되고 있다.

(표 3-4-1) The type of major isotope and major field

Element	The type of major isotope and distribution ratio (%)	Major field
Hydrogen	^{1}H (99.984 / ^{2}H (0.016)	Geology
Lithium	^{6}Li (7.52) / ^{7}Li (92.48)	
Boron	^{10}B (18.98) / ^{11}B (81.02)	
Carbon	^{12}C (98.89) / ^{13}C (1.11)	Agriculture/ Forestry Ecology Environmentology
Nitrogen	^{14}N (99.64) / ^{15}N (0.36)	
Oxygen	^{16}O (99.98) / ^{18}O (0.02)	
Silicon	^{28}Si (92.27) / ^{30}Si (3.05)	Geology
Sulfur	^{32}S (95.02) / ^{34}S (4.21)	
Chlorine	^{35}Cl (75.53) / ^{37}Cl (24.47)	



(그림 3-4-1) Continuous-flow elemental analyzer(EA) system link with isotope ratio mass spectrometer(IRMS).

○ 동위원소의 자연존재비(Natural abundance)는 연구 대상 시료의 동위원소비를 표준물질의 동위원소비에 대한 상대적인 변이 정도를 천분율(‰)로 나타내는 델타 값(δ)을 다음의 식으로 계산하여 표시한다. 질소동위원소비($\delta^{15}N$)의 경우 표준물질은 대기 질소(N_2)이고, 산소의 경우 일반적으로 VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water)를 표준물질로 이용한다. 동위원소비 변이가 갖는 의미를 $\delta^{15}N$을 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

$$\delta^{15}N = [(R_{sample} - R_{standard})/R_{standard}] \times 1000$$

○ R은 $^{15}N/(^{15}N+^{14}N)$으로서, 전체 질소원자수에 대한 ^{15}N 원자수의 비이다. 위 식의 정의에 의해 대기 질소의 $\delta^{15}N$은 0‰이다. 시료의 $\delta^{15}N$이 양의 값일 경우 표준물질인 대기 N_2 (R=0.3663 ^{15}N Atom %)보다 ^{15}N이 농축되었음을 의미하고, 음의 값일 경우는 그 반대이다.

○ 질소동위원소의 자연존재비는 그 작물의 질소원에 따라 상이한 값을 갖는다. 작물의 질소원은 퇴비와 화학비료가 있으며 이들 제조과정의 차이에서 발생하는 동위원소비 분할효과(^{14}N와 ^{15}N의 반응속도차이)에 의해 안정성 질소동위원소비가 다르게 존재한다. 대기 중 질소를 직접적인 원료로 생산되는 화학비료의 $\delta^{15}N$(질소동위원소비율)값은 -3.0 ~ +2.0‰로 분포하며, 가축 분뇨의 $\delta^{15}N$값은 +10.0‰ 이상의 값을 갖는 것으로 보고되고 있다. 따라서 이런 동위원소 분석 기술들이 작물의 화학비료 또는 퇴비의 사용여부(유기농여부)를 판별하는데 이용되고 있을 뿐만 아니라 이런 원리를 이용

하여 지하수 중의 질산태 질소 오염원 구명에 대한 연구도 이루어지고 있다.

○ 수소의 경우, 중수소나 삼중수소는 질량수 1인 수소에 비해 매우 느리게 반응하여 자연계에서 일어나는 여러 가지 현상을 거치는 동안 원래의 수소 동위원소 비율이 달라진다.

○ 산소에는 질량수 16, 17, 18인 세 개의 동위원소가 있는데 99.7% 이상은 ^{16}O이다. 바닷물의 증발이 일어날 때 상대적으로 무거운 동위원소인 ^{18}O는 ^{16}O에 비해 수증기에 덜 포함되게 되므로 빙하와 바닷물의 산소 동위원소 조성은 달라진다.

○ 질량이 각각 12, 13, 14인 3가지 동위원소를 가지고 있는 탄소는 그 중 자연계에 가장 많이 존재하는 ^{12}C 대비 극소량 존재하는 ^{13}C의 양이 얼마나 차지하는가를 나타내는 비율로 꿀의 진위여부에 활용되고 있다. 이는 벌꿀의 밀원자원으로 이용되는 C3식물군의 탄소동위원소비율($^{13}C/^{12}C$, $\delta^{13}C$) 값은 -22 ~ -33이고, 설탕이나 물엿의 원료로 많이 쓰이는 당밀, 사탕수수, 옥수수와 같은 식물 C4식물군의 $\delta^{13}C$ 값이 -10 ~ -20 범위를 갖는다는 것에 착안한 것이다(표 3-4-2)..

(표 3-4-2) Honey discrimination parameter using $\delta^{13}C$ value

Honey plant	Carbon isotope ratio(‰)
Acacia	-23.0 ~ -26.1
Rape, Chestnut Blossom	-26.4 ~ -28.0
Sugar	-11
Starch syrup, Oligosaccharide	-9.0 ~ -10.6

○ 또한 프랑스에서는 포도주에 들어간 알코올의 원료가 포도의 발효에 의해 생성된 것인지 아니면 옥수수, 감자, 호밀 등 다른 주정의 첨가에 의한 것인지에 대한 매우 정확한 분석법으로 탄소동위원소비를 이용한다.

○ 예를 들면, 옥수수가 사용된 경우에는 탄소동위원소의 δ13C의 비율이 -12.3에서 -10.1‰이며, 탄소와 수소동위원소의 비율은 δD(CH4) -154 ~ -145‰로 나타나고, 감자로 만든 증류주의 경우 탄소의 δ13C의 비율은 -28.8 ~ -28.2‰이며, 탄소와 수소동위원소의 비율은 δD(CH4) -191 ~ -190‰로 나타난다.

가. 동위원소비율분석 실험재료 및 시약

(1) 실험재료

본 연구에서는 국립농산물품질관리원과 충북대에서 분양받은 돈육(국내산 227점, 수입산 132점)을 시료로 사용하였다. 지방부위를 분리한 후, azeotropic distillation 방법을 이용하여 수분을 제거한 살코기를 -72℃ 냉동고에서 24시간 냉동하여 냉동된 시료를 동결건조기(Labconco 7754500, Labconco, Kansas, USA)의 shell에 넣고 실온(20~25℃)에서 응축기 온도 -50℃, 압력 10 mTor의 조건으로 24시간 동결 건조하였다. 동결건조 후 시료의 실제온도는 20±1℃ 이었으며 국가별 시료 수집 현황은 아래와 같다.

(표 3-4-3) Materials for experiments

	국산		수입산	
국가별 시료 현황	한국	227	네덜란드	14
			덴마크	1
			멕시코	1
			미국	10
			벨기에	19
			스페인	5
			오스트리아	15
			칠레	36
			캐나다	7
			폴란드	9
			프랑스	11
			헝가리	4
			독일	1
	227		132	
합계	359점			

(그림 3-4-2) Import pork from Europe and America

(2) 시약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약으로 미국 Sigma사와 Fisher Scientific(USA) 사로부터 구입하였으며, 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na2SO4는 650oC 회화로에서 24 시간 태운 뒤 desiccator에서 방냉한 후 사용하였다.

나. 실험방법

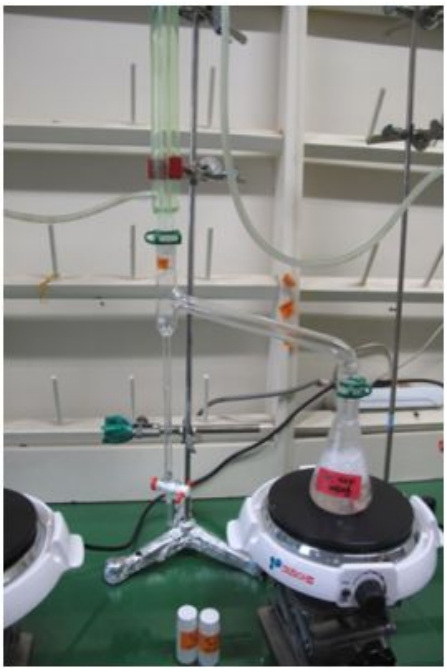
(1) Azeotropic distillation(공비증류법)을 이용한 증류공정

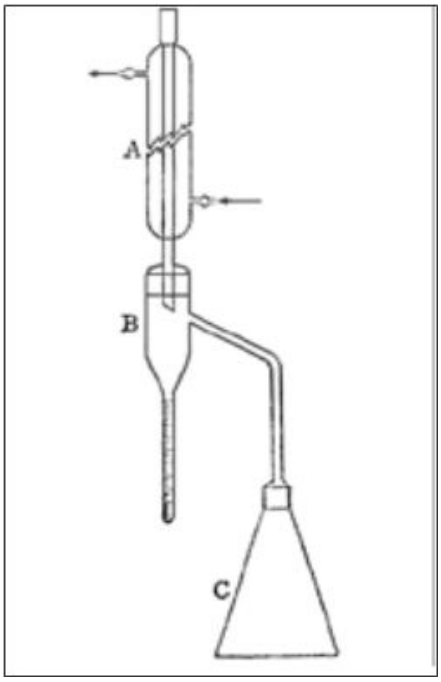
공비증류에 의한 시료 중의 수분을 분리 추출하기 위하여 리비히 냉각기, 정량장치 및 증류플라스크 등으로 구성된 장치를 사용하였다. 수분의 분리는 지방을 제거한 단백질 부분의 시료 10 g을 100mL의 Toluene을 가하여 상압에서 2시간 공비증류 하였다. 이 방법에 의하여 탈수된 단백질 부위는 EA-IRMS 분석기기를 이용한 동위원소 δ13C 및 δ15N 분석에 사용하였으며, 증류액은 EA-IRMS로 동위원소 δ2H 와 δ18O의 δ-values ‰를 측정하기 위하여 -18℃에 보관 하였다.

(표 3-4-4) Compare toluene and water of chemical specific quality

	MF[1)]	BP[2)]	SG[3)]	SP[4)]	SB[5)]
Toluene	C_7H_8	110.6	0.87	2.4	0.051
Water	H_2O	100	1	9	100

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

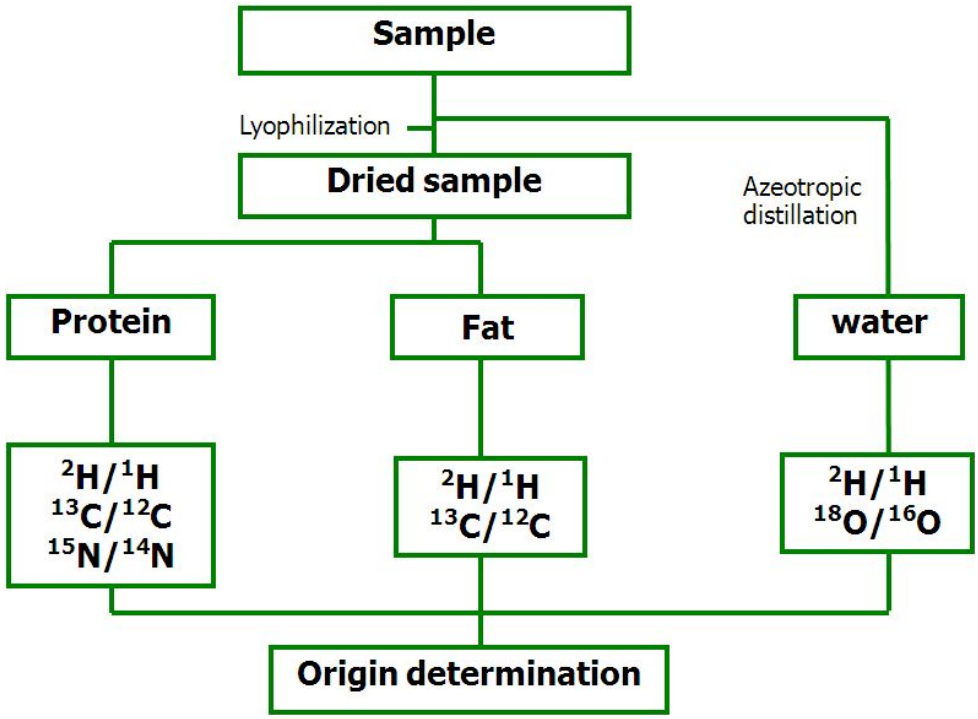




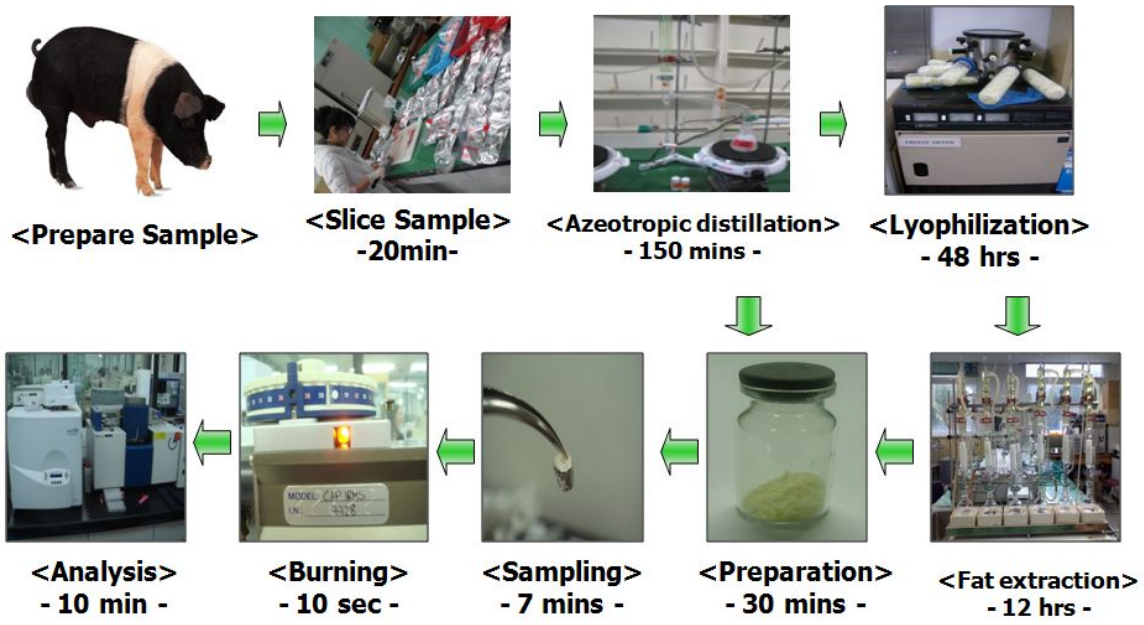
(그림 3-4-3) Azeotropic distillation used liebig condenser and distillation apparatus

(2) 시료 준비

시료에 잔류한 유기용매를 완전히 제거하기 위해 감압농축방법을 사용하였다. 감압농축은 감압농축기(RE121, Buchi, Switzerland)를 사용하여 76 mbar 압력 하에서 약 44℃로 가열하면서 잔류한 유기용매가 완전히 제거되어 시료가 화석화 될 때까지 농축하였다. 120 rpm의 속도로 회전시켰으며, 농축 후 시료에 묻은 지방을 세척하기 위해 일정량의 toluene에 헹군 후 centrifugal evaporation system 을 이용하여 용매를 제거한 뒤 80℃ dry oven에서 5시간 건조시킨 후 균질화하여 분석시료로 사용하였다.



(그림 3-4-4). Analytical schem of origin determination of pork used EA/IRMS



(그림 3-4-5) Isotope analysis of pork

(표 3-4-5) Analysis time for isotope analysis ^{12}C, ^{15}N, ^{18}O, ^{2}H δ-value by EA/IRMS

Process			Time	
Preparation	Azeotropic distillation		150 mins	Azeotropic apparatus
	Lyophilization		48 hrs	Freeze dryer
	Fat extraction		12 hrs	Soxhlet apparatus
	Homogenize		10 mins	Homogenizer
Analysis	Sampling		20 mins	0.1~1.0 mg in capsule
	Measure	C	10 mins	EA-IRMS
		H	30 mins	
		O	30 mins	
		N	10 mins	
Total			70 hrs	-

(표 3-4-6). Experimental condition for isotope analysis ^{12}C, ^{15}N δ-value by EA/IRMS

Parameters	Operating conditions
Combustion furnace	1,050 ℃
Reduction furnace	650 ℃
GC packed column oven	115 ℃
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 3-4-7) δ-Values of stable isotope standards

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

(3) C, N($\delta^{13}C$ & $\delta^{15}N$) 동위원소 비율 분석

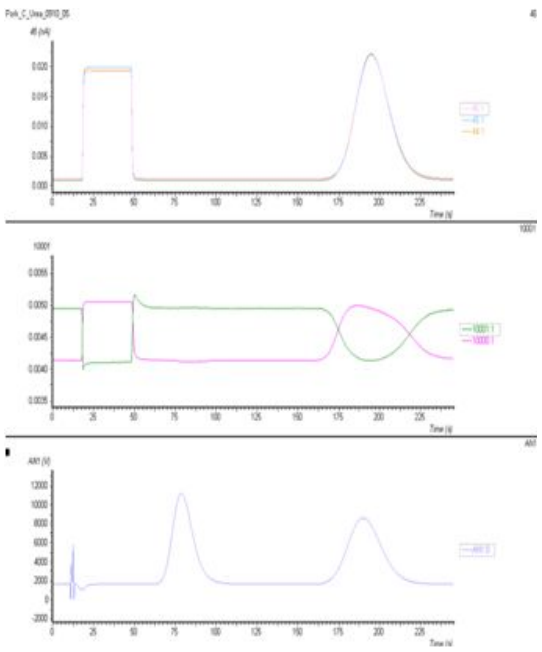
자동원소분석기(Automated elemental analyzer, Eurovector 3000 Series)를 continuius flow-through inlet system-isotope ratio mass spectrometer(CF-IRMS, Isoprime)에 부착시켜 사용하였다. 돈육의 탄소동위원소 비율 분석은 EA/IRMS 분석기기를 사용하여 분석하다. EA/IRMS 분석 조건은 표 5와 같이 Combustion furnace 온도는 1,050℃로 하였고, Reduction furnace 온도는 650℃로 하였으며, GC packed column oven은 115℃로 설정하였다. Column은 Reference capillary column은 L=1.5 m, I.D.(f)=100 mm, Sample caoillary column은 L=2.5 m, I.D.(f)=75 mm으로 설정하였다. Run time은 385sec로 하였으며, carrier gas는 helium을 사용하여 유속은 115 mL/min으로 하였다.

균질화시킨 돈육의 탄소분석에는 약 0.1 ㎎을 N 분석에는 약 1 mg tin capsule에 넣고 압착, 밀봉하여 자동원소분석기(Automated elemental analyzer, Eurovector 3000 Series)에 넣고 산화로 및 환원로의 온도를 각각 1,050℃ 및 650℃로 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 matercial)에 대한 시료의 비율 값 변위를 천분율(‰)로 환산하여 δ 기호로 표기하였다.

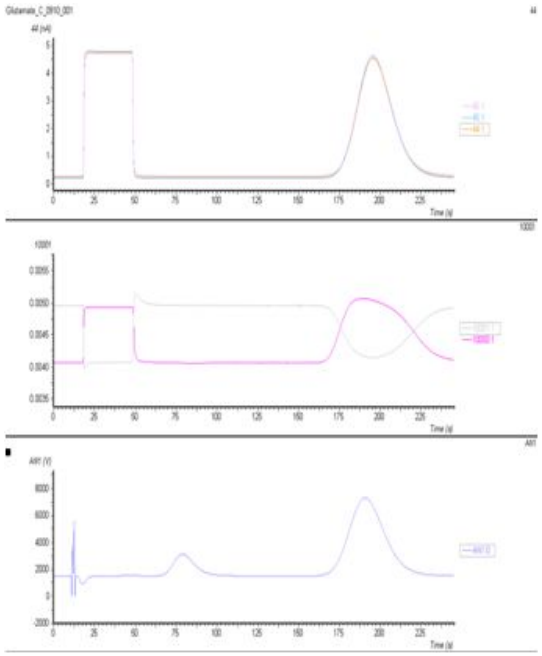
$$\text{Delta } ‰\left(\left(\frac{Rsample}{Rstd}\right)-1\right)\times 1000$$

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

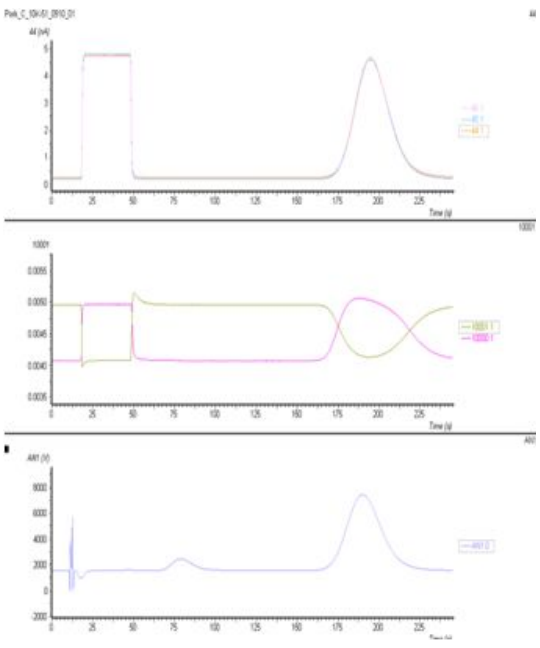
이때 사용한 표준물질은 국제표준 기준물질로 PDB(Pee Dee Belmnnite)를 사용하였으며, 실제 분석에는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA CH-6(sucrose, $\delta^{13}C$=-10.4±0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구하였다. 질소는 표준물질은 국제표준 기준물질로 대기 질소 air N_2를 사용하였으며, 실제 분석에는 IAEA 인증 표준물질로 IAEA-N1(ammonium sulfate, $\delta^{15}N$=+0.4±0.2‰)을 표준물질로 하여 동위원소의 비율을 구하였다. 분석의 정확성을 위해 reference 물질로 urea와 glutamate를 사용하였고, $\delta^{13}C$ 분석에는 그림 3-4-6과 같이 urea 약 0.2 mg, glutamate 약 0.1mg을 사용하였다. $\delta^{15}N$ 분석에는 그림 3-4-7과 같이 urea 약 0.2 mg, glutamate 약 0.5 mg을 사용하였다.



