

117062-3

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

고부가가치식품기술개발사업 2019년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003051-01

가시광선/
근적외선
스마트
IoT 휴대용
분광기
및 후각
센서를
이용한
육류의
품질
등급과
신선도를
측정할
수 있는
시스템
개발

가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발
최종보고서

최
종
보
고
서

2020.03.18.

2020

주관연구기관 / (주)스트라티오코리아
협동연구기관 / 서울대학교
위탁연구기관 / 축산물품질평가원

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농 립 축 산 식 품 부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

'가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발'(연구개발 기간 : 2017.06.15. ~ 2019.12.31.)
과제의 최종보고서 1부를 제출합니다.

2020 . 03 . 18 .

주관연구기관명 : 스트라티오코리아 (이제형)



협동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (윤의준)



참여기관명 : 축산물품질평가원 (장승진)



주관연구기관책임자: 이제형

협동연구기관책임자: 조성인

참여기관책임자: 남건

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	117062-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2017. 06. 15 - 2019. 12. 31	단 계 구 분	3연차
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	고부가치식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발			
연구책임자	주관연구 책임자: 이제형	해당단계 참여연구원 수	총: 23명 내부: 23명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 780,000천원 민간: 260,000천원 계:1,040,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 23명 내부: 23명 외부: 0명	총 연구 개발비	정부: 780,000천원 민간: 260,000천원 계:1,040,000천원
연구기관명 및 소속부서명				참여기업명: 서울대학교 산업협 력단	
국제공동연구	상대국명:			참여기업책임자: 조성인	
위탁연구	연구기관명: 축산물품질평가원			연구책임자: 남건	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과 의 보안등급 및 사유	보안과제에 해당하지 않음
--------------------------	---------------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

<p>○ 가시광선 (400-800nm) 대역의 휴대용 분광기, 근적외선 (800-1600nm) 대역의 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 가스 측정 장치를 이용하여 육류의 품질 등급 및 신선도를 측정기 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가시광선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발. - 가시광선 분광기술에 추가적으로 근적외선 분광기술을 이용하여 육류의 신선도를 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발. - 후각 센서를 이용한 가스 측정 장치를 이용하여 분광 기술로 얻어진 신선도에 대한 보정 시스템 개발. - 소비자가 휴대용 스마트 IoT 기기를 이용하여 소고기의 품질 등급과 신선도에 대한 신뢰도를 확보할 수 있는 시스템 개발. 	<p>보고서 면수 158페이지</p>
---	--------------------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 가시광선 분광을 이용한 저가형 휴대용 육류의 품질 등급 측정기 개발. : 분광 정보를 분석하여 품질 등급을 측정할 수 있는 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발. - 근적외선 분광을 이용한 휴대용 육류 신선도 측정기 개발. : 신선도 정보를 측정하는 저가형 근적외선 라인 센서 개발. : 분광 정보를 분석하여 신선도 측정할 수 있는 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발. - 측정 환경정보 기반의 보정 시스템이 적용된 육류 신선도 측정을 위한 후각 센서 어레이 및 시스템 설계개발. - 측정된 육류의 품질 등급과 신선도를 현장에서 사용자에게 알려줄 수 있는 맞춤형 스마트폰 어플리케이션 개발.
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 분광 오차와 기기 간 오차를 최소화 한 소형 가시광선 대응 휴대용 분광기 제작과 양산. - 분광 정보의 측정을 위한 데이터 수집 플랫폼 구축과 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발을 위한 기계 학습 플랫폼 구축. - 본사의 원천기술을 이용한 저가의 저전력 근적외선 라인 센서 개발. - 가시광선 분광 광학 시스템을 개선하여 근적외선에 대응할 수 있는 분광 광학 시스템 개발. - 정량적 육류 품질 분석을 위한 지표 인자 선정과 이에 대한 측정. - 근적외선 라인 센서와 분광 광학 시스템을 이용한 휴대용 근적외선 분광기의 제작. - 근적외선 분광 분석 이용한 정량적 신선도 측정 지표 선정과 냉해동육 판별 시스템 개발. - 후각 센서를 이용한 정량적 신선도 측정 지표 선정. - 실사용자가 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 직관적인 스마트폰 어플리케이션 UX/UI 개발. - 소비자가 육류의 품질 등급 및 신선도를 측정할 수 있는 휴대용 IoT 시스템 완성.
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 일반 소비자가 구별하기 힘든 육류의 품질 등급을 정량적으로 현장에서 측정할 수 있는 휴대용 시스템을 개발하여 판매자가 등급을 속이는 위법 행위를 봉쇄하고, 올바른 먹거리 문화 정착에 도움이 될 것으로 기대. - 육류의 신선도 및 냉해동육 판별 시스템을 이용하여, 국민 건강에 직접적으로 도움이 될 것으로 기대하며, 투명한 유통 환경 제고에도 도움이 될 것을 예상됨.

	<ul style="list-style-type: none"> - 세계 최초 휴대용 육류 품질 등급 및 신선도 측정 시스템으로 전세계적으로 관심이 고조되고 있는 휴대용 식품 품질 평가 분석 분야를 선도 할 수 있을 것으로 예상됨. - 최종 연구결과물을 축산물품질평가원에서 즉시 활용하여 국내 육류 시장 관리가 과학적이고 위생적으로 더욱 용이해질 것으로 기대됨. 				
국문핵심어 (5개 이내)	분광기	근적외선 센서	머신러닝- 알고리즘	육류 품질 검사	어플리케이션
영문핵심어 (5개 이내)	spectrometer	Short Wavelength Infra-Red (SWIR)	Machine Learning	Quality Control	application

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

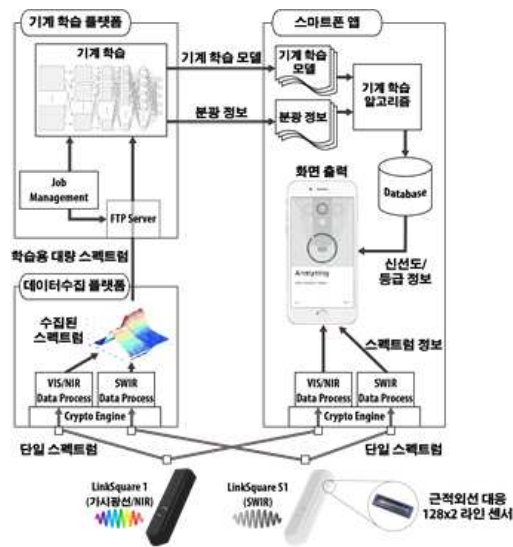
1. 연구개발과제의 개요	7
2. 연구수행 내용 및 결과	26
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	114
4. 연구결과의 활용 계획 등	127
붙임. 참고 문헌	143

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

- 육류의 품질 등급 및 신선도 검사가 가능한 저가의 스마트 IoT 휴대용 통합기기 및 스마트폰 어플리케이션 개발.
 - 육류의 품질 등급은 육색과 지방색을 이용하여서 그 등급을 결정하며, 이러한 등급에 따라서 가격이 결정됨.
 - 일반 소비자 입장에서는 육색과 지방색을 객관적으로 손쉽게 측정할 방법이 아직 없기 때문에, 판매자가 표시한 품질 등급에 전적으로 의존하게 됨. 이러한 정보의 비대칭성 때문에 등급을 속이는 위반 사례가 속출하고 있으며 이에 대한 마땅한 대책이 없는 상태임.
 - 품질 등급과 함께 신선도는 소비자가 식품을 선택하는데 가장 큰 조건 중에 하나임. 그러나, 이러한 육류 신선도는 소비자가 일반적으로 식품의 외관과 자신의 경험에 따라서 주관적으로 판단하게 되며 객관적인 검증이 불가능함.
 - 이러한 문제 때문에 육류의 품질 및 신선도를 소비자가 쉽고 객관적으로 측정이 가능한 시스템에 대한 요구가 커지고 있는 상태임.
 - 본 사의 기계 학습 기술을 이용해 개발한 알고리즘을 저가의 분석용 스마트 IoT 휴대용 분광기와 스마트폰 어플리케이션을 결합하는 방식으로 육류의 품질과 신선도를 사용자가 쉽게 측정할 수 있는 시스템을 만들 수 있음.
 - 분광기 기반의 측정에 추가로 최근 학계에서 주목받는 연구분야인 전자코 시스템을 응용하여 물질 선택성이 높은 생체모방형 가스 센서를 개발하면 전자코 시스템을 기계학습 플랫폼과 연계시켜 보다 정확도가 높은 육류 품질검증 데이터를 얻을 수 있게 됨.



< 제품 개념도 >

1-2. 연구개발의 필요성

○ 시중에 유통 되는 육류의 신선도 문제 해결 필요

- 4일 글로벌타임스와 광저우(廣州)일보 등 중국매체에 따르면 지역방송 TVS는 지난달 30일 광저우 인근 포산(佛山)의 허이(合誼) 육류가공처리 유한회사가 질병이나 자연적 원인 등으로 죽은 돼지를 매입·도축해 시장에 유통했다고 보도함. 특히 아프리카돼지열병(ASF)으로 중국 내 돼지 사육두수가 크게 줄어드는 상황에서 안전성이 확인되지 않은 돼지고기가 시장에 유통돼 적잖은 파장이 예상됨.
- 도축된 돼지고기에는 검역 인증 도장이 찍혔고, 아무런 제지 없이 광저우 등의 시장으로 가는 트럭에 실려짐. 심지어 문제가 된 업체는 이곳에서 생산된 제품은 건강에 좋다고 인정받는 '돼지 도살 표준화 기업'인 것으로 밝혀짐.

中'병으로 죽은 돼지' 유통 파장...먹거리 안전 우려

기사입력 2019/12/04 11:40 송고



중국 광둥성서 '질병으로 죽은 돼지' 도축·유통 파문
[중국매체 TVS 보도 화면 캡처]

< 중국 남부 광둥성 지역에서 질병으로 죽은 돼지가 시장에 유통됐다는 보도1) >

1) <https://www.yna.co.kr/view/AKR20191204075700097?input=1195m>

1-3. 연구개발을 위한 핵심 기술 및 그 적용방향

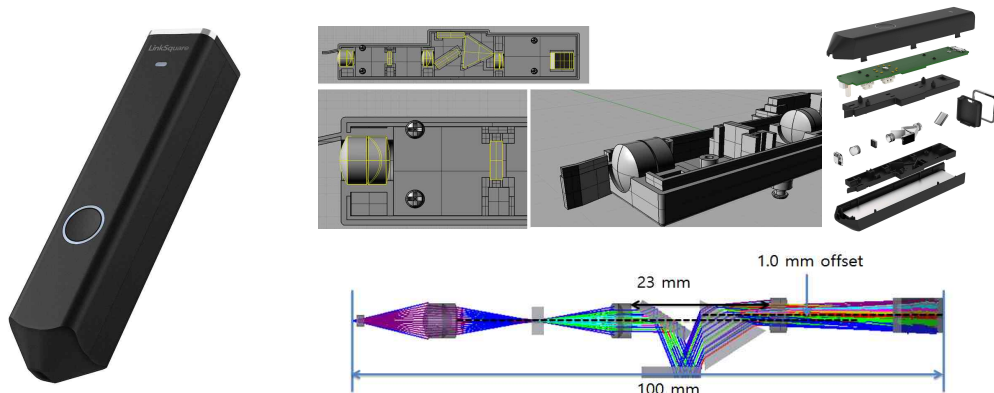
가. 기개발된 가시광선(400-800nm) 분광기의 개선

○ 기개발된 가시광선(400-800nm) 분광기

- 스트라티오코리아는 가시광선(400-800nm) 분광기인 LinkSquare 1의 개발에 성공하였고 이를 의약품 데모에 적용하여 국내를 포함한 해외 다수 언론에 소개됨.
- 2016년 1월 라스베이거스에서 개최된 CES에서 LinkSquare 1을 이용해 비아그라의 진품·위조품 판별하는 데모 이후 전 세계적으로 다양한 고객들로부터 많은 문의를 받음.
- 2017년 1월 CES에서 미국의 최대 기술 전문 미디어로 꼽히는 TechCrunch가 주최하는 Hardware Battlefield 대회에서 200여 개 글로벌 스타트업 업체와의 경쟁에서 상위 4개 업체로 선정되어 스트라티오코리아의 휴대용 분광기, LinkSquare 1의 기술성 및 시장성을 검증받음. (<https://techcrunch.com/2017/01/06/hardware-battlefield-finalists/>)
- 스트라티오코리아의 스마트 IoT 휴대용 분광기는 스트라티오코리아의 원천기술로 개발 및 생산한 근적외선 센서를 장착하였기 때문에 소형화가 가능하고 단가가 매우 낮음.

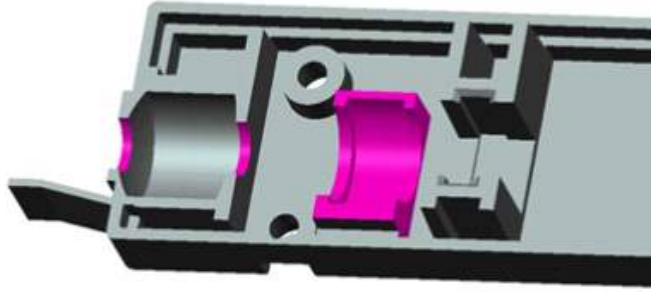
○ 분광기기간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 분광 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계.

- 육류의 품질을 측정하기 위해서는 높은 정확도 및 해상도를 가지는 가시광선(400-800nm) 분광기가 필요함.



< LinkSquare 1 분광기 구조 >

- 분광 해상도를 높이기 위하여 광학 렌즈의 중심축만 활용하도록 금형 수정 필요.
: 첫 번째 렌즈를 구조물 구경 직경을 5.25mm에서 3.5mm로 수정.

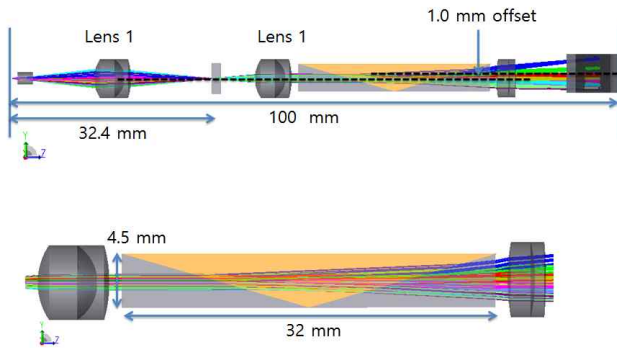


< 분광 해상도를 높이기 위하여 광학 렌즈의 중심축만 활용하도록 한 금형 수정 설계도 >

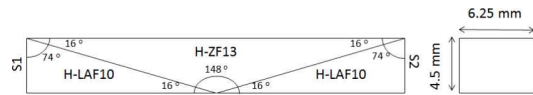
- 거울 등 조립 시 오차를 초래하는 2차원 광학 부품보다는 프리즘 등 조립 시 여러 각도에서 위치를 정확하게 잡아주는 3차원 광학 부품을 활용.

: Triple prism을 사용한 구조는 조립 오차에 의한 영향을 최소화하는 구조임.

: 1도 회전 오차 발생할 시, 최종 스펙트럼이 ~1.4nm 정도 움직이는 오차/에러가 강한 구조.임; x축/y축 방향으로 1mm 오차 발생 시, 최종 스펙트럼의 차이는 없음.

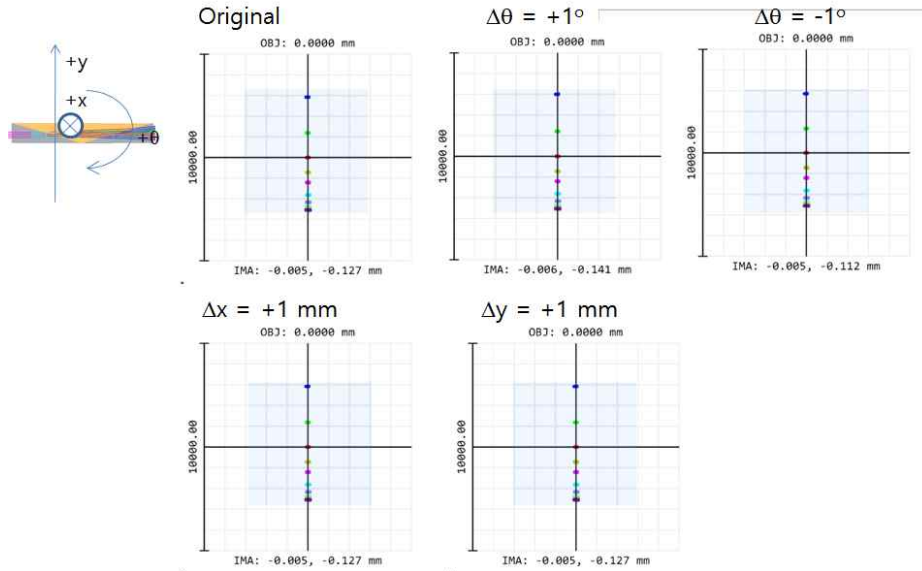


Direct Vision Prism



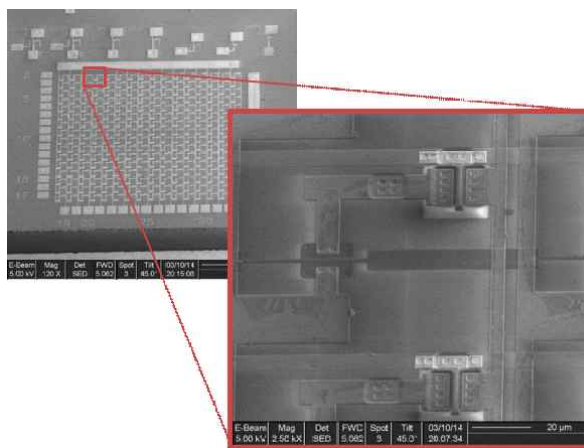
- Dimensional tolerance: 0.05 mm
- Surface flatness: $\frac{1}{4}$ lambda
- Surface quality: 60-40
- Angle tolerance: 2 arc min
- Pyramid error: 2 arc min
- AR coating (on S1 and S2): R<1% @400-1000 nm
- Quantity: 2000 EA

< Triple prism을 사용한 광학 시스템 설계안 >



< Triple prism을 사용한 광학 시스템 시뮬레이션 테스트 결과 >

- 나. 스트라티오크리아의 원천 기술로 개발된 저가의 고성능 근적외선 센서 및 이 센서를 이용한 근적외선(800-1600nm)에 대응하는 휴대용 분광기 개발
- 근적외선 파장(800-1600nm)이 측정 가능한 라인 센서(128x2) 양산.
 - 기개발된 프로토타입 센서(16x16)를 라인 센서로 확장.
 - : 스트라티오크리아가 기개발한 근적외선 파장 측정이 가능한 프로토타입 센서의 픽셀 개수를 확장하여 분광기에 적합한 128x2의 해상도를 가지는 라인 센서 양산.
 - : 픽셀을 선택, 제어 위한 실리콘 기반의 리드 아웃 집적회로가 필요.



< 기개발된 16x16 해상도 근적외선 센서의 전자 현미경 사진 >

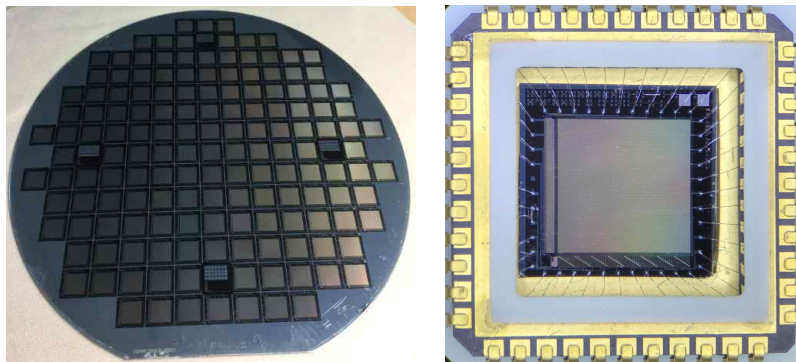


< 기개발된 해상도 16x16 근적외선 센서를 이용한 이미지 시스템 데모 영상과 링크.

<https://www.youtube.com/watch?v=9IXHsAHfYh0>

- 기개발된 리드 아웃 집적 회로 이용.

: 기개발한 128x128 해상도 실리콘 기반 리드 아웃 집적 회로를 이용하여 개발에 드는 비용과 시간 절약 가능.



< 128x128 리드 아웃 집적회로 웨이퍼 사진(좌)와 칩 사진(우) >

- 해상도 128x2의 근적외선 라인 센서.

: 출력 핀을 적정한 개수로 제한하기 위해서는 원하는 픽셀을 선택하기 위한 리드 아웃 집적회로가 필수.

: 기개발된 리드 아웃 집적 회로의 전체 해상도(128x128)의 일부분(128x2)만을 이용하는 방식으로 라인 센서를 제작 가능.

: 기존 행 선택하는 디코더는 제거하고, 열을 선택하는 디코더는 재활용하는 방식으로 배선 공정 마스크만 다시 제작하는 방식으로 개발.

: 128x2의 해상도는 한 열의 두 개의 센서 중 하나만 정상 작동을 하더라도 정상적인 측정이 가능하므로 128x1보다 극적인 수율의 향상을 기대할 수 있음.

○ 근적외선 파장(800-1600nm)에 대해 분광 정보 측정 후 전송 가능한 LinkSquare S1 시제품 개발.

- Analog-Front-End (AFE) 회로 개발.

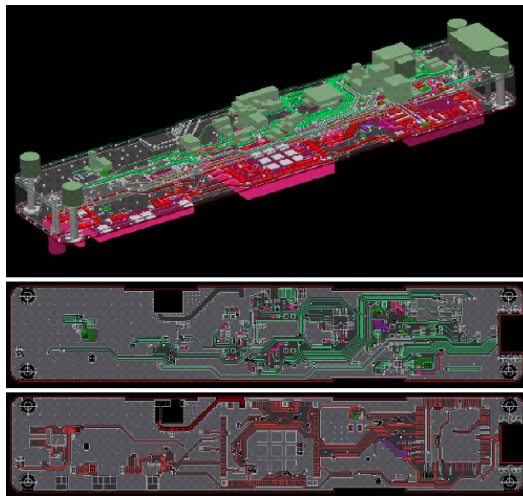
: AFE 회로는 센서에 최적화된 전압을 안정적으로 제공하고, 센서에서 출력되는 미약한 신호를 증폭하여서 아날로그-디지털 변환(Analog-Digital-Conversion) 회로에 적합한 신호로 만드는 회로임.

: 일반적으로 대량 생산이 되는 가시광선 센서는 이러한 AFE 회로와 아날로그-디지털 변환 회로를 센서 칩 안에 내장하는 형태로 개발되지만, 비교적 소규모 생산이 되는 근적외선 센서는 AFE회로와 아날로그-디지털 변환 회로를 외장하는 형태로 개발됨.

- 근적외선 분광기(LinkSquare S1)용 PCB보드 조립 제작.

: LinkSquare 1의 센서 출력 인터페이스와 LinkSquare S1의 AFE와 ADC 출력 인터페이스를 동일하게 만들어 PCB보드의 개발 단가와 시간을 절약함.

: 1차년도 개발된 LinkSquare 1의 하드웨어와 유사한 구조의 LinkSquare S1 하드웨어 제작.

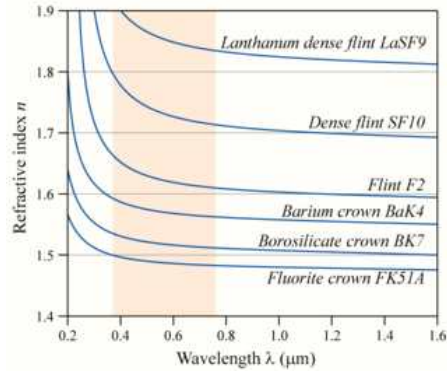


< 근적외선 반사 스펙트럼 측정을 위해 개선된 PCB 회로도. 3D 모델(위), 위 단면도(중간), 밑 단면도(아래) >

- 근적외선 라인 센서용 소형 분광 광학 시스템 설계.

: LinkSquare 1에서 개발된 소형 광학분광기는 가시광선(400-800nm)의 파장을 분광하도록 설계; LinkSquare S1에서는 보다 긴 파장대역인 1000nm 이상을 포함하도록 근적외선 (800-1600nm)의 파장을 흡수할 수 있게 수정.

: 가시광선 영역보다 비해 근적외선 영역에서 각종 유리의 굴절률 차이는 현격히 작음. 따라서, 이러한 작은 굴절률 차이를 효과적으로 증폭할 수 있는 광학 구조가 필요함.



< 여러 종류의 유리들의 파장에 따른 굴절율의 차이 >

다. 육류 신선도 정량화를 위한 지표인자 분석 및 휴대용 근적외선 분광분석 기반의 신선도 측정을 위한 최적 파장대역 판별

○ 근적외선 분광분석 기반의 신선도 측정을 위한 기초단계 연구 수행.

- 협동연구기관인 서울대학교 바이오센서 연구실에서 기 수행한 연구결과를 토대로 함.

: 소고기의 신선도 평가를 위해 근적외선 분광분석법을 사용함.

: 과거 연구자료를 토대로 Putrescine, Cadaverine은 육류의 총 균수와 유의적인 상관관계를 보이고, L-lactate와 D-glucose의 함량이 육류 저장기간과 관계있는 변화를 보이고, Tyramine, Histamine의 경우 내냉성균과 매우 높은 상관관계가 있음이 확인됨.

: L-lactate, D-glucose, Putrescine, Tyramine, Cadaverine, Histamine의 6가지 시약을 조제한 후 근적외선 분광분석기를 이용하여 투과도를 측정하고, 측정한 투과도와 물질의 농도 사이의 상관분석을 수행하여 분광정보와 물질농도정보의 연계성을 확보함.

: Tyramine 시약이 근적외선 파장과 가장 높은 상관관계를 보이는 것을 확인함.

라. 다수의 분광 정보를 받아들여 육류의 종류 및 품질 등급을 인식하는 알고리즘을 만들 수 있는 기계 학습 플랫폼 개발

○ LinkSquare 1에서 전송된 스펙트럼 정보 수집/저장하는 데이터 수집 플랫폼과 기계 학습이 가능한 기계학습 플랫폼 구축.

- 기계 학습을 위한 대량의 데이터 수집을 위한 데이터 수집 플랫폼.

: 기계 학습을 성공적으로 수행하기 위해서는 대량의 데이터가 필수.

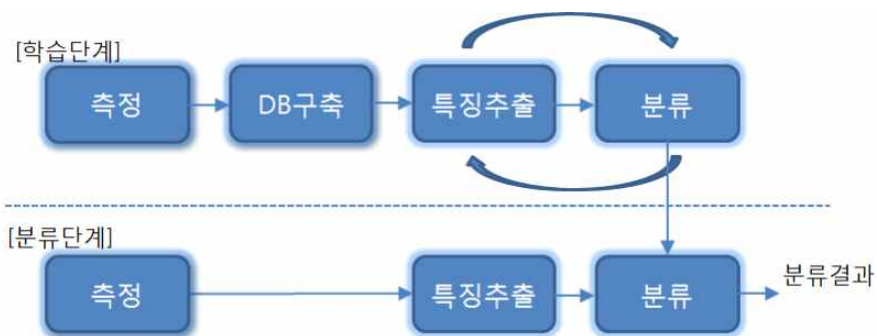
: 데이터 수집을 효율적으로 할 수 있는 플랫폼이 필수.

: 이런 플랫폼 이용하여 기계 학습에 알맞은 충분한 데이터를 수집.



< 데이터 수집 플랫폼 예시 >

- 수집된 학습용 대량 스펙트럼 이용 기계 학습이 가능한 기계 학습 플랫폼 구축.
- : 물질 분석용 데이터 선처리 및 기계 학습 알고리즘 개발.
- : 분광 정보를 측정하는 과정에는 빛의 경로 및 산란 정도의 차이, 광원 및 검출기의 변화 등의 다양한 변수들이 존재하며, 기준이 되는 스펙트럼으로부터 변형된 값을 가지게 됨.
- : 스펙트럼 데이터 측정값에 대한 신뢰도를 높이기 위한 데이터를 보정하는 전처리 과정이 필요하며, 측정된 분광 스펙트럼 데이터의 신뢰도를 확보하기 위해, 스펙트럼의 파장별 변형치를 고려한 다양한 전처리 기법을 개발 필요.
- : 분류기의 성능 및 계산 복잡도를 최적화하기 위해 분광 스펙트럼 데이터로부터 적절한 특징을 추출함.



<그림 14. 분광 스펙트럼 데이터를 활용한 분류기 개발과정>

- 육류 종류를 구별하기 위한 기계 학습 알고리즘 개발.
 - 시장에서 종종 육류의 종을 속여서 파는 경우가 발생하는데, 휴대용 LinkSquare 1 및 LinkSquare S1을 통해 이를 미리 방지할 수 있을 것이라 기대됨.
 - 기본적으로 소고기, 돼지고기, 닭고기 등의 육류 개체는 기본적으로 respiratory

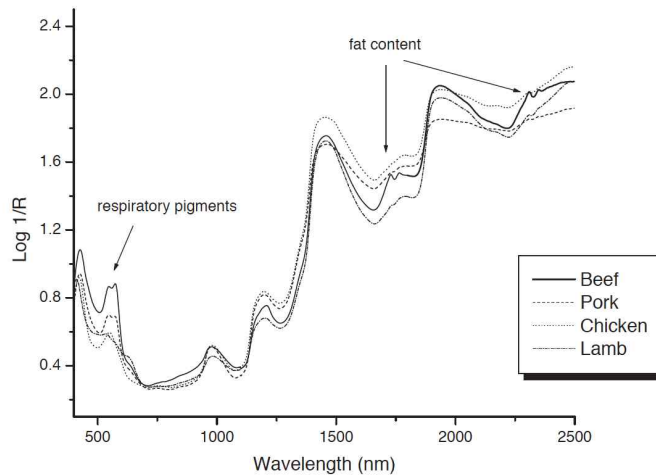
pigment 특성이 다르기 때문에 전체적인 400-800nm 파장 영역의 분광 정보를 비교해 보면 육류의 종을 예측할 수 있음.

: 기계 학습을 통하여 구별 알고리즘을 구현하면 LinkSquare 1 분광기를 근 통해 측정하는 육류가 어떤 종에서 나왔는지 확인할 수 있음.

: 이때 기계 학습은 respiratory pigment 반응 영역을 포함한 400-800nm 분광 반응을 학습하여 육류의 종류를 구별하는 알고리즘을 도출함.