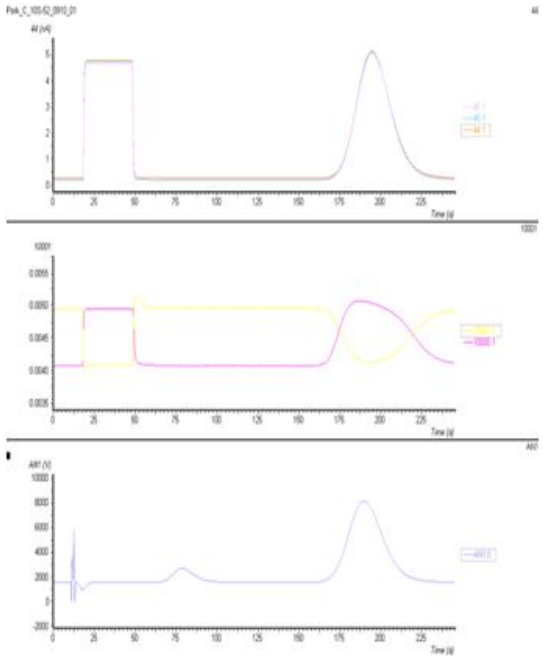
Urea $\delta^{13}C$(0.2 mg)



Glutamate $\delta^{13}C$(0.1 mg)

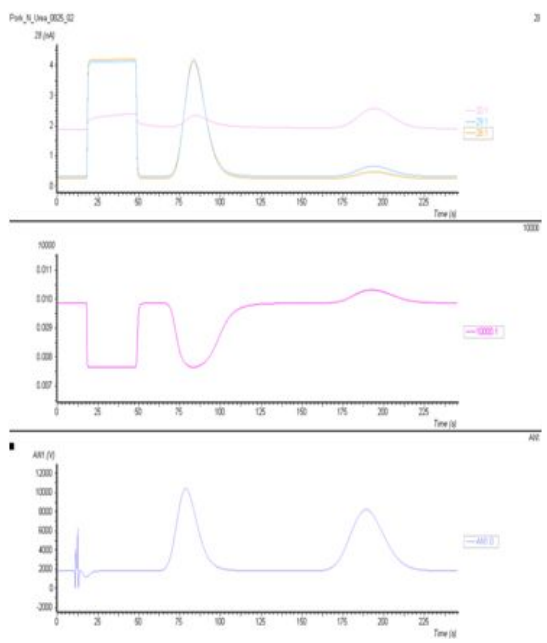


K-51 $\delta^{13}C$(0.1 mg)

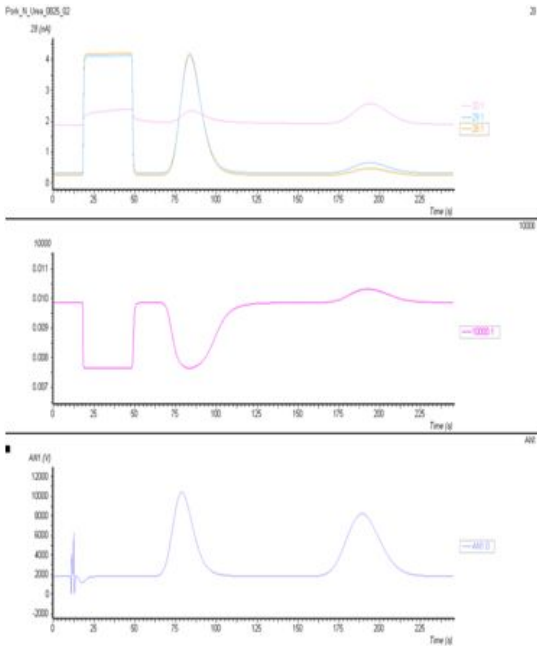


S-52 $\delta^{13}C$(0.1 mg)

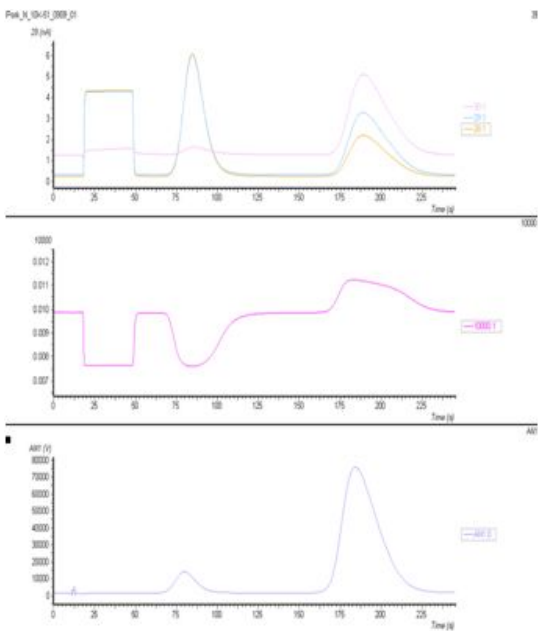
(그림 3-4-6) $\delta^{13}C$ values analysis graph



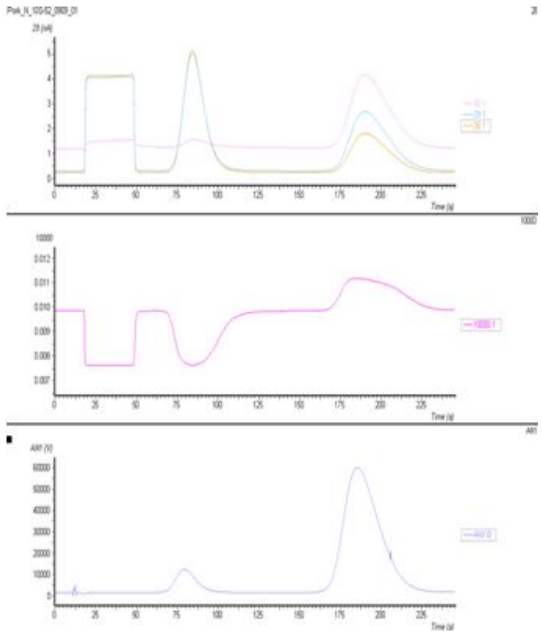
Urea δ^{15}N(0.2 mg)



Glutamate δ^{15}N(0.5 mg)



K-51 δ^{15}N(1 mg)



S-52 δ^{15}N(1 mg)

(그림 3-4-7) δ^{15}N values analysis graph

2. 동위원소비율 분석결과

가. 탄소 동위원소 비율 ($\delta^{13}C$ value ‰) 분석

○ 생체 조직 내에서 생체의 대사방법, 생체의 먹이 섭취 환경 등에 의해 탄소 동위원소 분별 효과가 나타난다. 특히 광합성을 하는 식물의 경우 그 차이가 두드러지는데 이는 대사 과정에서 질량수 12값을 갖는 탄소가 질량수 13의 탄소보다 더 쉽게 반응을 하며, 식물체 내에는 질량수 13을 갖는 탄소가 보다 더 많이 잔존하게 되어 식물 조직 내에서는 대기 중 CO_2의 $\delta^{13}C$ values보다 더 높은 값을 갖게 된다.

○ 식물은 광합성 경로에 C_3, C_4 그리고 CAM(crassulacean acid metabolism)식물 이렇게 3가지 종으로 분류하게 되는데 이들 또한 각각 다른 $\delta^{13}C$ values을 갖게 된다. C_3식물의 경우 광합성 과정에서 대기 중의 CO_2가 5탄당인 ribulose-biphosphate에 의해 2분자의 C_3 형태의 PGA(phosphoglyceric acid)가 형성되며, $\delta^{13}C$ values은 -24~-32‰을 갖는다. 대표적인 식물로는 콩, 감자, 야채와 같은 농작물이 포함된다. C_4식물의 경우 dicarboxylic acid 경로에서 CO_2는 phosphoenolpyruvate carboxylase에 의해 C_4화합물이 되어 유관속초로 유입 되면서 CO_2를 유관속초에 공급하고, 이 CO_2로 rubisco는 캘빈회로를 진행하게 된다. 이때 $\delta^{13}C$ values은 -10~-19‰을 갖으며, 주로 열대성 기원 식물이 대표적이며 잔디, 옥수수, 사탕수수등이 속한다.

○ C_4 식물은 C_3 식물과 비교하여 풍부한 ^{13}C가 존재하며, CAM 식물의 경우 이 두 식물의 중간 형태를 보이며, $\delta^{13}C$ values는 -12~-30‰을 갖는다. 따라서 동물이 섭취하는 C_3 식물과 C_4 식물의 $\delta^{13}C$ values가 동물의 $\delta^{13}C$ values에 반영된다.

○ 국내산 돼지고기의 $\delta^{13}C$ value의 경우 -19.64 ± 0.78 로 캐나다와 유럽지역의 -23.93 ± 1.11 보다 약 4‰ 높고, 캐나다를 제외한 아메리카 지역의 -15.83 ± 0.82 보다는 약 4‰ 낮은 값을 나타내어 지역에 따른 차이를 확인할 수 있었다.

○ $\delta^{13}C$ values는 섭식 환경과 밀접한 관계가 있으며, 주 섭취물인 C_3 식물과 C_4식물의 탄소동위원소 비율 차이로 볼 때 지역별 돼지고기 탄소동위원소 비율은 돼지 사료에서 C_3 식물과 C_4식물의 즉, 유럽지역과 캐나다의 양돈 농가에서는 주로 C_3 식물인 콩, 야채를 주로 사료로 사용하며, 아메리카의 경우는 옥수수, 수수를 사료로 사용하고, 국내 양돈의 경우 C_3식물과 C_4식물이 섞인 사료를 혼용하고 있어 $\delta^{13}C$ values는 중간 값을 갖는 것으로 사료된다.

(표 3-4-8) $\delta^{13}C$ value of domestic pork

Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)	Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)	Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)
Korea 1	-18.77	Korea 21	-19.45	Korea 41	-18.20
Korea 2	-17.64	Korea 22	-18.46	Korea 42	-20.38
Korea 3	-18.43	Korea 23	-17.79	Korea 43	-18.86
Korea 4	-20.73	Korea 24	-18.41	Korea 44	-18.44
Korea 5	-17.81	Korea 25	-17.66	Korea 45	-19.83
Korea 6	-19.84	Korea 26	-19.51	Korea 46	-20.65
Korea 7	-19.85	Korea 27	-18.55	Korea 47	-17.89
Korea 8	-18.23	Korea 28	-19.56	Korea 48	-18.73
Korea 9	-18.32	Korea 29	-19.36	Korea 49	-20.21
Korea 10	-18.40	Korea 30	-18.00	Korea 50	-19.51
Korea 11	-20.84	Korea 31	-18.81	Korea 51	-19.70
Korea 12	-17.97	Korea 32	-17.96	Korea 52	-19.78
Korea 13	-17.51	Korea 33	-19.18	Korea 53	-20.43
Korea 14	-20.5	Korea 34	-18.86	Korea 54	-18.55
Korea 15	-21.03	Korea 35	-18.56	Korea 55	-19.75
Korea 16	-20.21	Korea 36	-19.68	Korea 56	-20.40
Korea 17	-19.23	Korea 37	-17.77	Korea 57	-19.23
Korea 18	-21.52	Korea 38	-19.58	Korea 58	-20.02
Korea 19	-20.05	Korea 39	-19.12	Korea 59	-18.66
Korea 20	-19.74	Korea 40	-20.37	Korea 60	-19.71

(표 3-4-8) Continue

Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)
Korea 61	-20.29	Korea 81	-20.02	Korea 101	-19.74
Korea 62	-18.56	Korea 82	-19.61	Korea 102	-20.30
Korea 63	-17.54	Korea 83	-19.66	Korea 103	-20.42
Korea 64	-18.69	Korea 84	-18.64	Korea 104	-19.62
Korea 65	-19.21	Korea 85	-17.56	Korea 105	-20.56
Korea 66	-19.47	Korea 86	-19.05	Korea 106	-19.87
Korea 67	-20.57	Korea 87	-19.17	Korea 107	-19.08
Korea 68	-19.30	Korea 88	-18.66	Korea 108	-19.96
Korea 69	-19.25	Korea 89	-20.17	Korea 109	-21.06
Korea 70	-19.00	Korea 90	-20.48	Korea 110	-19.71
Korea 71	-19.89	Korea 91	-20.03	Korea 111	-21.21
Korea 72	-18.67	Korea 92	-18.38	Korea 112	-19.42
Korea 73	-20.40	Korea 93	-20.32	Korea 113	-19.32
Korea 74	-18.45	Korea 94	-20.73	Korea 114	-19.36
Korea 75	-19.27	Korea 95	-20.11	Korea 115	-20.15
Korea 76	-18.86	Korea 96	-19.38	Korea 116	-20.53
Korea 77	-19.46	Korea 97	-20.65	Korea 117	-21.02
Korea 78	-19.90	Korea 98	-18.78	Korea 118	-20.18
Korea 79	-18.67	Korea 99	-20.89	Korea 119	-19.84
Korea 80	-19.90	Korea 100	-20.38	Korea 120	-20.81

(표 3-4-8) Continue

Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)
Korea 121	-18.36	Korea 141	-18.55	Korea 161	-20.07
Korea 122	-19.41	Korea 142	-20.34	Korea 162	-20.00
Korea 123	-19.77	Korea 143	-20.09	Korea 163	-20.01
Korea 124	-19.74	Korea 144	-19.73	Korea 164	-20.06
Korea 125	-20.41	Korea 145	-20.10	Korea 165	-19.96
Korea 126	-19.62	Korea 146	-19.67	Korea 166	-19.84
Korea 127	-19.04	Korea 147	-20.01	Korea 167	-20.58
Korea 128	-20.32	Korea 148	-20.17	Korea 168	-20.08
Korea 129	-18.79	Korea 149	-19.84	Korea 169	-19.91
Korea 130	-19.71	Korea 150	-20.12	Korea 170	-20.01
Korea 131	-19.90	Korea 151	-20.24	Korea 171	-19.93
Korea 132	-19.74	Korea 152	-20.31	Korea 172	-20.14
Korea 133	-18.27	Korea 153	-20.01	Korea 173	-20.02
Korea 134	-19.72	Korea 154	-19.91	Korea 174	-20.09
Korea 135	-21.37	Korea 155	-20.14	Korea 175	-20.12
Korea 136	-19.36	Korea 156	-20.45	Korea 176	-19.94
Korea 137	-20.12	Korea 157	-20.00	Korea 177	-19.66
Korea 138	-18.80	Korea 158	-20.12	Korea 178	-20.24
Korea 139	-19.30	Korea 159	-20.10	Korea 179	-19.98
Korea 140	-20.02	Korea 160	-20.05	Korea 180	-19.98

(표 3-4-8) Continue

Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)
Korea 181	-19.89	Korea 201	-19.94	Korea 221	-19.00
Korea 182	-20.22	Korea 202	-20.14	Korea 222	-19.39
Korea 183	-19.78	Korea 203	-19.92	Korea 223	-19.32
Korea 184	-19.74	Korea 204	-19.87	Korea 224	-19.11
Korea 185	-20.16	Korea 205	-20.07	Korea 225	-19.21
Korea 186	-20.06	Korea 206	-19.79	Korea 226	-19.16
Korea 187	-20.23	Korea 207	-19.92	Korea 227	-19.29
Korea 188	-19.61	Korea 208	-19.83		
Korea 189	-19.97	Korea 209	-19.78		
Korea 190	-19.84	Korea 210	-19.71		
Korea 191	-20.12	Korea 211	-19.78		
Korea 192	-20.21	Korea 212	-19.89		
Korea 193	-20.09	Korea 213	-19.87		
Korea 194	-20.14	Korea 214	-19.91		
Korea 195	-19.99	Korea 215	-20.05		
Korea 196	-19.92	Korea 216	-21.01		
Korea 197	-20.08	Korea 217	-19.78		
Korea 198	-19.90	Korea 218	-20.08		
Korea 199	-20.16	Korea 219	-19.38		
Korea 200	-20.26	Korea 220	-19.50		

(표 3-4-9). $\delta^{13}C$ value of import pork

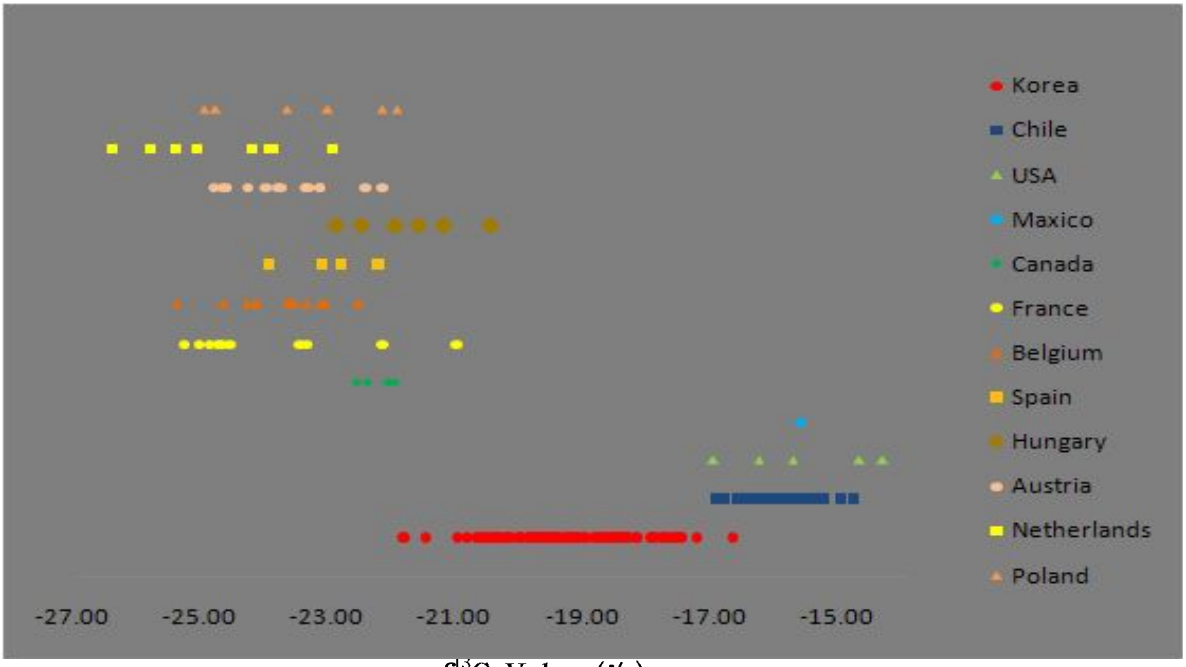
Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)	Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)	Origin	$\delta^{13}C$ value (‰)
netherlands1	-25.83	Belgium7	-23.08	Austria3	-24.31
netherlands2	-22.98	Belgium8	-23.12	Austria4	-23.17
netherlands3	-26.43	Belgium9	-24.16	Austria5	-22.16
netherlands4	-23.88	Belgium10	-23.68	Austria6	-24.63
netherlands5	-24.24	Belgium11	-23.37	Austria7	-23.41
netherlands6	-25.44	Belgium12	-23.56	Austria8	-23.19
netherlands7	-25.11	Belgium13	-25.40	Austria9	-23.99
netherlands8	-23.97	Belgium14	-24.67	Austria10	-24.71
netherlands9	-23.71	Belgium15	-25.12	Austria11	-22.42
netherlands10	-23.93	Belgium16	-24.24	Austria12	-23.32
netherlands11	-25.24	Belgium17	-23.79	Austria13	-23.84
netherlands12	-25.51	Belgium18	-24.22	Austria14	-25.47
netherlands13	-25.41	Belgium19	-24.43	Austria15	-25.29
netherlands14	-25.41	Spain1	-22.84	Poland1	-23.67
Belgium1	-24.14	Spain2	-22.22	Poland2	-22.18
Belgium2	-23.64	Spain3	-23.14	Poland3	-24.96
Belgium3	-22.53	Spain4	-23.97	Poland4	-24.79
Belgium4	-23.56	Spain5	-25.03	Poland5	-23.03
Belgium5	-24.66	Austria1	-24.83	Poland6	-21.94
Belgium6	-24.30	Austria2	-23.76	Poland7	-24.76

(표 3-4-9) Continue

Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)
Poland8	-26.05	Canada3	-21.99	Chile5	-16.94
Poland9	-24.84	Canada4	-22.06	Chile6	-16.28
France1	-24.68	Canada5	-24.30	Chile7	-16.43
France2	-24.76	Canada6	-22.71	Chile8	-14.82
France3	-23.46	Canada7	-24.02	Chile9	-15.80
France4	-24.91	Mexico1	-15.64	Chile10	-15.64
France5	-22.16	USA1	-14.34	Chile11	-16.19
France6	-24.55	USA2	-15.75	Chile12	-15.00
France7	-25.08	USA3	-14.70	Chile13	-16.64
France8	-25.31	USA4	-16.28	Chile14	-16.29
France9	-23.38	USA5	-16.99	Chile15	-15.53
France10	-23.05	USA6	-13.65	Chile16	-15.40
France11	-21.78	USA7	-16.11	Chile17	-15.69
Hungary1	-21.97	USA8	-15.06	Chile18	-15.53
Hungary2	-22.51	USA9	-15.47	Chile19	-16.84
Hungary3	-22.90	USA10	-15.36	Chile20	-16.28
Hungary4	-25.07	Chile1	-15.94	Chile21	-16.97
Germany	-23.75	Chile2	-15.82	Chile22	-15.99
Canada1	-22.42	Chile3	-15.27	Chile23	-15.29
Canada2	-22.58	Chile4	-15.41	Chile24	-15.41

(표 3-4-9) Continue

Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)	Origin	δ^{13}C value (‰)
Chile25	-16.38				
Chile26	-16.52				
Chile27	-16.42				
Chile28	-15.65				
Chile29	-16.38				
Chile30	-16.18				
Chile31	-16.92				
Chile32	-16.22				
Chile33	-16.47				
Chile34	-17.14				
Chile35	-16.21				
Chile36	-13.16				



(그림 3-4-8) Geographical pattern of δ^{13}C value(‰)

나. 질소 동위원소 비율($\delta^{15}N$ value ‰) 분석

○ 생명체가 갖는 $\delta^{15}N$ values는 기후조건, 식습관 등 성장환경에 의해 차이를 보이며, 돼지와 같은 2차 소비자의 경우 $\delta^{15}N$ values에서 가장 큰 분별효과를 갖는 것은 식이환경이다.

○ 돼지의 사료는 크게 식물성 사료와 동물성 사료로 구분되며, 동물의 $\delta^{15}N$ values는 +3에서 +9‰로 -1에서 +6‰의 값을 갖는 식물에 비해 상대적으로 높은 값을 보인다. 따라서 동물성 사료와 식물성 사료의 배합비율에 따라 돼지고기의 질소 동위원소의 차이가 생기게 된다.

○ 식물의 $\delta^{15}N$ values는 일반적으로 식물이 자라는 토양환경 및 기후조건에 따라 차이를 갖는다. 토양이 비옥한 지역의 식물의 경우 $\delta^{15}N$ values는 +5‰를 상회하여 나타내는 반면 척박한 지역에서 자란 식물은 이보다 낮은 0‰의 수준으로 토양의 비옥도는 질소 동위원소의 분별 효과를 나타내며, 일반적으로 식물의 $\delta^{15}N$ values는 -1에서 +6‰ 값을 갖는다.

○ C_3 식물과 C_4 식물 사이에서 $\delta^{15}N$ values는 큰 차이를 보이지 않는데 이는 식물체내의 체내 대사를 통해서는 질소 동위원소의 분별효과가 나타나지 않음을 나타낸다.

○ 각 지역별로 채취된 돼지고기에서 확인된 $\delta^{15}N$ values의 경우는 탄소와는 달리 1차 생산자인 식물에서 큰 차이를 보이지 않아 소비자인 돼지에서도 큰 차이는 확인 할 수 없었다.

○ 하지만, 토양 비옥도에 따른 차이가 확인되므로, 각 지역에 따른 유의적 차이를 확인할 수 있었다. 돼지고기의 $\delta^{15}N$ value는 국내산 3.70 ± 0.58로 유럽지역과 캐나다의 4.55 ± 0.69 와 아메리카 지역의 4.64 ± 0.64 보다 약 1‰ 낮은 값을 나타내었으나 각 지역별로 큰 차이는 확인 할 수 없었다.

(표 3-4-10) δ^{15}N value of domestic pork

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Korea 1	4.36	Korea 21	3.76	Korea 41	4.01
Korea 2	3.27	Korea 22	3.61	Korea 42	3.43
Korea 3	3.52	Korea 23	3.94	Korea 43	2.93
Korea 4	3.70	Korea 24	4.56	Korea 44	3.04
Korea 5	5.22	Korea 25	4.64	Korea 45	3.25
Korea 6	4.21	Korea 26	3.65	Korea 46	3.77
Korea 7	2.87	Korea 27	4.21	Korea 47	3.68
Korea 8	3.96	Korea 28	4.15	Korea 48	3.23
Korea 9	3.24	Korea 29	3.15	Korea 49	4.11
Korea 10	3.70	Korea 30	3.92	Korea 50	3.16
Korea 11	3.51	Korea 31	2.92	Korea 51	2.21
Korea 12	2.03	Korea 32	3.80	Korea 52	4.18
Korea 13	2.94	Korea 33	3.10	Korea 53	3.92
Korea 14	3.75	Korea 34	3.98	Korea 54	3.41
Korea 15	4.47	Korea 35	3.95	Korea 55	4.32
Korea 16	4.20	Korea 36	4.89	Korea 56	3.84
Korea 17	3.59	Korea 37	4.98	Korea 57	3.90
Korea 18	3.98	Korea 38	4.19	Korea 58	3.65
Korea 19	5.20	Korea 39	3.18	Korea 59	3.22
Korea 20	3.11	Korea 40	3.75	Korea 60	3.19

(표 3-4-10) Continue

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Korea 61	3.86	Korea 81	3.65	Korea 101	3.32
Korea 62	3.81	Korea 82	3.78	Korea 102	3.59
Korea 63	3.40	Korea 83	4.30	Korea 103	3.36
Korea 64	3.23	Korea 84	3.87	Korea 104	3.67
Korea 65	3.52	Korea 85	3.32	Korea 105	3.27
Korea 66	4.61	Korea 86	3.60	Korea 106	4.06
Korea 67	3.14	Korea 87	3.72	Korea 107	3.92
Korea 68	3.46	Korea 88	3.55	Korea 108	3.37
Korea 69	3.47	Korea 89	3.21	Korea 109	3.68
Korea 70	3.72	Korea 90	4.45	Korea 110	3.48
Korea 71	3.30	Korea 91	3.79	Korea 111	3.78
Korea 72	4.01	Korea 92	3.64	Korea 112	3.69
Korea 73	5.50	Korea 93	4.28	Korea 113	4.13
Korea 74	4.25	Korea 94	3.44	Korea 114	3.85
Korea 75	3.67	Korea 95	3.66	Korea 115	4.43
Korea 76	3.49	Korea 96	3.98	Korea 116	3.92
Korea 77	3.63	Korea 97	3.92	Korea 117	5.49
Korea 78	3.71	Korea 98	4.24	Korea 118	4.07
Korea 79	4.32	Korea 99	3.52	Korea 119	3.74
Korea 80	3.18	Korea 100	3.42	Korea 120	5.87

(표 3-4-10) Continue

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Korea 121	4.94	Korea 141	3.29	Korea 161	3.42
Korea 122	4.22	Korea 142	3.53	Korea 162	3.92
Korea 123	5.58	Korea 143	3.57	Korea 163	3.61
Korea 124	3.46	Korea 144	3.59	Korea 164	3.76
Korea 125	6.09	Korea 145	3.65	Korea 165	3.80
Korea 126	4.16	Korea 146	5.25	Korea 166	3.71
Korea 127	4.22	Korea 147	3.76	Korea 167	3.53
Korea 128	2.67	Korea 148	3.55	Korea 168	2.75
Korea 129	4.25	Korea 149	3.60	Korea 169	3.62
Korea 130	3.37	Korea 150	3.69	Korea 170	3.45
Korea 131	3.09	Korea 151	3.66	Korea 171	3.57
Korea 132	3.59	Korea 152	3.56	Korea 172	3.30
Korea 133	4.47	Korea 153	3.53	Korea 173	3.32
Korea 134	5.35	Korea 154	3.76	Korea 174	3.64
Korea 135	5.02	Korea 155	3.69	Korea 175	3.55
Korea 136	4.21	Korea 156	3.92	Korea 176	3.77
Korea 137	5.15	Korea 157	3.48	Korea 177	3.10
Korea 138	3.64	Korea 158	3.95	Korea 178	4.03
Korea 139	3.64	Korea 159	3.64	Korea 179	3.47
Korea 140	3.18	Korea 160	3.93	Korea 180	3.54

(표 3-4-10) Continue

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Korea 181	3.55	Korea 201	3.49	Korea 221	3.35
Korea 182	3.33	Korea 202	3.33	Korea 222	3.37
Korea 183	3.87	Korea 203	3.27	Korea 223	3.35
Korea 184	3.58	Korea 204	3.32	Korea 224	3.14
Korea 185	3.52	Korea 205	3.24	Korea 225	2.87
Korea 186	3.61	Korea 206	3.24	Korea 226	2.97
Korea 187	2.86	Korea 207	3.50	Korea 227	3.18
Korea 188	3.70	Korea 208	3.19		
Korea 189	3.38	Korea 209	3.34		
Korea 190	3.69	Korea 210	3.60		
Korea 191	3.82	Korea 211	3.34		
Korea 192	3.16	Korea 212	3.76		
Korea 193	3.30	Korea 213	3.43		
Korea 194	3.65	Korea 214	2.93		
Korea 195	3.12	Korea 215	3.28		
Korea 196	3.45	Korea 216	3.51		
Korea 197	3.23	Korea 217	3.33		
Korea 198	3.22	Korea 218	3.03		
Korea 199	3.53	Korea 219	3.03		
Korea 200	3.29	Korea 220	3.26		

(표 3-4-11) $\delta^{13}C$ value of import pork

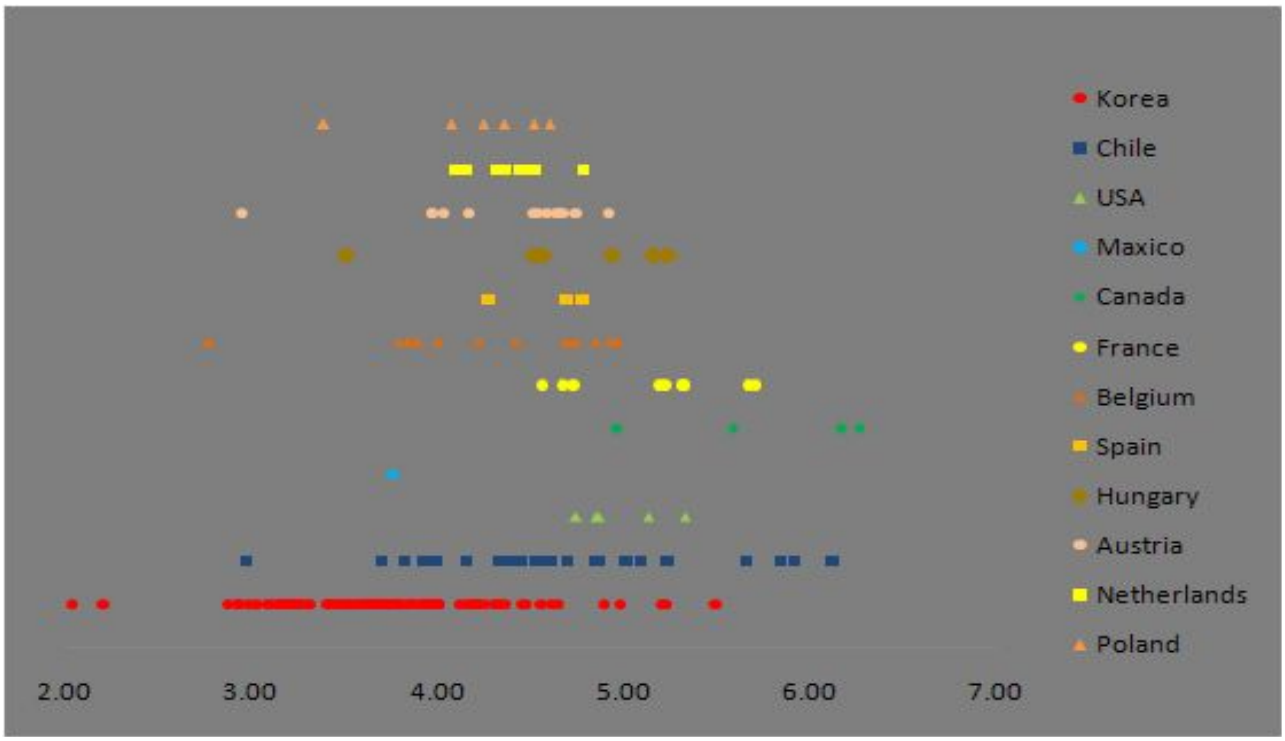
Origin	$\delta^{15}N$ value (‰)	Origin	$\delta^{15}N$ value (‰)	Origin	$\delta^{15}N$ value (‰)
netherlands1	4.46	Belgium7	4.69	Austria3	4.53
netherlands2	4.78	Belgium8	4.85	Austria4	4.16
netherlands3	4.09	Belgium9	4.01	Austria5	4.75
netherlands4	4.44	Belgium10	2.78	Austria6	3.97
netherlands5	4.31	Belgium11	3.85	Austria7	3.97
netherlands6	4.52	Belgium12	4.42	Austria8	2.94
netherlands7	4.16	Belgium13	3.79	Austria9	4.91
netherlands8	4.36	Belgium14	4.47	Austria10	4.67
netherlands9	4.51	Belgium15	4.68	Austria11	4.63
netherlands10	5.38	Belgium16	3.71	Austria12	4.66
netherlands11	4.78	Belgium17	2.68	Austria13	4.51
netherlands12	4.22	Belgium18	3.98	Austria14	4.13
netherlands13	3.37	Belgium19	4.70	Austria15	5.18
netherlands14	4.42	Spain1	4.79	Poland1	4.25
Belgium1	4.75	Spain2	4.69	Poland2	3.39
Belgium2	4.97	Spain3	4.28	Poland3	4.61
Belgium3	4.92	Spain4	4.68	Poland4	4.36
Belgium4	4.69	Spain5	4.98	Poland5	4.08
Belgium5	3.90	Austria1	4.02	Poland6	4.52
Belgium6	4.23	Austria2	4.58	Poland7	6.54

(표 3-4-11) Continue

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Poland8	4.68	Canada3	4.97	Chile5	4.69
Poland9	4.90	Canada4	5.59	Chile6	5.02
France1	5.67	Canada5	5.33	Chile7	2.97
France2	5.19	Canada6	5.13	Chile8	5.66
France3	5.31	Canada7	6.11	Chile9	4.52
France4	4.74	Mexico1	3.75	Chile10	4.32
France5	4.67	USA1	5.14	Chile11	3.7
France6	5.23	USA2	4.87	Chile12	4.4
France7	5.32	USA3	4.85	Chile13	4.54
France8	5.33	USA4	5.33	Chile14	4.15
France9	4.55	USA5	4.75	Chile15	4.45
France10	4.26	USA6	5.01	Chile16	5.84
France11	3.33	USA7	4.48	Chile17	4.84
Hungary1	4.52	USA8	5.37	Chile18	5.24
Hungary2	5.16	USA9	3.93	Chile19	3.92
Hungary3	3.51	USA10	4.36	Chile20	3.82
Hungary4	4.01	Chile1	5.00	Chile21	4.54
Germany	4.24	Chile2	4.58	Chile22	3.82
Canada1	6.18	Chile3	4.15	Chile23	6.13
Canada2	6.27	Chile4	5.09	Chile24	3.99

(표 3-4-11) Continue

Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)	Origin	δ^{15}N value (‰)
Chile25	4.61				
Chile26	4.86				
Chile27	4.36				
Chile28	5.92				
Chile29	4.78				
Chile30	5.14				
Chile31	4.94				
Chile32	3.96				
Chile33	4.81				
Chile34	4.65				
Chile35	3.60				
Chile36	5.34				



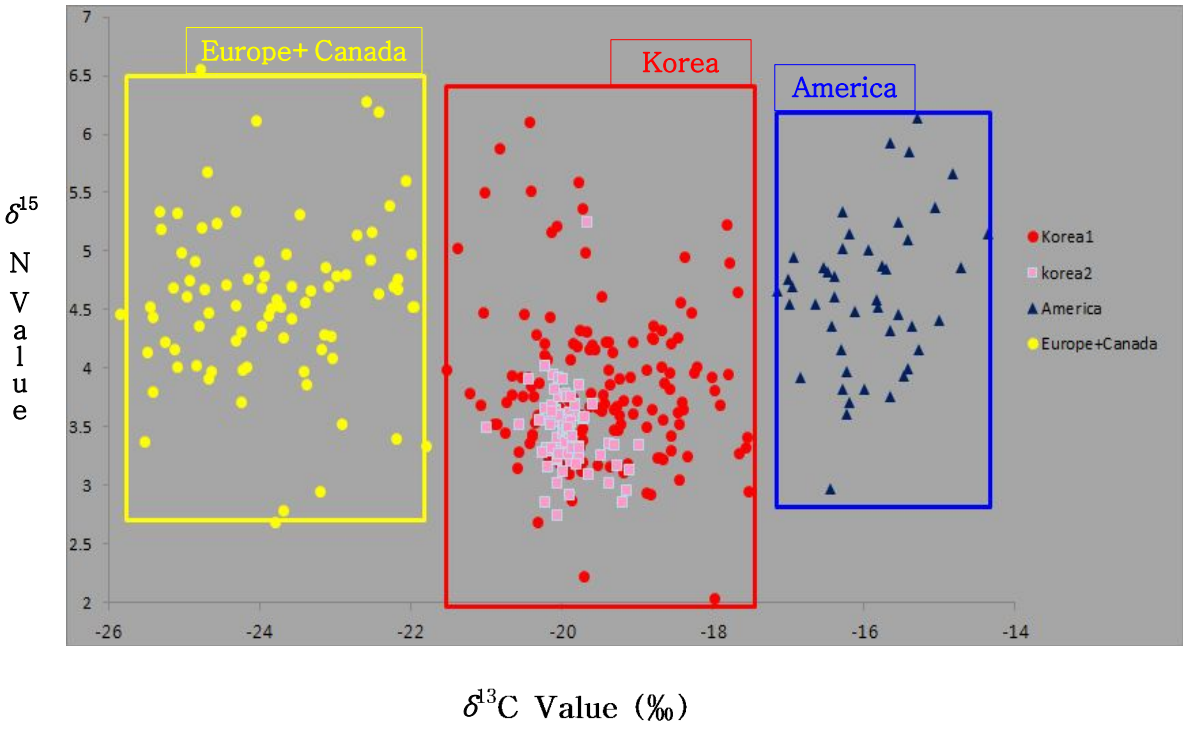
(그림 3-4-9) Geographical pattern of δ^{15}N value

다. 다. 탄소 및 질소 동위원소 비율($\delta^{13}C$ & $\delta^{15}N$ value ‰)의 동시 입체분석에 따른 돼지고기 원산지역별 특성 확인

○ 유기물을 구성하는 중요 구성요소인 탄소, 질소의 동위원소는 일반적으로 와인, 정유, 우유와 유제품, 그리고 꿀 등의 식품의 진위판별에 이용되고 있다. 따라서 동위원소 비율 $\delta^{13}C$ values와 $\delta^{15}N$ values를 이용하여 식이의 차이와 지리적 차이를 확인하여 돈육의 원산지를 판별하였다.

○ 그림 3-4-10 에서와 같이 $\delta^{13}C$ & $\delta^{15}N$ values의 2차원 그래프에서는 유럽지역과 캐나다 8개 국가, 캐나다를 제외한 아메리카지역의 3개국, 한국의 지역별 차이를 확인할 수 있었다.

○ 시료는 시중에 유통되는 돼지고기 국내산 227점과 수입산 132점을 사용하였다. 하지만 시료의 수집과정에서 원산지에 대한 100%의 정확한 정보는 기대하기가 어려웠으며 일부 시료에서 분석결과의 판이성은 시료 수집과정의 부정확과 기기분석상의 오차범위로 사료된다.

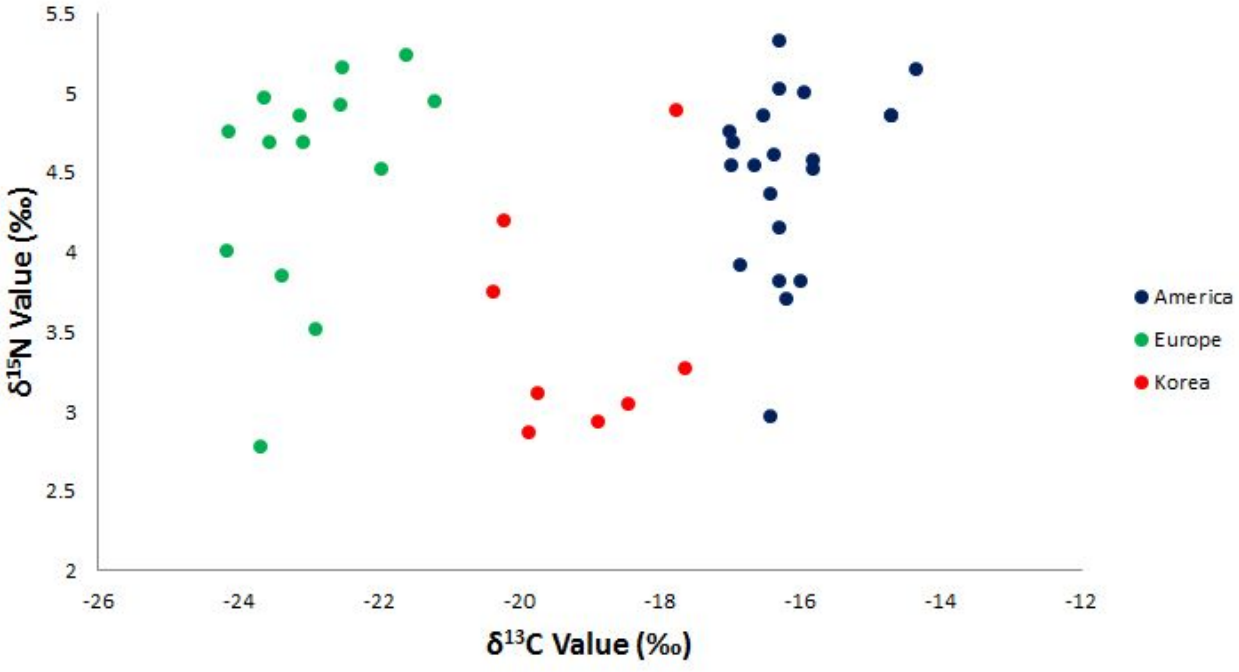


(그림 3-4-10) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{13}C$ & $\delta^{15}N$ value

라. 탄소, 질소, 수소 및 산소 동위원소 비율($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{2}H$, $\delta^{18}O$ value ‰)의 동시 입체 분석에 따른 돼지고기 원산지역별 특성 확인

○ 유기물을 구성하는 중요 구성요소인 탄소, 질소의 동위원소 비율과 수소와 산소의 동위원소 비율을 분석하여 돼지고기의 원산지역별 특성을 확인하기 위하여 국내시료 8점과 국외 시료 37점 총 45점을 돼지고기 단백질 부분에서 물을 추출하여 수소와 물과 지방을 제거한 단백질 부분의 탄소와 질소의 동위원소 비율을 분석하였다.

○ 분석된 탄소, 질소, 수소, 산소의 안전동위 원소 비율을 각각 2차원 그래프로 나타내어 비교한 결과 탄소와 질소를 동시 비교시 동위원소 비율에 따른 원산지 판별에 가장 적합하였다. 이는 수소의 안정 동위원소 비율을 분석한 결과 한국 -45.52 ± 9.25, 칠레 -51.59 ± 18.68, 미국 -31.96 ± 15.68, 벨기에 -27.09 ± 15.85, 헝가리 -43.43 ±15.87‰로 지역적 차이를 확인할 수 없었으며, 산소의 경우도 한국 -6.04 ± 1.41, 칠레 -7.62 ± 2.81, 미국 -6.37 ± 2.35, 벨기에 -4.71 ± 3.27, 헝가리 -7.04 ± 1.40‰ 로 지역에 따른 유의성을 나타나지 않았다.



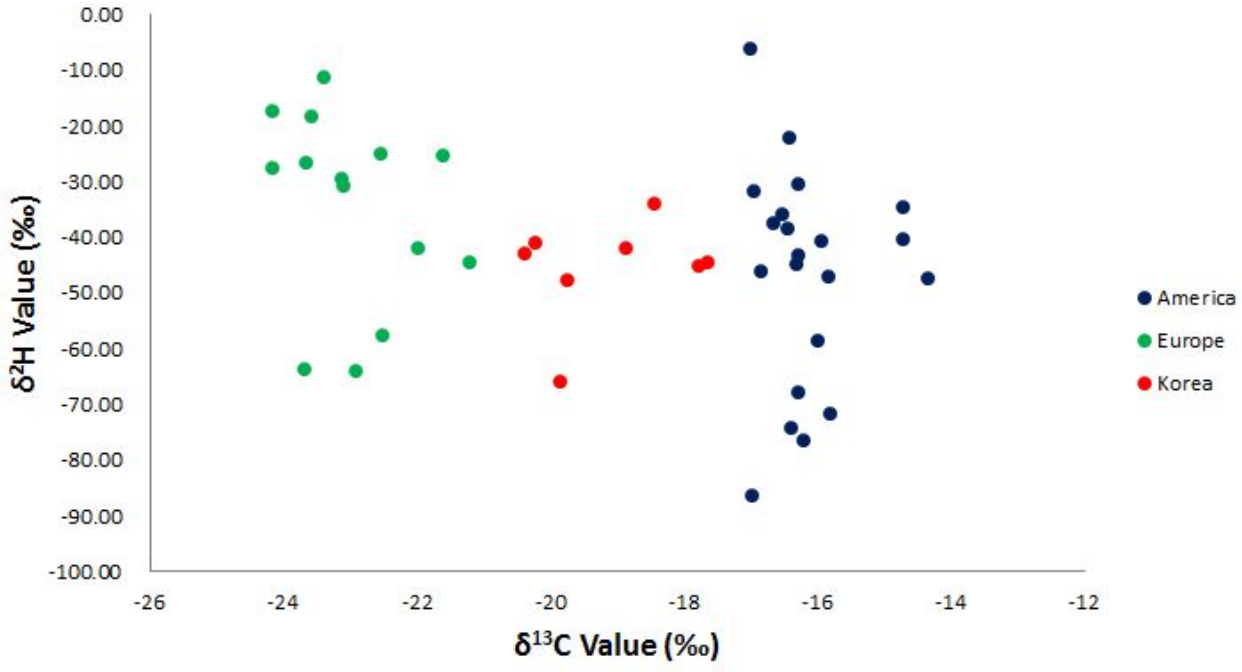
(그림 3-4-11) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{13}C$ & $\delta^{15}N$ value

(표 3-4-12) Isotope ratio(δ value ‰) of domestic and import pork

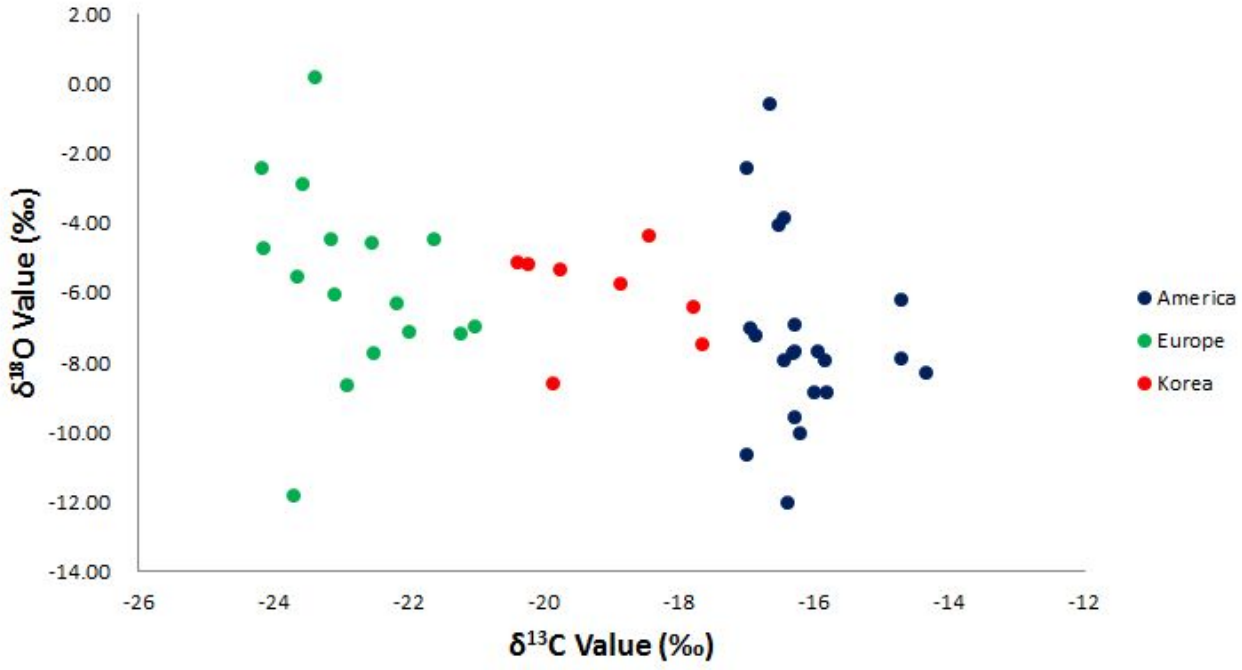
Origin	No	δ^{13}C value (‰)	δ^{15}N value (‰)	δ^{2}H value (‰)	δ^{18}O value (‰)
Korea	1	-17.64	3.27	-44.67	-7.49
	2	-19.85	2.87	-66.11	-8.63
	3	-20.21	4.2.0	-41.13	-5.21
	4	-19.74	3.11	-47.75	-5.32
	5	-17.77	4.89	-45.30	-6.43
	6	-20.37	3.75	-43.01	-5.14
	7	-18.86	2.93	-42.23	-5.75
	8	-18.44	3.04	-33.97	-4.36
Chile	1	-15.94	5.00	-40.74	-7.71
	2	-15.82	4.58	-47.25	-7.94
	3	-16.94	4.69	-31.84	-7.02
	4	-16.28	5.02	-43.42	-7.69
	5	-16.43	2.97	-38.66	-7.97
	6	-15.8	4.52	-71.81	-8.88
	7	-16.19	3.70	-76.58	-10.06
	8	-16.64	4.54	-37.49	-0.58
	9	-16.29	4.15	-44.89	-7.74
	10	-16.84	3.92	-46.34	-7.26
	11	-16.28	3.82	-68.06	-9.60
	12	-16.97	4.54	-86.62	-10.68
	13	-15.99	3.82	-58.81	-8.85
	14	-16.38	4.61	-74.43	-12.06
	15	-16.52	4.86	-36.12	-4.08
	16	-16.42	4.36	-22.34	-3.86
USA	1	-14.34	5.14	-47.58	-8.33
	2	-14.7	4.85	-34.83	-6.23
	3	-14.7	4.85	-40.48	-7.91
	4	-16.28	5.33	-30.58	-6.95
	5	-16.99	4.75	-6.32	-2.44