- 추가적으로 소고기, 돼지고기, 닭고기 등의 육류 개체는 fat content에서 큰 차이가 나고, 이는 LinkSquare S1은 근적외선 (800-1600nm)을 이용해 감지할 수 있음.

: LinkSquare S1을 통해 얻은 육류 분광 데이터를 기존 가시광선 분광 데이터에 근적외선 데이터를 넣어서 기계 학습을 시키면 정확도를 크게 개선시킬 수 있음.



< 육류 종류에 따른 분광 반응 >

○ 소고기 품질 등급 측정과 고기 종류 구별이 가능할 수 있도록 기계학습 알고리즘 개선.

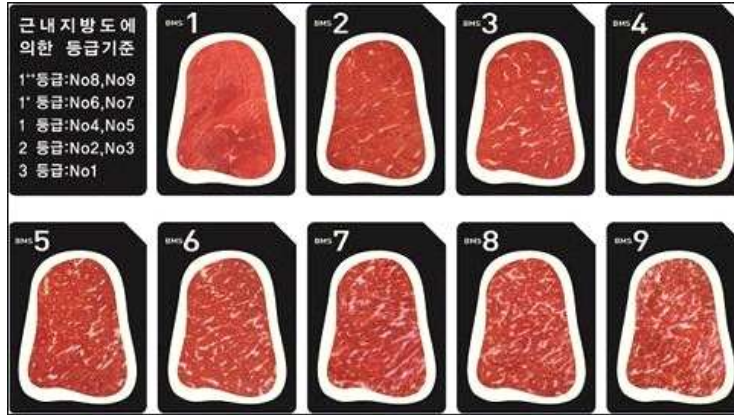
- 국내 한우의 경우 마블링, 육색, 그리고 지방색에 따라 등급을 판정하고 있음.

: 마블링의 정도는 맨눈으로 구분이 쉽지만, 육색과 지방색은 환경에 따라 오판할 경우가 많음. 특히나 판매자가 의도적으로 붉은색의 광원을 사용하는 경우에는 육색과 지방색을 소비자가 판단하기 어렵게 됨.

: LinkSquare 1로 측정된 가시광선 스펙트럼을 활용하면 육색과 지방색을 정확히 측정할 수 있으며, 소비자의 품질 판단에 도움을 줄 수 있음.

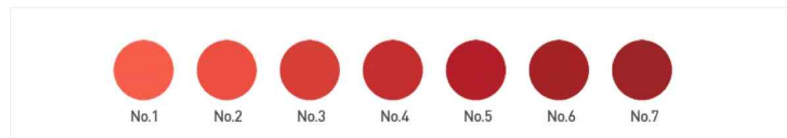
: 육색은 소고기의 Deoxymyoglobin, Metaoxymyoglobin, 그리고 Oxymyoglobin 구성에 따라 달라지는데 이의 분광 반응은 400-800nm 사이에 있어 LinkSquare 1이 감지할 수 있는 영역임. 따라서, 이 영역을 LinkSquare 1을 통해 기계 학습하면 정확한 육색에 따른 품질 등급을 측정할 수 있음.

: 육색 측정 시 소고기의 근내지방에 따른 분광 반응도 전체 반응에 반영되기 때문에 이를 기계학습 시 고려사항으로 채택해 근내지방도에 따른 등급도 측정이 가능함.

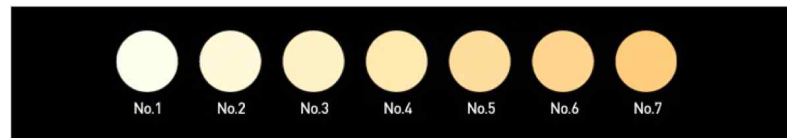


< 한우의 근내지방도에 의한 등급기준 >

육색 : 배최장근단면의 고기색깔 • 정상 : No2 ~ No6



지방색 : 배최장근단면의 근내지방, 주위의 근간지방과 등지방의 색깔 • 정상 : No1 ~ No6



조적감 : 등급판정부위에서 배최장근단면의 보수력과 탄력성
성숙도 : 왼쪽 반도체 척추 가시들기에서 면골의 골화정도

< 육색 및 지방색에 의한 품질 기준 >

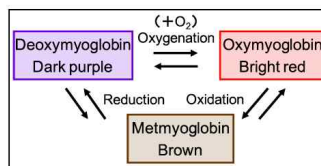
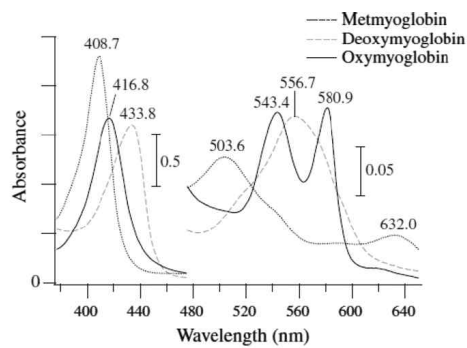


Fig. 6. Transforming mechanism of myoglobin.



< 소고기의 육색이 결정되는 Deoxymyoglobin, Metaoxymyoglobin, Oxymyoglobin의 상관관계와 분광 스펙트럼에서의 반응 >

아. 광대역의 분광 정보를 이용하여 육류의 신선도에 대한 정량화 및 구분이 가능한 알고리즘을 도출할 수 있는 품질 정보 예측 모델 개발

○ 기계 학습을 통하여 LinkSquare 1과 LinkSquare S1을 이용해 측정된 스펙트럼을 통해 육류의 품질 뿐 아니라 신선도도 측정할 수 있는 알고리즘 개발.

: 육류의 경우 신선도를 유지하기 위해 냉동을 하는 경우가 많음. 이는 박테리아에 의한 육류의 부패를 늦추거나 멈추지만, 육류의 전반적인 신선도를 하락시킴. 이는 육류에 있는 영양분이 냉동 과정에서 얼음 결정에 갇히거나 육류 안에 있는 수분이 냉동/해동 과정에서 팽창하거나 수축해 육질이 손상되기 때문임. 따라서 해동 여부는 육류의 신선도를 가늠하는데 중요한 요소가 됨. 하지만 불행히도 시장에서는 냉동 육류를 냉장 육류도 속여 판매하는 경우가 빈번하고 이를 알아 낼 수 있는 휴대용 감별기가 시장에 전무한 상태임.

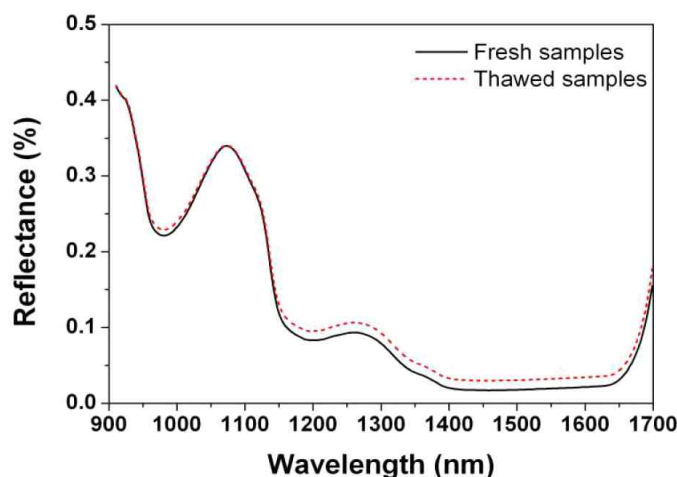
: 기존의 방법으로 전극법을 이용해 육류의 전기적 특성을 측정해 해동 여부를 판별하는 방법이 있으나 이는 전극을 육류에 반복적으로 접촉 시켜야 하기에 번거로우며 추가적인 오염의 원인이 될 수도 있음.

: 하지만 휴대용 분광기를 이용하는 경우 육류가 비닐에 포장되어 있어도 측정할 수 있어 위생적이고 정확한 측정이 가능함.

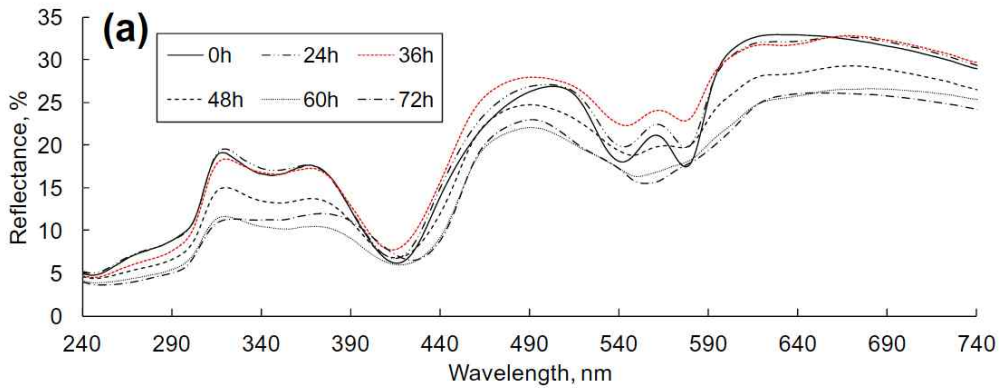
: 해동 여부는 가시광선(400-800nm)을 이용하는 분광기로 감별이 어느 정도 가능하나 100%에 가까운 판별을 하기 위해서는 근적외선 (800-1600nm)에서 작동하는 분광기를 써야 함. 이는 해동 과정에서 C-H기에 변화가 생기기 때문이고 C-H기의 변화를 보기 위해서는 근적외선이 가시광선보다 유리하기 때문임.

: 육류는 신선도는 해동 여부뿐만 아니라 공기에 노출된 시간에 따라 구분이 가능함. 때문에 시간에 따른 육류 표면의 분광 반응을 수집해 기계 학습을 통해 공기 노출 시간을 예측할 수 있는 알고리즘 개발이 가능함. 결과 도출시 온도와 습도등 기본적인 가정도 같이 알려 주어야함.

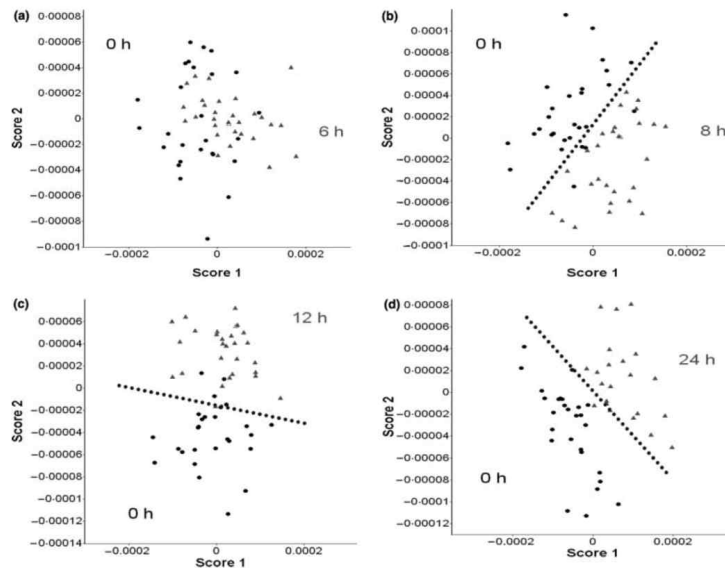
: 최근 브라질산 닭들이 썩은 채로 유통되어 파장을 일으켰음. 하지만 당사가 개발하고자 하는 분광 시스템을 이용하면 사전에 부패 정도를 가늠할 수 있음.



< 해동 여부에 따른 근적외선 영역에서의 분광 반응 >

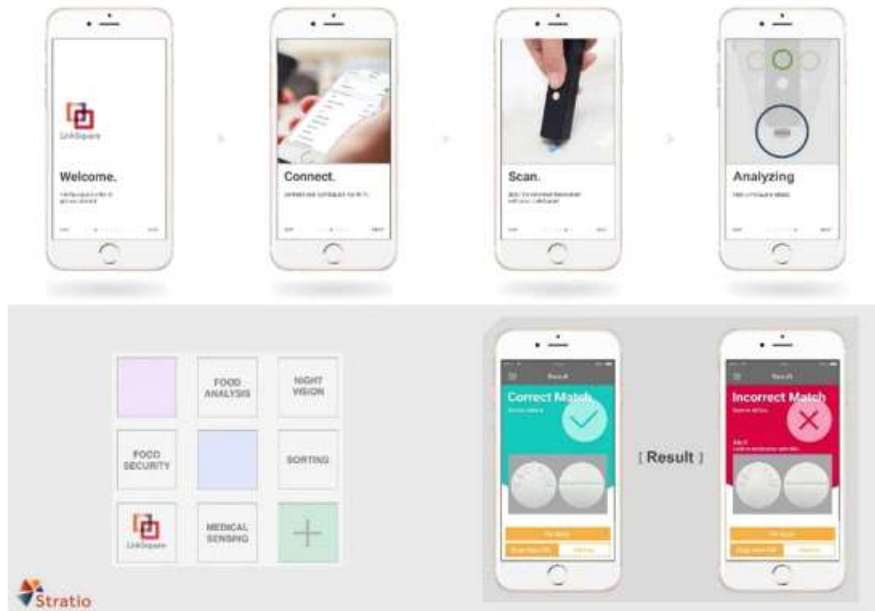


< 돼지고기 표면의 시간에 따른 분광 반응 변화 >



< 여러 닭고기 샘플에 대한 600-100nm 분광 반응을 PCA 기법을 이용해 부패 시간에 따른 변화를 나타낸 그래프 >

- 가시광선/근적외선 분광기를 이용한 육류 품질에 대한 신뢰도 확보 시스템 시제품 완성
 - 육류의 품질 등급과 신선도.
 - : 육류의 품질 등급은 가시광선 스펙트럼에서 나타나는 육색에 의존하며, 이는 가시광선을 이용하는 LinkSquare 1으로 측정 가능.
 - : 육류의 신선도는 가시광선 스펙트럼뿐 아니라 근적외선 스펙트럼에 대한 분석도 필요함. 따라서 신선도를 측정하기 위해서는 LinkSquare 1과 LinkSquare S1 두 기기를 동시에 사용하여야 함.
 - : 두 기기를 사용하는데 혼란을 줄이고 직관성이 높은 분광기 앱 UX/UI 개발이 필수임.



< 분광기 앱 UX/UI의 예시 >

바. 생체모방형 가스센서 어레이 개발 및 휴대용 분석기기에 적합한 전자코 시스템 설계

○ 휴대용 육류 품질 측정에 적합한 가스센서 어레이 모듈개발.

- 전자코 시스템은 사람 코의 후각세포에 해당하는 가스센서를 다차원으로 배열하여 정보를 습득하고 처리하는 기술로서 사람의 신체반응을 모방한 생체모방형 센서시스템이라고 할 수 있음.

: 전자코 시스템은 일정 공간 안에 물질선택성 센서들을 통합하는 기술에 기초를 두고 있으며, 센서들은 시료와 상호작용하여 패턴화된 반응을 보임.

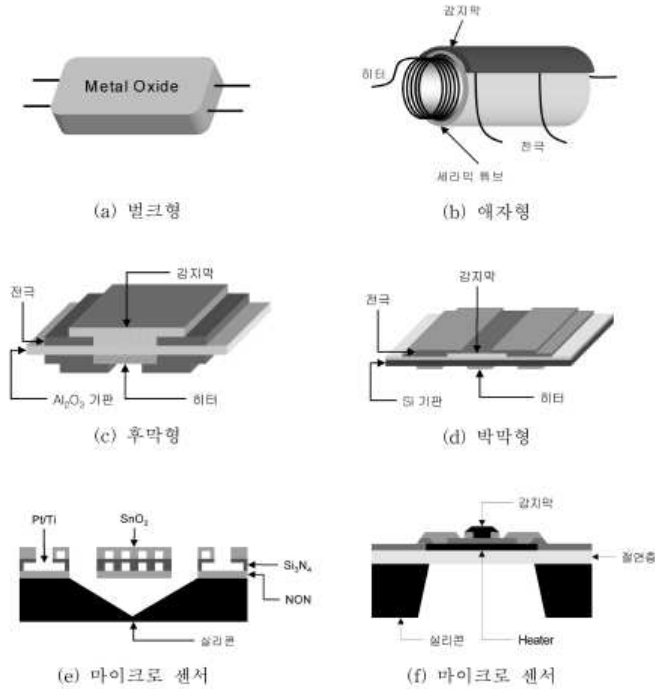
: 이때 사용되는 센서는 conducting polymers, metal oxide semiconductors field effect transistor(MOSFET), quartz crystal microbalance(QCM), metal oxide sensor 등이 있으며 각각의 목적에 맞게 조합 및 배열되어 어레이를 구성함.

○ 휴대용 전자코 시스템에 적합한 센서 선정을 위한 다양한 작동방식의 센서 연구.

- 반도체식 가스센서.

: 최근 전자코 시스템에서는 반도체식 가스센서, 전기화학식 센서, 광이온화 센서 등이 활용되고 있음.

: 반도체식 가스센서는 세라믹 반도체 표면에서 대상가스가 흡착 및 탈착됨에 따라 전기 반응이 달라지는 현상을 이용한 것으로 대기중 공기질의 변화에 따라 환원성 또는 가연성 가스에 접촉하면서 그 농도변화를 측정할 수 있음.



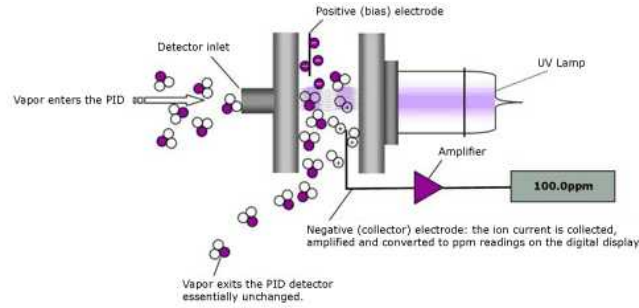
< 반도체식 가스센서의 동작특성에 따른 분류 >

- 비분산 적외선식 가스센서.

- : 또한 본 연구과제가 근적외선 분광분석기술을 기반으로 하기 때문에 비분산 적외선 (Non-dispersive infrared)식 가스센서의 활용을 검토할 수 있음.
- : 비분산 적외선 가스감지장치의 핵심부품은 필터와 적외선 검출기이며 검출기의 종류에 따라 응답 스펙트럼이 달라짐.
- : 검출기 재료가 PbS 및 PbSe인 경우 높은 감도를 나타내나 파장의존성이 크고 냉각장치 사용해야 하기 때문에 휴대용 전자코 시스템에는 부적합하며, 실온에서 사용가능하며 모든 파장영역에서 고른 감도를 보이는 초전형 적외선 센서가 본 연구과제에 적합함.

- 광이온화 센서.

- : 광이온 가스센서는 가스 크로마토그래피 검출기의 한 종류인 광이온화 검출기를 이용한 방식으로 휘발성 유기화합물 모니터링에 적합함.
- : 다른 종류의 센서보다 수명이 길고 관리가 간편한 장점이 있으나 상대적으로 고가임.
- : 측정하고자 하는 시료의 유기물 이온화 포텐셜이 조사 자외선의 에너지보다 낮을 때 유기물이 이온화되면서 전자를 방출하는 현상을 이용하는 것으로, 육류를 대상으로 하는 본 연구과제에서 활용될 가능성이 높음.



< 광이온화 센서의 동작원리 >

사. 육류의 품질 등급 및 신선도 측정 시스템과 축산물 이력제의 연동

○ 기존 축산물 품질 이력추적시스템과 개발된 센서의 신선도 측정 데이터의 연계 플랫폼 구축.

- 축산물 이력제와 신선도 측정 데이터 연동.

: 축산물 이력제는 축산물유통에 대한 거래내역을 기록·관리함으로써 축산물 유통에 대한 투명성을 높여, 원산지 허위표시 등 둔갑판매 방지로 축산업 및 관련산업의 건전한 발전에 이바지하기 위해 도입되었음.

: LinkSquare 1과 LinkSquare S1에서 얻은 분광 정보를 이용한 신선도 측정을 축산물의 이력과 비교함으로써 원산지 허위표시와 같은 위법 행위를 방지할 수 있으리라 기대함.

: 소고기의 경우에는 돼지고기에서 추적되는 사육지, 소유주의 정보와 도축 정보인 도축 일자 및 육질 등급 외에 소 개체 자체의 출생 등 신고 정보 및 전염병 검사 정보를 추가적으로 조회할 수 있음.

: 이와 같은 차이가 있는 여러 가지 육류에 대한 정보를 효과적으로 표시할 수 있는 스마트폰 어플리케이션용 UX/UI가 필요함.

쇠고기 이력추적제 운영 체계



쇠고기 이력시스템
12자리 이력번호 입력

소 개체정보

개체 식별 번호	002 021 864 077	출생년월일	2007-01-25
소의 종류	한우	번번	기세

소 출생 등 신고정보

NO	소번	신고구분	신고일자	사육지
1	김영린	전신등록	2008-01-11	경기도 양주시 만송동
2	영영귀	양수	2009-06-11	경기도 양주시 만송동
3	영영귀	도축검사	2009-06-11	경기도 양주시 만송동

도축 및 가공정보

도축장	우등호산 (경기도 용두진시 통주현동)	도축일자	2009-06-11
도축검사결과	합격	육질등급	1+등급
가공장	양주축협육가공공장 (경기도 양주시 고읍동)		

구체역 역신잡종 및 부위별라벨 검사 정보

구체역 역신잡종시험일자	미검증
부위별 역신화종일자	미검증
부위별 역신화종일자	미검증

< 쇠고기 이력추적제 운영 체계(좌)와 실제 검색 사례(우) >

돼지고기 이력시스템
12자리 이력번호 또는 육품번호 입력

사용정보

이력번호	I 100840 00135	농장식별번호	100840
농장경영자	김포 종합 농장	농장소재지	경기도 김포시 월곶면 갈산리

도축정보

도축장	협신식품	소재지	경기도 안양시 만안구 박달동 691-3번지
도축일자	2014-10-14	도축검사결과	합격

식육포장처리 정보

업소명	우협신식품	포장일자	2014-10-15
소재지	경기도 안양시 만안구 박달동 692-9	등급	

사용정보
이력번호, 농장식별번호, 농장경영자, 농장소재지

도축정보
도축장, 소재지, 도축일자, 도축검사결과

식육포장처리 정보
업소명, 포장일자, 소재지, 등급

< 돼지고기 이력 번호 조회 시 웹페이지 정보 >

1-4. 연구개발 내용 및 범위

<1차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아)

: 기개발된 가시광선(400-800nm)에 대응하는 LinkSquare 1을 개선하여 분광기 디바이스 간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 광학 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계 및 양산.

: 근적외선 (800-1600nm)이 측정 가능한 라인 센서(128x2) 양산.

: LinkSquare 1에서 전송된 스펙트럼 정보 수집/저장하는 데이터 수집 플랫폼과 기계 학습이 가능한 기계학습 플랫폼 구축.

: 소고기 육류의 품질 등급 측정이 가능한 스마트폰 어플리케이션 개발.

- 협동연구기관(서울대학교)

: 육류 품종(소고기) 별 품질 등급 정량화를 위한 지표인자 선정 및 LinkSquare 1을 이용한 샘플 데이터 수집.

: 휴대용 신선도 판정기기에 적용하기 위한 후각센서 시스템 설계.

<2차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아) :

: 소고기 품질 등급 측정에 추가로 고기 종류 구별이 가능할 수 있도록 기계학습 알고리즘 개선.

: UX/UI를 개선하여 일반 ·사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 앱 개선.

: 근적외선 파장(800-1600nm)에 대해 분광 정보 측정 후 전송 가능한 LinkSquare S1 시제품 완성.

- 협동연구기관(서울대학교) :

: 근적외선을 이용한 육류의 품질판정을 위한 적합 근적외선 조사영역(근육, 지방질, 변색부위 등) 연구 및 데이터 수집방법 결정.

: 휴대용 근적외선 분광분석 기반의 신선도 측정을 위한 최적 파장대역 선정.

: 휴대용 후각 센서 모듈 제작 및 가스 포집 시스템 개발.

- 위탁연구기관(축산물품질평가원) :
: LinkSquare 1을 이용한 육류 등급화 기준 설계 및 등급 판정 실증시험.

<3차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아) :
: LinkSquare 1과 LinkSquare S1을 이용해 측정된 스펙트럼을 통해 육류의 품질 뿐 아니라 신선도도 측정할 수 있는 알고리즘 개발.
: 가시광선/근적외선 분광기를 이용한 육류 품질에 대한 신뢰도 확보 시스템 시제품 완성.
: 기존 소고기 품질 이력추적시스템과 개발된 센서의 신선도 측정 데이터의 연계 플랫폼 구축.

- 협동연구기관(서울대학교)
: 휴대용 근적외선 분광분석 기반 냉해동육(수입)판별 시스템 개발.
: 분광측정 및 후각센서가 결합된 최적 신선도 판단 모델 개발.
: 관능평가와 개발된 품질/신선도 측정 시스템의 상관성 분석 및 검증.

- 위탁연구기관(축산물품질평가원)
: 최종개발 제품의 실증 테스트 및 이를 이용한 품질공정관리시스템 설계.

2. 연구수행 내용 및 결과

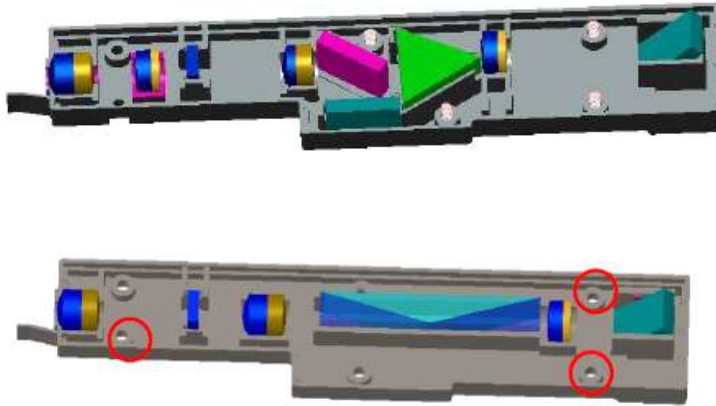
2-1. 연차별 연구개발 내용 및 결과

< 1차년도 >

- 기개발된 가시광선(400-800nm)에 대응하는 LinkSquare 1을 개선하여 분광기 디바이스 간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 광학 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계 및 양산.

- LinkSquare 분광 스펙트럼 오차율 및 해상도 개선

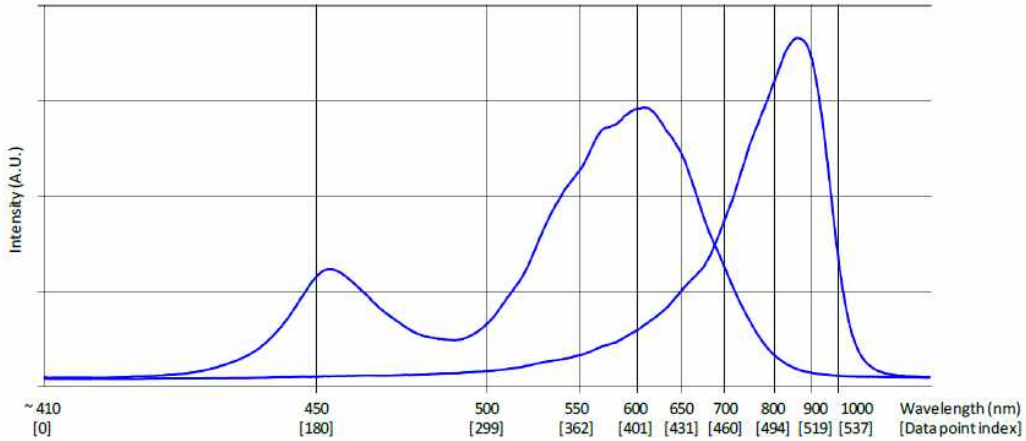
: 분광기의 핵심 부품 중 하나인 광학 요소들의 배열, 배치를 오차 없이 조립하는 것이 사업화를 성공시키는데 매우 중요한 요소임. 제작 과정에서 여러 개의 광학 요소들을 정확한 위치에 고정시킬 수 있도록 광학부용 금형을 수정하였으며, 사출물을 생산하였음. 보완을 진행한 주요 내용은, 1) 렌즈 변경에 따른 고정용 Boss 위치를 이동시켰으며 2) 프리즘 고정 관련 형상을 변경하였고 3) 경사 거울 기울기를 보정함.



< 구형 광학 설계도(상)와 신규 광학 설계도(하) 비교 >

: 기존의 삼각형 모양의 프리즘을 특허 출원한 신규 사각형 모양의 프리즘으로 변경하며, 거울을 기울기 개선, 외부 빛의 개입을 완벽하게 차단하는 사출물을 생성하였으며 최종적으로 평균 분광해상도 30nm이하가 되도록 개발하는데 성공하였음.

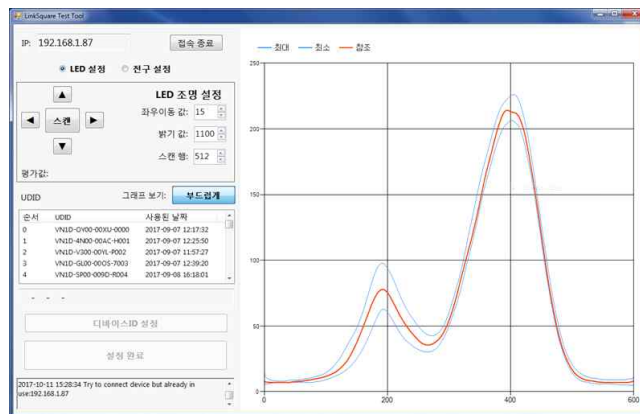
Wavelength	440nm - 1000nm
Optical Resolution	~ 1nm (@440nm) ~ 6.5nm (@550nm) ~ 10nm (@700nm) ~ 45nm (@950nm)



< An example graph of the White sample in Palette Demo >

< LinkSquare 1의 구간별 분광해상도 >

- 분광 스펙트럼 오차율을 30nm이하로 줄이기 위한 캘리브레이션 프로그램 개발
 - 최종 제품화/상품화까지 성공하기 위해 양산되는 분광기 제품 간 분광 스펙트럼 오차를 최소화하는 것이 중요함. 디바이스간 오차는 주로 생산 및 조립과정에서 발생하는 문제로, 기기를 조립한 후 각 디바이스간 설정을 조정하여 측정 결과가 올바르게 나타날 수 있도록 수정하는 프로그램 개발이 필수적임. 또한, LinkSquare 1에 사용되고 있는 3가지 광원 각각에 대해 미세한 조정까지 가능하도록 프로그램을 설계하였으며 스펙트럼 오차율을 30nm이하를 달성할 수 있도록 최종 소프트웨어프로그램을 완성하였음. 이를 활용하여 초기 시제품 약 80개에 대한 검수를 진행하였음.



< 캘리브레이션 프로그램 화면. 빨간색 그래프는 맞춰야 하는 목표 그래프이며 초록색 그래프는 현재 기기에서 측정된 그래프를 의미함 >

- 완성된 시제품을 프로그램이 설치된 PC와 연결을 한 후 전원을 켜 세팅된 실험대에 LinkSquare 1을 장착한 후 측정을 진행하였음. LED 설정을 위해 상/하/좌/우 키를 사용하여 기준이 되는 그래프(녹색 선)에 측정된 결과값(빨간 선)을 맞추는 방식으로 진행을 하며 조정을 완료한 후 '평가값'으로 인식을 시켜준다. 평가값 설정 후 2~3차례 다시 측정을 하여 전반적으로 작은 평가값을 갖는 설정을 찾아 등록을 함. LED 설정 완료 후 설정을 바꾸어 전구에 대한 캘리브레이션을 진행함. 좌/우 이동값 및 밝기값을 조정하여 주황색 배경이 흰색이 되면 설정이 완료됨. 캘리브레이션을 진행시 평가값을 낮추는 것이 중요하며, 이 평가값이 3 이상이 되는 경우 불량으로 간주함.

모든 실험 결과는 텍스트 파일로 문서화가 가능하며 다음과 같은 형식으로 자료를 제공하였음.

VN1B-H701-02OS-B000,2017-10-19 10:22:07,LED,14,1167,2.6070, Bulb,12,327,1.7858

```

Untitled - Notepad
File Edit Format View Help
VN1B-H701-02OS-B000,2017-10-19 10:22:07,LED,14,1167,2.6070, Bulb,12,327,1.7858
VN1B-JL01-02M3-9001,2017-10-19 10:26:08,LED,35,1203,2.6435,Bulb,31,305,1.7879
VN1B-0H01-02VW-P002,2017-10-19 10:29:06,LED,26,1138,2.8562,Bulb,23,303,1.6099
VN1B-A101-02D1-H003,2017-10-19 11:01:33,LED,3,1130,2.2446,Bulb,1,307,1.7572
VN1B-JL01-02U6-9004,2017-10-19 11:03:35,LED,27,1090,2.6725,Bulb,25,310,1.8659
VN1B-G001-024Y-C005,2017-10-19 11:06:10,LED,18,1233,2.4896,Bulb,16,300,2.5578
VN1B-2V01-021A-N006,2017-10-19 11:09:17,LED,18,1344,2.6423,Bulb,17,386,2.1428
VN1B-G001-02AC-C007,2017-10-19 11:13:33,LED,20,1140,2.2767,Bulb,18,327,2.2143
VN1B-IE01-027N-A008,2017-10-19 11:52:11,LED,13,1176,2.5290,Bulb,11,412,2.3458
VN1B-0H01-02ER-P009,2017-10-19 13:19:30,LED,22,1120,2.8354,Bulb,21,458,2.5233
VN1B-ET01-02SZ-D010,2017-10-19 13:27:25,LED,15,1174,2.8151,Bulb,14,325,2.2323
VN1B-VP01-022S-T011,2017-10-19 13:35:26,LED,25,1107,2.4994,Bulb,23,399,2.2460
VN1B-QR01-027F-3012,2017-10-19 13:43:18,LED,16,1146,2.8608,Bulb,13,331,2.0909
VN1B-5901-02MM-L013,2017-10-19 13:49:33,LED,19,1201,2.9542,Bulb,17,355,2.2696
VN1B-6G01-02MM-K014,2017-10-19 13:52:04,LED,17,1210,2.3567,Bulb,15,348,1.3201
VN1B-RY01-02CT-2015,2017-10-19 13:54:25,LED,7,1120,2.7856,Bulb,4,353,1.3466
VN1B-VP01-02G9-T016,2017-10-19 14:30:12,LED,10,1030,4.0257,Bulb,8,345,2.2201
VN1B-4201-0203-M017,2017-10-19 14:32:29,LED,14,1214,2.4071,Bulb,11,363,1.9989
VN1B-H701-0295-B018,2017-10-19 14:36:59,LED,17,1240,2.2522,Bulb,15,315,2.0223
VN1B-1001-02AV-O019,2017-10-19 14:39:14,LED,12,1044,2.5779,Bulb,11,360,2.0090
VN1B-PQ01-02CD-Y020,2017-10-19 14:41:46,LED,28,1298,2.1147,Bulb,26,322,2.3264
VN1B-TB01-026Z-V021,2017-10-19 14:47:07,LED,7,1184,2.7842,Bulb,6,327,2.5927
VN1B-5901-02IQ-L022,2017-10-19 14:55:31,LED,4,1132,2.5088,Bulb,3,338,2.0887
VN1B-5901-02LF-L023,2017-10-19 14:59:38,LED,13,1270,2.3488,Bulb,10,307,1.8351
VN1B-5901-02O4-L024,2017-10-19 15:04:19,LED,27,1102,2.4872,Bulb,24,345,1.5756
VN1B-WW01-029O-S025,2017-10-19 15:06:23,LED,23,1110,2.5127,Bulb,21,357,2.2145
VN1B-TB01-02KG-V026,2017-10-19 15:11:43,LED,26,1126,2.8262,Bulb,26,325,2.7159
VN1B-PK01-02ME-4027,2017-10-19 15:13:58,LED,23,1054,2.3975,Bulb,21,338,1.5815
VN1B-8U01-02QT-I028,2017-10-19 15:16:44,LED,5,1320,2.3539,Bulb,2,340,2.2723
VN1B-5901-02O4-L024,2017-10-19 15:23:41,LED,20,1241,2.8747,Bulb,17,320,2.5592
VN1B-7N01-02W7-J029,2017-10-19 15:26:20,LED,16,1150,2.1806,Bulb,14,353,1.7891
VN1B-1001-02K8-O030,2017-10-19 15:29:23,LED,26,1379,3.4229,Bulb,24,327,1.7656
VN1B-1001-02K8-O030,2017-10-19 15:29:45,LED,26,1379,3.4229,Bulb,24,327,1.7656
VN1B-PQ01-02DV-Y031,2017-10-19 15:37:47,LED,20,1126,2.7457,Bulb,17,300,1.7288
VN1B-LZ01-02FT-7032,2017-10-19 15:40:42,LED,14,1140,2.2010,Bulb,12,302,1.9180
VN1B-RY01-0251-2033,2017-10-19 15:48:10,LED,16,1084,2.8822,Bulb,14,298,1.7204
VN1B-G001-02YO-C034,2017-10-19 15:53:19,LED,11,1225,2.7927,Bulb,8,350,2.2999
VN1B-VP01-02B6-T035,2017-10-19 16:00:04,LED,7,1089,2.7901,Bulb,5,330,1.8548
VN1B-H701-021D-P028,2017-10-19 16:08:43,LED,22,1159,2.4020,Bulb,21,383,1.8888
  
```

< 제작한 시제품 약 80개에 대한 캘리브레이션 데이터 중 일부 자료 >

○ 광학 테스트 프로그램 개발 및 시제품 검수 진행

- 스펙트럼 오차 및 분광해상도, 최종 데이터 획득에 영향을 미치는 중요한 요인 중 하나로 광학조립이 허용되는 오차 범위 내에서 조립되었는지 여부를 확인하는 것이 있음. LinkSquare 1 분광기에는 프리즘, 렌즈 2개, 슬릿, 거울 등의 광학 소자들이 사용

되었으며 각 요소들의 조립 각도, 방향 등의 정확도를 검증하기 위한 프로그램을 개발 완료하였음.



< 광학 조립의 정확도를 측정하기 위한 준비물 >

- 자체 개발 완료한 광학 테스트용 소프트웨어를 설치한 PC를 테스트용 PCB보드와 연결함. 테스트 보드에 연결된 나무 판에 반조립된 광학계 파트를 부착한 후 프로그램을 실행하면 자동으로 분광 테스트를 진행 후 PC 화면에 좌측에서부터 파란색, 녹색, 빨간색 순으로 분광이 되는 화면을 확인할 수 있음.



1. HDMI 케이블과 키보드를 연결합니다.



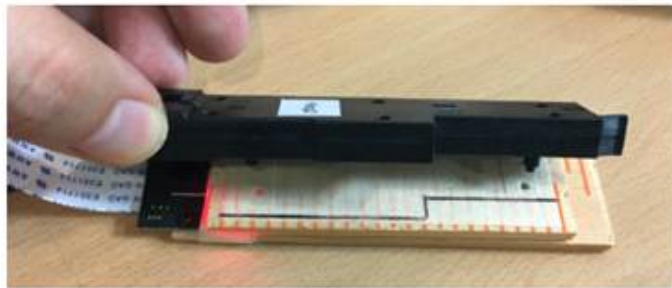
2. USB 전원 케이블을 연결합니다.



3. 모니터에 복잡한 글씨가 뜨는 동안 기다립니다. (부팅)



4. 부팅이 끝나고 5초 정도 지나면 화면에 영상이 뜹니다.



5. 반조립된 (혹은 조립된) 광학계를 나무판 홈에 맞춰 끼웁니다.



6. 위의 그림처럼 좌측부터 파란색 -> 녹색 -> 빨간색 순서로 나오면 정상입니다.

<광학시스템, 조립의 정확도를 검증하는 과정>

○ 근적외선 영역 측정이 가능한 라인 센서 개발

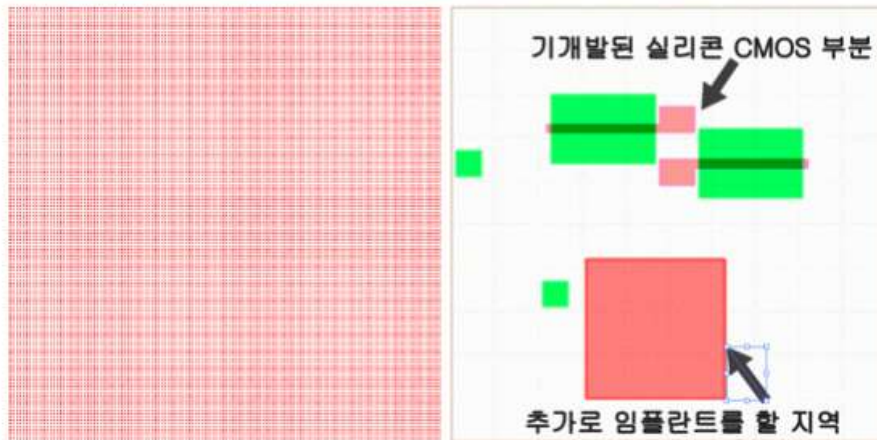
- ROIC wafer를 이용한 Charge-Modulate-Device (CMD)의 개발

: 첫 센서의 개발을 가격 상승 요인이 많은 게르마늄 기반의 센서가 아닌 가격적인 면에서 유리한 실리콘 기반의 센서로 바꾸어 진행하였음. 본사가 가진 원천 기술인 CMD를 실리콘 기반으로 개발한 경우에 400-1200nm 영역의 빛을 수광할 수 있으며, 이 센서 개발에 따른 공정을 이용하면 추후에 게르마늄 센서 개발에도 도움이 될 것으로 예상됨.

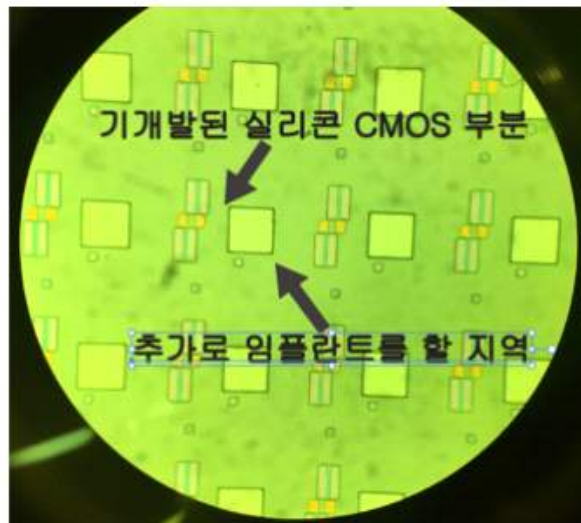
○ CMD PWELL을 위한 PR코팅

- 개별적인 센서를 만들기 위해서는 기존에 만들어진 CMOS용 NWELL 안에 추가로 CMD 용 PWELL을 임플란트로 제작함. 원하는 부분만을 임플란트 하기 위해서 마스크

킹 레이어(리쏘그래피 이용)를 이용하였으며 감광 필름(PR, Photoresist) 코팅 후 제거하는 작업을 수행하였음.



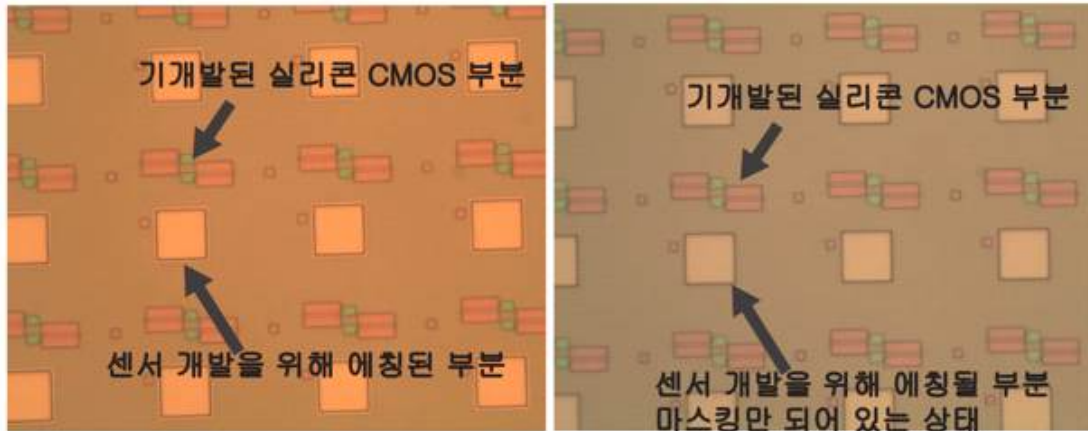
< 실제 마스크의 레이아웃(좌)과 각 픽셀에서 CMD PWELL의 위치 >



< 마스크를 이용하여 Boron을 임플란트 하여 센서에 사용될 PWELL을 만듦 >

○ PECVD passivation & CMD active area opening

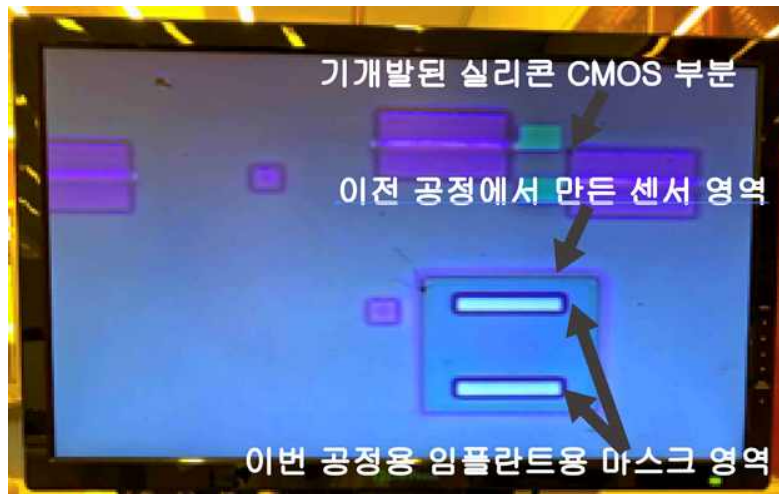
: 이미 만들어진 CMOS 회로를 건드리지 않으면서 센서를 만들기 위해서는 전체를 절연체로 증착하는 Passivation 프로세스와, 절연체 중에서 센서 부분만을 선택적으로 에칭하는 공정이 필요함. 절연체는 PECVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 이용하여 증착하였으며, 선택적으로 에칭하기 위해서 리쏘그래피를 이용하여 마스크 레이어를 만드는 방식을 사용하였음.



< PECVD 증착 이후에 리소그래피가 끝난 결과(좌)와 이를 이용하여 웨트 에치를 실행한 결과(우)에 대한 현미경 사진 >

○ CMD NPLUS를 위한 PR 코팅 진행

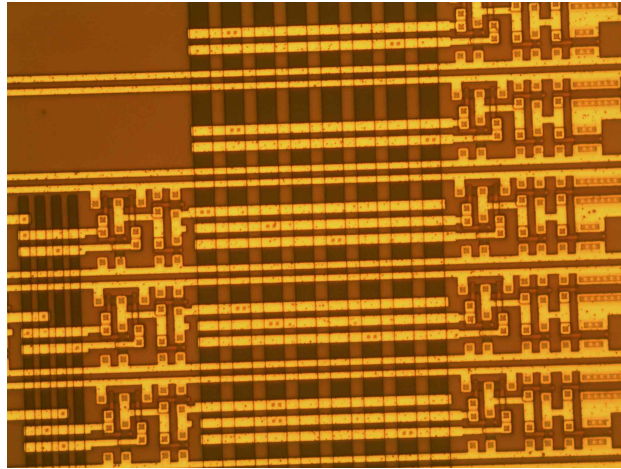
- 이전 공정에서 만들어진 채널에 전류를 흐르게 하기 위해서는 실리콘에 메탈을 댈 수 있는 높은 도핑을 가진 영역을 만들어주는 과정이 필요하며, 이 영역 역시 임플란트로 제작하였음.



<CMD NPLUS에 대한 리소그래피가 끝난 후의 현미경 사진>

○ Metal2 deposition & definition

- 최종적으로 시그널과 전력을 공급할 메탈 레이어를 TiN 과 알루미늄으로 스퍼터링으로 증착 제작하였음. 마스크는 NanoLab에서 리소그래피를 진행하고, 이 리소그래피에 이용되는 감광 필름은 노엘에서 코팅을 진행하였음.



< 각 픽셀에서 Metal2를 증착한 현미경 사진 >

○ 육류 품질 정량화를 위한 지표인자 선정

- 한국의 현행 식육 부패기준

: 현재 우리나라에서 축산물의 가공기준 및 성분규격(2014)에 명시되어 있는 부패육 판정 기준은 다음과 같음.

시 험 항 목	기 준
◦ pH	6.2 ~ 6.3이면 부패초기로 의심
◦ 암모니아 시험	음성
◦ 유화수소 검출시험	미검출
◦ Walkiewicz반응	음성
◦ Trimethylamine	시료 100g중 4mg이하
◦ 휘발성염기질소	시료 100g중 20mg이하

축산물의 가공기준 및 성분규격 (식품의약품안전처 고시, 2014)

< 현행 식품의약품안전처 고시 부패육 판정기준>

: 그런데 강원대학교 동물성식품학 장애라 교수 연구팀이 2014년 수행한 용역연구개발과제 연구보고서에 따르면, 신선육의 pH 값을 신선도 판정지표로 모든 식육에 적용하는 것은 부패판정과 다소 일치하지 않는 부분이 있으므로 식육의 종류에 따라 주의해서 판단해야 하며, 부패육 항목으로 설정되어 있는 유화수소검출, Walkiewicz 반응, Trimethylamine 함량의 경우 식육의 부패 중에 발생하는 미량 물질에 대한 내용으로 부패전의 신선도를 증명하는 지표로서의 사용은 적합하지 않은 것으로 판단됨. 또한 부패육 판정시 이용되는 휘발성염기질소(VBN)의 함량 측정은 도축 후 저온 유통되는

신선 식육의 경우에 적합하고 숙성육이나 가공육제품에 적용은 저장 조건에 따라 휘발성 염기질소의 함량이 매우 다양하게 측정되어 정확한 신선도 측정이 어려운 것으로 나타나고 있으므로, 본 연구과제에서도 대상을 신선 식육으로 한정하여 신선도 측정에 임해야 할 필요가 있음.

- 식육 부패기준에 대한 다른 국내 연구사례

: 고명수 등은 냉장육의 표면에 오염되어 있는 세균 수가 $1.0\sim 5.0\times 10^7$ CFU/cm²일 때 전형적인 이취가 감지되고 $5.0\times 10^7\sim 1.0\times 10^8$ CFU/cm²정도일 때 점질물이 생성된다고 보고함(2001). 탁상범 등은 세균수가 10⁶ CFU/g인 상태부터 초기 부패로 볼 수 있다고 보고함(2005). 한귀정 등은 TBA가 0.46mgMA/kg이상일 경우 관능적 품질에 있어 저하가 인정되었으며, 1.2mg MA/kg 이상일 때 완전히 부패된 것으로 판정함. 또한 VBN값은 5~10mg%일 때 신선한 상태이고, 30~40mg%이면 초기 부패단계라고 판정하였음(2006). 신희영 등은 VBN 함량이 15mg%이상이면 사람이 부패취를 느낄 수 있고, 미생물수가 8~9logCFU/g일 때 관능적으로 불쾌한 부패취가 발생한다고 보고하였음(2006). 김민주 등은 쇠고기의 VBN값이 5~10mg%일 때 신선한 상태라고 판정하였으며, VBN 함량이 15mg%일 때 부패취를 느낄 수 있다고 보고하였음(2011).

○ 육류 품질 정량화를 위한 LinkSquare 1 샘플 데이터 수집

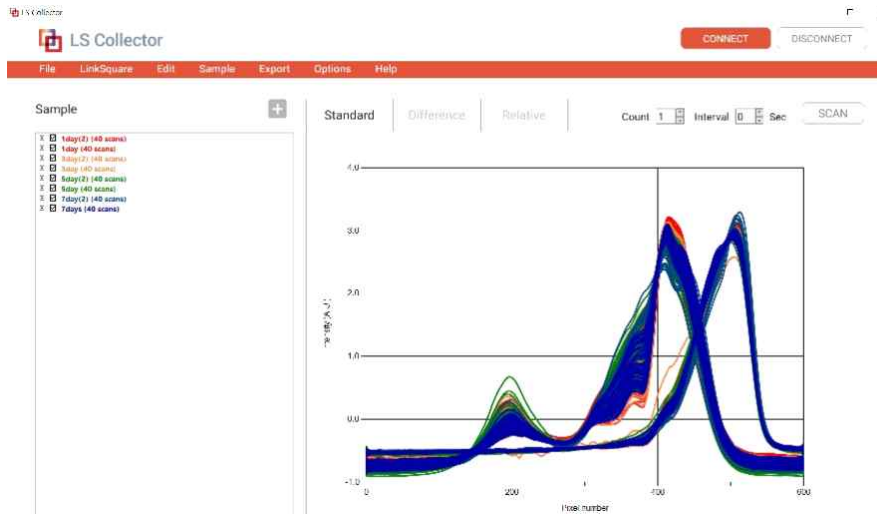
- 실험실 환경에서 저장기간에 따른 샘플 데이터 수집

: 환경변수에 따른 데이터를 링크스퀘어로 수집하고 이를 학습시키기 위해, 가장 먼저 단순화된 1변수 데이터부터 접근하기로 하였음. 그래서 식육의 pH, VBN 값을 연동하지 않고 식육의 저장기간만을 변수로 하였을 때 본 시스템이 가질 수 있는 성능과 그 한계점에 대해 연구하였음.

: 식육의 도축기간 및 저장기간을 통제하기 위해 서울시 관악구에 위치한 한우공판장으로부터 여러 차례에 걸쳐 도축 후 냉장 2일차인 한우육 샘플을 공급받았음. 그리고 이 샘플들을 실험실 환경(온도 4℃, 습도 50%)에서 7일간 보관하면서 1일차, 3일차, 5일차, 7일차의 분광정보를 얻어 이를 인공지능 머신러닝으로 학습시켰음. 충분한 수의 학습이 이루어진 후에는 주관연구기관이 제공하는 어플리케이션 환경을 활용하여 인공지능 머신러닝이 식육의 저장기간을 판정할 수 있는지 시험하였음.

○ 데이터 수집

- 데이터 수집 프로그램은 주관연구기관이 개발한 LS Collector를 사용하였음. 이 프로그램은 개발 장비인 Linksquare와 연동하여 감지 지점의 가시광선 및 근적외선(400~1000nm) 분광정보를 짧은 시간에 파악하여 컴퓨터로 전송하는 프로그램임. 한우육 샘플을 실험실 환경에 저장하고 1일차, 3일차, 5일차, 7일차가 될 때마다 해당 프로그램을 활용하여 분광정보를 습득하였음.



<LS Collector를 이용한 식육 분광정보 수집 화면>

○ 인공지능 머신러닝을 활용한 판정시스템 구축

- 한 주기의 한우육 샘플 분광정보 수집이 완료될 때마다 웹서버 기반의 인공지능 머신러닝 시스템을 구동시켜 한우육의 저장기간과 분광정보의 연관관계를 찾아내는 자기학습을 실시하도록 하였음. 본 인공지능은 CNN(complex neural network, 복합 신경망) 기반으로 각 파장대역(400~1000nm)의 분광정보 하나하나를 수치화하여 저장기간과 매칭시키는 구조를 가지고 있음. Iteration(반복학습) 횟수를 10,000번에서 70,000번까지 조절하여 오버피팅(인공지능이 주어진 정보에 과도 몰입하여 새롭게 받아들이는 정보에 대해 오류를 발생시키는 현상)이 일어나는지에 대해서도 확인하였음.

○ 저장기간 판별 어플리케이션 구축

- CNN으로 분광정보를 학습시키면서 오버피팅(인공지능이 주어진 정보에 과도 몰입하여 새롭게 받아들이는 정보에 대해 오류를 발생시키는 현상)을 확인한 결과 Iteration(반복학습) 횟수가 10,000번일 때와 70,000번일 때 가장 유효한 학습효과 및 판독가능성에 대한 결과를 보였음. 그래서 이 학습결과를 어플리케이션으로 만들었는데, 10,000번 학습시킨 결과에 대한 애플릿을 NV1이라고 이름 붙였고, 70,000번 학습시킨 결과에 대한 애플릿을 NV7이라고 이름 붙여서 시스템에 적용시킴.

- 1일차 시료에 대한 판별시험 결과

: 아래 표에서 나타나듯이 1일차(신선육) 샘플의 경우 대부분 정확하게 판별할 수 있었으며 일부 샘플에 대해 저장 3일차(약간 신선함)로 판정하는 모습을 보였음. 판독불가는 거의 발생하지 않았으며 저장 5일차 이후로 판정하는 경우도 나타나지 않았음. 이후 고찰에서도 언급할 부분이지만 1일차(신선육) 샘플인지 아닌지 판정하는 시스템의 경우 아무런 추가지표 없이 상당부분 가능한 상황으로 판단됨.

1일차 시료	1일로 판정 (적중)	3일로 판정	5일로 판정	7일로 판정	판독불가	합계
NV1 (1만번 학습)	33 (82.5%)	6 (15%)	0	0	1 (2.5%)	40 (100%)
NV7 (7만번 학습)	36 (90%)	4 (10%)	0	0	0	40 (100%)

- 3-5일차 시료에 대한 판별시험 결과

: 시스템은 저장 3일차와 저장 5일차를 쉽게 구분하지 못했음. 이에 대해서는 추가 실험이 필요할 것으로 판단함. 하지만 아래의 표에서 보듯이, 저장 3~5일차를 '신선하지도 않고, 못 먹을 정도도 아닌' 하나의 샘플로 종합한다면 이를 시스템 내에서 구분할 수 있는 것으로 판단됨.

3-5일차	1일로 판정	3-5일로 판정	7일로 판정	판독불가	합계
NV1 (1만번 학습)	0	64 (80%)	7 (8.75%)	9 (11.25%)	80 (100%)
NV7 (7만번 학습)	0	68 (85%)	5 (6.25%)	7 (8.75%)	80 (100%)

- 7일차 시료에 대한 판별시험 결과

: 쇠고기를 일반 냉장환경에 7일 이상 방치하게 되면 부분적으로 변색이 발생하고 사람의 코로도 맡을 수 있을 정도로 황화합물이 발생함. 그런데 본 시스템의 경우 시료 전체를 하나의 덩어리로 판단하는 것이 아니라 한 점의 분광정보를 파악하는 것이기 때문에 시료 전체로 보았을 때 먹기 어려울 것으로 판단되는 쇠고기라도 원래 색이 남아 있는 부분을 스캔하면 저장 3~5일차로 판단결과가 나오는 경우가 있었음. 이에 대한 추가적인 실험이 이루어져야 할 것으로 보임.

7일차 시료	1일로 판정	3일로 판정	5일로 판정	7일로 판정 (적중)	판독불가	합계
NV1 (1만번 학습)	0	3 (7.5%)	13 (32.5%)	21 (52.5%)	3 (7.5%)	40 (100%)
NV7 (7만번 학습)	0	5 (12.5%)	9 (22.5%)	22 (55%)	4 (10%)	40 (100%)

- 최종결과 고찰

: 본 시스템은 어느 정도 냉장이 진행된 쇠고기 샘플의 저장일수(3,5,7일차)에 대해 혼동하는 결과를 보였지만 공판장에서 가져온 지 얼마 되지 않는 저장 1일차 샘플의 경우 높은 적중률로 이를 판단할 수 있었음. 저장 1일차 샘플을 가지고 실험했을 때에는 약 85%의 확률로 이를 저장 1일차로 판단했으며, 이후 저장 1일차가 아닌 3,5,7일차 총 120개 샘플에 대해 이를 저장 1일차로 판단하는 경우는 단 한 건의 결과도 나오지 않았음. 이는 신선육과 냉장숙성육의 경우 분명한 분광정보의 차이가 발생했다는 것이며, Linksquare가 이를 찾아낼 수 있었다는 것을 의미함.