(표 3-4-12) Continue

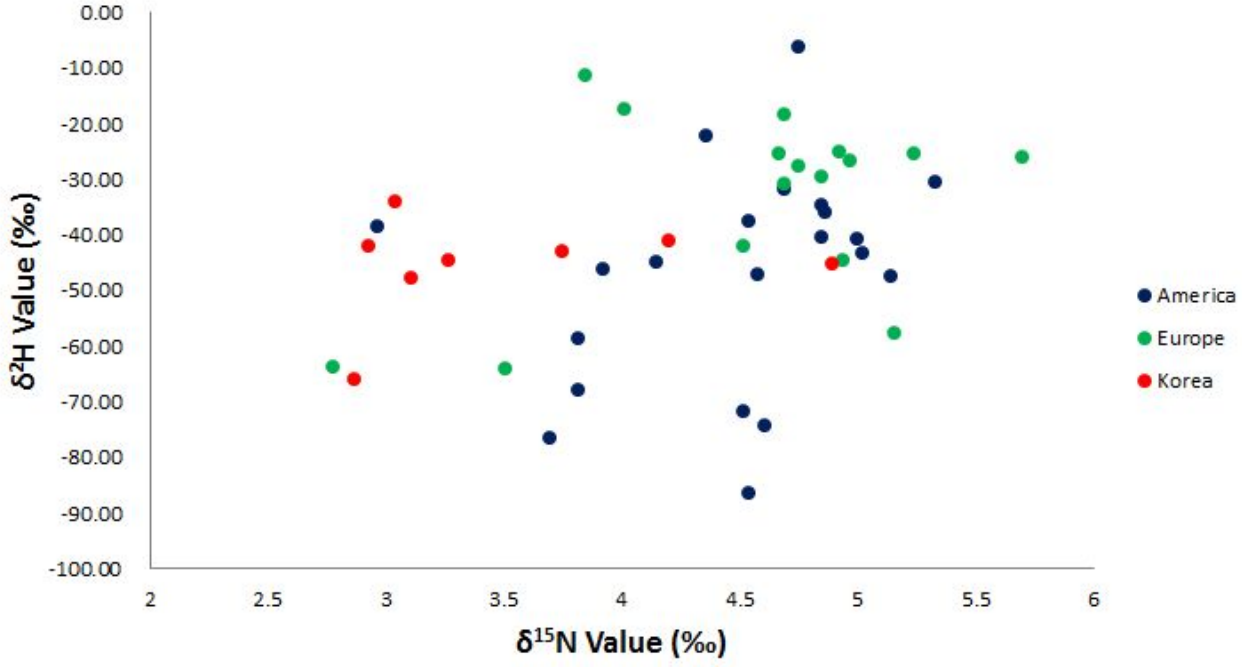
Origin	No	$\delta^{13}C$ value (‰)	$\delta^{15}N$ value (‰)	$\delta^{2}H$ value (‰)	$\delta^{18}O$ value (‰)
Belgium	1	-24.14	4.75	-27.82	-4.72
	2	-23.64	4.97	-26.77	-5.55
	3	-22.53	4.92	-25.30	-4.59
	4	-23.56	4.69	-18.41	-2.89
	5	-23.08	4.69	-30.86	-6.06
	6	-23.12	4.85	-29.48	-4.48
	7	-24.16	4.01	-17.55	-2.43
	8	-23.68	2.78	-63.71	-11.84
	9	-23.37	3.85	-11.25	0.16
Hungary	1	-21.97	4.52	-42.21	-7.16
	2	-21.21	4.94	-44.62	-7.19
	3	-22.51	5.16	-57.78	-7.77
	4	-21.61	5.24	-25.50	-4.47
	5	-22.90	3.51	-64.24	-8.65
France	1	-21.00	5.70	-26.24	-6.98
	2	-22.16	4.67	-25.42	-6.31



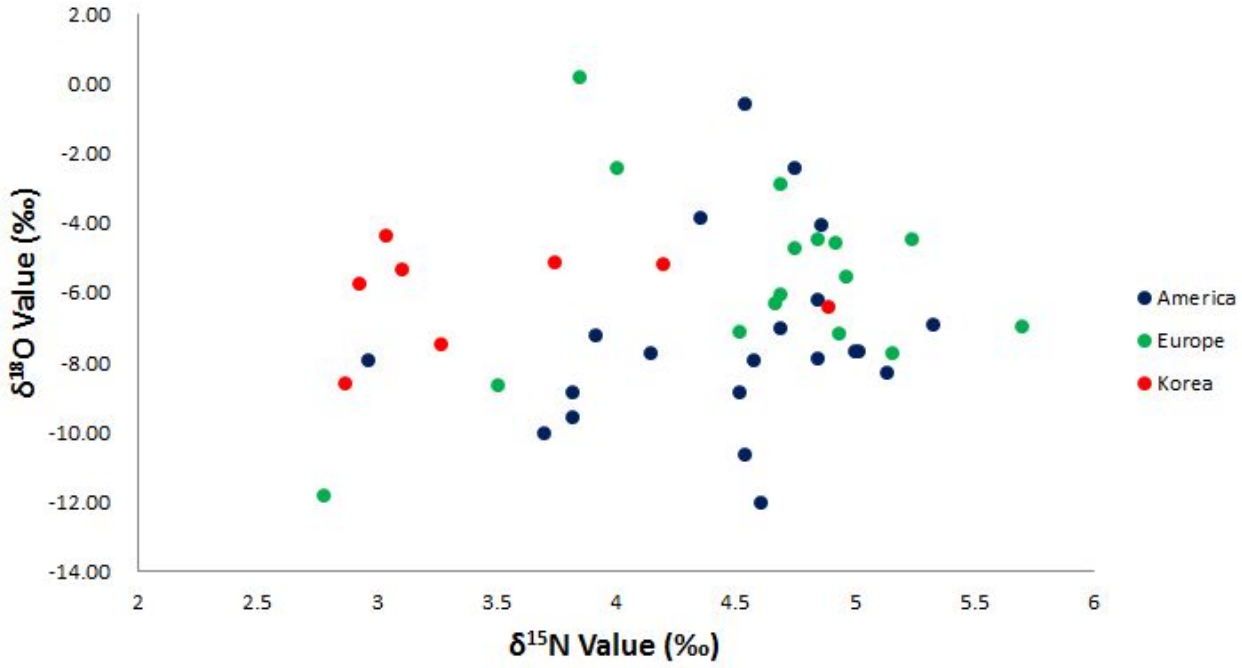
(그림3-4-12) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{13}C$ & $\delta^{2}H$ value



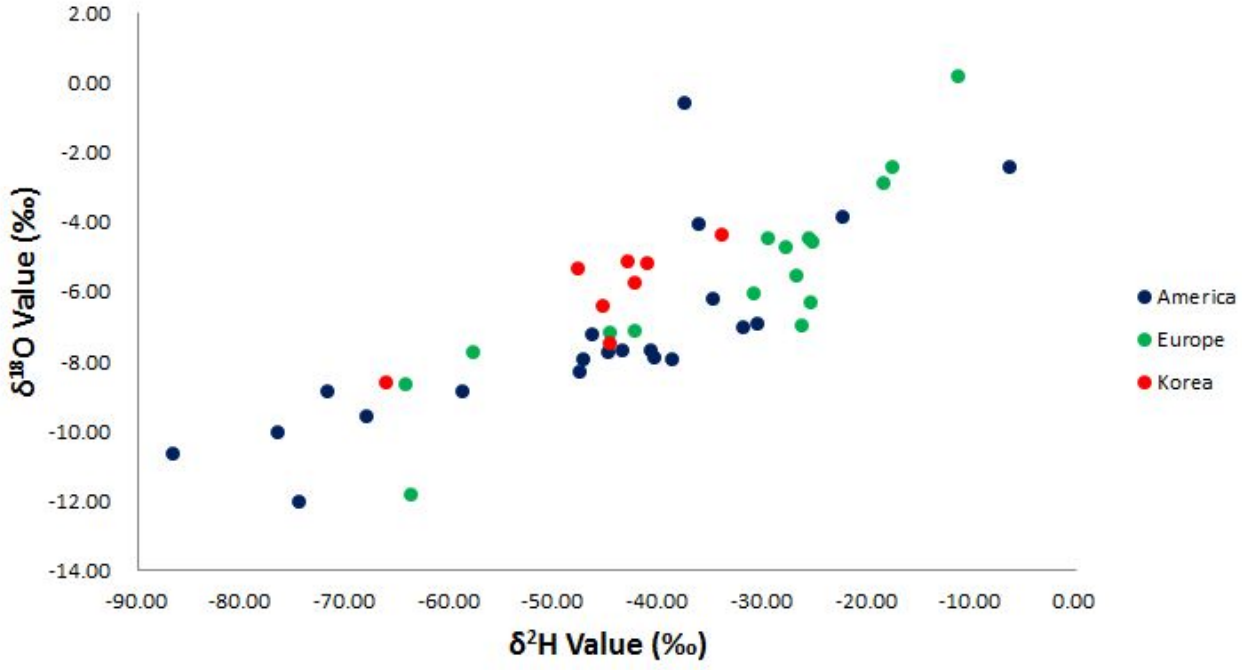
(그림 3-4-13) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{13}C$ & $\delta^{18}O$ value



(그림 3-4-14) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{15}N$ & $\delta^{2}H$ value



(그림 3-4-15) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{15}N$ & $\delta^{18}O$ value



(그림 3-4-16) 2-Dimentional graph of geographical pattern of $\delta^{2}H$ & $\delta^{18}O$ value

제5절 돼지 원산지판별 데이터 통합 관리 프로그램 개발

1. 연구개발의 목적

○ 생산이력추적시스템(픽디자이너)과의 연동 환경을 구축하고 안정동위원소 실험데이터 관리 및 대륙별 돈육의 원산지 판별 프로그램 제작을 목적임

○ 통계분석은 통계패키지 R을 이용하여 주로 분석하였다. R이 좋은 점은 우선 무료이고 분석할 때 필요한 옵션을 연구자 위주로 사용하는데 용이하다. 그리고 분석 시 필요한 정보나 매뉴얼이 대부분 공개되어 있다.

○ 이것을 통하여 boxplot을 그려서 테이터의 분포를 확인 하였고, LDA를 이용하여 동위원소를 통한 대륙간의 분류를 하였다. 또한 안정동위원소의 데이터 셋 관리 및 원산지를 판별할 수 있는 윈도우 프로그램을 개발하였다.

2. 연구결과 내용 및 방법

이 연구에서는 안정동위원소를 이용하여 돈육의 원산지를 판별할 수 있는지 비교하여 분석하고, 판별력이 우수한 통계 모델을 사용하여 프로그램을 개발하고자 한다.

범 위	연구개발 목표	세부 연구내용
설 계	돼지 원산지판별 데이터 통합 관리 프로그램 개발 개념 설계안 도출	- 요구사항 분석 - 시스템 아키텍처 설계 - DB 설계
S/W개발	픽디자이너와의 연동 시스템 개발	- 입력데이터 관리 - 분석 프로세스 연동 - 생산이력정보 연계
DB 구축	방사선 동위원소 분석용 국내산 수입산 돈육 판별에 대한 DB 구축	- 국가별 돼지고기 동위원소비율 분석 결과 관리 - C, H, N 동위원소 데이터 관리 - 동위원소비율 분석 그래프 조회 기능 - 동위원소비율 분석 2D, 3D 입체 그래프 조회 기능

3. 동위원소분석 비율 값의 통계분석을 통한 돼지고기 원산지 예측 모델

가. 동위원소분석비율의 판별분석

○ 동위원소비율 값을 이용하여 특정한 한 개 또는 두 개 이상의 원산지 중에서 어느 원산지 집단에 속할 것인지 예측하기 위한 분석임

○ 돼지고기원산지 판별분석에서는, 돼지고기원산지별 동위원소비율 값을 분석한 결과를 데이터베이스상에서 소속집단(종속변수)이 이미 알려진 케이스로 저장한 것에 대해 그 소속집단을 판별하는데 효과적이라고 생각되는 여러 개의 설명(독립)변수들의 측정값들을 가지고 독립 변수들의 선형함수인 판별함수(discriminant function)를 만들었음.

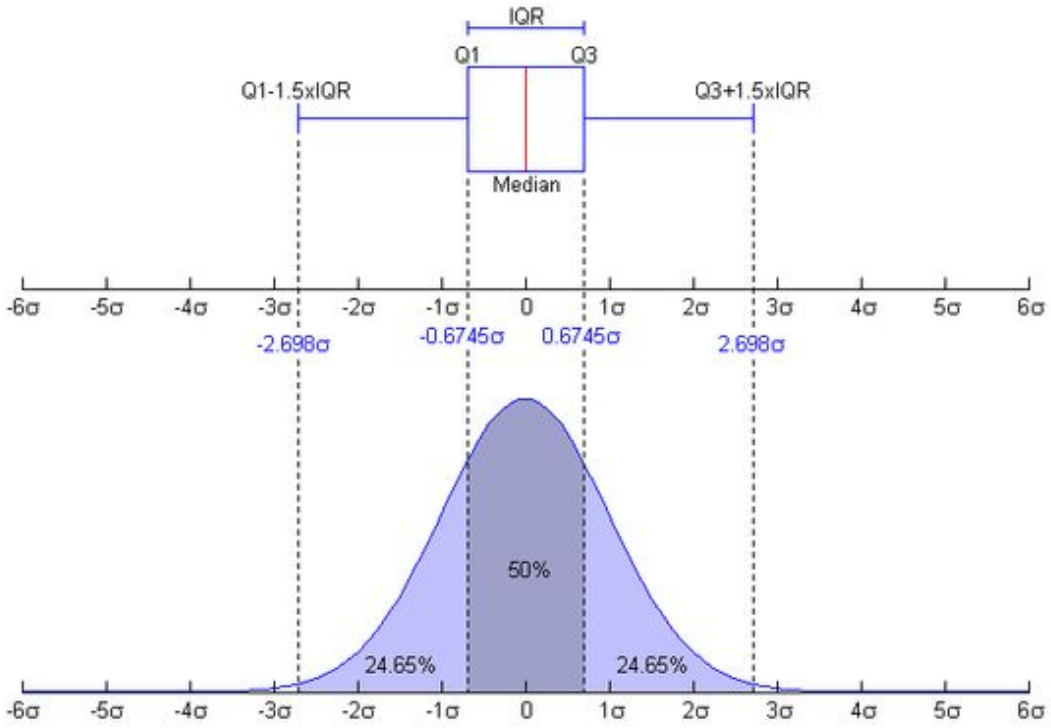
○ 돼지고기 원산지 판별함수는 원산지를 모르는 동위원소비율값 케이스에 대해 독립변수 값들을 가지고 어느 집단에 속하는지 판별하는데 사용한다. 그중 Linear discriminant analysis (LDA)는 두개의 집단을 직선으로 그어 분류한다.

나. Boxplot

○ Boxplot은 어떠한 데이터가 있을 때, 그 데이터가 어떻게 분포하고 있는지에 대해 알기위해 그리는 plot임.

○ 이 데이터는 크게 가운데 두 개의 박스와 그 박스와 양 끝으로 연결된 직선, 그리고 직선 밖으로의 점으로 나타낸다. 그리는 방법은 먼저, Boxplot은 샘플을 정렬한다. ¼(Q1)과 ¾(Q3)에 해당하는 값을 박스로 그리고 중간값을 가운데 선으로 표시하여 가운데 두 개의 박스를 완성한다.

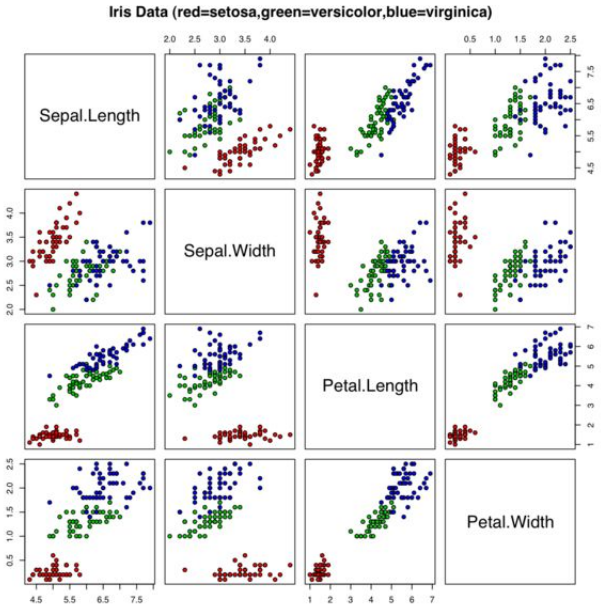
○ 따라서 박스 안에 포함된 값은 전체의 50%가 된다. 그리고 선 밖으로의 점은 1.5 X IQR(Inter-quartile region) 보다 멀리 떨어진 값들은 아웃라이어로 정의하고 작은 원으로 표시된다. 즉 박스 안에는 전체 데이터의 개수의 절반이 들어가게 되고, 박스 옆의 직선과 점들의 개수의 합이 나머지 반을 이룬다. 이러한 boxplot은 전반적인 데이터의 분포를 파악하는데 도움이 된다.



(그림 3-5-1)가운데 빨간 선이 이 샘플의 중간값이 되고, Q1과 Q3 사이는 박스로 그리고 1.5 X IQR 까진 실선으로 그 이후엔 원으로 표시한다.

다. Linear Discriminant Anlysis (LDA)

1936년 R.A. Fisher에 의해 최초로 고안된 판별법으로 3 가지 붓꽃을 꽃받침 및 꽃잎의 너비와 길이로 판별하는데 처음 적용되었다. 이 방법은 그룹간의 변이는 최대이며 그룹 내의 변이는 최소가 되게 변수를 선형조합한 후, 가장 가까운 그룹 중심에 할당하는 방법이다. 다시 말하면, 각각의 집단의 평균값을 구하여 새로운 데이터가 들어 왔을 때 어느 집단의 평균값과 가까운지를 판별하여 그 집단에 분류하는 방식이다.

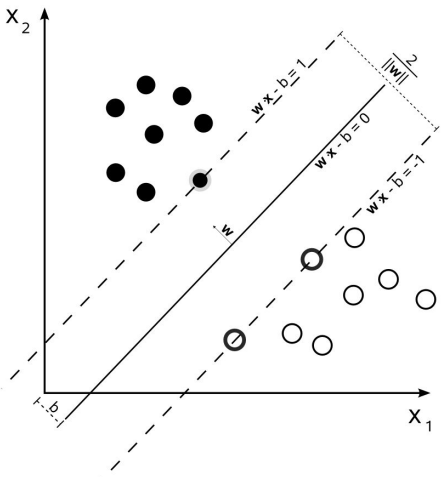


(그림 3-5-2) 1936년 R.A. Fisher에 의해 최초로 고안된 판별법.

위의 그림에서 빨간색과 나머지 부분은 받침으로 구별되고, 녹색과 파란색도 구별이 된다.

라. Support Vector Machines (SVM)

이 방법은 1998년 Vapnik에의해 SVM을 창안하였다. 현재 SVM은 일반화 능력이 가장 뛰어난 분류기로 인정받고 있다. 이 방법은 두 개 이상의 집단에서 Maximum Margin을 구하여 집단을 구분하는 방법이다. 이러한 SVM역시 단점이 있다. 그 단점은 plot을 그릴 수가 없다.



(그림 3-5-3) 위의 검정과 흰색의 그룹을 나눌 수 있는 선은 무수히 많다.
그중에 Margin의 크기가 가장 클 때의 직선을 구하여 두 개의 집단으로 구분한다.

4. 동위원소분석비율 값의 통계분석 결과 및 자동분석 프로그램 개발

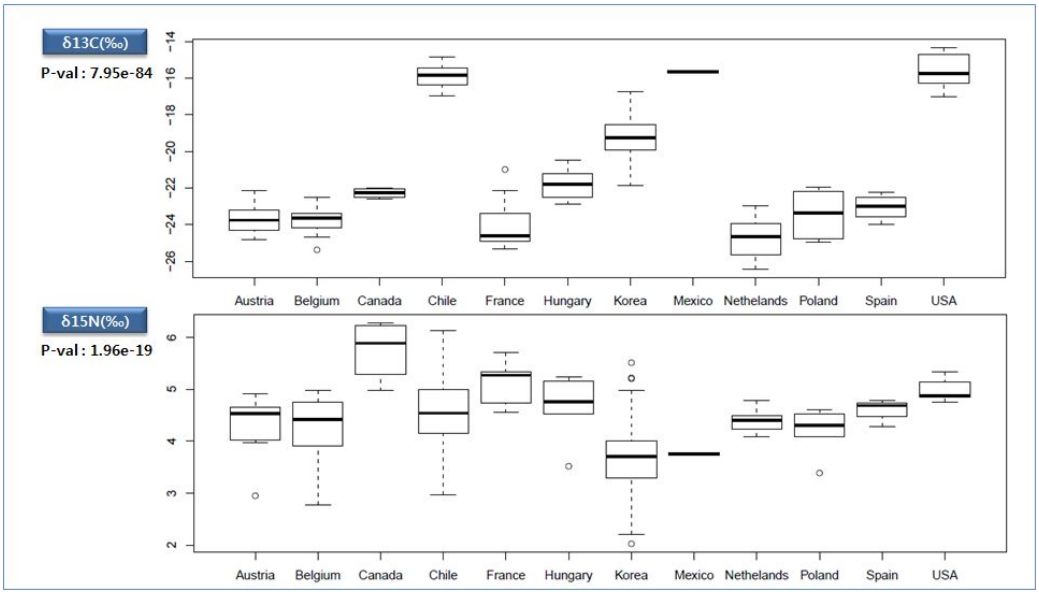
가. 데이터 셋 구성

(1) 조선대학교로부터 탄소(^{13}C, ^{12}C)와 질소(^{15}N, ^{14}N)의 동위원소비율(δvalue ‰)에 대한 자료를 인도 받음. 국산시료는 농산물품관리원 144개, 충북대학교 85개 국외시료는 유럽산 85개 그리고 아메리카 47개로 구성되어 있다.

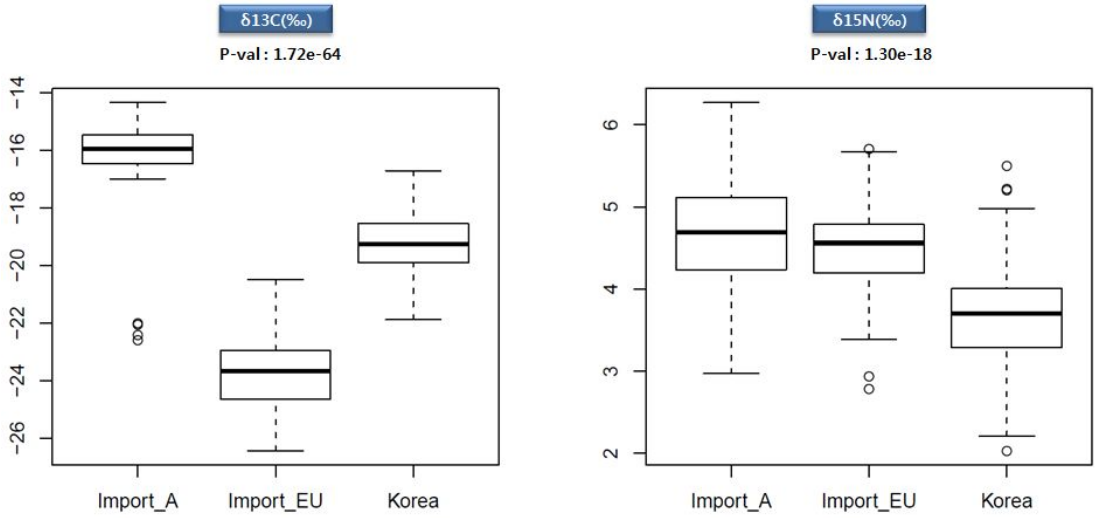
나. 동위원소를 이용한 Boxplot

데이터의 원소가 국가 또는 대륙에 따라 어떻게 분포되는지를 알아보기 위하여 boxplot을 그려보았다. 각 원소는 그룹 간에 차이를 보여주고 있으며 탄소 동위원소는 그룹 간 분별력이 가장 높은 것을 확인할 수 있다.