전체 시료	1일차를 1일차로 판정	1일차가 아닌 것을 1일차가 아닌 것으로 판정	합계
NV1 (1만번 학습)	33/40 (82.5%)	120/120 (100%)	153/160 (95.62%)
NV7 (7만번 학습)	36/40 (90%)	120/120 (100%)	156/160 (97.5%)

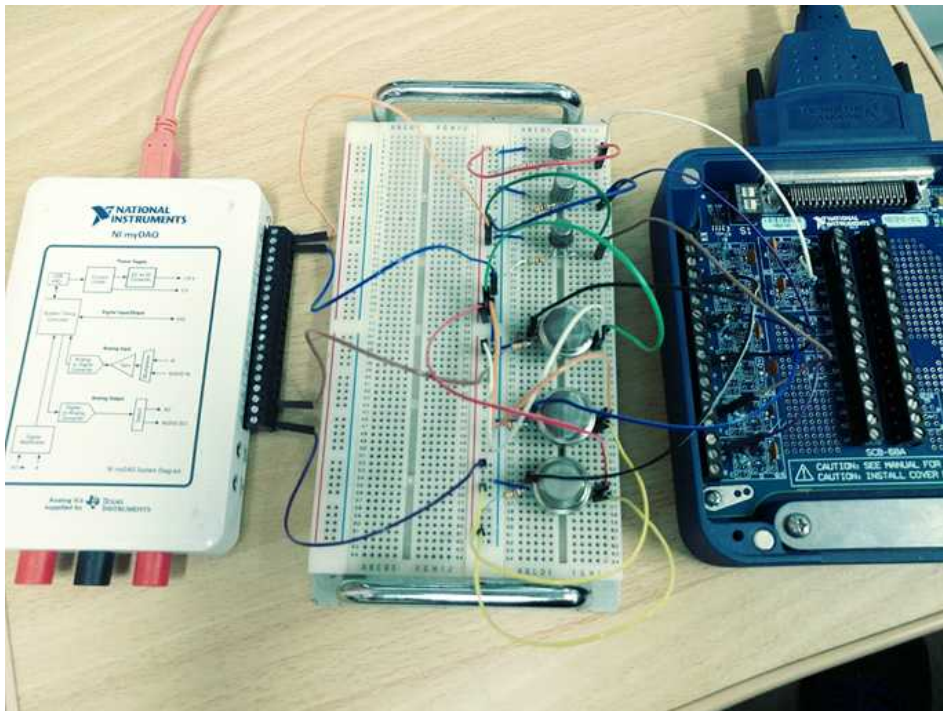
○ 기존 식품 연구에 활용된 가스센서 시스템 분석

- 전자코 시스템은 1982년 영국의 맨체스터대학 퍼사드 교수와 워릭대학의 도드 교수에 의해 최초로 소개되었으며 전자코라는 개념은 일본 Hitch 연구소의 Ikegami 등이 직접화된 센서를 이용하여 향기성분을 측정 한 결과를 보고한 이후, 1991년 '전자코'라는 독립적인 학문 분야로 발전하게 되었음. 이후 전자코 시스템은 1994년부터 프랑스의 Alpha MOS 사의 의해서 최초로 상용화됨. 최근에는 대부분의 센서가 기계식에서 전자식으로 전환되었으며 형태는 소형화되고 기능은 복잡화, 고성능화되면서도 가격은 더욱 낮아지고 있는 추세이지만 이러한 첨단 센서는 일부 선진국에서 독점하고 있음. 전자코를 사용하여 식품의 향을 분석, 평가하는 연구도 여러 방향으로 발전하였음. Tomlinson 등은 맥주의 제품별 향미를 구분하고 페놀함량 분석 결과와 비교하였음. Ashima 등은 6종류의 Metal oxide sensor를 이용하여 커피 향을 분석하였는데 원두커피를 종류별로 구별하는 것보다는 원두커피와 인스턴트커피 간의 구분이 더 명확했음. 이 외에도 신선한 오렌지 과즙과 저온으로 살균한 주스, 농축환원법으로 만들어진 주스간의 향 비교 등 여러 분석에 전자코가 응용되고 있음. 또한 Zannoni Mario는 전자코를 활용한 결과 다양한 종류의 치즈에 대하여 전자코로 분별이 가능함을 보여주었음. 과실의 경우 토마토의 향미를 분석하여 저장온도와 저장기간이 같은 시료들끼리 분류하는 연구가 진행되었고, 이 외에도 농산물의 산지 판별이나 우유의 신선도 예측 역시 가능한 것으로 보고되었음. 또한 충남대학교 바이오시스템기계공학과 조병관 교수 연구팀의 경우 휴대용 전자코 시스템을 개발하여 계육의 냉장 중 신선도를 평가하였는데, 본 연구에서는 이 때 사용한 것으로 알려진 가스센서 어레이의 구조를 참고하였음.

○ 육류의 상태를 파악하는 가스센서 시스템 기초설계

- 시스템 설계 및 고려 인자

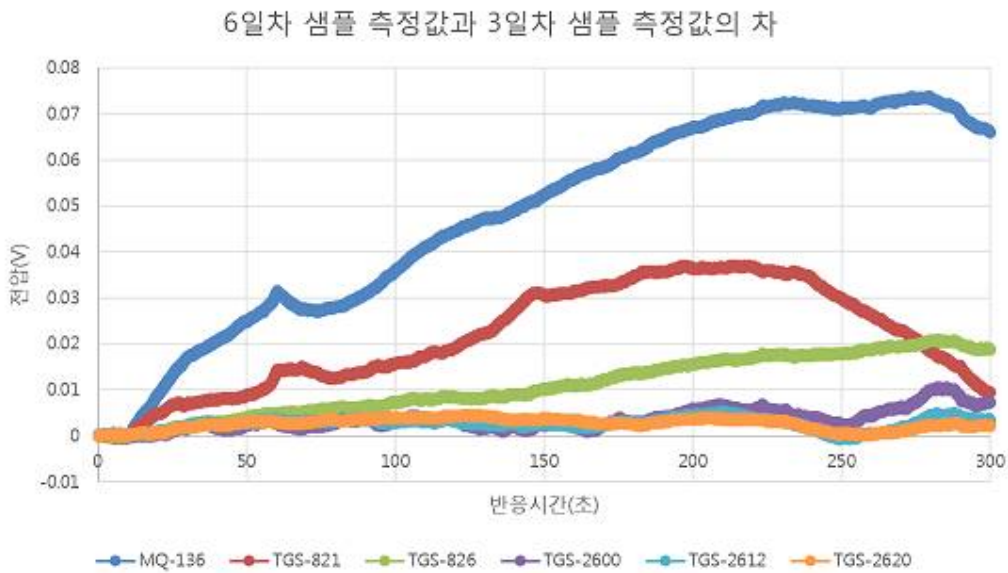
: 1차년도 연구에서는 기본적으로 반도체식 가스센서를 활용하였는데, 이러한 MOS식 센서의 작동 원리는 세라믹 반도체 표면에 감지 대상 가스가 흡·탈착됨에 따라 유도되는 전기 반응을 신호로 보내는 것으로 대상 가스가 없을 때에는 산소를 흡착하여 높은 전기전도성을 나타내고 있다가 대기중 공기질 변화에 따라 가스에 접촉하면서 산소가 떨어져나가 전기전도도의 변화를 일으킴. 본 연구는 한우육의 상태를 감지하는 개별 MOS 센서 모듈의 성능평가를 통해 최적의 가스센서를 확보하고 이러한 센서들을 어레이 구조로 National Instrument 사의 DAQ 장치에 연결시킨 후 동일 회사의 프로그램인 Labview를 통한 데이터 처리 알고리즘을 개발하여 실시간 모니터링을 통한 우육의 상태 판별을 시도하였음.



<가스센서 실험에 사용된 회로와 장치>

: 한우육은 동일 부위를 사용하기 위해 품질관정시 일반적으로 사용되는 등심부위만 시료로 사용하여, 서울시 관악구에 위치한 한우 공판장으로부터 도축 바로 다음날의 한우육을 입수하여 소량(약 20g)씩 잘라 밀폐용기에 넣고 저장기간에 따라 가스센서에 반응시켰음. 센서에 대한 반복 반응을 확인하기 위해 각 3회의 테스트를 거침. 각 가스센서는 초기 전원공급 이후 약 10분 정도의 신호 안정화 시간이 필요하였음. 신호처리장치에 Low-pass filter를 달아 신호가 튀는 현상을 막고자 했고 본 실험이 진행되는 동안에는 안정적인 센서 신호를 받을 수 있었음. 센서 신호가 안정화되면 저장 3일차, 6일차 한우육을 시료 주변에 놓고 아크릴로 만든 덮개를 덮어 한우육에서 발생하는 가스가 외부로 빠져나가지 않고 센서와 반응할 수 있도록 하였음.

: 아래 그래프에 6일차 반응 전압과 3일차 반응 전압의 차를 나타내었음. 반응이 빠르고 신호세기가 강한 MQ-136이 가장 활용도가 높은 것으로 나타났고, TGS-821의 경우에는 시간에 따라 신호세기가 약해지는 패턴이 그대로 드러났기 때문에 판별 시스템에 적용하기 전 이 문제를 해결해야 할 것으로 보임. 나머지 4개 센서 중에서는 암모니아를 감지하는 TGS-826이 저장 3일차와 6일차에서 눈에 띄는 신호세기 차이를 보였음. 이는 암모니아 성분 자체가 저장 초기에는 잘 발생하지 않다가 본격적으로 부패가 시작되는 저장 후반부에 발생한다는 것을 나타내는 결과라고 할 수 있음. 나머지 센서들은 유효한 결과를 보이지 못함.



<3일차, 6일차 센서별 샘플 반응 그래프>

- 결론

: 한우육의 상태를 감지하는 개별 MOS 센서 모듈의 성능평가를 통해 최적의 가스센서를 확인하고자 하였음. 이를 위해 한우육을 저장기간에 따라 반응시키는 가스센서 어레이를 설계하고 실시간 모니터링 시스템을 구축함. 한우육을 저장기간에 따라 가스센서에 반응시킨 결과 황화수소 센서와 암모니아 센서의 경우 기본 반응속도 및 저장기간 분류 가능성에 있어서 긍정적인 지표를 제시할 수 있었음.

< 2차년도 >

○ 육류 품질 등급 정량화를 위한 지표인자 선정

- 한국과 미국, 일본 등 여러 국가의 식육 품질 기준 비교

: 한국의 식육 부패기준 및 쇠고기 등급 기준의 경우 1차년도 연구를 통해 이미 파악하였는데, 그 내용을 요약하여 서술하면 다음과 같음.

시 험 항 목	기 준
◦ pH	6.2 ~ 6.3이면 부패초기로 의심
◦ 암모니아 시험	음성
◦ 유화수소 검출시험	미검출
◦ Walkiewicz반응	음성
◦ Trimethylamine	시료 100g중 4mg이하
◦ 휘발성염기질소	시료 100g중 20mg이하

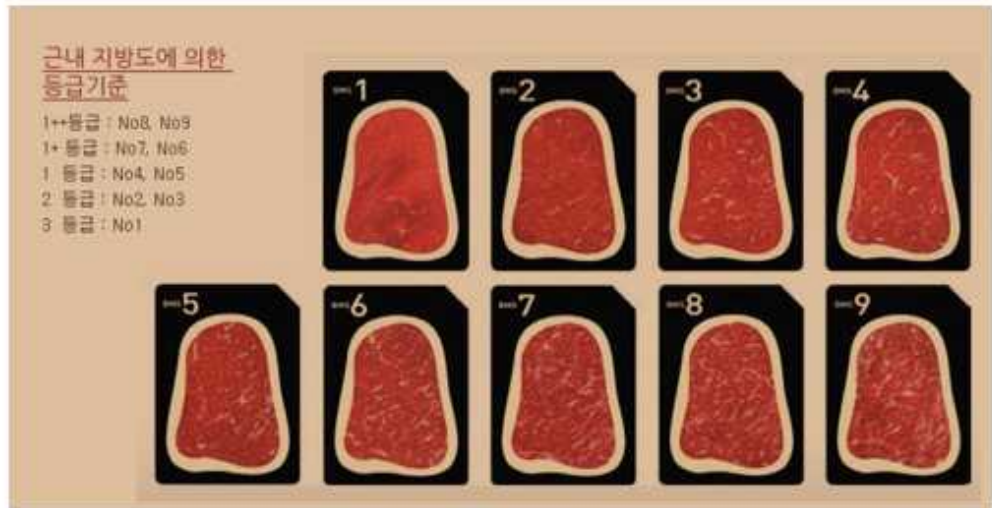
축산물의 가공기준 및 성분규격 (식품의약품안전처 고시, 2014)

< 현행 식품의약품안전처 고시 부패육 판정기준 >

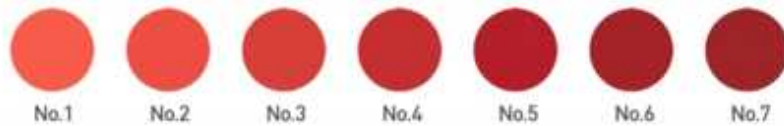
: 고명수 등은 냉장육의 표면에 오염되어 있는 세균 수가 $1.0 \sim 5.0 \times 10^7$ CFU/cm²일 때 전형적인 이취가 감지되고 $5.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^8$ CFU/cm²정도일 때 점질물이 생성된다고 보고함(2001). 탁상범 등은 세균수가 10⁶ CFU/g인 상태부터 초기 부패로 볼 수 있다고 보고함(2005). 한귀정 등은 TBA가 0.46mgMA/kg이상일 경우 관능적 품질에 있어 저하가 인정되었으며, 1.2mg MA/kg 이상일 때 완전히 부패된 것으로 판정함. 또한 VBN값은 5~10mg%일 때 신선한 상태이고, 30~40mg%이면 초기 부패단계라고 판정하였음(2006). 신희영 등은 VBN 함량이 15mg% 이상이 되면 사람이 부패취를 느낄 수 있고, 미생물수가 8~9logCFU/g일 때 관능적으로 불쾌한 부패취가 발생한다고 보고하였음(2006). 김민주 등은 쇠고기의 VBN값이 5~10mg%일 때 신선한 상태라고 판정하였으며, VBN 함량이 15mg%일 때 부패취를 느낄 수 있다고 보고하였음(2011).

: 본 연구과제의 위탁연구기관인 축산물품질평가원은 한우의 등급을 책정할 때에 근내지방도(마블링), 육색, 지방색, 조직감(텍스처), 성숙도를 기반으로 판정함. 먼저 근내지방도(마블링)에 의한 최초등급을 책정한 후 육색, 지방색, 조직감, 성숙도에서 추가적인 가점 또는 감점이 이루어지는 구조임. 근내지방도(마블링) 위주의 등급판정이 정당한 것인지에 대한 문제제기 및 토론이 최근들어 이루어진 결과 근내지방도(마블링)의 역할보다 육색, 조직감(텍스처)을 강조하는 새로운 등급기준을 결정하는 중에 있음.

1. 근내지방도(마블링) 기준 : 배최장근 단면에 나타나 있는 지방 분포도의 정도를 봅니다.



2. 육색 : 배최장근 단면의 고기의 색깔을 보고 정합니다.



3. 지방색 : 배최장근 단면의 근내지방과 주위 근간지방, 등지방의 색깔을 보고 정합니다.



4. 조직감 : 등급판정부위에서 배최장근 단면의 보수력과 탄력성을 보고 정합니다.

5. 성숙도 : 왼쪽 반도체 척추 가시돌기 연골의 골화정도를 보고 정합니다.

< 현행 축산물품질평가원 한우 판정 매뉴얼 >

- 미국의 식육 부패기준과 쇠고기 등급 기준

: 미국 농무부(USDA)의 식품안전검사국(FSIS)은 'Beef from farm to table(2015 개정)'이라는 문서에서 쇠고기를 관리하는 농장에서부터 유통, 소비에 이르는 과정에 대한 주의사항을 서술하고 있음. 쇠고기 부위와 저장 방법에 따른 적합 조리법과 저장기간을 명시해 놓고 있는데, 대체적으로 냉장은 3~5일, 냉동은 6~12개월까지 저장 가능한 것으로 보고하고 있음.

Home Storage of Beef Products

If product has a "Use-By" Date, follow that date. If product has a "Sell-By" Date or no date, cook or freeze the product by the times on the following chart.

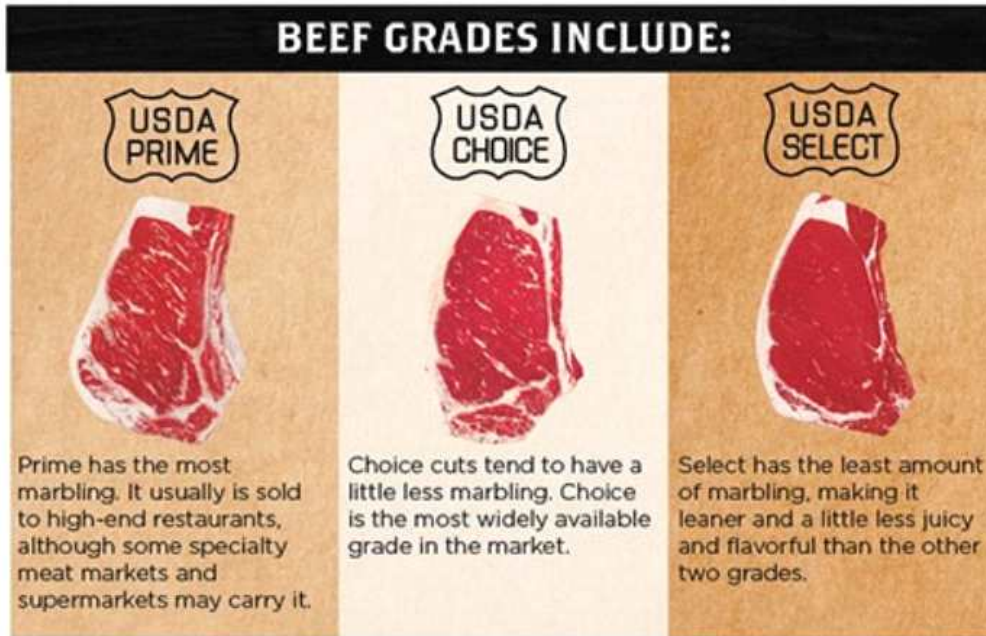
Storage Times for Beef Products		
Product	Refrigerator 40 °F (4.4 °C)	Freezer 0 °F (-17.8 °C)
Fresh beef roast, steaks, chops, or ribs	3 to 5 days	6 to 12 months
Fresh beef liver or variety meats	1 or 2 days	3 to 4 months
Home cooked beef, soups, stews or casseroles	3 to 4 days	2 to 3 months
Store-cooked convenience meals	1 to 2 days	2 to 3 months
Cooked beef gravy or beef broth	1 or 2 days	2 to 3 months
Beef hot dogs or lunch meats, sealed in package	2 weeks (or 1 week after a "Use-By" date)	1 to 2 months
Beef hot dogs, opened package	7 days	1 to 2 months
Lunch meats, opened package	3 to 5 days	1 to 2 months
TV dinners, frozen casseroles	Keep Frozen	3 to 4 months
Canned beef products in pantry	2 to 5 years in pantry; 3 to 4 days after opening	After opening, 2 to 3 months
Jerky, commercially vacuum packaged	1 year in pantry Refrigerate 2 to 3 months	Do not freeze

Last Modified 3월 24, 2015

< 미 농무부 기준 쇠고기 저장유통 기간 >

: 또한 미 연방규정(Code of Federal Regulations)의 식품 관리규정에 따르면 쇠고기의 경우 E-Coli 허용한계치는 100 CFU/cm²이고 13개 샘플 중 10개 이상이 이 조건을 만족시켜야 통과됨. Salmonella의 경우 육우는 1.0%가 허용 한계치이며 82개의 샘플 중 81개 이상이 조건을 만족해야 검역기준을 통과할 수 있다. 젓소는 2.7% 기준으로 53개의 샘플 중 48개가 통과해야 함.

: 미국의 쇠고기 등급 기준은 1926년에 처음 발표되었다. 전세계에서 처음 발표되어 이후 한국과 일본을 비롯한 각국이 기준을 마련하기 위한 기반이 되었음. 미국의 쇠고기 등급은 Ungraded, Select, Prime, Choice의 4단계로 나누어져 있음. 미국의 경우 등급표시제 참여가 의무사항이 아니기 때문에 이에 참여하지 않는 농장에서 나온 쇠고기들은 모두 Ungraded 처리가 된다. 즉 실제로 판정하는 쇠고기는 3단계로 나누어짐.



< 미국의 쇠고기 등급제 (3단계) >

: 그림에서 확인할 수 있듯이 등급을 결정하는 가장 큰 요소는 근내지방도(마블링)임. 하지만 미국산 육우의 특성상 근내지방이 가장 많은 Prime 등급도 한우 등급판정시에는 9단계 중 5~6단계 정도에 해당함. 또한 미국산 소는 성숙도를 근내지방도(마블링) 다음 가는 기준으로 치는데, 성숙도가 C 이하로 판정되는 늙은 소의 경우 위 세가지 등급 중 어떤 것도 받을 수 없음.

RELATIONSHIP BETWEEN MARBLING, MATURITY, AND CARCASS QUALITY GRADE¹

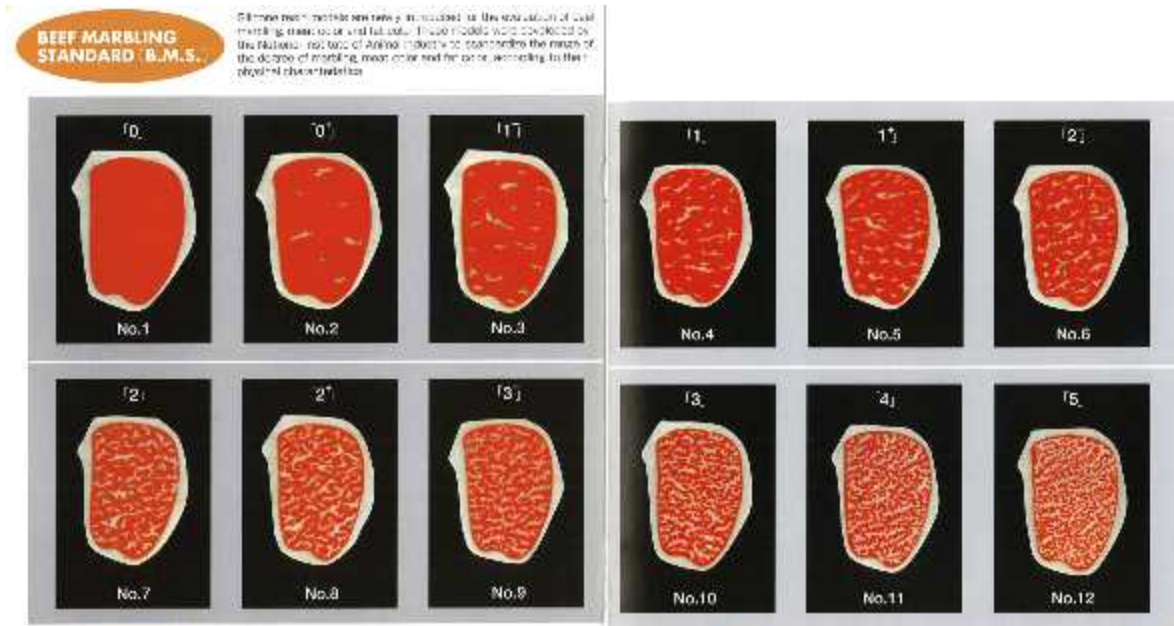
Degrees of Marbling	Maturity				
	A	B	C	D	E
Slightly Abundant	PRIME				
Moderate					
Modest	CHOICE				
Small					UTILITY
Slight	SELECT				
Traces					CUTTER
Practically Devoid	STANDARD				

< 근내지방도와 성숙도를 고려한 미국의 쇠고기 등급 판정체계 >

- 일본의 식육 부패기준과 쇠고기 등급 기준

: 일본의 식품 안전기본법과 JAS(농림수산성)에 의해 규정되어 있는 육류제품의 성분규격은 다음과 같음. 식육 제품 1kg당 아질산염이 0.07g을 초과하여 검출되어서는 안되고, 건조제품이나 가열제품에서는 대장균이 검출되어서는 안됨. 비가열제품의 경우 1g당 100마리 이하는 통과됨. 일본의 식품학실험법에 의한 규정의 경우 pH는 신선육이 pH 5.5, 초기부패육이 pH 6.0~6.2로 정의되어 있으며 미생물은 1g에 1천만마리가 넘는 경우 초기부패로 판정함. VBN의 경우 5~10mg%는 신선육, 20mg%까지는 시판 가능으로 분류하고 그 뒤는 초기부패로 판정함.

: 일본의 쇠고기 등급 기준은 세계 어느 나라보다 근내지방도(마블링) 중심으로 이루어져 있음. 근내지방 점수를 1번부터 12번까지 세밀하게 나누고 이것을 BMS(Beef Marbling Standard)라고 부른다. 이 점수에 따라 쇠고기는 5개 등급으로 구분됨.



< 일본의 쇠고기 마블링 판정체계(BMS)>

- 캐나다, 호주 등을 포함한 각국의 쇠고기 등급 기준 비교

: 각국의 소 도체 등급 판정기준을 표로 정리하면 다음과 같음. 각국은 소 도체가 도축된 직후 냉장과정을 거쳐 냉도체 상태에서 등뼈 사이를 수직으로 절개한 단면으로 등급판정을 실시함. 다만 EU는 온도체를 대상으로 등급을 판정하고, 육량등급이 전체 판정에서 차지하는 비중이 높음. 한국, 일본, 미국, 캐나다의 육질등급 판정항목은 국가별로 다소 차이는 있지만 대체적으로 근내지방도(마블링)를 중심으로 육색, 지방색, 성숙도를 확인할 수 있음.

한국	일본	미국	캐나다	호주
제13흉추~ 제1요추사이	흉추6~7번 사이	흉추12~13번 사이	흉추12~13번 사이	흉추10~11번 사이

< 소도체 등급판정 부위 비교 >

국가	육량등급항목	육질등급항목	등급의 종류	
			육질	육량
한국	•등심단면적 •도체중 •등지방 두께	•근내지방도 •육색 •지방색 •조직감 •성숙도	육질	1 ⁺ , 1 [*] , 1, 2, 3
			육량	A, B, C
일본	•등심단면적 •도체중 •갈비두께 •등지방 두께	•근내지방도 •조직감 •육색 •지방색과 질	육질	5, 4, 3, 2, 1
			육량	A, B, C
미국	•등지방두께 •신장·골반·심장 주 위 지방량 •도체중 •등심단면적	•근내지방도 •육색 •성숙도	육질	Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, Canner
			육량	1, 2, 3, 4, 5
캐나다	•지방등급과 근육등 급으로 구성 •비육 •피하지방 •체형	•근내지방도 •육색 •지방색 •성숙도 •육조직	육질	Prime, AAA, AA, A, B1, B2, B3, B4, D1, D2, D3, D4, E
			육량	(육량) 1, 2, 3 * 단, Prime 및 A등급에 한함

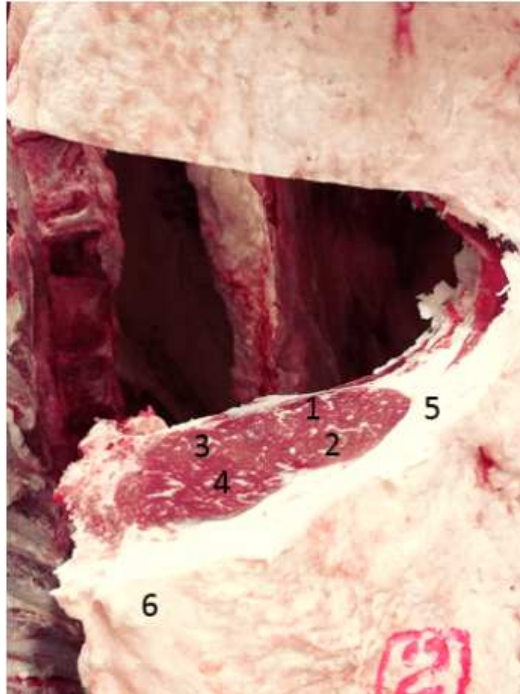
< 소도체 등급판정 기준 비교 >

○ 근적외선을 이용한 육류의 품질 판정을 위한 데이터 수집

- Linksquare 1을 이용하여 육류 등급을 측정할 수 있는 시스템 개발을 위해 기초 데이터를 수집함. 다음 장에서도 서술하겠지만 단일점 조사가 이루어지는 기기 특성상 도축된 소 도체의 여러 지점을 지정 수집하여 적합 근적외선 조사영역을 연구하고자 하였고, Linksquare 1의 측정 파장대역인 400~1000nm에서의 스펙트럼을 모두 수집하여 파장대역별 데이터 분류도 시도하였음.
- 1차 실험은 2018년 4월 24일부터 5월 18일까지 4주간 매일 충북 음성군에 위치한 음성 축산물공판장에서 진행되었음. 이곳은 현재 대한민국에서 하루에 처리되는 소 도체의 양이 가장 많은 곳이기 때문에 육색과 지방색, 그리고 나아가서는 성숙도와 조직감에 있어서도 가장 넓은 분포를 가지는 데이터를 수집할 수 있음.
- 1차 실험의 수행 방식은 다음과 같이 진행됨. 우선 본 연구팀 소속 실험자가 축산물품질평가원 관계자의 도움을 받아 축산물공판장 내부에 위치한 도축 도체가 보관되어 있는 냉장실에 입장함. 그곳에서 실험자는 Linksquare 1과 자신의 안드로이드 디바이스를 연결하여 소 도체의 스펙트럼 데이터를 수집함. 이 때, 적합 조사영역 설정을 위해 각 도체에서 측정되는 부위와 순서는 일정하게 유지하였음.



< 소 도체에서 스펙트럼 데이터를 수집하는 모습 >



< 소 도체에서 스펙트럼 데이터를 수집한 부위 및 순서 >

- 위 그림에 나타나 있는 순서대로 하나의 도체에서 6번의 스펙트럼 데이터를 획득하였다. 1~4번은 육색 판정과 조직감 판정 시스템을 만들기 위해 수집하였고 5번과 6번은 지방색 판정 시스템 개발에 사용하였음. 다만 하나의 도체 내에서 일부분만 매우 다른 형질이 나타나는 경우를 고려하지 못한 문제가 있었음.
- 본 연구팀의 실험자는 데이터를 수집할 때 이 도체의 고유번호만 입력함. 스펙트럼 데이터 수집이 모두 완료된 후 축산물품질평가원의 감정평가사로부터 해당 도체의 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등의 정보가 포함된 자료를 전달받아 스펙트럼 데이터와 매칭시키는 방식을 채택하였음.

	A	B	C	D
1	날짜	도체번호	육색	지방색
404	180509	100	5	3
405	180509	101	5	3
406	180509	102	4	3
407	180509	105	6	3
408	180509	106	4	3

< 축산물품질평가원에서 제공한 도체 정보 데이터 파일의 일부 >

- 2차 실험은 2018년 6월 5일부터 7월 31일까지 약 2개월간 비정기적으로 수행되었음. 장소는 1차 실험과 같은 음성축산물공판장이었고 사용된 장비 역시 Linksquare 1과 안드로이드 태블릿으로 큰 차이가 없었음. 다만 데이터 수집 방식에 있어서 약간의 변화가 있었음. 1차 실험에서는 실험자가 임의로 도체를 선정하여 데이터를 수집하여 데이터 분포가 일정하지 않았는데, 2차 실험에서는 축산물품질평가원 소속 감정평가가가 먼저 그날 들어온 소 도체들의 상태를 파악하고 데이터 분포가 균질하도록 실험 대상 도체를 지정하면 실험자가 그 후에 해당 도체의 스펙트럼 데이터를 수집하였음.

○ 데이터 수집 결과

- 2번에 걸친 데이터 수집 기간을 통해 한우 1,636두에 대한 스펙트럼 데이터를 수집하였음. 육색은 3번부터 7번까지 나타났으며, 자연 상태에서는 육색 5번이 가장 많은 출현 비율을 보여주나 육색 5번과 6번을 구분하는 기계학습의 정확도를 높이기 위해 2차 실험에서 육색 6번에 해당하는 스펙트럼 데이터를 집중적으로 수집한 결과 육색 6번이 가장 많은 비율을 차지하게 되었음. 지방색은 2번부터 7번까지 나타났는데 자연 상태의 출현 비율대로 3번이 약 70%의 비율을 차지하였음. 조직감은 육색에 따라 분포에 큰 차이를 보였음. 육색 5번 데이터 중에서는 조직감 12번, 13번으로 판정된 개체가 65%를 넘는 반면 육색 6번 데이터에서는 조직감 21번, 22번이 77%의 출현율을 보였음.

총합	육색 1번	육색 2번	육색 3번	육색 4번	육색 5번	육색 6번	육색 7번
1,636	0	0	11	171	588	844	22
100%	0%	0%	0.7%	10.5%	35.9%	51.6%	1.3%

< 수집된 육색 데이터 분포 비율 >

총합	지방색 1번	지방색 2번	지방색 3번	지방색 4번	지방색 5번	지방색 6번	지방색 7번
1,636	0	65	1,143	327	55	34	12
100%	0%	4.0%	69.8%	20.1%	3.3%	2.1%	0.7%

< 수집된 지방색 데이터 분포 비율 >

육색 5번 총합	조직감 11번	조직감 12번	조직감 13번	조직감 21번	조직감 22번	조직감 23번	조직감 31번
588	21	160	229	134	36	7	1
100%	3.6%	27.2%	38.9%	22.8%	6.1%	1.2%	0.2%

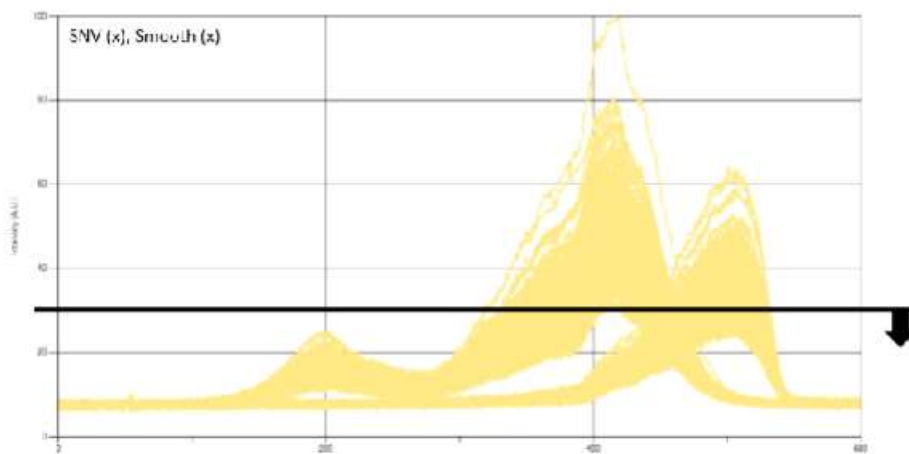
< 육색 5번 샘플들의 조직감 분포 비율 >

육색 6번 총합	조직감 11번	조직감 12번	조직감 13번	조직감 21번	조직감 22번	조직감 23번	조직감 31번
844	0	15	114	362	294	58	1
100%	0%	1.8%	13.5%	42.9%	34.8%	6.9%	0.1%

< 육색 6번 샘플들의 조직감 분포 비율 >

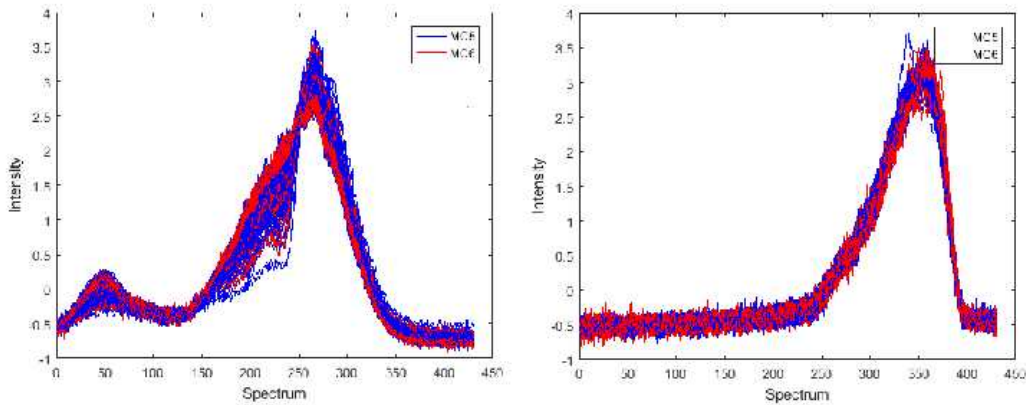
○ 기본적인 데이터 전처리 및 기계학습 시스템 구축

- 수집된 스펙트럼 데이터는 총 1,636두 x 6회 측정 = 9,816개인데 이 데이터들은 측정 한 부위가 다르고 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등의 고유값도 각자 다름. 이 데이터들을 아무런 처리 없이 기계 학습 시킨다고 해서 이 모든 조건을 구별할 수는 없음. 그러므로 구분하고자 하는 목표를 확실히 하고 전처리를 통해 학습을 방해할 여지가 있는 애매모호한 형질의 데이터를 제거해야 함. 결과적으로 스펙트럼 데이터를 모두 한 그래프에 배열했을 때 다른 스펙트럼과 비교하여 최고점의 A.U. Intensity 값이 30 이하를 나타내는 스펙트럼의 경우 실질적인 광학 특성 측정이 제대로 이루어지지 않은 것으로 간주하여 학습 대상에서 제외하였음.



< 학습 제외 데이터 결정 방법 >

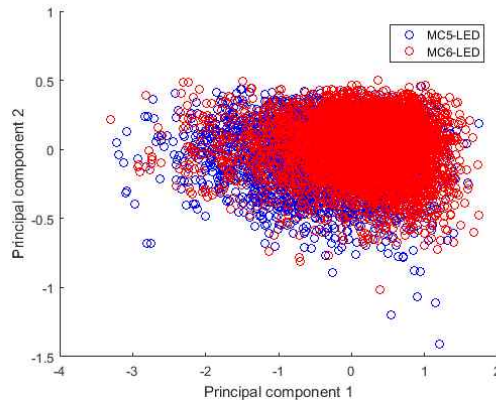
- 전처리 후 남은 데이터들은 여러 가지 목표를 위해 특성별로 재분류하였음. 가장 먼저 시도한 것은 육색 판별 시스템을 만드는 것이었는데, 육색 1번부터 7번까지를 모두 판별하는 시스템을 만들기에는 데이터 분포가 일정하지 않은 문제가 있었음. 육색 1번과 2번은 2차례에 걸친 실험기간 내내 단 하나의 도체에서도 나타나지 않았고, 3번과 7번 역시 1% 내외의 출현율을 보여 학습을 통한 패턴 분석을 하기에는 무리가 있었음. 그래서 우선 많이 나타나는 육색 5번, 6번에서 나타나는 스펙트럼 그래프의 패턴을 파악하고, 이를 구분하기 위한 기계학습 시스템을 구축하였음.



< MATLAB 환경에서 표현한 육색 5번, 6번의 스펙트럼 데이터

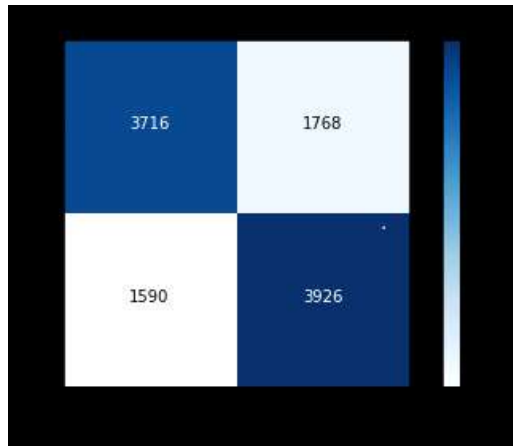
(좌: LED 광원, 우: Bulb 광원) >

- 기계학습 가능성을 기초적으로 알아보기 위해 MATLAB 환경에서 육색 5번, 6번 스펙트럼의 그래프를 표현한 다음 주성분 분석(PCA)을 시도하였음. 스펙트럼 데이터는 각 픽셀마다 Intensity 값을 가지는 다변수 데이터인데 이를 선형 연관성이 없는 저차원 표본으로 변환하기 위해 직교 변환을 사용하였음. 이러한 차원 축소는 데이터들의 시각화에 유용한데, 이번 실험을 통해 얻은 데이터들은 PCA 분석으로 보았을 때 영역이 혼재되어 있어 직관적인 구분이 쉽지 않았음.



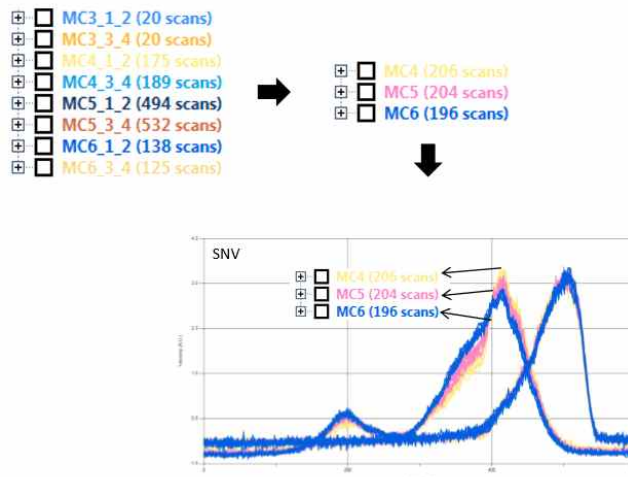
< MATLAB 환경에서 표현한 육색 5번, 6번 데이터에 대해 주성분 분석을 사용한 결과 >

- 주성분 분석으로 얻어진 데이터에 대해 SVM(Support Vector Machine) 기법을 사용하여 육색 5번과 6번에 대한 구분을 시도하였음. SVM 알고리즘은 주어진 데이터 집합을 바탕으로 데이터가 사상된 공간에서 가장 큰 폭을 가진 경계를 찾는 알고리즘임. 결과적으로 시스템은 육색 구분에 있어서 69.47%의 정확도를 나타내었는데, 이는 실용화하기에 낮은 수치이다. 따라서 본 연구팀은 스트라티오 코리아가 구축한 CNN(convolution neural network) 알고리즘에 의한 학습을 시도하였다.



< SVM으로 육색 5번, 6번을 구분한 결과 >

- CNN(convolution neural network) 기반의 기계학습은 자체 웹서버에서 주로 진행되었음. 본 연구에 사용된 CNN 구조는 6개의 convolution layer, 1개의 ReLU(Rectified Linear Unit) layer, 그리고 3개의 fully-connected layer와 pooling layer로 구성되어 있음. 일반적으로 CNN은 2D 이미지 분석에 사용하는데 본 연구의 스펙트럼 데이터는 1D 구조를 가진 파형이기 때문에 이에 맞게 layer 구조를 수정하였음.



< CNN 기반 학습을 위한 데이터 구분 >

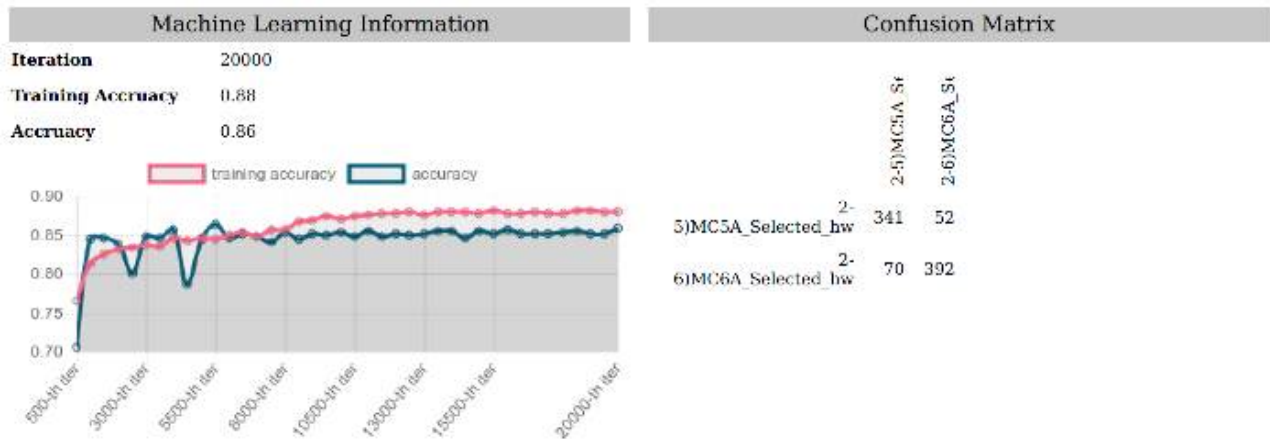
- 스펙트럼 데이터는 CNN 구조의 입력 벡터에 제공됨. Linksquare 1 기기 내부에 포함된 2개의 광원인 LED와 전구에서 각각 데이터를 받았기 때문에 한 세트의 입력은 2개의 1D 스펙트럼 데이터로 구성되어 있음. 한번의 실험으로 얻은 데이터지만 이 2개의 스펙트럼은 CNN 구조 내에서 마지막 pooling layer에 도달할 때까지 개별적으로 처리되다가 마지막에 연결되어 원하는 출력(육색, 지방색)에 대한 한가지의 결론을 도출함.
- CNN 기반의 기계 학습 알고리즘 교육은 NVidia GeForce GTX Titan X에서 Torch 프레임 워크를 사용하여 구현되었음. 입력한 데이터의 90%는 기계학습에 사용되고 10%는 유효성 검사를 위해 남겨둠. 유효성 검사 데이터의 정확도가 일정량 이상 증가하지 않을 때까지 충분한 수의 학습을 반복하게 됨.

10000	Iteration	3	numFCLayer Number of FCN layer
		separated	modelFlag
3	convSize Convolution layer size	32	miniBatchSize
2	stride Stride determines the number of pixels to skip when performing a convolution.	0.1	learningRate Learning rate in one try
2	poolSize Pooling layer size	0	weightDecay
256	maxNumConvFeat Max number of Convolution feature	0.9	momentum
512	fcNumFeat Number of FCN feature		

< CNN 학습을 위한 주요 인자 결정 >

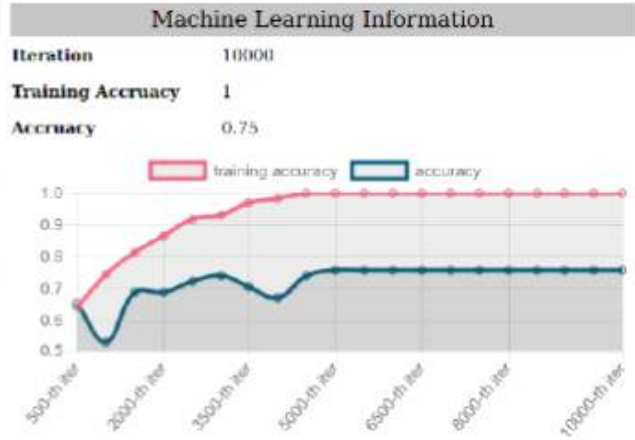
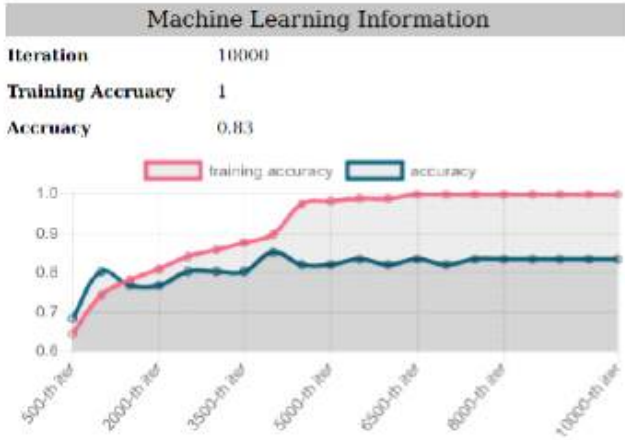
○ 전체 데이터 학습 결과

- 현행 축산물품질평가원 감정평가 기준에 의하면 육색은 4번 또는 5번으로 판정되었을 경우를 최고 등급으로 하고, 3번 또는 6번으로 판정되면 근내지방도(마블링)에 의해 얻은 등급을 하나 깎도록 되어 있음. 그런데 육색 3번은 자연 상태에서 약 1% 내외의 아주 낮은 출현율을 보이는 반면 육색 6번은 약 20% 정도로 어렵지 않게 찾아볼 수 있음. 이에 육색 5번과 6번을 확실하게 구분하는 시스템을 구축하는 것을 첫 목표로 하였음.



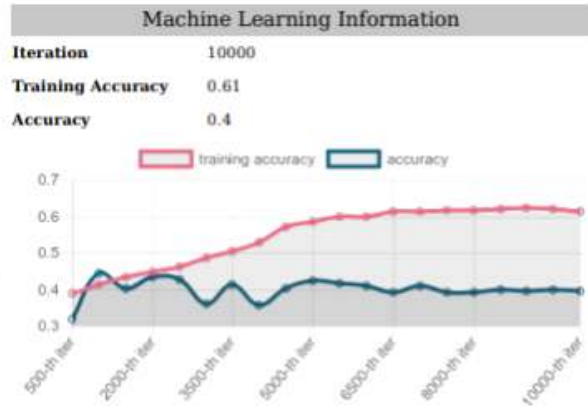
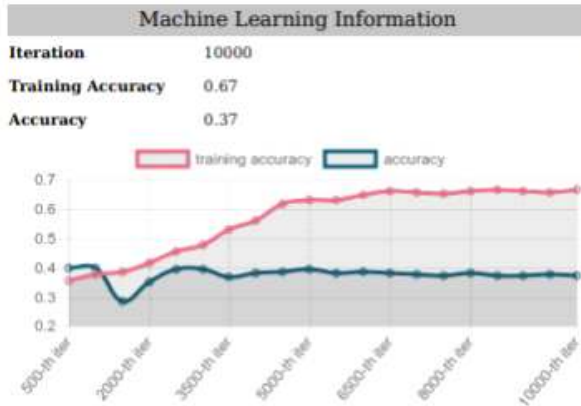
< CNN 기반 기계학습에 의한 육색 학습 결과 >

- 앞서 기계학습 서버 설정에서도 서술하였듯이 전체 데이터의 90%를 이용하여 육색 5번과 6번의 스펙트럼 데이터를 구분하는 학습을 시키고, 남은 10%의 데이터를 통해 이를 검증하는 작업을 반복하여 진행하였음. 2만번의 반복학습을 거친 결과 시스템은 88%의 정확도로 육색 5번과 6번 스펙트럼을 구분할 수 있었고, 이를 학습시키지 않은 데이터로 검증한 결과 86%의 정확도를 보였음.
- 지방색은 현행 감정평가 기준에 의해 4번과 5번 사이를 구분하는 것이 중요함. 그리고 한 도체에 대해서 표면 육색을 4번, 표면 지방색을 1번, 측면 지방색을 1번 측정한 실험 방법에 따라 지방색은 표면 측정 결과와 측면 측정 결과를 다르게 취급할 수밖에 없었고, 결과적으로 각각 육색에 비해 훨씬 적은 데이터 표면을 가지고 학습을 진행해야 했음. 데이터 표본이 적으면 오버피팅이 발생할 가능성이 높아지는데, 이 오류는 적은 수의 데이터를 지나치게 반복해서 학습하다 보니 새로운 데이터 또는 향후 발생할 데이터의 경향을 제대로 파악하지 못해 발생함. 전체 데이터의 90%를 사용하여 학습시킨 Accuracy와 나머지 10%를 통해 검증한 Accuracy의 차이가 크면 오버피팅을 의심할 수 있음.



< CNN 기반 기계학습에 의한 지방색 학습 결과(좌 : 도체 측면, 우: 도체 표면) >

- 기계학습을 통해 지방색을 구분시킨 결과는 다음과 같음. 기본적으로 측면 지방색과 표면 지방색 학습결과 모두 Training Accuracy는 100%를 달성했으나, 이는 학습 과정에서 오버피팅이 발생한 것으로 보임. 그 결과 검증 Accuracy는 측면 지방색 83%, 표면 지방색 75%로 모두 육색을 학습시켰을 때보다는 낮은 결과를 보였으나 적절한 수준의 Accuracy를 보여 현장 실증 시험은 가능할 것으로 판단됨.



< CNN 기반 기계학습에 의한 조직감 학습 결과(좌 : 육색 5번, 우 : 육색 6번) >

- 조직감은 기본적인 Training에서부터 문제가 드러난 것으로 보이며, 일반적인 식육 물성 비파괴 검사에 사용되는 1200~1600nm 파장대역의 데이터를 얻은 후에야 온전히 학습시킬 수 있을 것으로 보임. 이정도 수준의 Accuracy로는 현장 실증 시험에 투입해도 우연에 의한 결과밖에 나오지 않기 때문에, 이 학습 결과에 대한 실증시험은 진행하지 않기로 결정하였음.

○ 육류 품질 판정을 위한 적합 근적외선 조사영역 연구

- 단일점 조사 방식의 특징

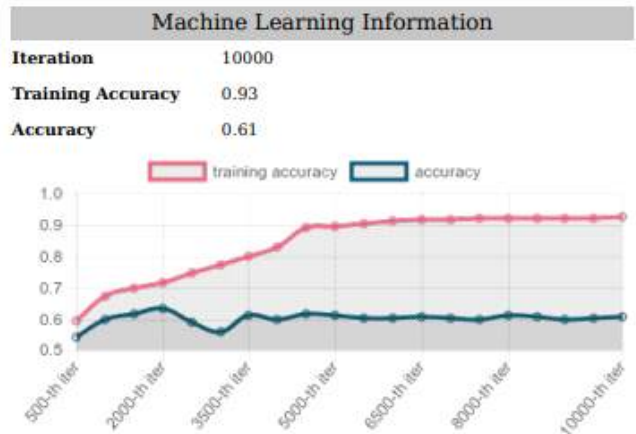
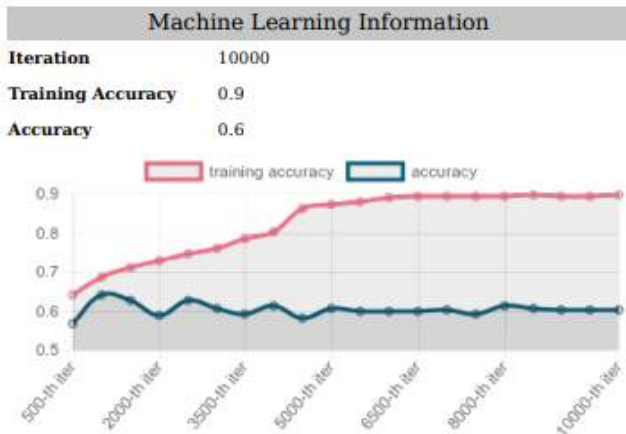
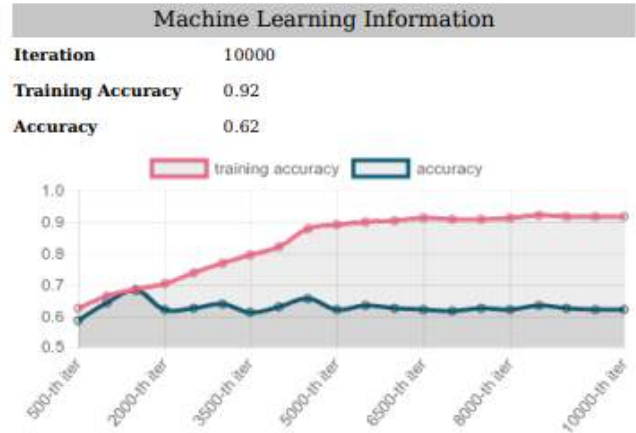
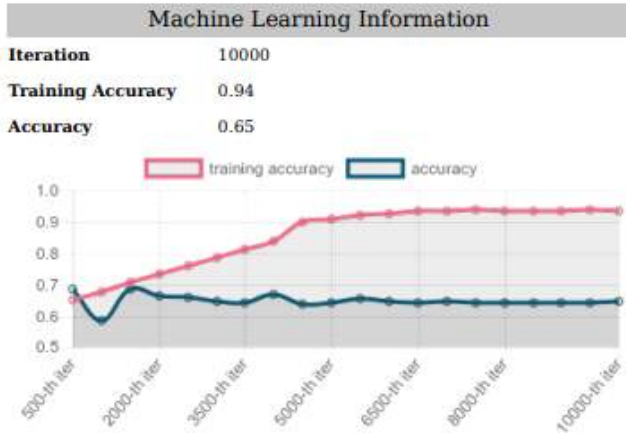


< 좌 : 등심영상 획득 장치, 우 : Linksquare 1 >

: 왼쪽 사진은 성균관대학교 황헌 교수 연구팀이 개발한 소도체 품질 자동 계측 시스템(등심 영상 획득 장치)이다. 원통 모양의 카메라로 등심 전체의 영상을 획득하여 마블링 구조와 육색을 파악한다. 그 대신 장치 구성이 번거롭고 이동하기 어려운 단점이 있음. Linksquare 1은 좁은 영역에 투사하여 스펙트럼을 획득하는 단일점 조사 방식을 채택하고 있다. 이는 한우 등심면 전체의 이미지를 카메라로 획득하는 영상처리 방식에 비해 휴대성과 실용성이 높아지는 확실한 장점이 있음. 그 대신 한우 도체가 생물학적 특성에 의해 일부분만 변색 등의 상태변화를 겪을 경우 잘못된 정보가 입력될 가능성이 있고, 이에 대한 대처가 어려워지는 측면이 있음.

- 조사영역별 데이터 재분류 및 학습

: 이러한 측면을 보완하기 위해 본 연구에서는 데이터를 수집할 때부터 한우 등심면의 붉은색 근육 부위 스펙트럼 데이터를 4개 위치로 분류하여 도체의 성질을 가장 잘 표현할 수 있는 적합 조사부위를 찾고자 하였음. 지방색은 처음부터 등심면 표면에 위치한 지방과 도체 측면에 남아있는 지방색을 따로 수집하여 학습시켰음.



< 육색 데이터를 측정부위별로 각각 나누어 학습시킨 결과 >

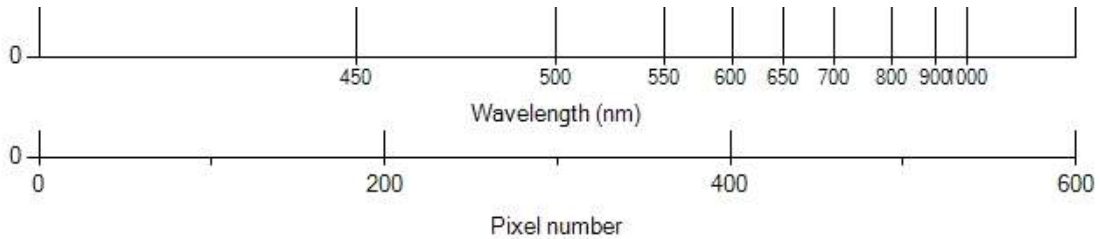
측정 부위	좌상단	우상단	좌하단	우하단
육색 학습 결과	TA 0.94	TA 0.92	TA 0.9	TA 0.93
	A 0.65	A 0.62	A 0.6	A 0.61

: 전체적으로 학습 데이터 양이 줄어들면서 오버피팅이 발생함. 전체 데이터의 90%를 사용하여 학습시킨 Accuracy와 나머지 10%를 통해 검증한 Accuracy의 차이가 30% 전후로 크게 나타나는 경향을 보임. 압도적으로 확실한 성능을 나타내거나 뒤처지는 결과를 나타낸 부분은 없었는데, 등심 표면 상단 데이터가 하단보다는 나은 예측 성능을 보였음. 이는 소 도체의 크기와 데이터 수집 현장의 측정상 상단을 측정할 때가 환경 조명의 영향을 덜 받기 때문인 것으로 분석됨.

○ 육류 품질 판정을 위한 최적 파장대역 선정

- 파장대역의 분류

: 현재 실험에 사용된 Linksquare 1의 유효 측정 파장대역은 400~1000nm이다. 이는 파장 분류에서 극히 일부의 적외선과 가시광선 전체 부분, 그리고 근적외선에 해당함. 이미지 획득 픽셀은 총 600개를 사용하는데 이는 400~1000nm까지 각각의 픽셀이 1nm에 해당하는 것이 아니라 파장길이에 따른 차이가 있음.