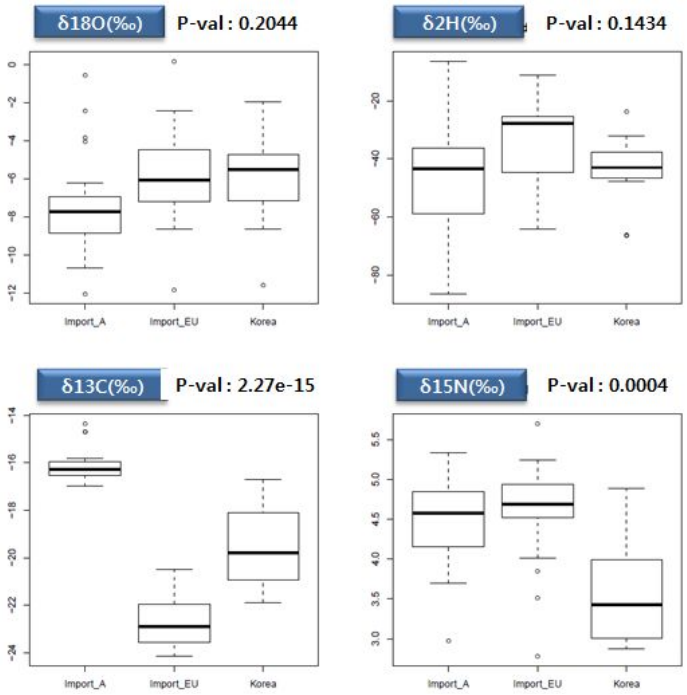
(1) 국가별 돈육의 13C & 15N δvalue (‰) 결과 - Boxplot 및 ANOVA



(2) 대륙별(국내산, 유럽산, 아메리카산) 돈육의 13C & 15N δvalue (‰) 결과 - Boxplot 및 ANOVA

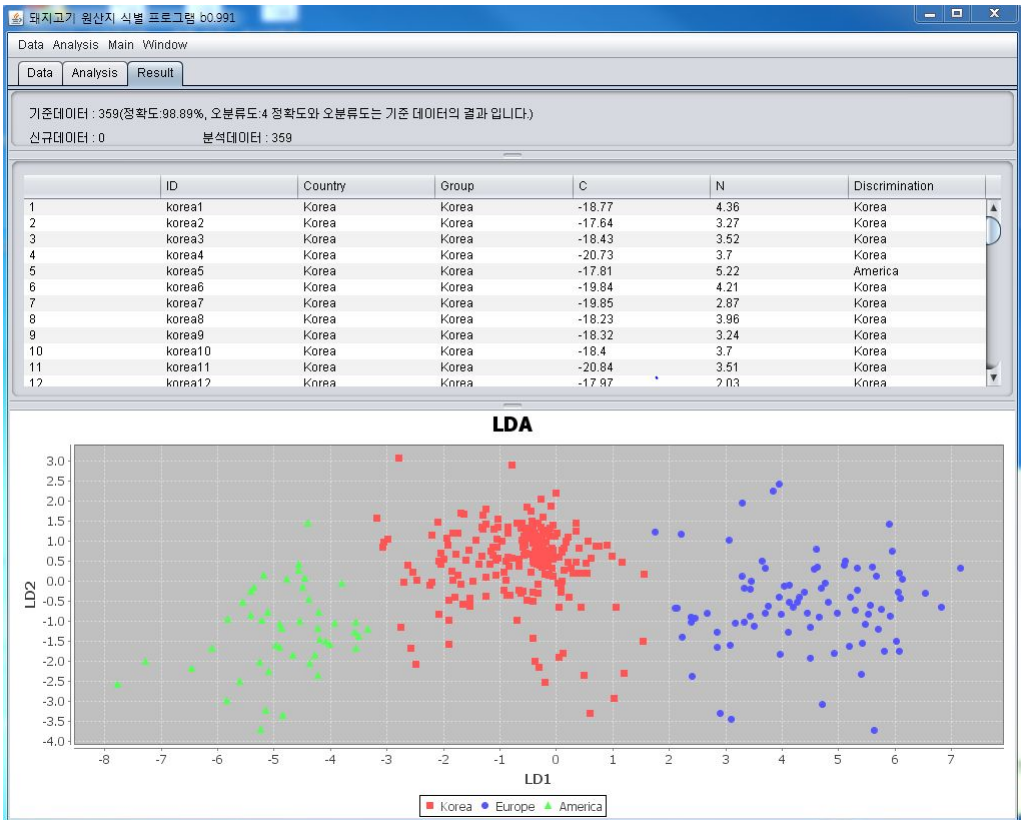


(3) 대륙별 돈육의 13C , 15N, 2H, 18N δvalue (‰) 결과 - Boxplot 및 ANOVA



나. 동위원소를 이용한 LDA

총 359개 샘플을 대륙별(한국, 아메리카, 유럽)로 돈육의 원산지 판별분석결과 오분류도 4개, 정확도는 98.89%임을 확인하였다.



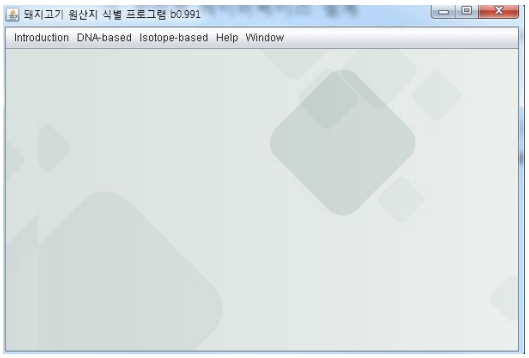
다. 동위원소를 이용한 SVM

총 359개 샘플을 대륙별(한국, 아메리카, 유럽)로 돈육의 원산지 판별분석결과 오분류도 0개, 정확도는 100%임을 확인하였다.

	ID	Country	Group	C	N	Discrimination
1	korea1	Korea	Korea	-18.77	4.36	Korea
2	korea2	Korea	Korea	-17.64	3.27	Korea
3	korea3	Korea	Korea	-18.43	3.52	Korea
4	korea4	Korea	Korea	-20.73	3.7	Korea
5	korea5	Korea	Korea	-17.81	5.22	Korea
6	korea6	Korea	Korea	-19.84	4.21	Korea
7	korea7	Korea	Korea	-19.85	2.87	Korea
8	korea8	Korea	Korea	-18.23	3.96	Korea
9	korea9	Korea	Korea	-18.32	3.24	Korea
10	korea10	Korea	Korea	-18.4	3.7	Korea
11	korea11	Korea	Korea	-20.84	3.51	Korea
12	korea12	Korea	Korea	-17.97	2.03	Korea

라. 프로그램 소개

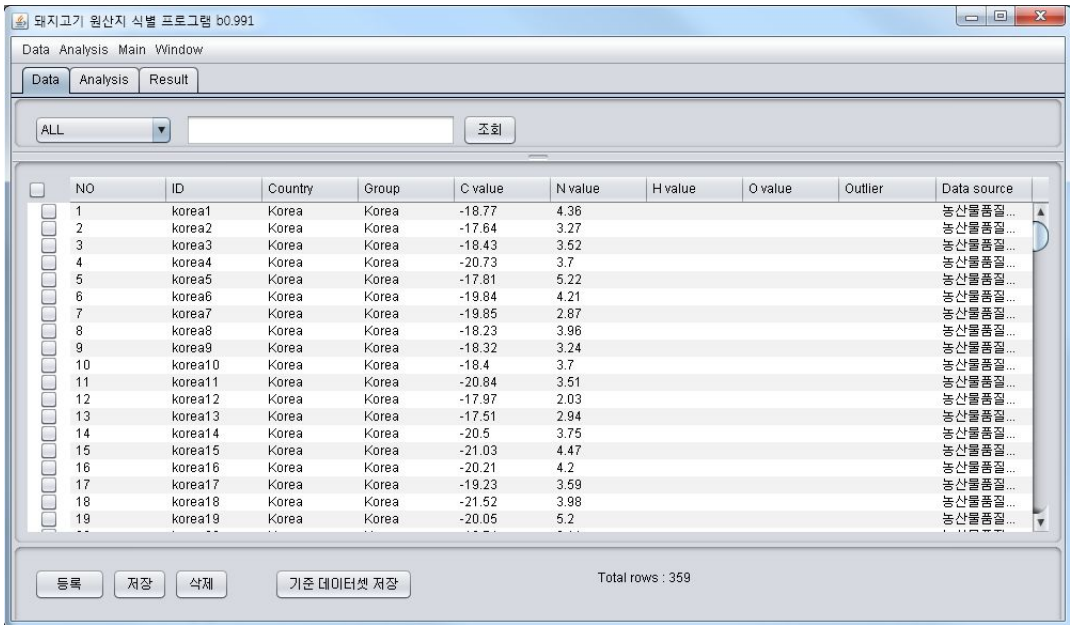
(1) 메인화면 : 돼지고기 원산지 식별 프로그램은 DNA-based, Isotope-based로 구성되어 있다.



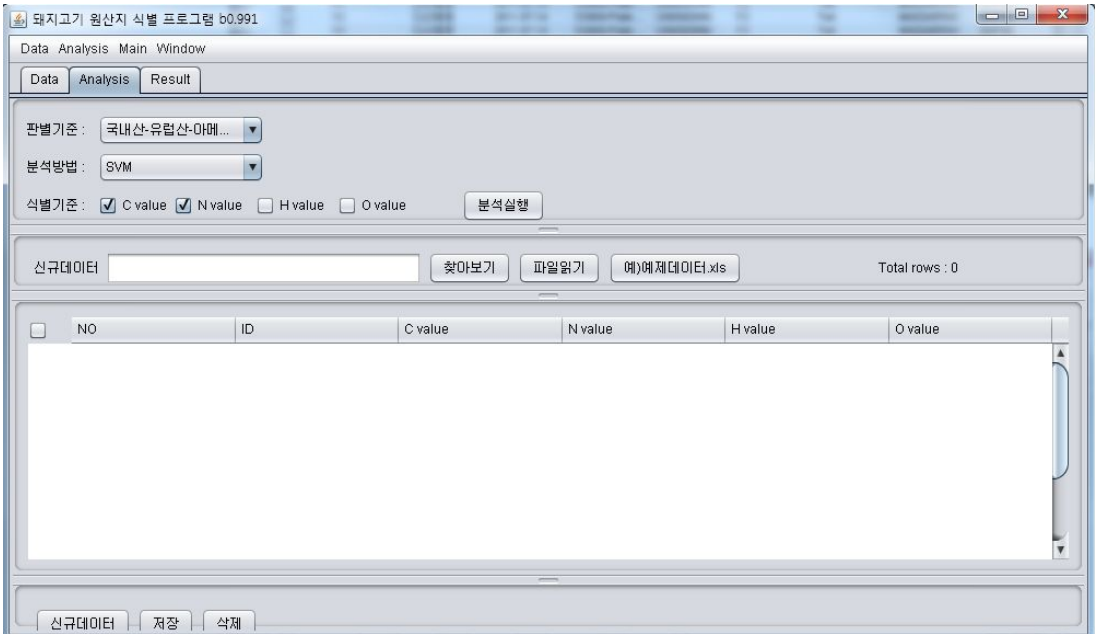
(2) DNA-based : 등록된 SNP실험데이터 셋으로 친자확인 분석, 동일성 분석을 실행할 수 있다.

(3) Isotope-based 분석 : 안정동위원소 데이터 관리 및 대륙별 돈육의 원산지 판별을 실행할 수 있는 프로그램이다.

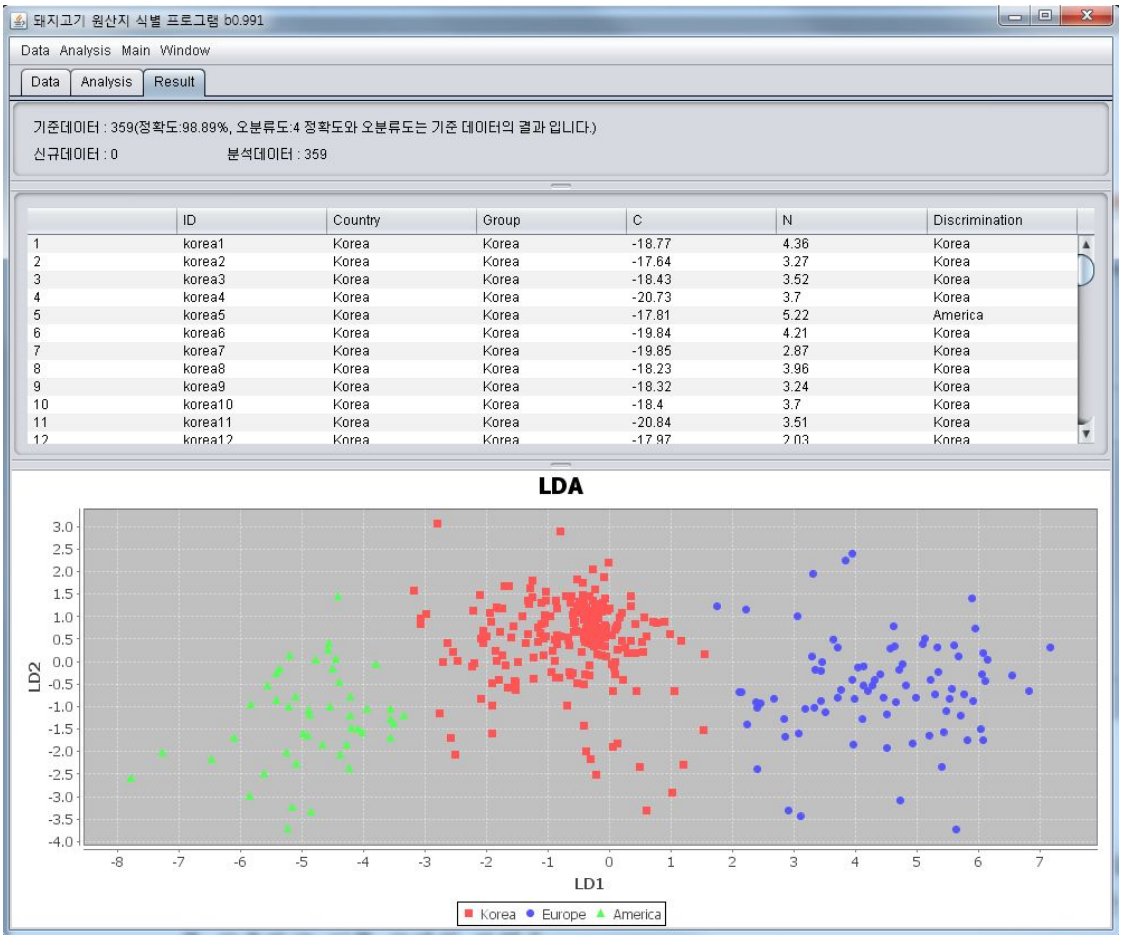
(3-1) 안정동위원소 데이터 관리



(3-2) 안정동위원소를 위한 원산지 판별 실행 화면



(3-3) 안정동위원소를 위한 원산지 판별 결과 화면



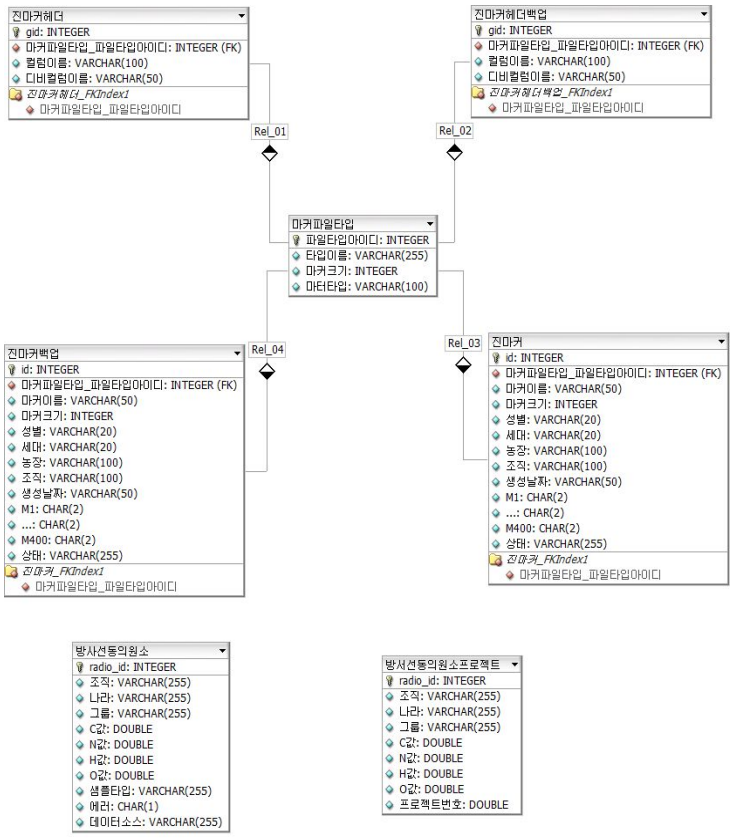
5. 데이터베이스 설계

가. 논리적 데이터베이스 설계

○ DNA 실험정보, 프로젝트 실행, 친자확인분석, 동일성분석, 국가별 동위원소 실험정보, 원산지 판별 분석 등 다양한 유형의 정보를 통계 분석 방법과 연계하기 위한 엔티티를 도출하고 이를 모델링 하였다.

○ 실험정보를 이용한 원산지 판별 방법과의 연결성을 우선적으로 고려한 설계를 수행하였으며, 각 사용자마다 보유하고 있는 다양한 정보와 데이터 필드에 대하여 유연한 관리가 이루어질 수 있도록 설계하였다.

(1) 엔티티 관계도



(2) 엔티티 설명

No.	엔티티명	설 명
1	진마커헤더	진마커의 헤더 정보를 저장한다.
2	진마커헤더백업	진마커의 헤더 정보를 백업한다.
3	진마커	진마커 정보를 저장한다.
4	진마커백업	진마커정보를 백업한다.
5	마커파일타입	타커타입의 정보를 저장한다.
6	안정동위원소	안정동위원소 정보를 저장한다.
7	안정동위원소 프로젝트	안정동위원소 프로젝트 데이터를 저장한다.

(3) 엔티티 속성 설명

○ 진마커헤더

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	gid	진마커헤더의 일련번호	integer		P
2	마커파일타입_파일타입아이디	마커파일타입 아이디	integer		FK
3	컬럼이름	입력 파일의 컬럼이름	varchar	100	
4	디비컬럼이름	디비테이블의 컬럼이름	varchar	50	

○ 진마커헤더백업

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	gid	진마커헤더의 일련번호	integer		P
2	마커파일타입_파일타입아이디	마커파일타입 아이디	integer		FK
3	컬럼이름	입력 파일의 컬럼이름	varchar	100	
4	디비컬럼이름	디비테이블의 컬럼이름	varchar	50	

○ 마커파일타입

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	파일타입아이디	파일타입아이디	integer		P
2	타입이름	파일타이입의 이름	varchar	255	
3	마커크기	마커의 총수	integer		
4	마커타입	마커의 타입	varchar	100	

○ 진마커

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	id	진마커 일련번호	integer		P
2	마커파일타입_파일타입아이디	마커 파일타입의 외부키	integer		FK
3	마커이름	마커의 이름	varchar	50	
4	마커크기	마커의 수	integer		
5	성별	마커 성별	varchar	20	
6	세대	마커 세대	varchar	20	
7	농장	마커가 나온 농장	varchar	100	
8	조직	마커의 조직	varchar	100	
9	생성날짜	마커 생성날짜	varchar	50	
10	M1	마커 1	char	2	
11	M400	마커 400	char	2	
12	상태	마커의 상태를 표시	varchar	255	

○ 진마커백업

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	id	진마커 일련번호	integer		P
2	마커파일타입_파일타입아이디	마커 파일타입의 외부키	integer		FK
3	마커이름	마커의 이름	varchar	50	
4	마커크기	마커의 수	integer		
5	성별	마커 성별	varchar	20	
6	세대	마커 세대	varchar	20	
7	농장	마커가 나온 농장	varchar	100	
8	조직	마커의 조직	varchar	100	
9	생성날짜	마커 생성날짜	varchar	50	
10	M1	마커 1	char	2	
11	M400	마커 400	char	2	
12	상태	마커의 상태를 표시	varchar	255	

○ 안정동위원소

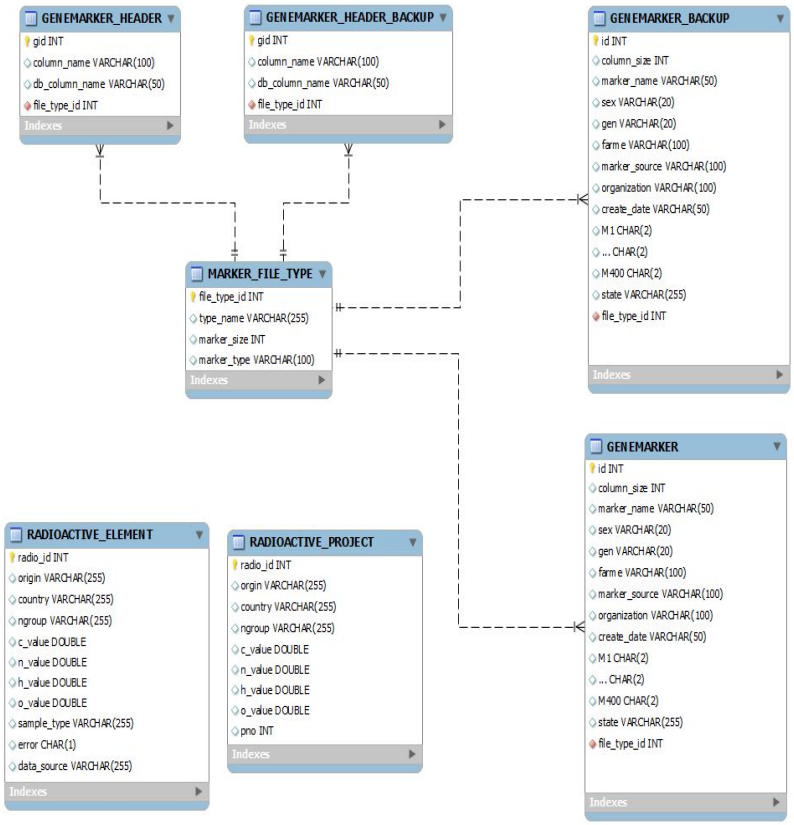
No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	radio_id	방사선동위원소 일련번호	integer		P
2	조직	추출 조직	varchar	255	
3	나라	추출된 나라	varchar	255	
4	그룹	그룹명	varchar	255	
5	C값	C 원소값	double		
6	N값	N 원소값	double		
7	H값	H 원소값	double		
8	O값	O 원소값	double		
9	샘플타입	샘프의 형태	varchar	255	
10	에러	에러 유무	char	1	
11	데이터소스	데이터가 생성된곳 정보	varchar	255	

○ 안정동위원소프로젝트

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	radio_id	방사선동위원소프로젝트 일련번호	integer		P
2	조직	추출 조직	varchar	255	
3	나라	추축된 나라	varchar	255	
4	그룹	그룹명	varchar	255	
5	C값	C원소 값	double		
6	N값	N원소 값	double		
7	H값	H원소 값	double		
8	O값	O원소 값	double		
9	프로젝트번호	프로젝트의 번호	int		

나. 물리적 데이터베이스 설계

(1) 엔티티 관계도



(2) 엔티티 설명

○ GENEMARKER_HEADER

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	gid	일련번호	int		P
2	column_name	입력 파일 칼럼이름	varchar	100	
3	db_column_name	디비 테이블 필드 이름	varchar	50	
4	file_type_id	파일 타입 아이디	int		FK

○ GENEMARKER_HEADER_BACKUP

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	gid	일련번호	int		P
2	column_name	입력 파일 칼럼이름	varchar	100	
3	db_column_name	디비 테이블 필드 이름	varchar	50	
4	file_type_id	파일 타입 아이디	int		FK

○ MARKER_FILE_TYPE

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	file_type_id	마커타입일련번호	int		P
2	type_name	마커타입 이름	varchar	255	
3	marker_size	마커 갯수	int		
4	marker_type	마커 형태	varchar	100	

○ GENEMARKER

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	id	마커일련번호	int		P
2	column_size	마커 수	int		
3	marker_name	마커이름	varchar	50	
4	sex	성별	varchar	20	
5	gen	세대	varchar	20	
6	farme	농장	varchar	100	
7	marker_source	마커소스	varchar	100	
8	organization	조직	varchar	100	
9	create_date	생성날짜	varchar	50	
10	M1	M1 마커	char	2	
11	M400	M400 마커	char	2	
12	state	마커의 상태	varchar	255	
13	file_type_id	마커타입 외부키	int		FK

○ GENEMARKER_BAKUP

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	id	마커일련번호	int		P
2	column_size	마커 수	int		
3	marker_name	마커이름	varchar	50	
4	sex	성별	varchar	20	
5	gen	세대	varchar	20	
6	farme	농장	varchar	100	
7	marker_source	마커소스	varchar	100	
8	organization	조직	varchar	100	
9	create_date	생성날짜	varchar	50	
10	M1	M1 마커	char	2	
11	M400	M400 마커	char	2	
12	state	마커의 상태	varchar	255	
13	file_type_id	마커타입 외부키	int		FK

○ RADIOACTIVE_ELEMENT

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	radio_id	방사성동위원소 일련번호	int		P
2	orgin	조직	varchar	255	
3	country	나라	varchar	255	
4	ngroup	그룹	varchar	255	
5	c_value	C원소 값	double		
6	n_value	N원소값	double		
7	h_value	H원소값	double		
8	o_value	O원소값	double		
9	sample_type	샘플 타입	varchar	255	
10	error	에러유무	char	1	
11	data_source	데이터 소스	varchar	255	

○ RADIOACTIVE_PROJECT

No.	속성명	속성설명	타입	길이	Key
1	radio_id	방사선 동위원소 일련번호	int		P
2	orgin	조직	varchar	255	
3	country	나라	varchar	255	
4	ngroup	그룹	varchar	255	
5	c_value	C원소값	double		
6	n_value	N원소값	double		
7	h_value	H원소값	double		
8	o_value	O원소값	double		
9	pno	프로젝트번호	int		

다. 프로그램 설명

(1) 설치 폴더 및 중요파일 설명

폴 더	설 명
PigOrigin/exbin	R로 구현된 LDA 프로그램 lda_new_101210.R
PigOrigin/lib	프로그램을 위해 사용하는 jar 라이브러리 파일
PigOrigin/test_data	프로그램에서 사용하는 테스트 데이터 샘플
PigOrigin/config.properties	프로그램 환경정보를 저장하는 config 파일
PigOrigin/log4j.properties	log4j 설정 파일
PigOrigin/pigorigin.exe	돼지고 원산지 식별 프로그램 실행 파일
PigOrigin/PigOriginWin.jar	샘플 데이터를 저장한다.