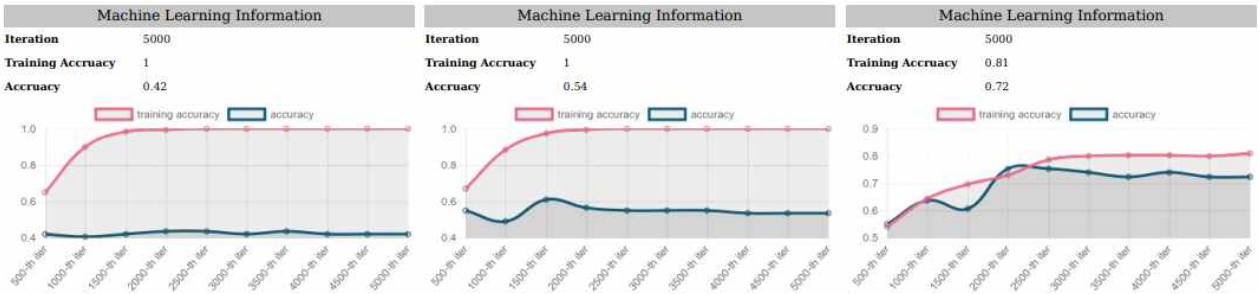
< Linksquare 1의 픽셀 번호와 파장대역 사이의 관계 >

- 파장대역별 데이터 재학습

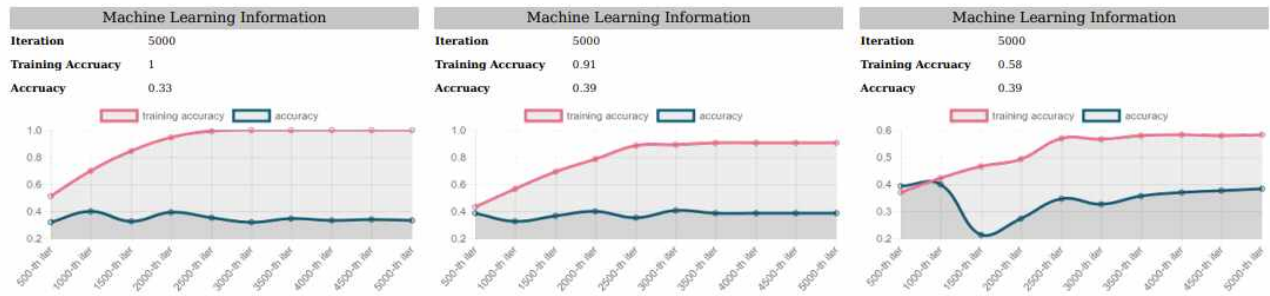
: 최적 파장대역 선정을 위해 픽셀 넘버 기준으로 0~200, 200~400, 400~600 구간의 데이터를 잘라 따로 학습시켜 보았음. 이때 픽셀 넘버 0~200은 자외선과 자색 가시광선, 200~400은 자색과 적색을 제외한 가시광선, 400~600은 적색 가시광선과 근적외선에 해당한다고 할 수 있음. 학습은 스트라티오 웹서버의 CNN 기반 기계 학습 알고리즘을 그대로 따랐으며 육색 5번과 6번, 지방색 4번과 5번을 구분하도록 하였음. 전체 데이터의 90%를 이용하여 스펙트럼 데이터를 구분하는 학습을 시키고, 남은 10%의 데이터를 통해서 이를 검증하는 작업을 반복하여 진행하였음.

: 파장대역별 데이터 재학습 역시 전체 데이터 학습 결과에서 나쁘지 않은 결과를 보였던 육색과 지방색만을 대상으로 하였음. 일반적으로 농산물에 있어서 조직감과 같은 물성은 1000nm를 초과하는 적외선 영역에서 패턴을 확인할 수 있는 경향이 있기 때문에, 쇠고기에 대해서도 조직감에 대한 정보를 더 명확히 알기 위해서는 이번 실험으로 수집된 파장대역 이외의 정보가 추가로 필요할 것으로 판단하였음. 육색은 표면 전체 데이터를 적합 근적외선 조사영역 설정 없이 취합하였고, 지방색은 전체 데이터 학습 결과에서 더 나은 결과를 보였던 측면 지방 데이터를 학습 대상으로 설정하였음.

- 결과 분석을 통한 최적 파장대역 선정



< 픽셀 단위로 자른 데이터로 육색을 학습한 결과 >



< 픽셀 단위로 자른 데이터로 측면 지방색을 학습한 결과 >

픽셀 번호 (과장)	0~200 (자색,자외선)	200~400 (가시광선)	400~600 (적색,근적외선)	전구간 (400~1000nm)
육색 학습 결과	TA 1	TA 1	TA 0.81	TA 0.88
	A 0.42	A 0.53	A 0.72	A 0.86
지방색 학습 결과	TA 1	TA 0.91	TA 0.58	TA 1
	A 0.33	A 0.38	A 0.38	A 0.83

< 픽셀 단위로 자른 데이터 학습 결과 (TA : Training Accuracy, A : Test Accuracy) >

: 결과적으로 보았을 때 일부 파장 대역으로만 학습을 시키는 것은 전체적으로 좋지 않은 Accuracy를 나타내었다. 거의 모든 구간에서 예측 성능이 절반 이하로 떨어지면서 실질적으로 사용할 수 없는 학습 결과를 보임. 다만 Training Accuracy가 과도하게 높아지면서 오버피팅이 일어난 것이 문제일 뿐 데이터 수가 적정해지면 학습 성능이 좋아질 여지는 있는 것으로 보임. 또한 적색~근적외선 파장 대역(600nm 이상)의 스펙트럼만으로 육색을 학습시킨 결과는 기계학습 알고리즘을 생각했을 때 추후 1000nm 이상의 파장대역의 데이터를 얻게 되었을 때 같이 활용될 여지가 있는 것으로 보임.

- LinkSquare 1과 LinkSquare S1 (NIR)을 모두 이용해서 얻어진 분광 정보를 모두 이용하여서 육류의 품질 등급과 신선도 기준 설정에 활용 예정
 - LinkSquare 1을 이용한 2번에 걸친 데이터 수집 기간을 통해 한우 1,636두에 대한 스펙트럼 데이터를 수집 데이터들은 전처리를 거친 후 여러 가지 판정 목표를 위해 특성별로 재분류하였음.
 - 현재 판매되고 있는 LinkSquare 1 기기는 소고기 신선도 측정뿐만 아니라, 당도나 신선도 측정과 같은 식품 품질 관리부터, 의약품 등의 인증, 혹은 물질 확인 등의 이미 실생활에 유용한 기능들을 제공하고 있으며 다양한 업계에서의 협업요청도 꾸준히 지속되고 있음.
 - 2019년도 하반기에 출시 예정인 LinkSquare NIR은 근적외선 영역에 대한 분광해상도가 10nm 내외로 LinkSquare 1의 적외선 해상도 30-50nm보다 5배 정도 개선된 진정한 의미의 적외선 분광기임. 이를 활용하여 LinkSquare 1에서 놓쳤던 부분에 대한 분석을 추가로 할 수 있을 것으로 기대됨.
- 최종 수요자인 축산 품질 평가원의 요구 사항 반영
 - 수요자인 축산 품질 평가원의 편의성을 위해 LinkSquare 1 사용 매뉴얼 전달 후, 실증 시험을 수행한 결과 축산물품질평가원 측에서는 어플리케이션과 개발장비를 이용한 판정의 속도 및 만족감을 표시하였음.
 - 축산 품질 평가원 측의 수요인 등급 측정 정확도 증가를 위해 시스템이 기존 데이터를 학습 결과 시스템은 88%의 정확도로 육색 5번과 6번 스펙트럼을 구분할 수 있었고, 이를 학습시키지 않은 데이터로 검증한 결과 86%의 정확도를 보였음. 이와 같이 데이터 간의 경계를 편향되게 학습한 것을 확인하여 피드백 후 재학습을 실시하여 상품화로서의 가치를 증명하였음.



< 최종 수요자인 축산 품질 평가원 편의성을 높이기 위해 작성한 사용자 매뉴얼 >

- UX/UI를 개선하여 일반 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 어플리케이션 개선
 - CNN 인공지능을 활용하여 일반 사용자들도 사용할 수 있는 AI Platform 개발 완료: ai.linksquare.io
 - LS collector로 수집한 데이터를 연구자 또는 일반 사용자가 이용할 수 있는 AI Platform 서비스를 개발하였음.

- 데이터를 AI Platform에 업로드 하여 기계학습을 한 후 해당 알고리즘 모델은 결과를 실행할 수 있는 LinkSquare app 으로 연동이 됨.
- 기존 서버에 'share'기능을 추가하여 서버 이용자들에게 결과를 공유할 수 있도록 업데이트 하였음.

축산물 품질 평가원

Version 27

Created 2018-08-12 18:21 | Hyowon
Updated 2018-08-13 14:50 | Hyowon

Basic Information

[New] 육색, MCS, MC6, ratio 0.9, 그래프 정리3, SNV,
Clipping 150-580

Uploaded data file:
File.zip

Processed data file:
File.zip
[Change Data File](#)

Data File (Must be a ZIP-file)

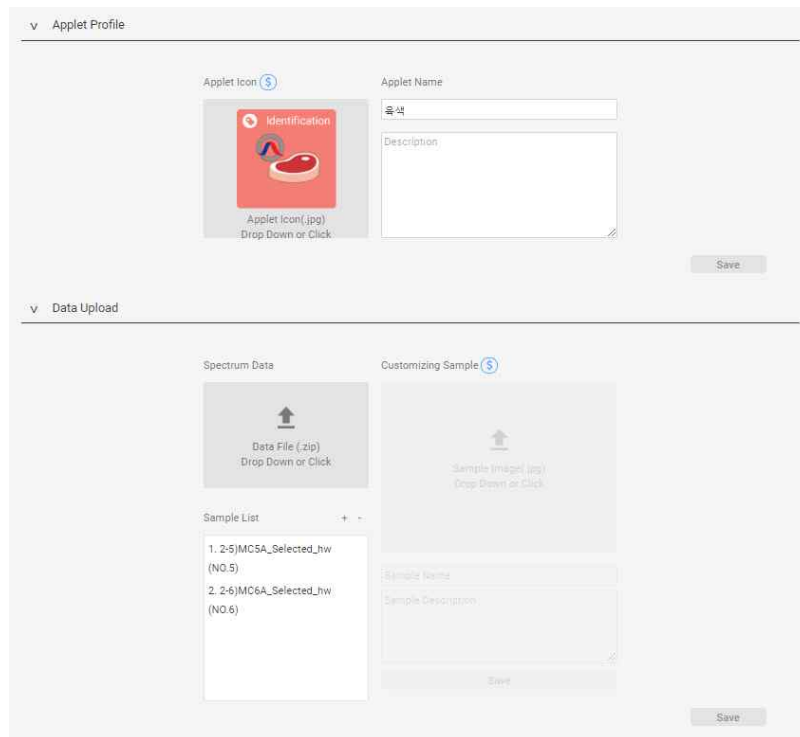


Training Information

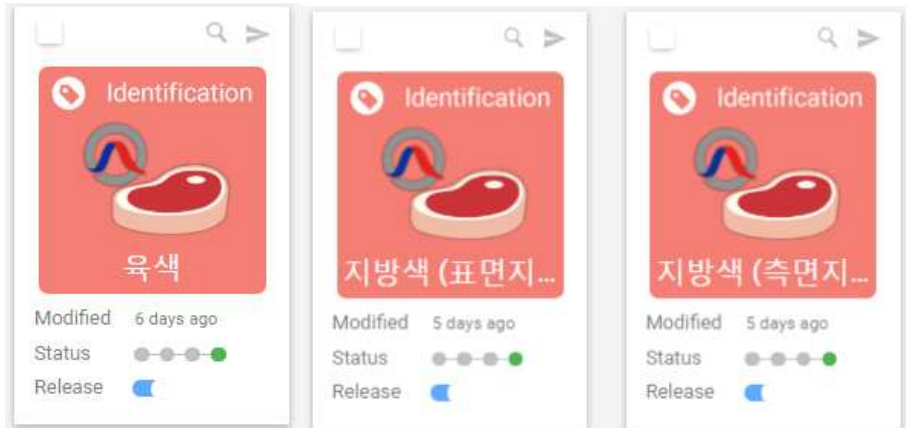
20000

Iteration

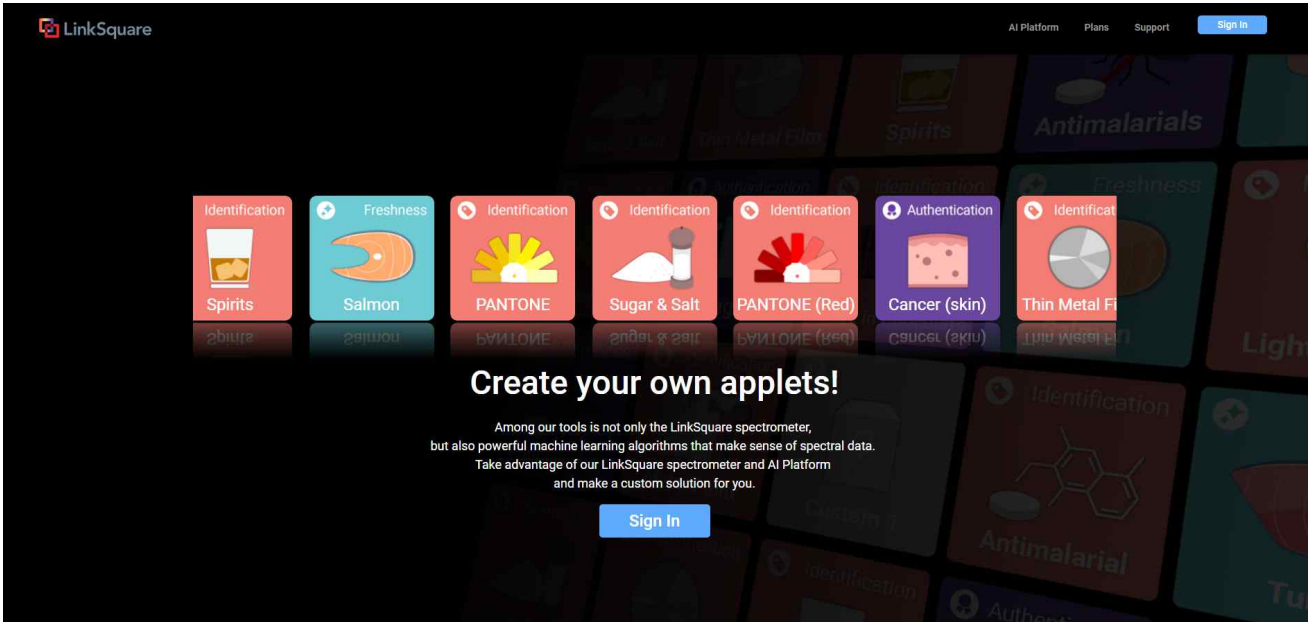
[Advanced Options](#)



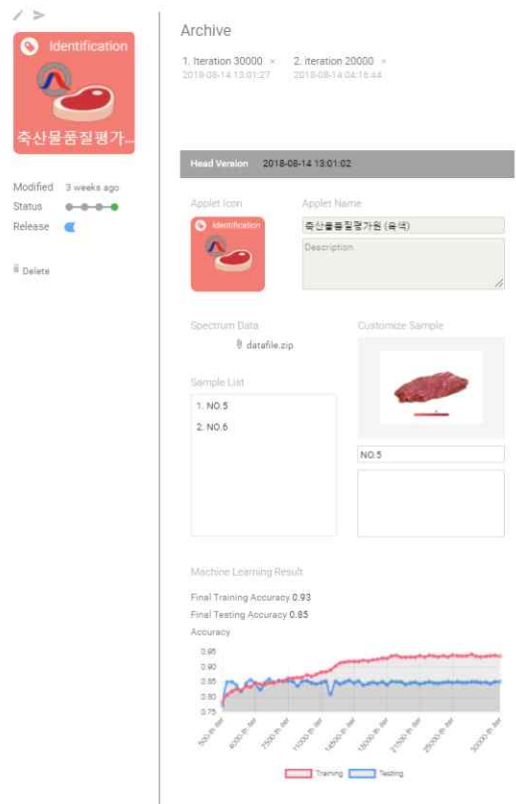
< 예전 AI Platform 버전(상), 당해연도 7월에 업데이트 된 일반 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 AI Platform (하) 데이터 업로드 화면 캡처>



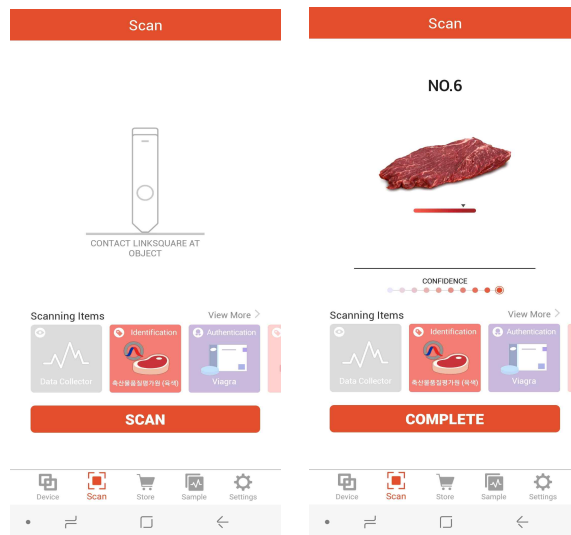
< 예전 AI Platform 버전(상), 당해연도 7월에 업데이트 된 일반 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 AI Platform (하) 머신러닝 트레이닝 진행 상황 화면 캡처>



< AI Platform의 메인 화면 >

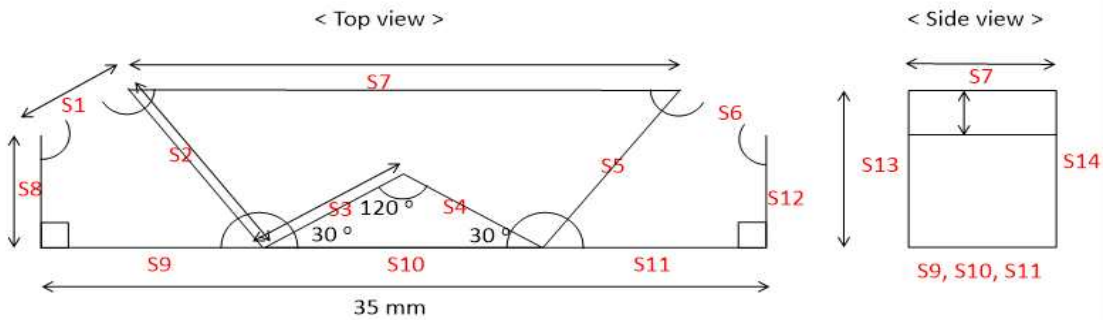


< AI Platform에서 기계학습을 시킨 후 LinkSquare app에 연동되는 정보를 확인하는 화면 >



< LinkSquare app에서 실제 결과를 확인하는 화면,
육류품질 6등급 및 6등급에 해당되는 스펙트럼 app화면 제시 >

- 근적외선 파장(800-1600nm)에 대해 분광 정보 측정이 가능하도록 LinkSquare S1 시제품용 프리즘 프로토타입 완성.
 - Analog-Front-End (AFE) 회로를 개발하였음.
 - 근적외선 분광기(LinkSquare S1)용 PCB보드 조립 제작 완성하였음.
 - 근적외선 라인 센서용 소형 분광 광학 시스템 설계를 완료하였음.
 - LinkSquare S1 또는 NIR용 PCB 보드 및 소프트웨어에서 광원 세기의 증가, 센서 노출 시간 증가, 프레임 평균을 통한 고주파 노이즈 감소 등의 방법을 이용하여, 잡음이 LSB 1bit 수준으로 감소하였음.

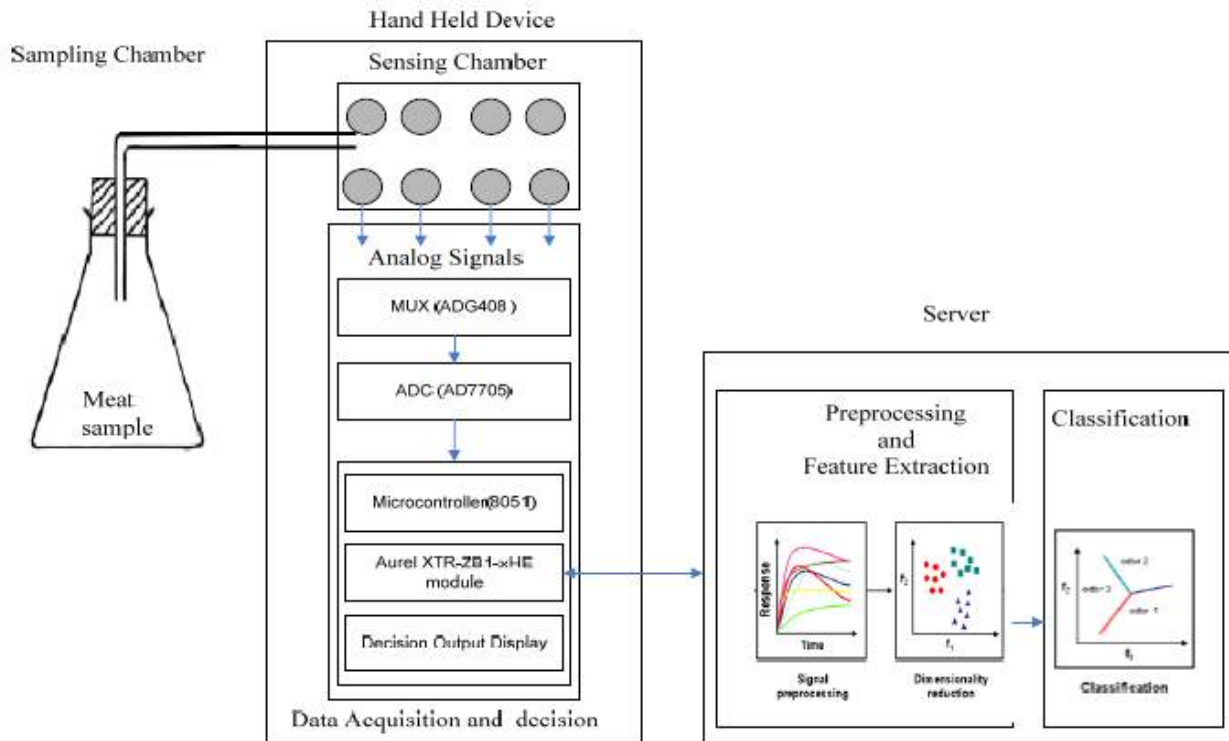


< LinkSquare S1 시제품 내부 시스템 프리즘 개념도 >



< LinkSquare S1 시제품 내부 시스템 프리즘 실사 정면(좌) 및 측면(우) >

- 신선도 판정을 위한 후각센서 모듈 개발
 - 문헌 분석을 통한 기준 가스센서 선정
 - : 후각 센서를 이용한 신선도 감지는 지속적인 연구가 진행되고 있음. 그 중 Najam ul Hasan 등이 2012년에 Sensors에 발표한 'Meat and Fish Freshness Inspection System Based on Odor Sensing'에서 부패육의 이취를 감지하는 센서 시스템에 대한 기본적인 구조가 제시되어 있음.



< 부패육 판정을 위한 후각 센서 모듈 시스템 >

- Sensing Chamber에 사용된 센서들은 각각 오존, LPG, 일산화탄소, 질산화물질, 알콜, 연기, VOC(휘발성 유기화합물), 암모니아를 감지할 수 있도록 구성되어 있음. 각각의 센서에서 감지된 신호를 종합하여 ANN(Artificial Neural Network), SVM(Support Vector Machine), KNN(K-Nearest Neighbor)을 통해 학습시킨 후 식육의 상태를 파악하는 시스템을 구축하고자 하였음. 해당 논문에서는 KNN을 이용한 결과가 가장 유효한 것으로 나타남.
- Dedy Rahman Wijaya 등이 2016년에 International Review on Computers and Software에 기고한 ‘Sensor Array Optimization for Mobile Electronic Nose’는 식육을 직접적으로 다루고 있지는 않지만 가스 센서 어레이를 모듈화함에 있어서 가장 효율적인 조합을 모색하여 시스템을 최적화하고자 하였음. 이를 위해 11개의 센서가 조합된 센서 어레이와 아두이노 와이파이 보드를 사용하였고, 결과적으로 MQ2, MQ4, MQ6, MQ9, MQ135, MQ136, DHT22의 7개 센서를 사용하는 것이 가장 좋은 결과를 나타내었다고 보고하였음.

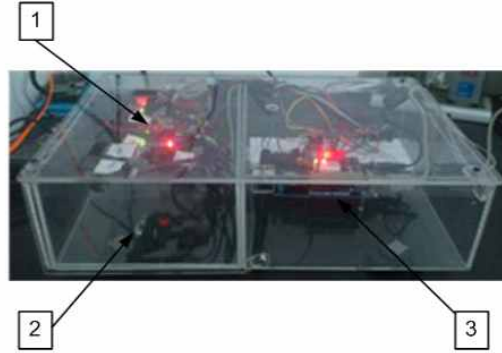


Fig. 2. MoLen Sensor Box: (1) Gas sensor array; (2) Sample chamber; (3) Arduino microcontroller and Wifi-Shield

< Wijaya 등(2016)이 제작하여 사용한 센서 모듈 >

- 위 논문의 저자인 Dedy Rahman Wijaya 등은 2017년에도 4th Information Systems International Conference 2017이라는 학회에서 위 논문의 내용을 발전시킨 연구 결과를 발표하였음. 위 논문에서 가장 좋은 결과를 나타내었던 7개의 센서만을 사용하여 다시 센서 모듈을 만들고, 쇠고기의 부패과정동안 센서 신호를 파악하여 부패육을 판정하고자 하였음.

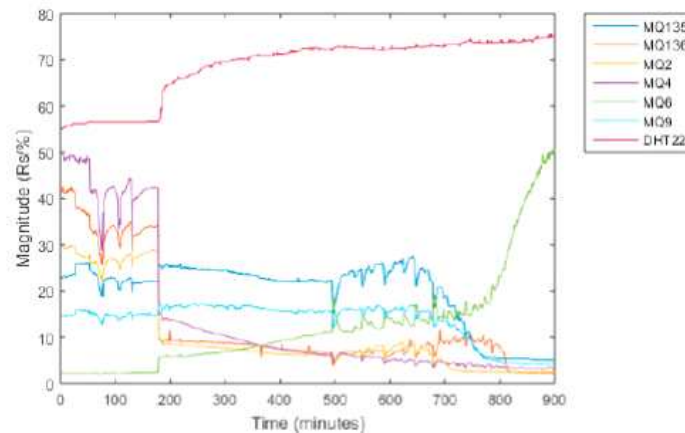
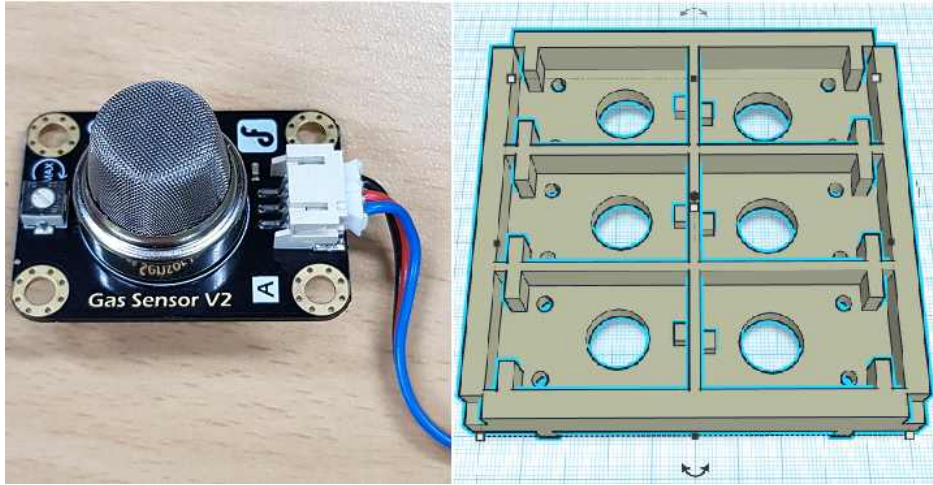


Fig. 4. E-nose signals during beef spoilage process

< Wijaya 등(2017)이 쇠고기의 부패 과정에서 얻은 센서 신호 >

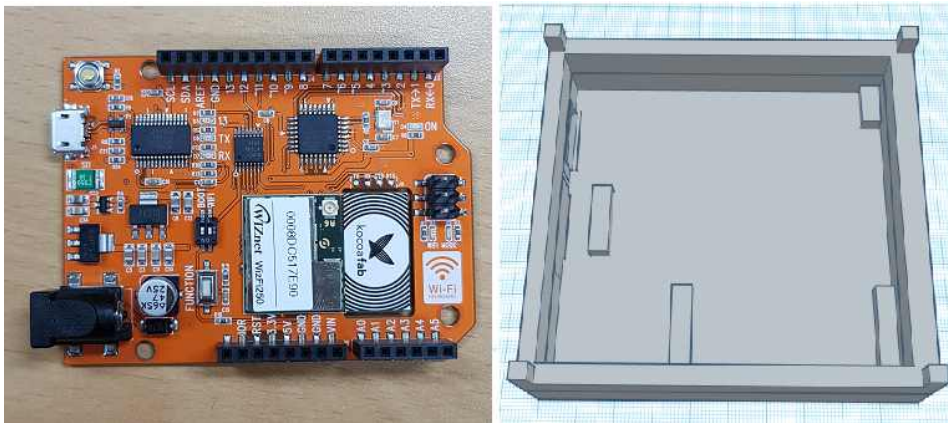
○ 3D 프린팅 설계를 이용한 센서 모듈 제작

- Wijaya 등이 제작한 센서 모듈에서 아이디어를 얻어 여러 개의 가스센서에서 들어오는 입력을 동시에 처리할 수 있는 시스템을 제작하고자 하였음. MQ 시리즈(MQ2, MQ4, MQ6, MQ9, MQ135, MQ136) 가스 센서들은 모두 동일한 규격을 가지고 있기 때문에 센서 어레이를 3D로 구성할 때 균일한 모양을 나타내었음.



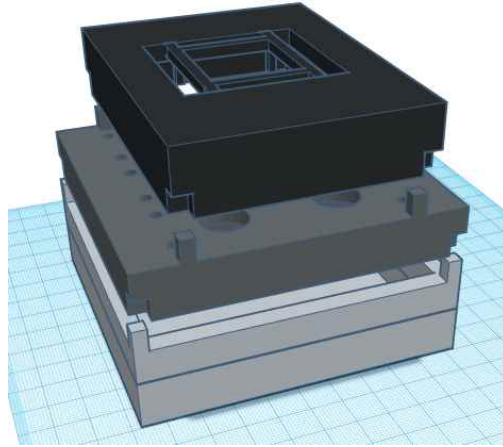
< 좌 : MQ2 센서 소자, 우 : 센서 어레이 3D 설계 도면 >

- 이러한 가스 센서들의 데이터는 아두이노 보드를 이용하여 취합하는 것이 가장 간편함. 아두이노 보드 및 프로그램의 경우 외부 컴퓨터와 통신을 원활히 하기 위한 와이파이 관련 모듈도 잘 갖추어져 있기 때문에, 본 연구에서는 kocoafab 사에서 제작한 오렌지보드 WiFi 버전을 사용하여 이 기능들을 모두 활용하고자 하였음. 그리고 해당 보드와 소형 브레드보드를 최소한의 공간에 삽입할 수 있는 구조를 설계하였음.



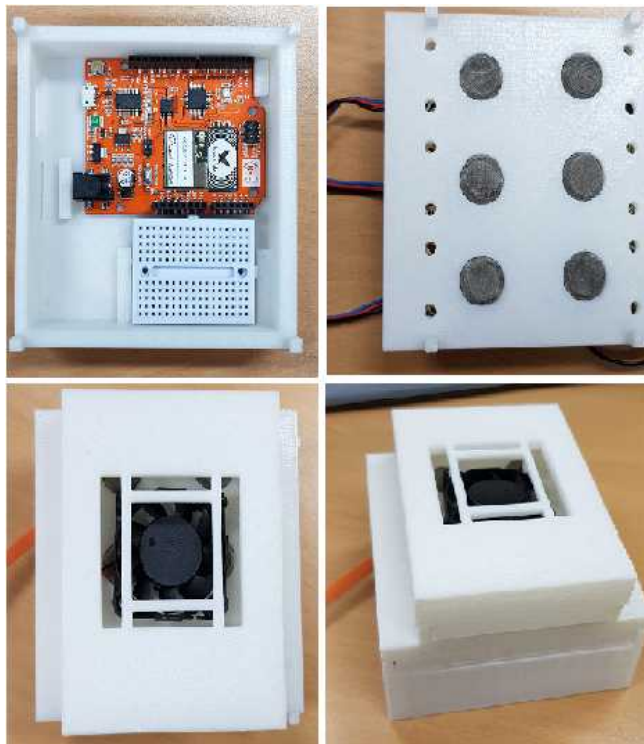
< 좌 : 오렌지보드 와이파이 모듈, 우 : 보드 거치 공간 3D 설계 도면 >

- 가스센서는 공기가 흘러야 물질을 감지할 수 있기 때문에 이를 가능하도록 하는 가스 포집 시스템 역시 설계되어야 함. 아두이노 보드의 출력에 맞게 5V의 입력전압으로 구동할 수 있는 팬모터를 포함하여 가스센서의 입력부에 직접 공기가 접촉할 수 있도록 하는 구조를 설계하였음.



< 위에서부터 팬모터 거치 공간, 센서 어레이, 보드 거치 공간 3D 설계 >

- 이상의 과정으로 설계된 가스센서 모듈을 3D 프린터를 이용하여 제작하였음. 제작 과정에서 1,2,3층 각 소자들이 제대로 동작할 수 있도록 약간씩의 설계 변경이 이루어졌으나 결과적으로 6개의 가스 센서에서 들어오는 신호를 한꺼번에 기록할 수 있는 모듈을 완성하였고, 아두이노 통신이 가능하다는 것을 확인하였음.

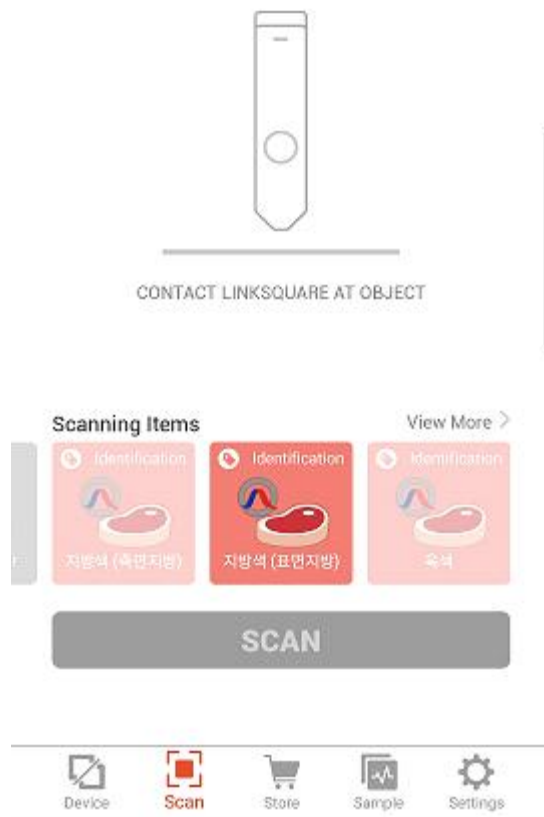


< 좌상 : 아두이노 와이파이 보드와 브레드보드가 거치된 공간, 우상 : 가스센서 6종이 연결된 센서 어레이, 좌하 : 팬모터 거치 공간, 우하 : 완성된 모듈을 측면에서 촬영 >

○ Linksquare 1을 이용한 육류 등급 판정 실증시험

- 실증시험을 위한 어플리케이션 제작

: 육색, 지방색 학습 결과에 따른 실증시험을 수행하기 위해 어플리케이션을 제작하였음. 이는 본 연구보고서 내 'UX/UI를 개선하여 일반 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 어플리케이션 개선'이라는 항목에 자세히 서술되어 있으나 내용 이해를 위해 간단히 서술하자면, 사용자가 간단히 원하는 항목(육색, 지방색 등)을 스캔할 수 있도록 아래쪽에 선택 버튼을 두고 그 상태에서 디바이스에 연결된 Linksquare를 통해 스펙트럼 데이터가 입력되면 판정결과를 즉시 화면에 출력할 수 있도록 하였음.



< 실증시험용 어플리케이션 구동 화면 >

- 실증시험 수행

: 실증시험은 2018년 10월 16일부터 18일까지 3일간 음성축산물공판장에서 진행되었음. 데이터를 수집할 때와 마찬가지로 축산물품질평가원 관계자 입회 하에 도축 후 경매 진행을 기다리고 있는 소 도체에 Linksquare를 이용한 등급 평가를 시행하였으며, 현재 학습 데이터가 육색 5번과 6번 사이, 지방색 4번과 5번 사이의 경계를 구분하는 것에 목표를 두고 있기 때문에 이에 대한 정/오 비율을 기록하였음.



< 실증시험을 수행중인 모습 >

Verification History

Result	Requested by	Start Time	Ended Time	Status	Overall Accuracy	Comments	Hide Results
3	Hyowon	2018-10-19 00:18	2018-10-19 00:19	Finished	69.01	10월 육색 raw	Download

Confusion Matrix			Summary				
	2-5(M..)	2-5(M..)	Sample	No. of Samples	Correct Counts	Incorrect Counts	Accuracy
MC4	153	6	MC4	159	153	6	96.23%
MC5	240	3	MC5	243	240	3	98.77%
MC6	201	69	MC6	270	69	201	25.56%
MC7	46	108	MC7	154	108	46	70.13%

< 실증시험을 통해 육색을 판정한 결과 >

: 육색을 판정한 결과는 위 표와 같다. 육색 4~5번, 육색 6~7번의 두 선택지 중 하나를 시스템이 판정하도록 하였는데 육색 4번 샘플 159개, 육색 5번 샘플 243개에 대해서는 총 402개의 샘플 중 9개를 제외하고 모두 육색 4~5번으로 판정하여 97.7%의 적중률을 보였다. 육색 7번 샘플도 70.1%로 준수한 적중률을 보였다. 그렇지만 육색 6번에 대해서는 매우 저조한 판정 성공률을 보였는데, 이는 시스템이 기존 데이터를 학습함에 있어서 육색 5번과 6번의 경계를 실제보다 5번에 편향되게 학습한 것으로 보인다. 5번과 6번의 경계로 판단되는 샘플을 5번으로 판정하도록 피드백이 이루어진 것이다. 실증시험을 통해 이 사실을 확인하여 추후 기계학습 메커니즘을 수정하는 계기가 되었음.

Result 2 Requested by Hyowon Start Time 2018-10-19 01:12 Ended Time 2018-10-19 01:12 Status Finished Overall Accuracy 90.16 Comments 10월 지방색 [Hide Results](#) [Download](#)

	FC3-4	FC5-6
FC2	100	0
FC3	236	4
FC4	200	8
FC56	54	69

Sample	No. of Samples	Correct Counts	Incorrect Counts	Accuracy
FC2	100	100	0	100.0%
FC3	240	236	4	98.33%
FC4	208	200	8	96.15%
FC56	123	69	54	56.1%

< 실증시험을 통해 측면 지방색을 판정한 결과 >

Verification History

Result 2 Requested by Hyowon Start Time 2018-10-19 01:12 Ended Time 2018-10-19 01:13 Status Finished Overall Accuracy 88.08 Comments 10월 지방색 [Hide Results](#) [Download](#)

	FC3-4	FC5-6
FC2	100	0
FC3	237	3
FC4	193	15
FC56	62	61

Sample	No. of Samples	Correct Counts	Incorrect Counts	Accuracy
FC2	100	100	0	100.0%
FC3	240	237	3	98.75%
FC4	208	193	15	92.79%
FC56	123	61	62	49.59%

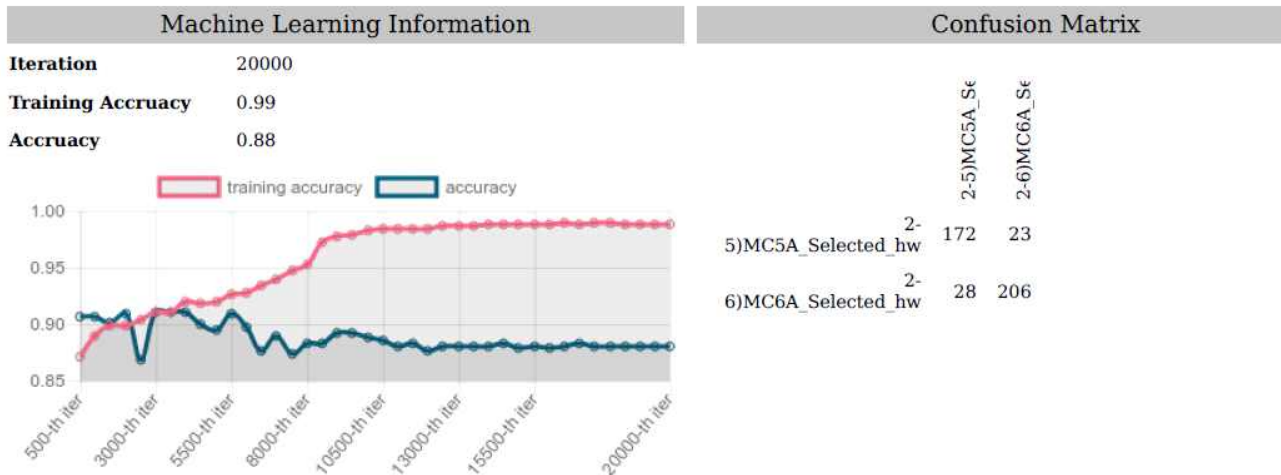
< 실증시험을 통해 표면 지방색을 판정한 결과 >

: 지방색 역시 지방색 4번 이하와 지방색 5번 이상의 두 가지 선택 기준을 두고 시스템이 하나를 선택하도록 하였음. 육색 학습 결과와 마찬가지로 지방색 4번 이하 샘플에 대해서는 모두 96% 이상의 높은 적중률을 보인 반면 지방색 5번 이상 샘플에 대해서는 제대로 학습하지 못한 것을 확인할 수 있음. 이러한 현상 역시 시스템이 기존 데이터를 학습하며 지방색 4번과 5번의 경계를 스스로 구분하는 데 있어서 지방색 4번에 편향된 학습을 한 결과로 보여 이를 수정하는 작업이 필요하였음.

- 실증시험 결과에 대한 활용가능성 및 수정 • 보완

: 실증시험을 수행한 결과 실제 사용기관인 축산물품질평가원 측에서는 본 실증시험을 위해 만들어진 어플리케이션과 Linksquare 1을 이용한 소 도체 품질 판정의 속도 및 편의성에 대해 상당한 수준의 만족감을 표시했으며, 추후 학습 성능이 더 좋아진다면 충분히 현장에서 사용할 수 있을 것이라는 기대를 표시하였음.

: 실증시험 수행 결과 이번 연구연차에 수집하여 학습한 한우 품질 데이터의 학습 결과가 한쪽으로 편향되어 있다는 사실을 확인하여, 피드백 학습을 통해 이를 바로잡는 작업을 진행하였음.



<실증시험 결과를 피드백하여 육색을 다시 학습시킨 결과>

: 실증시험 결과를 바탕으로 육색 5번과 6번의 경계를 다시 학습시키는 작업을 진행하였음. 결과적으로 이전의 학습에 비해 Training Accuracy와 Test Accuracy가 모두 향상된 모습을 보여주었고 이 결과에 실증시험 스펙트럼 데이터를 가상으로 테스트한 결과 역시 실증시험 당시의 결과보다는 향상된 것으로 나타남. 정확한 성능 향상 여부 및 현장 적용 가능성은 남은 연구기간동안 계속 시험해봐야 할 것으로 보임.

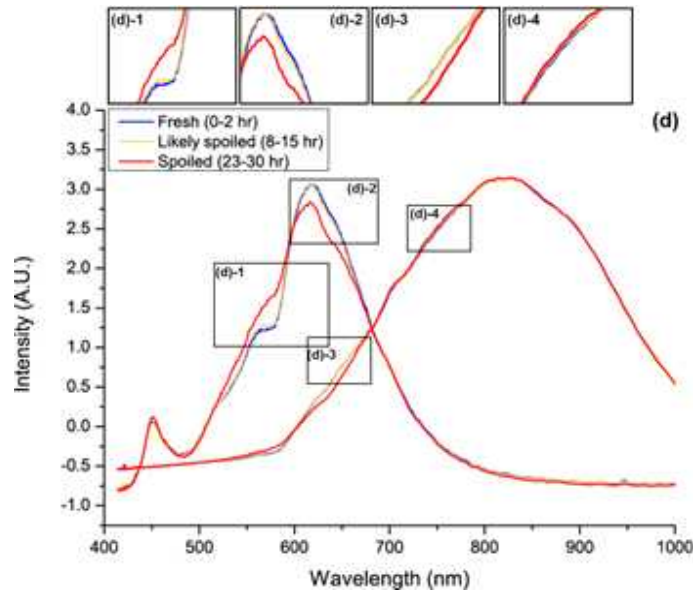
○ 육류 품질 정량화를 위한 LinkSquare 1 샘플 데이터 수집

- 분광측정 및 후각센서가 결합된 모델 개발을 위한 초기 스티디로 신선도 판단의 지표인 pH, VBN 중 먼저 pH를 선정하여 실험실 환경에서 데이터를 수집함.

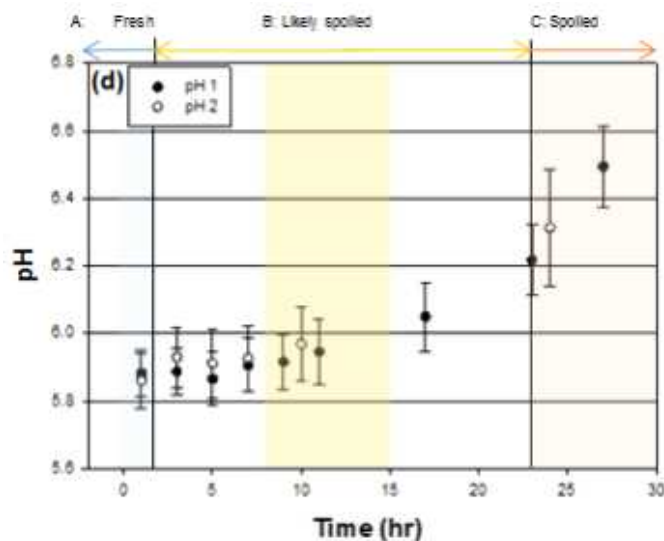
: 온도와 습도가 유지된 환경에서 시간별로 육류의 분광 데이터를 수집하고 신선도 판단 지표로 pH값도 함께 측정하였음.

: 육류 샘플은 소고기의 등심 부위를 구입해 측정함.

: 환경 변수인 온도와 습도는 25℃, 50%로 유지하여 30시간동안 실험을 진행하였으며 분광 데이터는 1분에 한번 pH는 2시간에 한번 측정하였음.



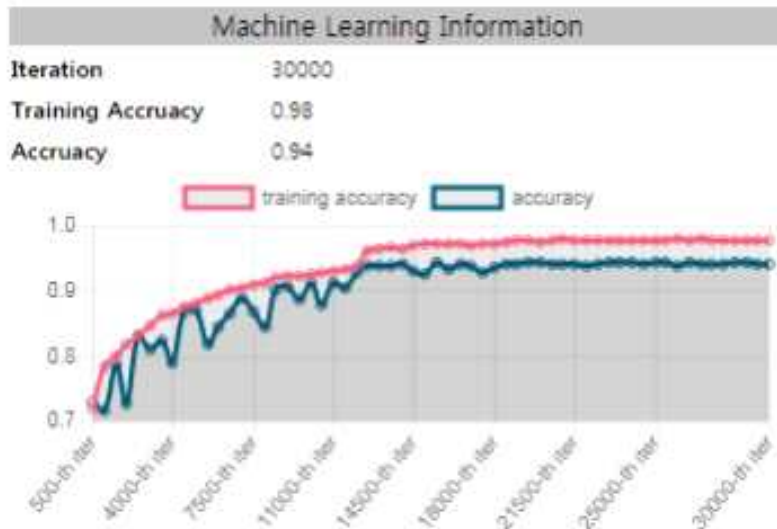
< 신선도 구간별 분광 데이터의 평균 그래프 >



< 육류의 신선도 판단을 위한 pH 측정 >

○ 정확도를 높이기 위한 데이터 처리

- 30시간동안 얻어진 분광 데이터를 pH에 근거하여 신선도 기준을 나눈 후 데이터를 분류하였으며 인공지능 기계학습(Convolutional Neural Network (CNN)-based machine learning algorithm) 시스템을 이용 하여 최적 모델을 얻었음.
- 각 신선도 구간의 각 파장대역의 분광데이터를 하나하나 수치화 하여 웹서버 기반의 인공지능 기계학습 시스템에 연동시켜 연관관계를 찾아내는 기계학습을 하였으며 최종적으로 정확도가 94%인 모델을 만들었음.
- Iteration은 30,000으로 설정을 해 주었을 때 오버피팅이 일어나지 않고 정확도가 최대인 모델을 만들 수 있었음.



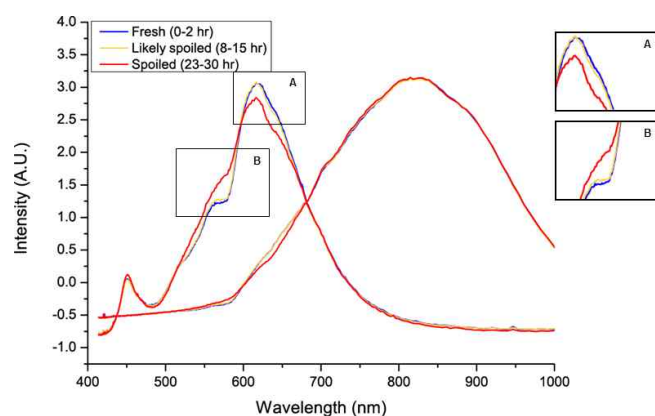
< 기계학습의 정확도 결과 >

○ 휴대용 근적외선 분광분석 기반의 신선도 측정을 위한 최적 파장대역 선정

- 신선도 구간별 분광 데이터의 평균 그래프를 이용한 데이터 분석

: Meat pigment는 hemoglobin, cytochrome C와 같은 heme 단백질을 포함하고 있는데, 환원된 형태의 deoxyhemoglobin은 지방의 산화를 촉진하고 근육의 색을 어둡게 함. 이런 heme 단백질의 특성은 550-650 nm 파장 대 영역에서 관찰할 수 있으며 해당 파장 대 영역에 집중하여 데이터를 분석하기 위해 다음과 같은 데이터 가공 과정을 거쳤음.

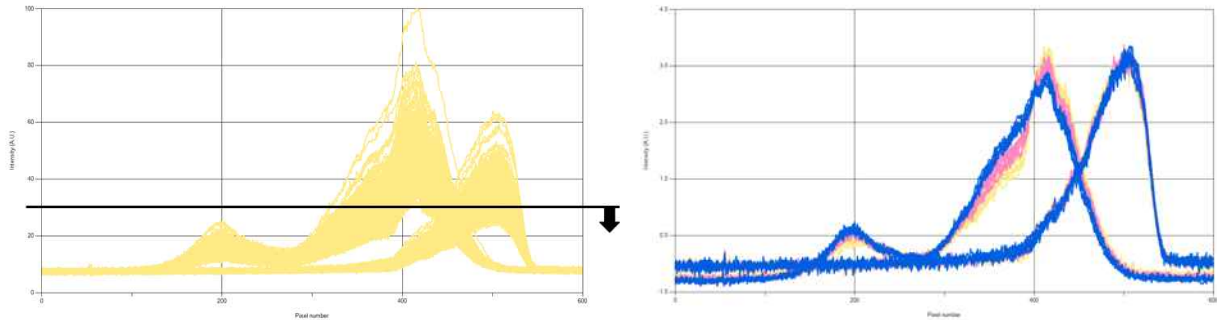
: 신선도 구간별 분광 데이터의 평균 그래프의 특징을 살펴보았을 때 신선도가 저하될수록 B (550-600 nm)영역의 기울기가 낮아졌고 A(600-650nm)영역의 intensity가 떨어지는 특징을 보임. 신선도가 저하될수록 근육의 색이 어두워지고 조직감이 떨어짐.



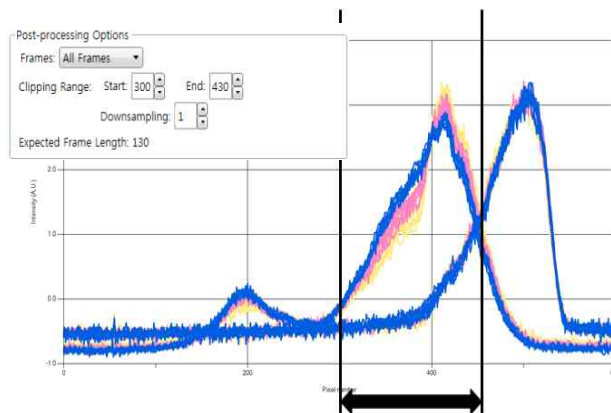
< 분광 데이터의 평균 그래프의 신선도변화에 따른 특징 >

: 분광 데이터들을 신선도 구간 당 그래프의 특징에 따라 정리하였고, 첫 번째로 intensity

가 너무 낮아 normalize 하였을 때 한 픽셀 당 피크의 크기가 확대 되어 샘플 자체의 특징을 볼 수 없는 데이터들을 삭제하였음. 두 번째로 각 신선도 구간 당 특징이 확실한 그래프를 선정하였음. 각 신선도 구간 당 데이터의 개수는 비슷하게 선정하였음. 마지막으로 clipping range를 설정해 가며 샘플의 특징을 보는데 방해가 될 수 있는 파장대 영역을 삭제해 주었음.



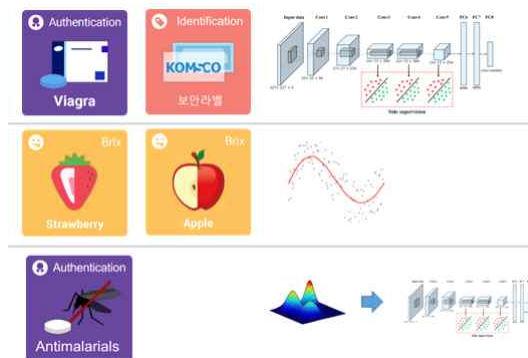
< 분광 데이터를 그래프의 특징에 따라 정리하는 과정 >



< 신선도 측정을 위한 최적 파장대역 선정 >

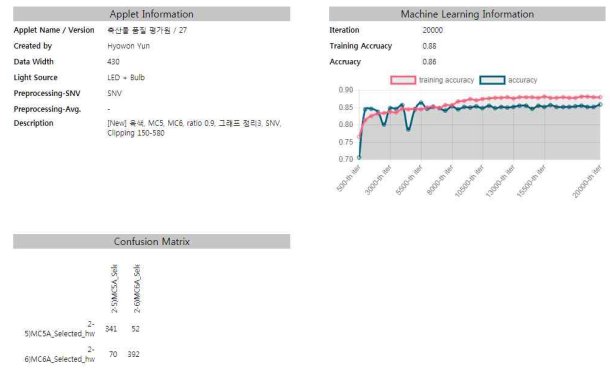
- 소고기 품질 등급 측정과 고기 종류 구별이 가능할 수 있도록 기계학습 알고리즘 개선.
 - 육류의 주요 품질인자인 신선도는 이화학적 평가인 pH, 육색, TBA, VBN, oxymyoglobin 측정, 물리적 평가인 전단력 측정, 생물학적 평가인 총균수, Pseudomonas spp., Enterobacteriaceae, lactic acid bacteria 등의 측정과 관능평가 등 다양한 방법으로 측정됨. 이러한 다양한 평가 방법 중 쇠고기의 품질을 계량적으로 산출할 수 있는 인자를 육색과 지방색, 조직감으로 보았음. 실험실 환경에서의 초기 실험의 결과를 토대로 실제 등급판정 현장에서 등급에 따른 샘플 데이터를 수집하여 등급 평가의 기준이 되는 육색, 조직감, 지방색을 판정할 수 있는 기준을 설계하였음.
 - Deoxymyoglobin, Metaoxymyoglobin, Oxymyoglobin 구성에 따라 달라지는 분광 반응을 감지하여 기계 학습하면 정확한 육색을 측정할 수 있음.
 - 육색 측정 시 소고기의 근내지방에 따른 분광 반응도 전체 반응에 반영되기 때문에 이를 기계학습 시 고려사항으로 채택해 근내지방도에 따른 등급도 측정이 가능함.

- 육색의 경우 소 등급 평가에 영향을 미치는 육색 6번의 데이터를 구분하는 시스템을 구축하는데 목표를 두고 육색 5번과 6번을 구별하는 시스템을 먼저 제작하였음.
 - 데이터 수집 시 육색 4번 5번 6번의 자연 발생 비율이 높았고 그 중 육색 5번 샘플의 수가 50% 비율로 높았기 때문에 충분한 수의 6번 데이터를 모으는데 집중하였음.
 - 샘플은 도체 상단부, 하단부를 측정하였으며 최종 모델을 만들 때에는 상단부와 하단부 데이터를 합친 데이터로 학습을 시켜 최종적으로 정확도가 86%인 모델을 만들었음.
- 소고기 품질 등급 등 기존에는 기계학습 알고리즘을 Classification으로만 개발하였다. 그러나, 3차년도에는 GMM과 Regression 뿐만 아니라 이들간의 혼합 알고리즘을 적용 가능하게 하기 위해 AI Platform (ai.linksquare.io)을 대대적으로 업그레이드 중이다.
- Applet 요구별 적합한 Algorithm을 이용하며, 사용자별 원하는 어플리케이션 별 적합한 알고리즘을 반영 가능함.
 - 예시로 Brix와 같은 연속적 결과가 필요한 경우와, 진짜 가짜 샘플을 걸러내는 결과가 필요한 경우 각각의 적합한 알고리즘을 판별해서 대응. 스트라티오에서 제작한 다양한 Applet마다 적합한 알고리즘을 체크하여 요구하는 성격에 맞출 수 있음.
 - 고기 종류 구별의 경우 Classification 알고리즘 단독 또는 GMM과 Classification 알고리즘과의 혼합으로 개발함.
 - 반면 소고기 품질 등급의 경우에는 샘플을 모으는 것이 제한적이거나 불연속적이어도 어플리케이션 적용이 가능할 것으로 기대되는, Regression 알고리즘으로 바꾸어보는 것을 고려하였음.



< Applet별 적합한 Algorithm 개발 이미지 >

Applet Report



< 유색의 기계학습의 정확도 결과 >



< LinkSquare 1을 이용한 유색 분광정보 수집 화면 >

Applet Report



Applet Information	
Applet Name / Version	육산물 품질 평가원 / 17
Created by	Hyowon Yun
Data Width	430
Light Source	LED + Bulb
Preprocessing-SNV	SNV
Preprocessing-Avg.	-
Description	조직감, 모든 부위 합, TXA, TXB, TXC, 그래프 정리, SNV, Clipping 150-580

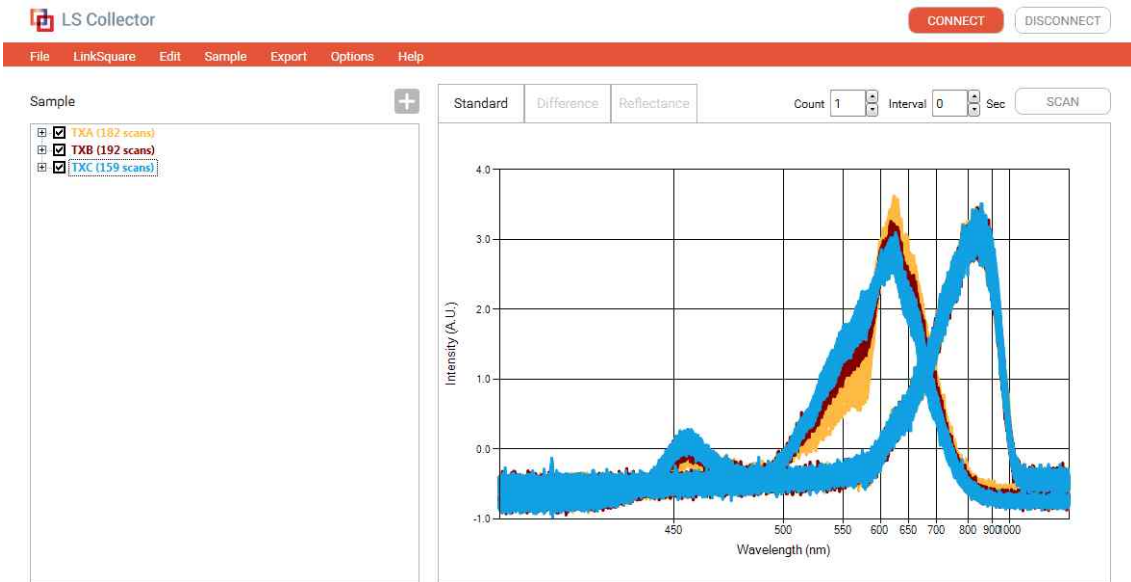
Machine Learning Information	
Iteration	10000
Training Accuracy	0.99
Accuracy	0.76



Confusion Matrix

	TXA	TXB	TXC
TXA	50	7	0
TXB	16	36	8
TXC	0	9	39

< 조직감의 기계학습의 정확도 결과 >



< LinkSquare 1을 이용한 조직감의 분광정보 수집 화면 >

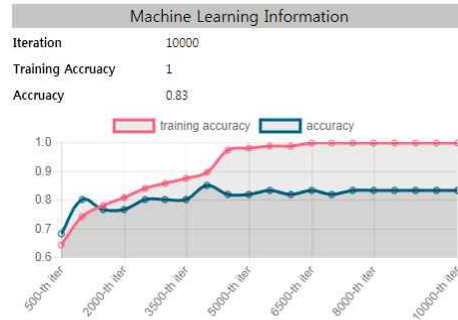
- 지방색은 측면지방(SD)과 표면지방(SF)으로 2분류로 측정이 되며 2번~6번까지 나타난다. 지방색의 측정 결과가 5번이나 6번으로 판정되면 소 등급이 하락함.
- 3번, 4번과 5번, 6번의 경계가 구분이 되어야 된다고 생각해서 먼저 3번, 4번을 묶어서 테스트를 해본 결과 정확도가 측면 지방(SD)의 경우 83%, 표면 지방(SF)의 경우 75% 정도 나옴. 또한, 5번과 6번을 묶고 3번과 4번은 데이터 수를 100개 전후로만 지정하여 각 샘플의 데이터 수를 비슷하게 맞춰준 후 트레이닝 한 결과 측면지방(SD)의 경우 70%, 표면지방(SF)의 경우 정확도가 다소 떨어지게 나왔음.