(2) 작업 폴더

폴 더	설 명
pigorigin_data/db	SQLite3 데이터베이스 파일인 pigorigin.db 파일이 위치
pigorigin_data/log	로그 정보를 저장하는 pigorigin.log4j 파일이 들어 있다.
PigOrigin/Project	Cervus 파일의 프로젝트 파일이 위치한다.
PigOrigin/tmp	프로그램을 위한 임시 작업 파일을 저장한다.

(3) 개발환경

개발 OS	windows xp
개발 언어	java version 1.6.0_23
개발 IDE	Netbeans 6.9.1
DATABASE	SQLite3
LDA 개발 언어	R language version 2.12.0
외부 프로그램 툴	Cervus 3.0.3

(4) 설치 작업 파일 폴더

폴더	설명
pigorigin_pakage	실행 파일 및 환경설정 파일, config 파일이 존재한다.
pigorigin_pakage/test_data	설치될 데이터 엑셀 파일을 저장한다.
pigorigin_pakage/lib	설치될 jar 라이브러리 파일을 저장한다.
pigorigin_pakage/Install	NSIS 파일과, 셋업 파일을 저장한다.
pigorigin_pakage/exbin	설치될 R 파일을 저장한다.

제6절 돼지고기 냉장돈육 및 해동돈육 품질 특성분석

1. 냉장 및 냉동기간에 따라 변하는 돈육의 기초자료 분석

가. 분석방법

① pH

돈육의 pH는 10g에 증류수 100㎖을 가한후 측정하였다. 모든 시료는 Homogenizer(Bihon seiki, Ace, Japan)로 7000rpm으로 30초간 균질시킨 후, pH meter(Mteeler Delta 340, Mettler-tolede, Ltd, UK)로 측정하였다.

② 육색

돈육의 표면육색은 백색판(L^*, 89.39; 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 L^*, a^*, b^*값으로 나타냈다.(L^*=명도, a^*=적색도, b^*=황색도)

③ 보수력(Water holding capacity)

보수력은 원심분리법을 이용하였다. 분쇄된 시료 0.5±0.05g을 원심분리관의 상부 filter관에 넣고 80℃ water-bath에 넣고 20분간 가열한후 10분간 방냉시켰다. 상부 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 2000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 남은 시료를 가열전 시료무게 비율로 표시하였다.

④ 육즙손실(Drip loss)

육질손실은 2㎝ 두께의 돈육 슬라이스를 원형(중량 100±5g)으로 정형한 후 Polypropylene bag에 넣고 진공포장하여 4℃ 냉장고에서 24시간 보관하면서 발생된 드립 감량을 측정하여 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

⑤ 일반성분 분석

수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC방법(1980)에 따라 측정하였다.

⑥ 가열감량

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

⑦ 전단력(Shear force test)

시료를 70℃ water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후 시료를 가로×세로×높이를 각각 1×2×1㎝가 되도록 절단하여 Rheo meter(Model Compac-100, SUN SCIENTIFIC Co., LTD.)의 Shearing, Cutting Test로 Max weight를 측정하였다. 사용 프로그램은 R.D.S(Rheology Data System) Ver 2.01을 이용하였다. Table Speed는 110mm/min, Graph Interval은 20msec, Load cell(max)는 10㎏의 조건으로 하였다.

⑧ 관능검사

관능검사는 5인의 관능검사요원이 주관적으로 풍미, 연도, 다즙성, 전체기호도의 4개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(풍미가 가장 나쁘다, 가장 질기다, 가장 건조하다, 전체기호도가 가장 나쁘다)에서 5점(풍미가 가장 우수하다, 가장 연하다, 가장 다즙하다, 전체기호도가 가장 우수하다)으로 평가하였다.

⑨ 주관적 판정

주관적 판정은 5인의 판정요원이 주관적으로 마블링, 조직감, 육색, 계육특성의 4개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(근내지방이 거의 없다, 조직감이 매우 나쁘다, 육색이 매우 창백하다, 심한 PSE육이다)에서 5점(근내지방이 매우 많다, 조직감이 매우 우수하다, 육색이 매우 암적색이다, 심한 DFD육이다)으로 평가하였다.

⑩ 저장특성

돈육의 저장성은 10일간의 냉장(4℃) 저장기간중에 지방산패도, 총미생물수와 대장균수를 0, 3, 7, 14일마다 조사하였다. 지방산패도는 Witte등(1970)의 추출방법에 따라 TBA(2-thiobarbituric acid)수치로 측정하였으며, 총미생물수는 연속희석시킨 시료를 SPC(standard plate count)배지에 접종하여 32℃에서 48시간 배양시킨 후 측정하였다(APHA, 1985). 대장균수는 연속희석시킨 시료를 VRBA(Violet Red Bile Agar)배지에 접종하여 32℃에서 24시간 배양시킨 후 측정하였다. 그 외 TBA수치는 시료 1000g당 ㎎ malonaldehyde 양으로 표시하였고, 총미생물수, 대장균수는 시료 1g당 미생물수(colony forming unit)로 표시하였다.

나. 육질 분석결과

(표 3-6-1) 등심육 육질특성

	Items	T1(n=20)	T2(n=20)
육질특성	pH	5.60±0.12	5.58±0.13
	보수력(%)	59.68±5.92[b]	62.70±3.26[a]
	육즙손실(%)	3.89±1.56[b]	10.25±2.89[a]
	가열감량(%)	30.89±2.67[b]	36.59±4.14[a]
	전단력(kg)	1.51±1.17	1.67±0.54

* T1(신선육), T2(3개월간 냉동육)

[a, b] 각 처리구 내 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

-등심육의 육질특성중 pH는 T1과 T2가 유사한 수준이다.
-보수력에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.
-육즙손실에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준이었다.
-가열감량에서도 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.
-전단력에서는 T2가 T1보다 높은 수준을 나타내었다.

(표 3-6-2) 등심육의 육색변화

Items		T1(n=20)	T2(n=20)
**L	0day	58.43±6.13[a]	56.89±4.14[b]
	7day	60.17±3.38	59.10±4.27
	14day	59.20±3.71	58.18±3.89
**a	0day	6.65±1.68[a]	5.91±1.70[b]
	7day	6.35±1.61	7.191.76
	14day	5.61±1.35[b]	6.151.36[a]
**b	0day	9.22±1.02[a]	8.87±1.33[b]
	7day	9.34±1.01[b]	12.22±1.40[a]
	14day	9.55±0.96[b]	12.94±1.69[a]

* T1(신선육), T2(3개월간 냉동육)

[a, b] 각 처리구 내 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

** L=명도, a=적색도, b=황색도

- 등심육을 14일간 냉장저장(4℃)중의 육색변화중 명도를 나타내는 L값은 0day에서 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으며, 7day와 14day에서는 T1이 T2보다 다소 높은 수준이었다.
- 적색도를 나타내는 a값에서도 0day에서 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으나 7day에서는 T2가 T1보다 다소 높은 수준이었으며, 14day에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.
- 황색도를 나타내는 b값에서도 0day에서 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으나 7day와 14day에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.

(표 3-6-3) 등심육의 주관적판정

Items	T1(n=20)	T2(n=20)
주관적판정*		
마블링	2.79±0.81	2.64±0.71
육색	2.97±0.45^{b}	3.14±0.40^{a}
조직감	2.94±0.41	2.98±0.52
돈육특성	2.91±0.33	2.85±0.33

T1(신선육), T2(3개월간 냉동육)

* 1=마블링이 거의 없다, 육색이 매우 창백하다, 조직감이 매우 나쁘다, 심한 PSE육이다.
5=마블링이 매우 많다, 육색이 매우 암적색이다, 조직감이 매우 우수하다, 심한 DFD육이다.

- 등심육의 주관적판정에서 마블링은 T1에서 T2보다 다소 높은 수준이었다.
- 육색은 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준이었다.
- 조직감에서는 T2가 T1보다 다소 높은 수준이었다.
- 돈육특성에서는 T1이 T2보다 다소 높은 점수를 나타내었다.

(표 3-6-4) 등심육의 저장특성

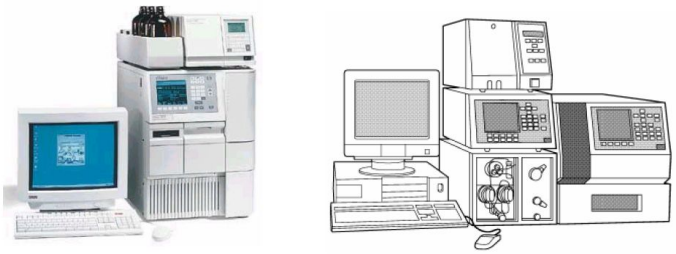
Items	Storage	T1(n=20)	T2(n=20)
TBA (mg malonaldehyde/ 1,000g)	**0 day**	0.25±0.09^{b}	0.44±0.11^{a}
	7 day	0.33±0.06^{a}	0.14±0.04^{b}
	14 day	0.25±0.06^{b}	0.48±0.16^{a}
VBN(mg%)	**0 day**	15.79±0.88^{a}	11.65±1.04^{b}
	7 day	17.34±1.21^{a}	13.94±1.80^{b}
	14 day	8.42±0.83^{b}	19.78±3.55^{a}

*T1(신선육), T2(3개월간 냉동육) $^{a,\ b}$처리구 사이에 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이가 있음($p<0.05$).

- 등심육을 14일간 냉장저장(4℃)하여 지방산패도를 측정한 결과, 0day에서 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준이었다. 7day에서는 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준이었으며, 14day에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.
- 등심육을 14일간 냉장저장(4℃)하여 휘발성염기태질소를 측정한 결과, 0day에서 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었으며, 7day에서도 T1이 T2보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. 반면에 14day에서는 T2가 T1보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다.

다. 돼지고기의 유리아미노산 변화

유리 아미노산의 분석은 파쇄한 시료 0.2g을 75% ethanol 100㎖에 넣고 30분간 진탕시킨 후 10,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하고 남은 잔류물에 다시 75% ethanol 50㎖를 가해 원심분리한 상등액을 앞에서 추출한 상등액과 함께 45℃이하의 온도에서 감압농축하여 ethanol을 제거하다. 이 여액에 25% trichloroacetic acid(TCA) 20㎖를 넣어 단백질을 제거하고 ethyl ether로써 여액 중의 TCA를 제거한 다음 남아있는 상등액층을 45℃이하의 온도에서 감압농축하여 ethylether를 제거하였다. 그리고 ethyl ether를 제거한 후 amberlite IR120(H+)수지가 충전된 칼럼을 통과시켜 아미노산을 흡착시킨 후 loading buffer 용액(0.2N sodium citrate, pH 2.2)으로 용해하여 전체량이 20㎖가 되게 한 다음 membrane filter(pore size 0.2㎛)로 여과한다.



<AccQ-Tag System>

추출된 유리 아미노산은 AccQ-FluorTM reagent를 이용하여 유도체화 시키고 역상 HPLC에 의하여 유도체화 물질을 분리한다. 유도체화 아미노산의 정량은 검량 표준선을 이용하여 형광 검출기로 분석한다. AccQ-Tag 방법은 정확성과 sub-picomole의 감도를 보장해주며 기존의 Pico-Tag 방법보다 분석시간을 2배이상 단축 시킬 수 있다. 유도체 시약은 6-aminoquinoyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC)로서 1차 또는 2차 amine기와 결합하여 안정된 N-hydroxysuccinimide-activated heterocyclic carbamate를 생성한다. 형광 검출은 Waters 2475 Scanning Fluorescence Detector의 설정 조건 (Ex 250 nm, Em 395 nm, Filter 0.5, Gain 100)에서 측정한다. 이동상 조건은 Eluent A (수용액 buffer, Waters AccQ-Tag Eluent A), Eluent B(HPLC-grade acetonitrile), Eluent C

(HPLC-grade 18 mΩ water)를 사용하여 65분동안 제공된 표준 이동상 조건을 사용하였다.

유리 아미노산 분석은 10분 이내에 결정되며 fmol 정도의 감도로 측정된다. AccQ Tag HPLC 방법은 우육의 유리 아미노산 분석에 적합 방법을 제공한다.

이후 육질 특이 아미노산 함량을 달리한 matri-gel series을 제작한다. 표준 아미노산을 우육의 생리 pH 조건에 맞추어 한천 종류로 gellation화 시키고 표면의 hardness를 측정하여 gel 퍼센트를 조절하여 생체 우육 표면과 가깝게 제작한다. 각 아미노산의 형광 표지된 물질로 matri-gel을 제작하고 Confocal microscope으로 형광량을 측정하여 표준 calibration curve를 획득한다. 제작된 matri-gel은 표면 흡광분석을 실시하여 실제 함유된 아미노산의 함량과 비교하여 calibration 한다.

표 3-6-4 아미노산 종류별 조성 변화

Class of FAA	T2(Stored at -20℃)	T1(Stored at 4℃)	Fold-Change
Nonpolar Hydrophobic	0.190±0.033	0.222±0.054	1.17
Polar, Uncharged	0.331±0.091	0.278±0.068	0.84
Polar, Acidic	0.073±0.021	0.077±0.017	1.06
Polar, Basic	1.563±0.255	1.234±0.158	0.79

Waters HPLC System 및 ACQuity UPLC를 이용한 아미노산 분석 결과는 다음과 같다.

<Waters HPLC system>

<Acquity UPLC>

[분석결과]

- 전체 유리아미노산 중에서 Arginine이 냉장, 냉동육에서 각각 전체의 66%, 71%로 가장 많이 측정되었음.
- 냉동상태에서 냉장숙성시킬 때, 우육(1도에서 2일간 숙성시킬 때, 81mg에서 109mg으로 36% 증가)과 달리, 전체 유리아미노산 함량은 100mg 당 2.16mg에서 1.81mg으로 16% 감소하였음.
- 냉장숙성시켰을 때, Asp, Thr은 각각 44%, 50% 함량이 감소한 반면에 Glu, Asn, Tyr, Val, Phe은 30% 이상 함량이 증가하였음.
- 냉장숙성시켰을 때, 아미노산 종류별 함량변화는 극성 비전하 아미노산의 경우 16% 감소하였고, 극성 염기성 아미노산은 21% 감소하였음.
- 냉장숙성시 각 아미노산 함량변화를 통계학적 유의성 $p<0.01$ 수준에서 보았을 때, Asp, Thr은 감소하고 Glu, Asn, Tyr, Val은 증가하므로 6가지 아미노산을 냉장숙성 정도의 지표 아미노산으로 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

(표 3-6-5) 냉장, 냉동육내 유리 아미노산 조성

AA	Class[a]	T2(n=20)	T1(n=20)	Fold-Change[b]	p-value[c]
Asp	PA	0.029±0.008	0.017±0.004	0.56	0.000**
Glu	PA	0.043±0.013	0.061±0.012	1.40	0.000**
Asn	PU	0.010±0.010	0.014±0.003	1.40	0.000**
Ser	PU	0.023±0.023	0.026±0.006	1.13	0.193
Gln	PU	0.137±0.137	0.121±0.037	0.88	0.025*
Gly	PU	0.038±0.010	0.039±0.007	1.02	0.938
His	PB	0.022±0.006	0.022±0.004	1.00	0.734
Arg	PB	1.533±0.249	1.202±0.150	0.78	0.000**
Thr	PU	0.103±0.020	0.052±0.009	0.50	0.000**
Ala	NH	0.088±0.024	0.102±0.019	1.16	0.051
Pro	NH	0.022±0.004	0.017±0.004	0.78	0.000**
Tyr	PU	0.017±0.004	0.024±0.006	1.41	0.001**
Val	NH	0.021±0.005	0.030±0.007	1.42	0.000**
Met	NH	0.011±0.000	0.013±0.005	1.26	0.025*
Cya	PU	0.003±0.000	0.003±0.001	1.15	0.039*
lle	NH	0.014±0.000	0.017±0.005	1.23	0.021*
Leu	NH	0.019±0.000	0.024±0.008	1.25	0.026*
Phe	NH	0.009±0.000	0.012±0.004	1.30	0.021*
Trp	NH	0.006±0.000	0.006±0.002	1.13	0.050*
Lys	PB	0.009±0.000	0.010±0.004	1.22	0.040*
sum		2.156±0.400	1.812±0.297	0.84	0.000

[a]Class of FAA: NH, Nonpolar Hydrophobic; PU, Polar Uncharged; PA, Polar Acidic; PB, Polar Basic

[b]Fold-change was determined by dividing the content of FAA stored at 4℃ by the stored at -20℃.

Statistical significance at $p<0.01$(**) and $p<0.05$(*)

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 연도 (2009)	<제1세부> DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술개발	- 농가 및 도축라인에서 DNA 분석용 시료를 간편하게 수집하여, DNA 지문정보를 DB화 - 분석된 DNA 정보를 이용하여 돈육의 원산지 추적	100%	▪ 돼지 도축 및 가공라인 현장에서 개체별 DNA분석을 위한 고기 및 육즙시료 간편수집 체계 확립 ▪ 개체식별을 위한 효율적인 SNP 마커 분석체계확립 (SNP 마커갯수 및 multiplexing에 의한 정보화) ▪ 분석시료의 DNA 분석결과와 개체정보의 입력 및 검색자료화 ▪ DNA 정보를 이용한 유형별 원산지식별모델 개발
	<제2세부> 돈육원산지 판별기술/시스템 구축 비용 및 경제적 편익분석	- 다양한 돈육원산지 판별기술의 대안별 효과분석 및 개발비용을 계산함.	100%	▪ 돈육 생산 · 유통 · 소비 주체별 여건분석 ▪ 돼지고기 원산지 표시 현황 ▪ RFID/Bar Code 조합을 이용한 시나리오 개발 ▪ 생산 및 유통단계 별 비용 분석
	<제1협동> 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발	- 양돈장 생산관리 전산화와 네트워킹 시스템 개발 - 번식돈 개체번호와 DNA프로파일 데이터베이스 개발	100%	▪ 모돈과 웅돈의 개체관리와 교배/분만/이유정보 관리기록의 전산화 ▪ 인터넷서버를 이용한 다수의 농장과 도축장, 1차 가공장, 소매점간의 네트워킹 시스템 기초 구축 ▪ 모돈 500두 농장의 모돈과 웅돈 전두수에 대한 RFID태그부착과 가동 ▪ 모돈과 웅돈의 조직샘플링과 DNA추출방식의 적용가능성 연구 ▪ 농장 전산기록과 DNA프로파일 연결 데이터베이스 개발
	<제2협동> 생산이력시스템, 냉장돈육 및 해동돈육 판별용 분석기술 및 통합시스템 개발	- 냉동 및 냉장보관의 기간에 따른 돈육의 단면 영상 및 이화학적 성분의 변화 메커니즘 규명 및 측정 파라미터 도출	100%	▪ 냉장 및 냉동돈육의 육질 분석 및 유리 아미노산 분석으로 변화 메커니즘 구명 ▪ 광바이오 센싱 및 냉장/냉동 돈육 판정을 위한 하드웨어 시제품 제작

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 연도 (2010)	<제1세부> DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술개발	- 분석된 DNA 정보를 이용하여 돈육의 원산지 추적모델 개발 및 검증	100%	▪ 분석시료의 DNA 분석결과와 개체정보자료와의 동일성 검증 ▪ DNA 정보를 이용한 유형별 원산지식별모델 검증
		- 초위성변이체와 단일염기서열변이를 이용한 돼지 개체 식별 프로그램 개발	100%	▪ DNA정보를 이용한 생산 및 가공이력 모니터링 및 관리제어 DB구축 ▪ MS와 SNP를 이용한 돼지개체 식별 프로그램 개발
		- 도축장에서 판매장까지의 원산지추적시스템 개발	100%	▪ 돈육생산관리체계, 포장 및 바코드라벨에 대한 개체정보의 제품화 과정의 효율적인 정보관리체계 파악 및 진단 ▪ 제품의 유통단계별 관리체계 진단 및 제품의 이동정보추적관리 시스템개발 ▪ DNA 분석정보를 바탕으로 제품의 원산지검증 및 정보조회시스템 구축
	<제2세부> 돈육원산지 판별기술개발/ 시스템구축비용 및 경제적편익분석	- 생산 및 유통단계 별 시스템 구축・운영비용 계산 보완	100%	▪ 돼지고기유통단계에서 농가, 가공장, 판매장, 정보관리기관으로 나누어 비용계산
		- 해외 돼지고기 이력추적제 도입사례 분석을 통한 국내 적용의 시사점 검증		▪ 생산이력제를 실시한 해외국가 기준
		- 돈육 유통경로를 이용한 원산지 허위표시 유인에 대한 돼지고기시장게임분석		▪ 본 연구에서 설정한 유통경로를 기준

2차 연도 (2010)	<제1협동> 생산이력시스템, 냉장돈육 및 해동돈육 판별용 분석 기술 및 통합시스템 개발	- 전광섬유형 Fabry- Perot 파장 가변 광필터 구현 및 제작	100%	▪ 최적 설계에 따른 파장가변 광필터의 시제품 제작
		- 숙성도에 따른 이화학적 성분 변화 파라미터를 분광분석 을 통해 측정하기 위한 최적 기술 개발	50%	▪ 판별인자의 재검증(조선대 시료를 활용 국산 수입산 시료 및 해동방법 경과 일수별 실험) ▪ 기존 분광 분석기를 이용한 스펙트럼 측정을 통한 인자 별 검증 ▪ 분석을 통한 측정기술 정립 ▪ 분광분석 정보 및 기타 정보를 통합한 정보분석 기술 개발 ▪ 광측정 모듈과 연계한 신호처리 기술 개발 ▪ 분광분석 정보와 광측정모듈간 상관관계 분석 ▪ 하드웨어 시스템 보완 및 최종 시제품 제작 및 OS 포팅 ▪ 소프트웨어 및 사용자 GUI 개발 ▪ 실증시험
		- 광바이오 분광분석 정보 및 단면 영상 정보 등 복합 정보 분석을 통한 판단 기술 개발	50%	
		- 파장 가변 광필터 파장 스캐닝 기술을 통한 수광부(photodiode) 신호 측정 방법 개발 및 하드웨어시스템 보완 및 수정	50%	
	<제2협동> 동위원소비율(δ-value ‰)분석을 이용한 돈육원산지 식별기술개발	- EA-IRMS 분석기기에 의한 동위원소비율 분석방법 확립	100%	▪ 원산지 판별 방법에 대한 기존 분석법의 자료수집및 타당성 검토 ▪ C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) 동위원소 별 최적 전처리조건 및 분석조건 수립 ▪ C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) 동위원소 별 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ ▪ -value 분석실험에 의한 돈육의 지역적 특성 확인 ▪ C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$)의 동위원소 비율(δ-value ‰) 모니터링 ▪ 통계분석을 바탕으로 원산지 판별적용가능성 및 타당성 검토 ▪ EA-IRMS 분석기기에 의한 돈육의 원산지 판별기준 수립
		- 원산지별 돈육의 동위원소 존재비율 (δ-value ‰) 분석		
		- 원산지별 돈육 모니터링 분석		

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 연도 (2009)	<제1세부> DNA 정보를 이용한 돈육원산지 식별기술개발	- DNA 정보를 이용하여 돈육의 원산지 추적모델 현장 적용 및 검증	100%	▪ DNA 정보를 이용한 유형별 원산지식별모델 검증 정확성 분석 ▪ DNA정보를 이용한 생산 및 가공이력 모니터링의 위반 유형별 관리시스템 평가
	<제2세부> 돈육원산지 판별기술/시스템 구축 비용 및 경제적 편익분석	- 정보엔트로피를 이용한 돼지고기시장의 정보비대칭성의 계측	100%	▪ 돼지고기 베이지안게임에서 계측된 업태별 위반확률과 표준화된 정보엔트로피를 이용하여 2003-2008년간 정보비대칭성의 변화 계측 및 효율적인 원산지 단속방안 제시
	<제1협동> 돼지고기 원산지제도 시행에 적합한 국내산 돈육생산 및 유통모델 개발	- 생산농가에서 판매장까지의 원산지 추적시스템의 농가현장 적용 및 검증	100%	▪ 농장에서 출하부터 도축, 가공, 유통, 판매까지의 통합적 정보처리 구축 ▪ DNA 정보를 기반으로 소매점에서 농장까지 이력추적모델의 확성 평가 ▪ 차별화된 품질의 돈육브랜드 관리체계로 ▪ 활용할 수 있는 마케팅전략 개발
	<제2협동> 동위원소비율(δvalue ‰)분석을 이용한 돈육원산지 식별기술개발	- EA-IRMS 분석기기에 의한 동위원소비율 분석방법 확립 - 원산지별 돈육의 동위원소 존재비율 (δ-value ‰) 분석 - 원산지별 돈육 모니터링 분석	100%	▪ 돈육 시료중에서 단백질과 지방의 C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$)동위원소 비율 δ-value ‰ 비교에 의한 시료 sampling 확립 ▪ 원산지 판별 방법에 대한 기존 분석법의 자료수집 ▪ O, H($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) 동위원소 별 최적 전처리조건 및 분석조건 수립 ▪ O, H($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) 동위원소 별 자연존재비율 분석 및 원산지별 δ -value 분석실험에 의한 돈육의 지역적 특성 확인 ▪ C, N($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$)동위원소(δ-value ‰) 비율에 따른 돼지고기의 원산지 판별가능

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발의 목표대비 성과

1. 연구개발 성과

가. 연구개발결과의 목표 대비 실적

(1) 연구성과 목표 및 달성도

(단위 : 건수)

구분		특허		신품종				유전자원 등록	논문		기타
		출원	등록	품종 명칭등록	품종생산 수입판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
						출원	등록				
1차년도	목표	-									
	달성	2									
2차년도	목표	3							1	1	
	달성		1							**3**	
3차년도	목표		1						1	2	
	달성	1	1						1	1	
계	목표	3	1						2	3	
	달성	3	2						1	7	

* 연차별 연구성과 목표는 향후 연차평가 등의 정량적 평가지표로 활용됨

(2) 연구성과 활용 목표

(단위 : 건수)

구분		기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	1	3	1		1	
	달성	**2**	1	**1**	**3**	4	

나. 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2010	국내산돼지고기의 원산지 검증을 위한 SNP marker set 개발	김상욱	김관석	이소평, 이윤미, 김종주, 김태헌, 최봉환	한국동물자원과학회지	52(2) 91-96	국내	-
2010	An Analysis of Feasible Cost for Pork Traceability System and Welfare Impact on Pork Consumers and Providers in Korea	송양훈	송양훈	김성철 박지원 김관석	Korean J. of Agri-cultural Economics	51(3) 1-21	국내	-
2010	돼지고기 이력추적제 시행에 따른 사회적 후생 분석	박지원	송양훈		농촌경제	특집호 1-18	국내	-
2011	돼지고기의 원산지표시 위반의 실태 분석	송양훈	송양훈	박지원 김성철	농업과학연구	27(3), 191-202	국내	
2011	혼합전략하의 내쉬균형을 이용한 업태별 농식품 원산지표시 단속의 평가	송양훈	송양훈		농업경영-정책연구	38(3)	국내	
2011	QTL Scan for Meat Quality Traits Using High-density SNP Chip Analysis in Cross between Korean Native Pig and Yorkshire	김상욱	김관석	이소평 이윤미 최양일 조병욱 최봉환 김태헌 김종주	Asian-Aust. J. Anim. Sci.	24(9), 1184-1191	국내	SCI(E)
2012	Assessment on Enforcement Mechanism for Pork Traceability System in Korea using Mixed Strategy Nash Equilibrium	Yanghoon Song	Yanghoon Song		농촌경제	2012.4월호 게재예정	국내	

다. 특허 성과

구 분	연도	특허명	출원인	출원국	출원/등록 번호
출원	2009	국내산돈육의 원산지 판별을 위한 단염기 다형성 마커의 이용	충북대학교 산학협력단	한국	10-2009-0098607
출원	2009	동물에서 친자감별 프로그램	충북대학교 산학협력단, 영남대학교 산학협력단	한국	10-2009-0098968
출원	2011	탄소와 질소 동위원소비율분석에 의한 돈육의 원산지 판별방법	충북대학교 산학협력단, 조선대학교 산학협력단	한국	10-2011-0140843
등록	2010	픽디자이너	정피엔씨연구소	한국	2010-01-199-008423
등록	2011	돼지고기 원산지 식별 프로그램	인실리코젠	한국	2011-01-129-008019

라. 기술료 징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계

마. 사업화 현황

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기매출액	당해연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			
간편 DNA 추출 kit	ZyGem 사와 기술교류를 통한 간편 가축DNA 추출 키트 사업	솔젠트	명현군	57명	간편 DNA 추출 kit 제품	-	10,000,000 원	10,000,000 원
Pig Designer	남원흑돈클러스터 사업단과 공급계약	정피엔씨 연구소	정영철	11명	생산이력을 위한 기본프로그램 및 농장관리		50,000,000 원	50,000,000 원

바. 연구성과 홍보

(1) 2011년 10월 19일 한국양돈연구회에서 주관한 제30회 전국양돈세미나에서 개발된 “돼지고기 원산지판별기술”에 대해서 자료배포 및 소개

○ 이러한 자료의 배포를 통해 돼지고기 원산지표시제 시행에 따른 부정유통 돼지고기를 차단하고 국내산 돼지고기의 품질과 안전성을 소비자에게 전달할 수 있는 돼지고기 원산지 판별기술에 대해서 행사에 참석한 양돈인들의 관심이 높았음

○ 일부 국내 브랜드업체에서 시도를 한 봐가 있어, 돼지고기 생산이력제의 필요성에 대해서 인식을 있었고, 선행시도된 경험에서 실효성과 정확성에 대해서 의심을 하고 있는 상황에서, 본 연구기술의 현장적용성과 정확성, 그리고 낮은 투자비용에 대해서 적극적으로 홍보하였음

(2) “돈육 원산지 판별기술 실용화 임박” 기사에 높은 관심

2011-02-21에 한국농어민신문 보도에 보도된 기사는 축산관련 뉴스가운데 매우 높은 인터넷 조회수를 기록하고 있고, 블로그와 웹문서로 유포되어 있음

돈육 원산지 판별기술 실용화 임박

▷ 2011년 02월 21일 09시 49분에 알려드립니다. 조회수 : 1187

생산 농장부터 도축·가공·수입국가까지 확인
DNA정보 활용 생산단계부터 변조방지 가능
시스템 정착…유통 투명성 제고에 큰몫 기대

구제역으로 320만여 두의 돼지가 매몰되면서 수급에 큰 차질을 빚고 있는 가운데 돼지고기 원산지 판별기술이 실용화를 앞두고 있어 귀추가 주목된다.

특히, 국내산 돼지고기의 경우 공급물량 부족 등으로 도매시장 지육단가가 ㎏당 6000원대를 넘어서고 있다. 이처럼 고돈가가 지속될 경우 수입산 증가와 함께 원산지 둔갑판매행위 역시 늘어날 것이란 게 유통현장의 우려다.

따라서 원산지 판별기술을 바탕으로 생산에서부터 판매단계까지 이력을 확인할 수 있는 시스템이 정착될 경우 돼지고기 유통투명성 제고에 크게 기여할 것으로 보인다.

충북대 축산학과 김관석 교수팀과 농업경제학과 송양훈 교수팀, 조선대 식품영양학과 김경수 교수팀, 정피엔씨연구소, ㈜인실리코젠 등이 참여하는 '돼지고기 원산지 판별과제 협의회'가 지난 16일 충북대에서 열렸다.

이번 협의회에서는 농림수산식품기술기획평가원 농림기술개발사업의 일환으로 2009년부터 추진해오고 있는 '돼지고기 원산지 판별기술 개발과제'의 추진사항 등을 점검했다. 또 DNA정보를 기반으로 농장에서 소매점까지 이력을 추적하는 방안, 구제역 상황에서 돼지고기 원산지 판별기술이 산업에 미치는 영향 등을 논의했다.

돼지고기 원산지 판별기술은 국내에 유통되는 돼지고기의 경우 어느 농장에서 생산되고 도축, 가공 등의 과정을 거쳐 소비자까지 왔는지를, 수입산은 어느 국가에서 왔는지를 확인, 추적하는 기술이다.

설명에 따르면 지난 2년의 연구를 통해 국내산의 경우 DNA정보를 활용해 어느 농장에서 생산된 돼지인지를 추적할 수 있는 기본기술이 이미 개발돼 있다. 즉, DNA정보를 통해 돼지의 생산단계에서부터 상품화된 육류제품까지 변조를 방지할 수 있는 것이다.

또한 탄소와 질소 등의 동위원소비율을 이용해 시중에 유통되고 있고 있는 돼지고기가 유럽산인지 아메리카산인지, 아니면 아시아산인지 등을 추정하는 기술도 실용화단계에 와 있다. 지구의 위도에 따른 원소의 질량차이를 감안한 기술이다. 이 과제는 김경수 교수팀에서 맡고 있는데 유럽지역 7개 국가는 95.2%, 캐나다를 제외한 아메리카 지역의 3개국은 100%, 국내산은 94.7% 정도의 정확성으로 원산지 판별이 가능한 시점에 와 있다.

이와 함께 기업으로 참여하고 있는 정피엔씨연구소와 인실리코젠의 경우 돈육의 개체식별을 양돈장 생산관리 전산정보와 연계할 수 있는 네트워킹시스템을 이미 개발했다.

또 올해는 스마트폰의 QR코드나 기존 바코드 등을 활용해 저비용으로 농장관리 및 돼지고기 이력을 추적할 수 있는 시스템을 구축할 예정이다. 아울러 송양훈 교수팀에서는 2010년 '돼지고기 원산지 단속과 효과에 대한 분석'을 했고, 올해는 개발된 기술을 경제적으로 유통현장에 적용하는 방안 및 단속방안 등을 분석할 계획이다.

연구책임을 맡고 있는 김관석 교수는 "국내산 돼지의 경우 도축단계에서 대량의 DNA샘플을 수집하는 장치 및 분석기술 등을 개발했고, 동위원소분석법을 활용해 시중에 유통되는 수입돼지고기의 원산지 판별도 가능한 단계"라며 "추가연구를 통해 정확성을 높이고, 문제점을 보완하며, 경제적 비용으로 생산에서부터 판매단계까지 돼지고기 이력제를 구축할 수 있는 방안 등을 검토해나갈 것"이라고 강조했다.

또한 김 교수는 "구제역으로 국내 양돈산업이 어느 때 보다 위기"라며 "효율적이고 경제적인 원산지 판별기술 및 이력추적시스템을 개발해 소비자가 고품질의 국내산 돼지고기를 안심하고 구매토록 하는 것 역시 양돈산업 위기극복에 일조하는 일이라 여기고 최선을 다해갈 것"이라고 전했다.

<한국농어민>

(3) 2011년 11월15일 본 연구결과 보도

6 축산신문 www.chuksannews.co.kr 양돈 2011년 11월 15일 화요일 제 2553 호

모돈 DNA로 돈육원산지 판별

충북대 · 조선대 · 정P&C연구소 · 농관원 등 연구참여
농장까지 정확히 확인…동위원소 분석병행 신뢰 '최고'
경제성도 충분…돼지이력제 · 기업 마케팅 활용 기대

모돈의 DNA와 동위원소 분석을 통한 돼지고기 원산지 판별기술이 국내 연구진에 의해 개발됐다.

이 가운데 모돈 DNA 분석 프로그램은 소비자에게 판매된 돼지고기의 생산농장까지 정확히 확인, 민간브랜드의 마케팅 활용 효과가 클 것으로 기대되는데다 정부가 추진하고 있는 돼지이력제에 적용도 가능해 그 실용화 여부에 벌써부터 관심이 모아지고 있다.

농림수산식품기술기획평가원(ARPC) 지정 공모과제로 '돼지고기 원산지 판별기술 개발연구'를 진행해온 충북대학교와 조선대학교, 정P&C연구소, 인실리코젠(주), 국립농산물품질관리원은 지난 10일 정P&C연구소에서 연구결과 발표회를 갖고 그간 성과와 함께 활용방안을 제시했다.

연구 주관기관인 충북대 김관석 교수는 이날 발표회에서 농장에서 식탁에 이르기까지 국산돼지고기의 DNA 정보 모니터링 프로그램과 최적의 분석모델 개발로 부정유통이 의심되는 돼지고기 제품의 정확하고 효율적인 진위판정이 가능하게 됐다고 밝혔다.

모돈의 DNA를 각종 개체정보와 함께 통합서버에 저장하는 한편 농장번호와 출하그룹번호를 활용한 이력추적번호(바코드)로 농장의 모돈을 조회할 수 있도록 연동, 스마트폰이나 태블릿PC로도 시중 유통 돼지고기 제품의 실제 생산농장까지 검색할 수 있기 때문이다. 김관석 교수는 "DNA는 변조가 불가능한 만큼 다른 어떤 방법보다도 소비자들에게 확실한 믿음을 줄 수 있다"며 "일부 돼지고기 브랜드제품에 시험 적용한 결과 모돈에 대한 친자확인 검증 과정을 통해 그 신뢰도가 입증됐다"고 밝혔다.

경제성도 충분하다는 게 김교수의 설명이다. DNA 분석비용이 두당 2만원선으로 모돈 300두 농장의 경우 600만원이면 가능할 뿐 만 아니라 분석기술의 발달로 그 비용이 계속 낮아지고 있다는 것이다.

같은 대학교 송양훈 교수는 이날 '돼지고기 원산지 판별기술의 경제적 파급효과 분석'을 통해 "소비자들은 원산지표시를 위해서라면 돼지고기 500g당 183원 정도는 충분히 추가지불의향을 가지고 있는 것으로 나타났다"며 "따라서 이력제와 원산지 표시제가 순조롭게 실시될 경우 소비자와 돼지고기 공급자들은 연간 1조원이 넘는 후생 증가효과를 기대할 수 있을 것"이라고 분석하기도 했다.

특히 이번 연구과정에서 국산과 수입돼지고기의 확실한 구별이 가능함이 입증된 동위원소분석법과 병행할 경우 완벽한 원산지 식별체계를 구축할 수 있을 것으로 전망했다.

다만 정부의 이력제 정책에 적용되지 않으면 전 농장의 모돈DNA 정보 수집은 사실상 기대하기 어려운 만큼 높은 위생도와 올인-올아웃 시스템의 농장을 확보한 양돈계열화 및 브랜드업체에서 활용할 경우 차별화된 마케팅 효과 기대할 수 있을 것이라는 분석이다.

정영철 정P&C연구소장은 "DNA 분석기술이 발전할 경우 7천여두로 추정되는 국내 종모돈 DNA만으로 원산지 확인이 가능한 시대가 곧 도래할 것"이라고 내다보기도 했다.

이일호 L2ho@chuksannews.co.kr

돼지고기 원산지 판별기술 개발 '성공'

김관석·김경수 교수 연구팀 성과…부정유통 철통방어

국내 대학연구팀이 국내산 돈육에 대한 유통경로의 투명성을 확보할 수 있는 생산이력정보 추적시스템과 돈육 원산지 표시제에 따른 과학적인 수입산 돈육 식별방법을 확립하는데 성공했다.

김관석 충북대 축산학과 교수와 김경수 조선대 식품영양학과 교수 연구팀 등은 국내산 돈육과 수입산 돈육의 원산지를 추적 식별하는 방법을 확립했다고 지난 10일 밝혔다.

김관석 교수가 배포한 자료에 따르면 이번 연구는 2008년 12월부터 농림수산식품부 기술기획평가원(원장 유병린)의 지원을 받아 송양훈 충북대 교수, 김경수 조선대 교수, 정영철 (주)정P&C연구소 소장, (주)인실리코젠 정호진 연구원과 공동으로 '돼지고기 원산지 판별기술 개발' 과제를 수행했으며 국내소비자에게 돈육의 원산지와 안전성에 관한 정보를 제공하는 한편 돈육의 부정유통을 차단할 수 있는 시스템을 확립해 FTA로 위협받는 양돈농가의 이익 증대 등을 위해 추진됐다.

연구팀은 이번 연구결과 국내산 돼지고기를 생산하는데 기여할 수 있는 정확하고 효율적인 DNA정보 기반 이력추적 기술을 개발했고, 부정유통이 의심되는 돈육제품의 경우 고기내 안정동위원소비를 차이를 이용해 수입 원산지를 판별해냈다.

또한 (주)정P&C연구소, (주)인실리코젠과 공동개발한 농장생산이력추적 전산프로그램은 양돈농가에서 부모돈의 DNA 정보를 관리하며 농장에서 출고된 비육돈, 소매점에서 채취한 돼지고기 DNA 정보를 비교해 생산 농장을 검색할 수 있으며 스마트폰과 태블릿PC등을 이용, 현장에서 자료를 생산 처리할 수 있고 특히 축산환경과 질병관리 등 농장정보의 보관과 관리가 원활한 장점이 있다.

한편 이번 연구기술로 국내산 돼지고기 생산이력제와 원산지 표시제 정착이 순조롭게 추진되면 경제적 효과는 국내 소비자에게 연간 8500억원, 돼지고기 생산자와 유통업자를 포함한 공급자에게 연간 4250억원의 후생이 증가할 것으로 예상됐다.

• 충청민 smart73@ailnews.co.kr

(4) 23년 전통 양돈업계 대표전문지인 "피그앤포크 (Pig & Pork)" 2011년 12월호는 "돼지고기 원산지 판별기술 개발 성공"이라는 제목으로 본 연구과제의 기술을 자세히 소개하였음

(5) 본 연구결과의 활용방안 인터뷰

PeoPle &

사람과 사람

김 관 석

충북대 축산학과 교수

돼지고기 원산지 판별기술 개발

안전한 돈육브랜드 정착 기여

"돼지고기 원산지 판별기술 개발 연구는 돈육의 안전성과 소비자의 신뢰성 향상, 그리고 돈육유통경로의 투명성 확보를 목적으로 시작하게 됐습니다. 2008년 연구시작 당시는 소에 대한 이력추적제가 시작할 때여서 국내산 돈육도 수입산과 차별화하기 위해서는 신선도를 중심으로 품질차별화가 필요하다는 생각을 했습니다."

최근 3년간의 연구 끝에 돼지고기 원산지 판별기술을 개발한 김관석 충북대 축산학과 교수는 농림수산식품기술기획평가원 지정공모과제로 양돈산업 구조를 이용한 국내산 돈육 원산지 추적기술을 확립하게 된 배경을 이 같이 밝혔다.

김 교수는 "전세계에서 축산물의 품질향상과 이력추적에 활용되고 있는 다양한 기술들을 수집했고 국내 양돈산업에 적용될 수 있는 모델을 창출했다"며 "소비자로부터 신뢰받는 안전한 국내산 돼지고기를 생산하는 돈육브랜드로 정착하는데 기여할 수 있는 정확하고 효율적인 DNA정보 기반 이력추적 기술을 개발했다"고 설명했다.

김 교수는 특히 "돈육의 신선도는 소비자가 구매시 가장 중요하게 생각하고 있는 부분으로 신선한 돼지고기를 어떻게 증명해내느냐는 중요한 문제"라며 "서울우유가 제조일자 표기로 신선도를 집중적으로 차별화해 홍보하듯이 국내산 돈육도 생산농장과 도축일자를 표시해 얼마나 신선한 돈육을 구매하고 있는지 수입산과 차별화된 관점에서 소비자에게 알려줄 필요가 있다"고 강조했다.

이번에 연구 개발된 돼지고기 원산지 판별기술은 국내산 돈육의 DNA 정보를 모니터링하고 (주)정P&C연구소의 농장생산이력추적 전산프로그램과 연동해 운영할 수 있어 돈육 생산과 유통, 소비를 한눈에 파악할 수 있는 장점이 있다.

김 교수는 "개발된 이력추적시스템을 적용하면 종돈이나 F1모돈 마리당 도태시까지 2~3만원의 비용만 들어 모돈 100~300마리 정도(비육·출하돈의 라벨링과 DNA 분석 및 관리 등 포함)를 키우는 농가는 500~600만원 정도를 투입하면 신선하고 안전한 돈육을 생산하는 것을 증명하고 차별화 할 수 있게 됐다"며 "그동안 주먹구구식으로 생산하고 유통하던 시스템이 원산지 판별기술 개발로 이력추적제가 시행되면 양돈장 관리는 물론 국내산 돈육의 브랜드 가치 상승 등 다양한 효과를 낼 것으로 기대된다"고 말했다.

• 홍정민 smart73@aflnews.co.kr

제2절 연구개발의 활용계획

1. 연구결과의 활용계획

가. 국내산 브랜드돈육의 마켓팅 수단

○ 3년차 시험농장으로 운영한 다산종돈을 중심으로 해서 전라북도 남원시에 “남원친환경흑돈클러스터사업단”을 설립하여 운영 중인데, 흑돼지고기의 풍미와 품질에 대해 소비자의 신뢰와 소비가 소비가 증가하고 있음.

(그림 5-2-1) 남원친환경흑돈클러스터사업단 브랜드육 “고원흑돈” 생산이력 추적시스템 구성도

○ 남원친환경흑돈클러스터사업단은 전국 흑돼지 사육농가 중 단일 시군으로는 가장 많은 16%를 차지하고 있다. 현재 홍보전시관을 건립 완료한 상태이며 인력센터 및 안정된 사업기반을 조성 중이다. 동 사업단은 향후 DNA를 이용한 흑돈육 생산이력추적 시스템을 도입할 준비를 하고 있음.

○ 국내 양돈산업의 현안문제를 해결하는 중요한 열쇠는 소비자에게 믿음을 주는 안전하고 신선한 고급육의 생산과 안정적인 공급에 달려 있는데, 본 연구과제에서 개발한 DNA 정보 기반 돼지고기 이력추적기술은 국내 양돈산업의 인프라를 한 단계 발전시키는 도구로 활용되어 수입산 돼지고기와의 경쟁력 확보에 기여할 수 있음.

○ 현재 CJ가 돼지고기 제품에 대해서 소비자에게 이력추적시스템을 제공하고 있는데, 이러한 제품의 정확성을 모니터링하는 수단으로 이용될 수 있어서 대형브랜드업체와 협의진행예정.

○ 대한양돈협회는 품질 좋은 국산 돼지고기 ‘한돈’ 판매인증사업을 2008년부터 하고 있으

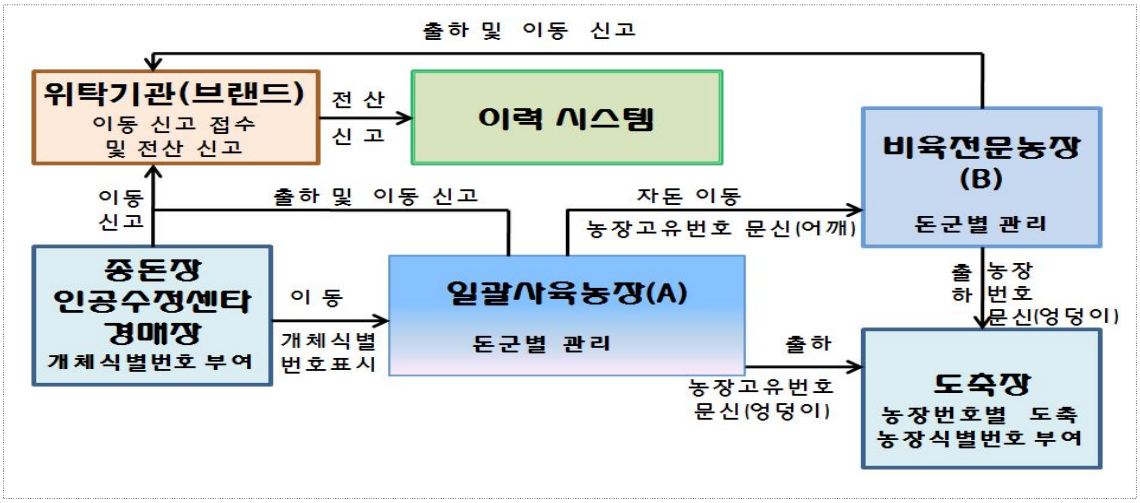
며, 현재 640개소에 달하는 한돈판매인증점에서 안전한 돼지고기가 유통되는지 모니터링하는 수단으로 활용될 수 있도록 협의진행예정.

나. 2014년 시행될 농장단위 돼지이력제 적용

○ 농림수산식품부는 지난 9월28일 식품산업 진행계획을 통해 돼지이력제를 유통단계 안전성 강화를 위한 주요 추진 과제로 추진키로 함.

○ 돼지의 경우 개체수가 많아 농장단위 식별번호를 부여하는 방식으로 이력제가 추진될 예정인데, 본 연구과제의 "모돈 DNA 기반 농장원산지 추적기술"은 정부의 돼지이력제 정책에 연계될 경우 매우 효과적인 기술임.

<사육단계 추진체계>



다. 부정유통 돼지고기의 원산지 판별

○ 돼지고기는 국산과 수입산의 가격차이가 심하여 그동안 부정유통 적발 건수가 가장 높은 품목이었음. 2011년도 국립농산물품질관리원이 농축산식품 원산지 표시 부정유통 단속한 결과 전체 182개 품목, 4천716건 가운데 돼지고기가 1천180건으로 25%를 차지하고 있음.

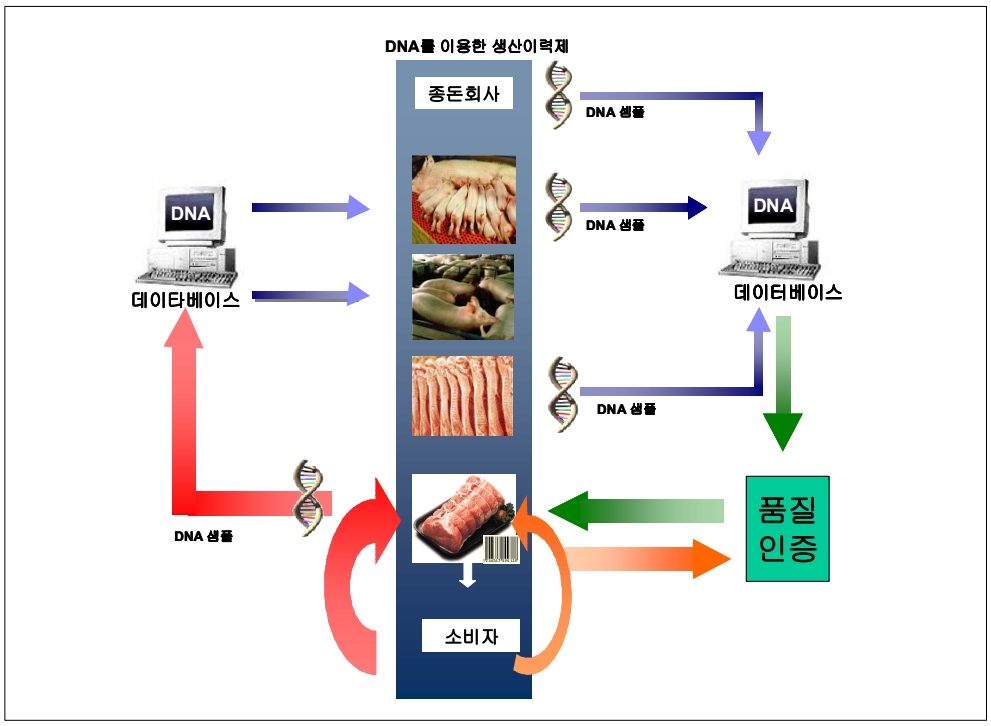
2011년 10월28일 KBS 방영

○ 농산물품질관리원에서는 일반 농산물 85종에 대해서는 과학적인 원산지 식별법이 개발되어 있으나, 그동안 돼지고기는 개발되어 있지 않아 단속에 애로사항이 많았음.

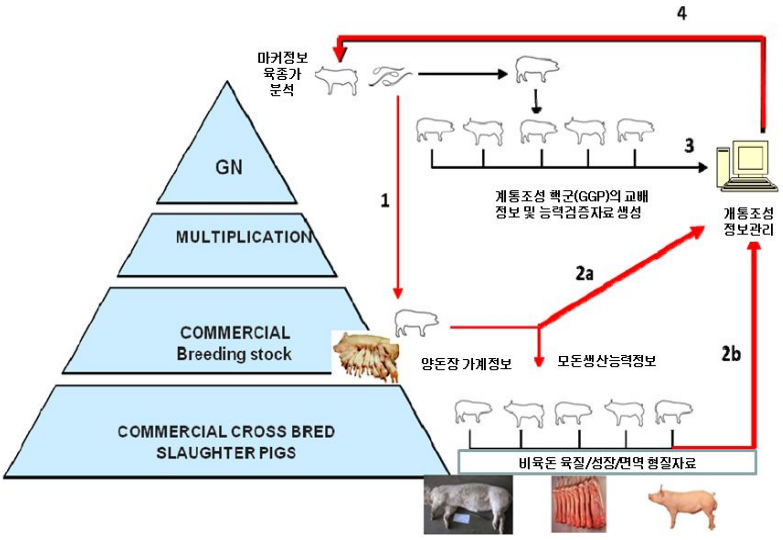
○ 본 연구과제에서 개발된 동위원소비율분석을 이용한 돼지고기 원산지 판별방법은 중간도매업체, 유통업체 등을 대상으로 불법·허위 유통의 근원을 차단을 위한 교육 및 지도에 활용이 가능하며 또한 수입 검역소, 해당 검사기관, 수입업체 등에서의 원산지 판별 방법으로도 활용이 가능하고 향후 다른 농축수산물의 원산지 판별방법의 개발에 적용이 가능하여 국가 원산지 정보관리를 위한 기초자료로써 매우 중요.

라. 돼지고기 생산이력정보를 이용한 한국형 종돈개량

○ 국내의 종돈산업은 외국에서 지속적으로 종돈을 수입하고, 종돈의 개량 또한 해외종돈장에 크게 의존하고 있는 실정인데, 본 연구결과를 통해 돼지고기의 개체식별과 농장추적이 안정적으로 이루어 진다면, 한국형 국가단위 종돈개량체계를 구축하는데 필요한 정확한 혈통자료와 검정자료의 수집이 가능하게 되어 국내 종돈개량사업이 강화될 수 있음.



○ 충북대와 정피엔씨연구소에서 개발된 돼지개체식별시스템을 활용하면 GGP-GP-PS의 개체정보를 추적 수집된 자료를 바탕으로 BLUP분석체계를 마련함으로서 기존의 GGP 내에서의 종돈선발 시스템을 GGP+GP+PS 정보기반 GGP 순종선발 시스템의 구축이 가능함



제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 돼지 및 돼지고기의 원산지검증을 위한 프로젝트 리포트

2009년 영국산 돼지고기의 식별을 위해서 동위원소비율분석을 수행하였음. 이를 위해 England와 Scotland 의 양돈장과 돈육제품에 대한 동위원소비율에 대한 프로파일을 작성하였고, 이를 영국산이 아닌 돼지고기제품과 비교하였음.

LONGHAND DATA

Stable Isotope Reference Analysis

Project Report on Authentication of Country of Origin of Pork and Pig Meat in England & Scotland using Isotope Reference Analysis

August 2010
Final version

Authenticated brand

BPEX

BPEX Quality Standard Marks for UK Pig Meat

Client

AHDB Agriculture & Horticulture DEVELOPMENT BOARD

Agriculture & Horticulture Development Board

Service Provider

LONGHAND DATA LTD

LONGHAND DATA Ltd, 1 Welburn Business Park, Groats House Road, Welburn, York, YO60 7EP

http://www.bpex.org.uk/KTRandD/ResearchAndDevelopment/documents/LonghandBPEXIsotopereport.pdf

제2절 캐나다 돼지의 개체식별 및 이력추적 시스템 연구

캐나다 양돈협회 (Canadian Pork Council, CPC)는 국가 돼지개체식별과 이력추적시스템의 가장 합리적인 방안을 모색하고, 질병발생등 위기상황에서 대응능력을 모니터링 하기위한 연구를 수행하였다.

NATIONAL SWINE IDENTIFICATION AND TRACEABILITY PILOT STUDY:

FINAL REPORT

Agriculture and Agri-Food Canada | Agriculture et Agroalimentaire Canada

Canada

This Report was supported by Agriculture and Agri-Food Canada's Canadian Food Safety and Quality Program.

제3절 미국 가축 개체식별 및 이력추적 시스템 연구

미국연방정부의 농무성에서는 국가가축개체식별과 이력추적시스템의 가장 합리적인 방안을 모색하고, 질병발생등 위기상황에서 대응능력을 모니터링 하기위한 자율프로그램의 가이드라인 및 정보를 양축업자에게 제공하기 위한 책자를 발간하였다.

National Animal Identification System (NAIS)— A User Guide and Additional Information Resources

Version 2.0 • December 2007

NAIS is a State-Federal-Industry partnership.
Participation in NAIS is voluntary at the Federal level.

USDA

United States Department of Agriculture
Animal and Plant Health Inspection Service

제4절 중국과 IBM: 돼지고기 이력시스템 개발

세계최대 IT업체인 IBM과 세계최대 돼지고기 생산 및 소비국가인 중국이 돼지고기 이력추적시스템 개발을 완료하였다는 것을 2011.12.20.에 발표함. IBM사는 그동안 식품이력추적시스템을 개발에 주력하여, 생산농장에서부터 식탁에 까지 식품의 원산지과 유통경로 그리고 안전성에 대한 정보cjfl 기술을 확보하였고, 또한 전세계 농축산물의 유통경로를 추적할 수 있는 Global Traceability Network(GTNet)를 개발하여 농축산물의 무역에 활용될 수 있도록 하였음.

AG NEWS 12/20/2011

"Chinese-IBM Create Pork Traceability System"

Technology giant IBM and Shangdong Commercial Group, a major retailer in China, have teamed up to build a pork traceability system in China's Shandong Province. The new system is aimed at improving food safety and public confidence in pork after a series of high profile scandals involving illegal feed additives rocked the industry. Pork is a "major pillar" of the Shandong Province economy.

According to Wang Guo Li, director of the National Agricultural Research Center for Modern Logistics Engineering, the research arm of Lushang Group, – when fully deployed, this system will give consumers in the Shandong Province confidence in the pork products they serve to their families. The official adds, – as an agricultural powerhouse within China, our province is committed to improving food safety and this system marks a significant step toward that goal."

How exactly does the system work? At slaughterhouses, each pig is tagged with a bar code and a unique serial number that follows through the supply chain all the way to the packed product. On top of tagging, cameras are used to monitor the production process. Temperature and humidity sensors are used to ensure meat is transported at the right temperature and GPS technology is used to track the location of product. According to IBM, if something goes awry, the system will send an alert to prompt corrective action.

New Concept of Traceability Process in Pork Production – Monitoring Product Quality and Safety based on Information System

MA Congguo
Huaiyin Institute of Technology, P.R. China, 223002
maconggguo@163.com

Abstract: After analyzing pork production currently, the paper constructed the efficient monitoring and management tracking logistics information system which is suitable to Chinese situation for pork production quality safety, it can track the whole production safety information of pork factory production, especially provide the software and hardware platform of traceability from pig farming to pork circulation, it implemented pork production and consumption network management and made the pork traceability system be networking and popularizing, which improved pork production quality and efficiency.
Keywords: Pork production, Traceability system, Networking, Logistics information

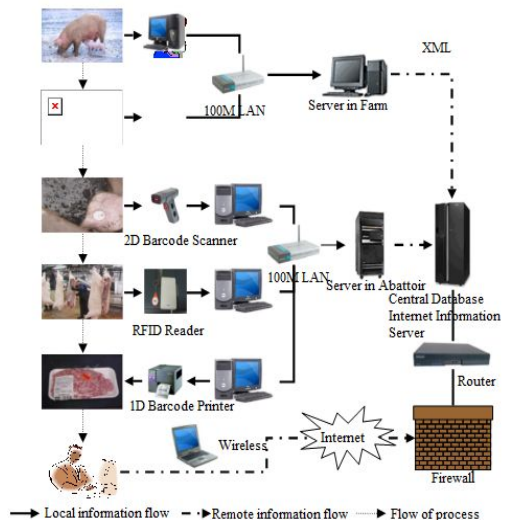
1 Introduction

Pork is an important part of human food, however, the pig's breed, slaughter, sales and other management information aren't standardized, consumers track information about the disease, veterinary drug residues and other toxic and harmful substances during pork production backwardly. All these have seriously affected the development of pork industries and consumer's confidence to pork production [1], this will not only restrict our pork products to enter the international market, but also impact the development of the domestic market. Countries around the world have introduced the full quality control model from pasture to table, and regulated the production of feed safety control and management, they have imported hazard analysis and critical control point (HACCP) during livestock breeding, processing, transportation, and established tracking computer system of the forward traceability mode from materials to meat to culturists and the backward traceability mode from meat to materials to consumers. The establishment of pork food security is system controlling project from farm to table; we apply information technologies and integration of pork production to construct a quick security retrospective tracking system from ultimate animal products to the sources and to ensure the entire process security of breeding, slaughtering, processing, transport and storage [2].

2 System Hardware Structure

According to the major aspects of pork production and retrospective information needs of users in the course of pork production, this paper presented client/server (C/S) model during pork production process management and monitoring, and WEB technology will be introduced into the retrospective system of pork production by browser/server (B/S) mode, consumers and producers can achieve the pork production process information traceability and remote monitoring with a simple and friendly mode of operation by WEB browser, this will greatly increase production enterprises automation level and achieve the retrospective information from breeding to table. To improve the reliability of the system, the WEB server and real time production management system maintain relative independence, combining these two kinds of communication network mechanisms, the monitoring system [3] hardware is shown in Figure 1.

The entire network structure of monitoring system is divided into field bus networks and the enterprises information network, monitoring ports have breeding ,slaughtering and sales, the server has the central server and WEB server, monitoring ports transmit data of breeding, slaughtering and sales to the central server, WEB server connects with central server by database servers, this connectivity will make a certain time difference with central server when WEB server deals with the



제 7 장 참 고 문 헌

1 M. Boner, H. Förstel, (2004). Stable isotope variation as a tool to trace the authenticity of beef. Anal Bioanal Chem. 378:301-310

2 Monin, G. (1998). Recent methods for predicting quality of whole meat. meat Science, 49, S231-243.

3 Hargin, K. D. (1996). Authenticity issues in meat and meat products. Meat Sci. 43, S277-S289

4 Council Regulation (EEC) No 2081/92 (1992). On the protection of geographical indications and designations of origin for agricultural products and foodstuffs. Official Journal, L 208 (Corrigenda:[Official Journal L 27, 30.01.1997 and L 53, 24.02.1998]. Amended by Council Regulation (EC) No 535/97of 17 March 1997 (Official Journal L 83, 25.03.1997).

5 Simon K., Karl H., Jurian H. (2005). Tracing the geographical origin of food: The application of multi-element and multi-isotope analysis. Trends in Food Sci. & Tech. 16:555-567

6 Lee N. Y., Bae H. R., Noh B. S., (2006). Discrimination of Geographical Origin of Mushroom(Tricholoma matsutake) using Near Infrared Spectroscopy. Korean J. Food SCI. Tech. vol. 38 6: 835-837

7 Jeong M. S., Lee S. B.. Discrimination of Geographical Origin for Herbal Medicine by Mineral Content Analysis with Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer. (2008) Korean J. Food SCI. Technol Vol 40. 2: 135-140.

8 Lim C. L., Son H. J., Hong E. J., Noh B. S.. Discrimination of Geographical Origin of Beef Using Electronic nose Based on MAss Spectrometer. Korean J. Food SCI. Technol Vol 40. 6: 717-720.

9 Kim E. Y., Kim J. H., Lee N. Y., Kim S. J., Rhyu M. R.. Discrimination of Geographical Origin for Astragalus Root(Astragalus membranaceus) by Capillary Electrophoresis and Near-Infrared Spectroscopy. (2003). Korean J. Food SCI. Technol Vol 35. 5: 818-824.

10 Kim M. H., Rho H. H., Lee C. H.. The Geographical Discrimination of Korean and Chinese Soybeans(Glycine max(L.) merrill) Using NMR Relaxation

Methods. (2009) Korean J. Food SCI. Technol vol 41. 3: 292-295.

11 Kang M. R., Lee I. H., Hun H., Kim Y. S., Lee S. C.. Elemental Analysis in Astragali Radix by Using ICP-AES and Determination of the Original Agricultural Place of Oriental Medicine by Using a Chemometrics. (2001). Analytical Sci & Tech. vol 14 4: 315-321.

12 Choi B. A., Lee H. K., Jeon G. J., Oh J. D., Choi I. S., Park M. H., Kong H. S., Jung I. J., Kim T. H., Yoon D. H., Cho B. W.. Application of DNA Test for Undicidual Traceability in the Brand Marketing of Korean Native Pig. (2004). Korean Journal of Organic Agriculture. Vol 12 2: 197-207.

13 Peterson B.J., Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. Annu Rev Ecol Syst 18:293-320

14 Jardine T.D., McGeachy S.A., Paton C.M., Savoie M., Cunjak R.A. (2003). Analysis, and interpretation. Canadian Manuscript Report of Stable isotopes in aquatic systems: sample preparation, Fisheries and Aquatic Sciences No 2656

15 F. Camin, L. Bontempo, K. Heinrich, M. Horacek, S. D. Kelly, C. Schlicht, F. Thomas, F. J. Monahan, J. Hoogewerff, A. Rossmann. (2007). Multi-element(H,C,N,S) stable isotope characteristics of lamb meat from different European regions. Anal Bional Chem. 389:309-320.

16 DeNiro, N.J. and S. Epstein. (1979). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochim. Cosmochim. Acta, 42:459-506

17 DeNiro, N.J. and S. Epstein. (1981). Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Geochim. Cosmochim. Acta, 45:341-351

18 F. Camin, L. Bontempo, K. Heinrich, M. Horacek, S. D. Kelly, C. Schlicht, F. Thomas, F. J. Monahan, J. Hoogewerff, A. Rossmann. (2007). Multi-element(H,C,N,S) stable isotope characteristics of lamb meat from different European regions. Anal Bional Chem. 389:309-320.

19 Renou, J., Bielicki, G., Deponge, C., Gachon, P., Micol, D., Ritz, P. (2004). Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Part II: Beef meat. Food Chemistry, 86, 251-256.

20 F. Camin, L. Bontempo, K. Heinrich, M. Horacek, S. D. Kelly, C. Schlicht, F. Thomas,

F. J. Monahan, J. Hoogewerff, A. Rossmann. (2007). Multi-element(H,C,N,S) stable isotope characteristics of lamb meat from different European regions. Anal Bional Chem. 389:309-320.

21 De Niro, M.J., Epstein, S. (1976). You are what you eat(plus a few ‰) the carbon isotope cyclein food chains. Geol. Soc. Am. Abstr., 6, 834.

22 Minson, D. J., Ludlow, M.M. (1975). Differences in natural carbo isotope ratios of milk and hair from cattle grazing tropical and temperature pastures. Nature, 256, 602.

23 Van der merve, N. J. (1982). Carbon isotopes, photosybthesis and aarchaeology. Am. Scientist., 70, 596-606.

24 Day, M.P., Zhang, G., Martin, G.J. (1995). Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition. 2. Differentiation of the principal production zones in France for the 1990 vintage. Journal of the Sci. of Food and Agriculture, 67(1):113-123

25 Rossmann, A., Reniero, F., Moussa, I., Schmidt, H.L., Versini, G., Merle, M. H. (1999). Stable oxygen isotope content of water of EU data-bank wines from Italy, France and Germany. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung Agriculture Food Research and Technology, 208(5-6), 400-407.

26 Renou, J. P., Bielicki, G., Deponge, C., Gachon, P., Micol, D., & Ritz, P. (2004). Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Part II: Beef meat. Food Chemistry, 86(2), 251-256.

27 Ritz, P., Gachon, P., Garel, J. P., Bonnefoy, J. C., Coulon, J. B., & Renou, J. P. (2004). Milk characterization: Effect of the breed. Food Chemistry. Published on-line: 10.1016/j.foodchem.2004.06.041.

28 Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and bontanical origin of hony. Food Chemistry, 63(4):549-562.

29 Balling, H. P., & Rossmann, A. (2004). Countering fraud via isotope analysis-Case report. Kriminalistik, 58(1), 44-47.

30 Hegerding, L., Seidler, D., Danneel, H. J., Gessler, A., & Nowak, B. (2002). Oxygen isotope-ratio-analysis for the determination of the origin of beef.

Fleischwirtschaft, 82(4), 95-100.

31 F. Camin, L. Bontempo, K. Heinrich, M. Horacek, S. D. Kelly, C. Schlicht, F. Thomas, F. J. Monahan, J. Hoogewerff, A. Rossmann. (2007). Multi-element(H,C,N,S) stable isotope characteristics of lamb meat from different European regions. Anal Bional Chem. 389:309-320.

32 O. schmidt, J. M. Quilter, B. Bahar, A. P. Moloney, C. M. Scrimgeour, I. S. Begley, F. J. Monahan. (2005). Inferring the origin and dietary history of beef from C, N and S stable isotope ratio analysis. Food Chem. 91: 545-549.

33 N. Kobbe, J. Vogl, W. Pritzkow, U. Panne, H. Fry, H. M. Lochotzke, A. Preiss-Weigert. (2006). C and N stable isotope cariation in urine and milk of cattle depending on the diet. Anal Bioanal Chem. 386: 104-108

34 KAMIS(농수산물유통정보), 「돼지고기 유통실태조사」, 2007

35 McKelvey, Richard D., McLennan, Andrew M., and Turocy, Theodore L. (2010). Gambit: Software Tools for Game Theory, Version 0.2010.09.01. http://www.gambit-project.org

36 Song, Yanghoon, 2010, A Composite Approach of Information Theory and Bayesian Game Theory to Information Asymmetry in Korean Beef Market: Estimation of Information Entropy as a Measure of Information Asymmetry, Korean Review of Agricultural Economics, Vol.51, No.3, Sept, 2010

37 국민일보, 2010년 10월 1일자

38 농림수산식품부(2008), 「GAP·농산물이력추적관리제도 해외 운영 실태 결과」, "EU, 식품트레이스어빌리티 매뉴얼"

39 최승철(2006), 「돼지고기 이력추적시스템 발전방안 연구」

40 충청남도(2007), 「가축 방역체계 및 돼지 이력정보 추적 시스템 구축」

41 통계청, 2008년 축산물 생산비

42 한국농어민신문, 2009년 5월 14일자

43 한국농촌경제연구원, "원산지표시제와 이력추적제 시행 이후 사회후생 변화 분석", 보도자료, 2010년 1월 18일

44 한국육류유통수출입협회(2009), 「2009 식육편람」

45 허덕 외(2007), 「돼지생산이력체계 도입을 위한 현장 적용 모델 개발」, 한국농촌경제연구원