- 전체적으로 표면 지방보다는 측면 지방의 정확도가 높아 보여 (1) 표면 지방의 정확도 높이기, (2) 3, 4 번과 5, 6 번의 경계를 뚜렷하게 하기 에 초점을 맞춰서 진행 예정.

Applet Report



Applet Information	
Applet Name / Version	측산물 품질 평가원 / 34
Created by	Hyowon Yun
Data Width	430
Light Source	LED + Bulb
Preprocessing-SNV	SNV
Preprocessing-Avg.	-
Description	지방색, selected2(hw), SD, 3.4합침, SNV, Clipping 150-580



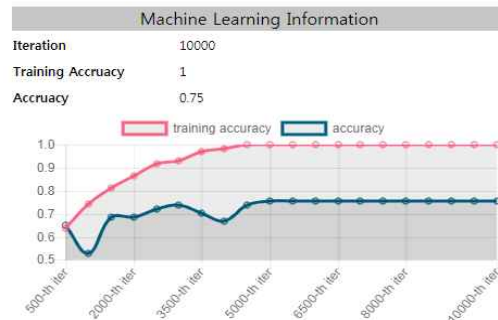
Confusion Matrix		
	FC3-4-SD	FC5-6-SD
FC3-4-SD	32	4
FC5-6-SD	6	18

< 측면지방의 기계학습의 정확도 결과 >

Applet Report

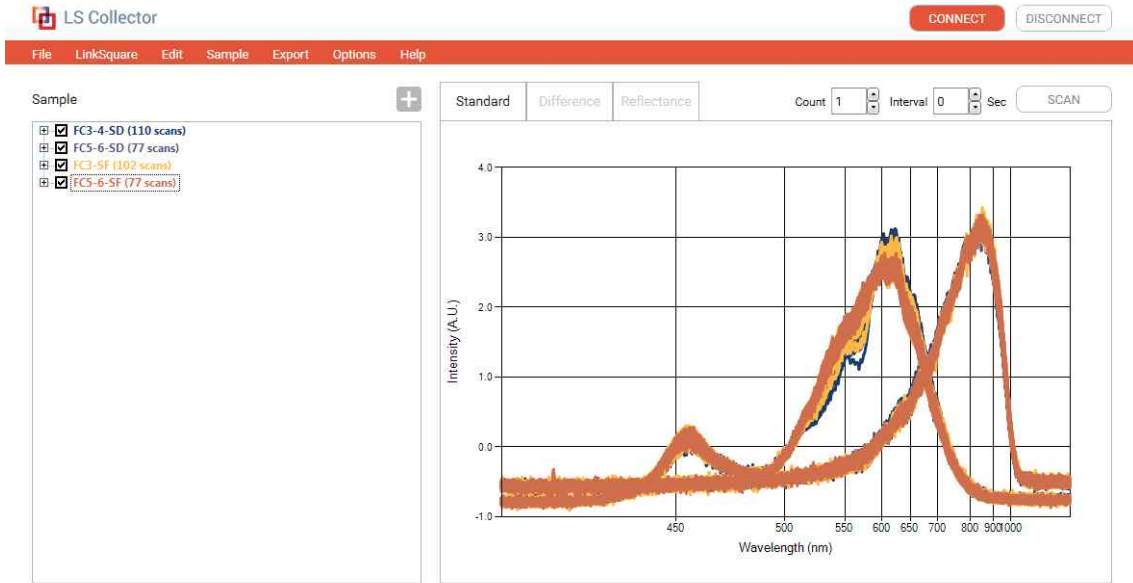


Applet Information	
Applet Name / Version	측산물 품질 평가원 / 35
Created by	Hyowon Yun
Data Width	430
Light Source	LED + Bulb
Preprocessing-SNV	SNV
Preprocessing-Avg.	-
Description	지방색, selected2(hw), SF, 3.4 합침, SNV, Clipping 150-580



Confusion Matrix		
	FC3-SF	FC5-6-SF
FC3-SF	24	9
FC5-6-SF	5	19

< 표면지방의 기계학습의 정확도 결과 >



< LinkSquare 1을 이용한 지방도의 분광정보 수집 화면 >

< 3차년도 >

- LinkSquare 1과 LinkSquare S1 (NIR)을 이용해 측정된 스펙트럼을 통해 육류의 등급 뿐 아니라 신선도도 측정할 수 있는 알고리즘 개발
 - 2019년 4월 25일, 음성축산물공판장에 방문, 조직감 데이터 획득함. 2차년도에는 LinkSquare1 기기를 사용하였으나, 3차년도에는 적외선 영역의 성능이 더욱 개선된 LinkSquare S1으로 조직감 데이터를 획득하였음.
 - 2019년도 하반기에 출시한 LinkSquare S1 (NIR)은 근적외선 영역에 대한 분광해상도가 10nm 내외로 LinkSquare 1의 적외선 해상도 30-50nm보다 5배 정도 개선된 진정한 의미의 적외선 분광기기로 조금 더 정확한 결과를 측정할 수 있었음.
 - 조직감 1등급 ~ 4등급 이하의 다양한 샘플을 이용하여 조직감을 예측하는 기계학습 알고리즘을 학습함. 조직감이 3등급 이하일 경우 소고기 등급을 하락시키는 요인이 되므로, A) 1등급, B) 2등급, C) 3등급 이하의 경우로 나누어 기계학습을 진행함.
 - 기계적 육질평가 인자인 전단력은 Universal Testing Machine(Model 1011, Instron Co., USA)을 이용하여 측정하며, 식육 연도의 표지인자로 사용됨. 예를 들어 전단력이 높을수록 식육은 거칠고 질긴 특성을 나타내며, 전단력이 낮은 식육일수록 연도가 높은 것으로 평가됨. 일반적으로 쇠고기 등심근의 전단력은 33 N 이하일 경우 매우 연하다고 판단되며, 33~43 N 경우 연하다고 판단하고, 43~53 N 경우 중간 정도의 연도, 53 N 이상일 경우 질긴 편, 63 N 이상일 경우 매우 질긴 편으로 분석함. 영남대학교 한기동 교수 연구팀의 보고에 따르면 전단력과 도체등급 판정기준 항목 간의 상관관계가 증명된 바 있음. 전단력은 육량등급과 음의 상관관계를 나타내었는데, 이것은 육량등급이 하향할수록 전단력이 높아짐을 의미함. 또한 전단력은 근내지방도와 매우 밀접한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 육질 최종등급과도 음의 상관관계를 나타내었다. 이를 통해 조직감 등급을 예측하면 조직감 지표인자에 대한 예측도 가능하다는 것을 확인하였음.
 - 학습 결과 약 85%의 정확도를 보임. 2차년도 LinkSquare 1을 이용한 조직감 실험의 결과인 정확도 79%와 비교하여 향상된 성능을 보여주고 있음.

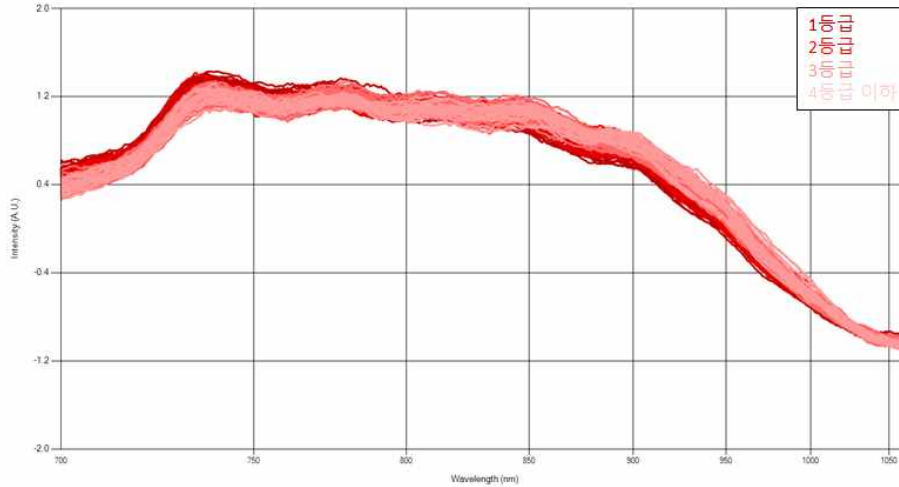
Machine Learning Results

Final Training Accuracy 1.000000
 Final Accuracy 0.846154
 Accuracy Graph



	1등급	2등급	3등급+4등급이하
1등급	7	0	0
2등급	1	7	2
3등급+4등급이하	0	1	8

< 기계학습 결과 약 85%의 향상된 정확도를 보임 >



< LinkSquare S1 (NIR)로 측정된 조직감 스펙트럼 데이터. 1등급부터 4등급 이하까지 있음. >

○ 개발된 시스템과 관능적 특성의 상관성 분석

- 육류 등급과 관능 특성의 상관관계에 대한 연구 사례

: 경북대 최영민 교수 연구팀은 2015년 발표한 연구에서 관능적 특성 분석은 소비자가 식육 재구매 시 중요하게 작용하는 품질지표라 하였으며, 관능적 특성의 측정 방법을 제시함. 연도는 softness(1 번 씹었을 때 식육의 연한 정도), initial tenderness(3 번 씹었을 때 식육의 연한 정도), chewiness(9 회 씹었을 때 식육의 연한 정도), rate of breakdown(목 넘김 전까지 저작 횟수), amount of perceptible residue(목 넘김 이후 입안 잔여물 양) 및 total tenderness(전체적인 연도 정도) 등의 기준이 있음. 또한, juiciness(5 회 씹고 난 후 입안의 육즙 양), flavor intensity(8 회 씹고 난 후 풍미의 정도), off flavor intensity(8 회 씹고 난 후 이상취 정도) 및 mouth coating(입안에서 느껴지는 지방/오일의 정도)도 관능적 특성 평가에 포함된다고 하였음.

- 이렇듯 소비자 선호에 있어 연도의 중요성이 부각됨에 따라 정부는 앞으로도 소비자의 수요를 반영하면서 쇠고기 산업의 경쟁력을 높여나갈 수 있도록 쇠고기 등급제도를 지속 보완해 나갈 계획이 있음. 2019년 12월 1일부로 정부는 등급판정 방식을 기존의 근내지방도 중심 체계에서 근내지방도·조직감·육색 등을 각각 평가하고 각 항목별 등급 중 최저 등급을 적용하는 방식으로 변경하였음. 또한 2020년 시범 사업으로 가공·판매단계에서 쇠고기 부위별·요리방법별 숙성 정도에 따른 소비자 선호도를 등급화하여 제공하는 연도관리 시스템을 도입할 예정인데, 이때 본 연구에서 개발된 조직감 예측 기계학습 알고리즘이 중요하게 적용될 수 있음.

○ LinkSquare 1과 LinkSquare S1 (NIR)을 모두 이용해서 얻어진 분광 정보를 모두 이용하여서 육류의 품질 등급과 신선도 기준 설정에 활용함.

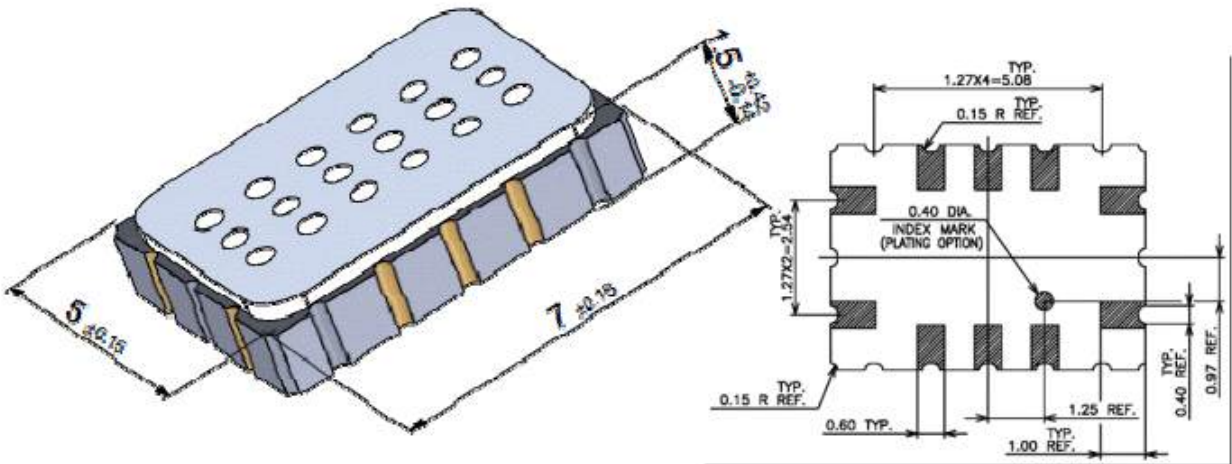
- 쇠고기의 품질 등급은 근내지방도 외에도 육색, 지방색, 조직감의 영향을 받음.

- 가시광선에 더 강점을 보이는 LinkSquare 1을 이용하여 육색과 지방색의 등급을 판별함.
- 근적외선에 더 강점을 보이는 LinkSquare S1 (NIR)을 이용하여 신선도와 조직감 등급을 판별함.

○ 가스센서를 활용한 최적 신선도 판단 모델 개발

- 종합/단일 가스 센서 채택

: 이전 연구연차에서 사용되었던 MQ 시리즈 가스 센서는 단시간 실험시 신호가 안정적인 대신 센서 내구도에 문제가 있었고 여러개의 센서를 동시에 하나의 장치로 작동시키다 보니 물리적 크기와 전력 소모에도 약점을 보였음. 모듈의 크기를 줄이고 회로를 단순화 하기 위해 연구 초기 사용하던 MQ 시리즈 대신 SGX Sensortech(스위스)의 MICS 시리즈 중 하나를 사용하기로 하였음. 기존 연구에서 육류 신선도에 대해 높은 반응을 보였던 기체가 암모니아(NH3), 수소(H2), 메탄(CH4)임을 고려해 MICS-6814를 실험 모듈에 적용할 단일 센서 개체로 결정하였음. 또한 이 제품은 연기에 의한 감지가 아닌 금속 산화도 기반 감지 센서이기 때문에 장기간 실험시 안정성이 있음.

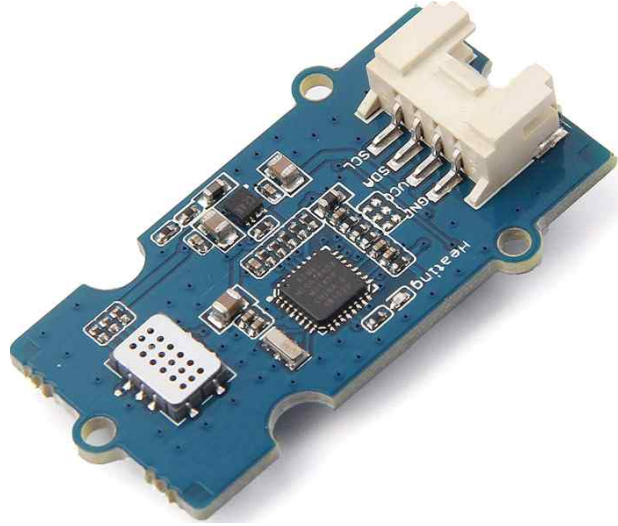


< MICS-6814 센서의 기본 구조 >

Detectable gases		
• Carbon monoxide	CO	1 – 1000ppm
• Nitrogen dioxide	NO ₂	0.05 – 10ppm
• Ethanol	C ₂ H ₅ OH	10 – 500ppm
• Hydrogen	H ₂	1 – 1000ppm
• Ammonia	NH ₃	1 – 500ppm
• Methane	CH ₄	>1000ppm
• Propane	C ₃ H ₈	>1000ppm
• Iso-butane	C ₄ H ₁₀	>1000ppm

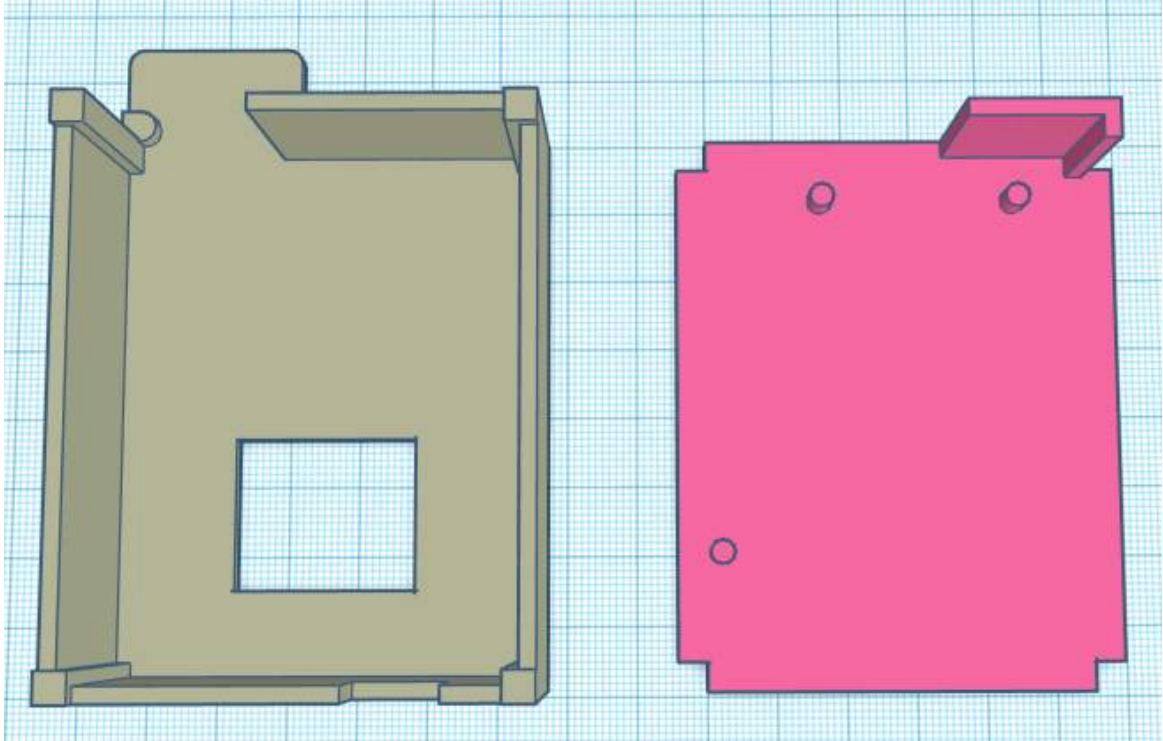
< MICS-6814 센서의 감지 가능 기체 및 감지 범위 >

: 데이터 수집 및 연산을 간편하게 하기 위해 가스센서를 동작시킬 아두이노 기반 MCU로는 Seeed 사의 Seeduino를 사용하였음. I2C 통신을 기반으로 하는 가스 센서 모듈을 사용하면 센서 데이터를 안정적으로 컴퓨터에 전송할 수 있음.



< Seeduino MCU 사용을 위한 Grove 사의 MGS-6814 센서 모듈 >

: 이전과 마찬가지로 MCU와 가스센서 모듈을 한꺼번에 담을 수 있는 디자인을 3D 프린터로 설계 및 제작하였음. 가스센서는 육류로부터 발생하는 기체를 잘 포집할 수 있도록 본체가 아래쪽을 보게 하였고, 동작 상태 파악 및 학습된 결과 출력을 위해 Seeduino MCU 기반 세그먼트 출력도 같이 연결하였음. 이상의 조건을 반영한 케이스를 설계 및 제작하였음.



< 케이스 상판(좌) 및 하판(우)에 대한 3D 디자인 >



< 제작된 장치를 위에서 본 모습(좌)과 아래에서 본 모습(우) >

: 데이터 확보를 위해 신선육(0일 냉장)과 부패육(7일 냉장)으로부터 가스센서 데이터를 수집함. 우선 센서가 제공하는 모든 데이터를 수집한 후 PLS-DA 등의 계량화학적 방법으로 가스센서 데이터가 육류 신선도를 감지할 수 있도록 학습시킴.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	NH3	CO	NO2	C3H8	C4H10	CH4	H2	C2H5OH					
2	55.36	58.97	0.03	433124.5	111144.9	9480742	38.59	49.64					
3	55.36	58.42	0.03	433124.5	111144.9	9152152	38.04	49.02					
4	54.46	58.97	0.03	422576.5	108842.5	9480742	38.59	48.11					
5	0.53	58.69	0.03	417416.21	107712.8	9315062	38.31	49.33					
6	53.58	57.86	0.03	412329.84	106597.3	8834500	37.49	48.41					
7	53.58	57.58	0.03	412329.84	106597.3	8679655	37.21	48.11					
8	52.72	57.31	0.03	402373.9	104408	8527411	36.94	47.8					
9	52.29	56.76	0.03	397502.09	103333.6	8230546	36.41	47.2					
10	51.46	56.49	0.03	387964.4	101224.5	8085843	36.14	46.91					
11	51.05	57.58	0.03	383296.46	100189.4	8679655	37.21	48.11					
12	50.64	57.31	0.03	378693.96	99167.06	8527411	36.94	47.8					
13	49.84	56.76	0.03	369681.37	97159.47	7943574	35.88	46.61					
14	49.44	56.49	0.03	365269.15	96173.99	8085843	36.14	46.91					
15	48.66	56.76	0.03	356628.4	94238.81	8230546	36.41	47.2					
16	48.66	56.22	0.03	356628.4	94238.81	7943574	35.88	46.61					
17	48.28	55.95	0.03	352397.53	93288.6	7803695	35.62	46.03					
18	47.52	55.95	0.04	344109.96	91422.46	7803695	35.62	46.32					
19	47.15	55.95	0.04	340051.25	90506.07	7803695	35.62	46.32					
20	46.42	54.89	0.04	332099.93	88705.98	7267307	34.58	45.16					
21	46.42	55.68	0.04	332099.93	88705.98	7666172	35.36	46.03					
22	46.06	55.68	0.04	328205.4	87821.92	7666172	35.36	46.03					
23	46.06	54.89	0.04	328205.4	87821.92	7267307	34.58	45.16					
24	45.34	55.15	0.04	320574.5	86085.1	7398006	34.84	45.45					
25	44.99	55.15	0.04	316836.09	85231.96	7398006	34.84	45.45					

Open PLX DAQ UI

PLX-DAQ for Excel "Version 2" by Net^Devil

Control v. 2.11

Custom Checkbox 1
 Custom Checkbox 2
 Custom Checkbox 3
 Reset on Connect

Settings

Port: 3
 Baud: 115200

Disconnect **Reset Timer**
Clear Columns

Pause logging Display direct debug =>

Sheet name to post to: Simple Data Load

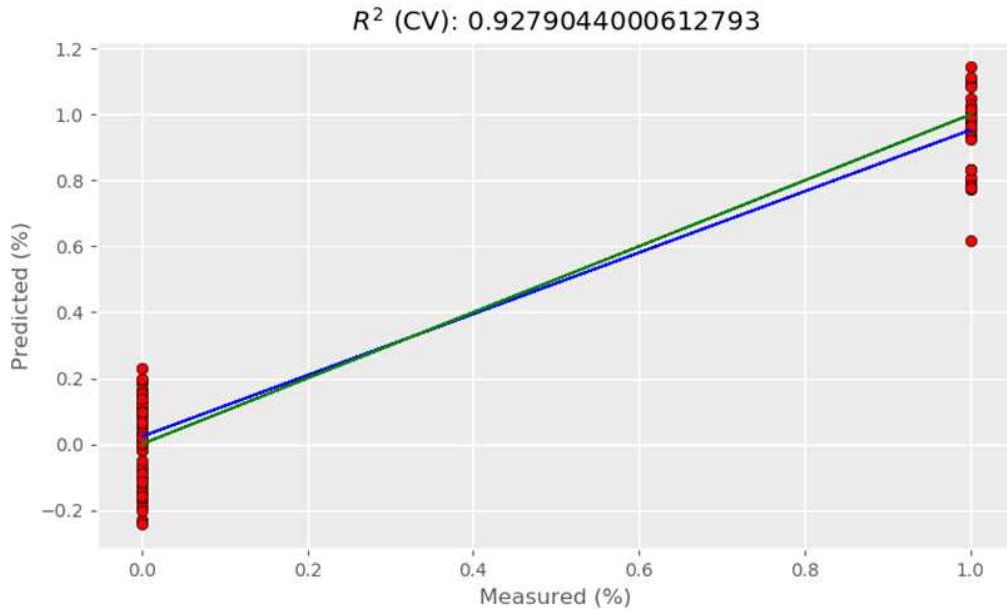
Controller Messages:

Accepting data for Row 30

**Do not move this window around while logging!
That might crash Excel!**

< 센서에서 컴퓨터로 가스 감지 데이터가 이동하는 화면 >

: 학습에는 Python 코드로 제작한 PCA 코드를 사용하였고 결과값 전체를 7:3으로 나누어 Calibration과 Validation 샘플로 나눈 후 입력된 각각의 가스 센서값 전체를 학습 인자로 하였음. 결과값으로는 신선육 샘플에 0, 부패육 샘플에 1을 부여하는 방식으로 하는 학습 모델을 구성하였음. 결과적으로 R^2 가 약 0.93에 해당하는 예측 성능을 보였으므로 가스 센서를 통해 신선도를 예측하는 작업이 유효하다는 결론을 얻었음.



< 가스 센서로 학습한 신선육과 부패육의 구분 (신선육:0, 부패육:1) >

: 본 연구의 개발품인 휴대용 분광기와 가스센서 장치는 소형화를 위해 최소한의 장치만 본체에 남기고 데이터 처리 및 저장은 PC 또는 스마트폰에 설치된 연계 소프트웨어가 담당하는 구조임. 그러므로 분광 스펙트럼과 가스센서 측정 결과를 일원화하는 방안 역시 억지로 하드웨어를 합칠 필요 없이 스마트폰 어플리케이션을 통합 제작하는 방식으로 진행하면 될 것으로 생각되며, 추후 개발 및 연구를 통해 보완할 예정임.

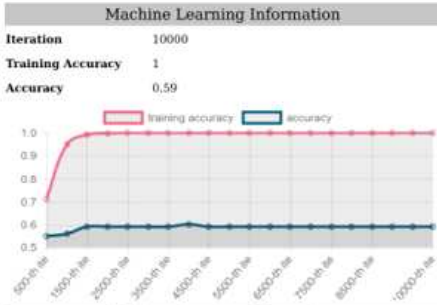
○ 근적외선 분광분석 기반 냉해동육(수입)판별 시스템 개발

- 쇠고기는 단가가 비싼 것이 비해 냉동하지 않을 시 보관 가능 기간이 길지 않기 때문에 유통업자들이 냉동과정을 거친 제품을 냉장육으로 속여서 파는 일이 흔함. 이에 본 연구에서는 신선한 상태로 냉장된 시료와 일정 기간 냉동을 거친 후 냉해동된 시료에 대한 근적외선 스펙트럼을 휴대용 스펙트로미터로 획득하여 그 결과를 머신러닝하고, 이렇게 분류된 결과를 토대로 소비자가 구매 직전 즉시 본인이 구매하려는 쇠고기가 냉동된 적이 있는지에 대한 여부를 판정할 수 있는 스마트폰 애플릿을 제작하였음.
- 실험은 국내산 육우를 3개 그룹으로 나누어 각각을 0일 냉동(신선 샘플), 14일 냉동 후 1일 해동, 28일 냉동 후 1~4일 해동 처리한 후 NIR 스펙트럼을 획득하였음. Linksquare NIR과 안드로이드 디바이스를 연결하여 스펙트럼 데이터를 수집하였음. NIR 수집 파장대역은 700~1200nm이었으며 학습에는 700~1050nm까지의 데이터만 사용하였음. 실험은 총 3회 진행되었으며 각 실험당 그룹별로 70개의 스펙트럼을 수집하여 총 210개씩의 스펙트럼을 확보하였음.



< 냉장육(좌)과 28일 냉동육(우) >

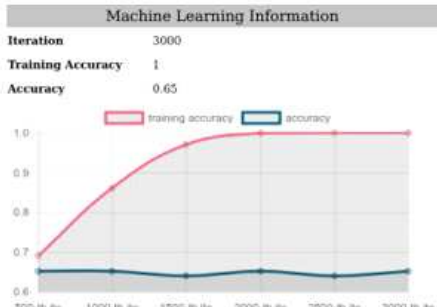
- 이번 실험의 목표는 냉장육(0일 냉동)을 냉동육으로부터 확실히 구분하는 것에 있었으므로 냉장육을 기준으로 14일 냉동 샘플, 28일 냉동 샘플, 혼합 샘플을 구분하는 실험을 진행하였음. 모든 냉동 샘플은 충분히 해동한 후 실험하였다. 그 결과를 그림으로 정리하면 위에서부터 14일 냉동, 혼합, 28일 냉동 시료를 냉장육과 비교한 학습 결과임.



Confusion Matrix

	[v1v2] 0+1	[v1v2] 14+1	GMM_FAIL
[v1v2] 0+1	37	12	0
[v1v2] 14+1	28	20	1

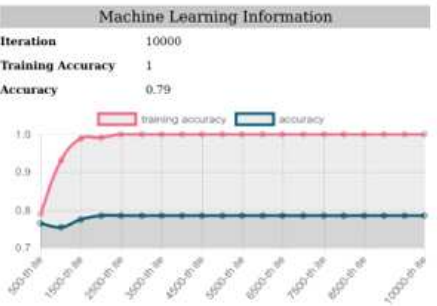
<14일 냉동 샘플>



Confusion Matrix

	[v1v2][s140]	[v1v2][s140]	GMM_FAIL
[v1v2][s140] 0+1	29	14	0
[v1v2][s140] 14+28	15	27	1

<냉동 기간 혼합 샘플>

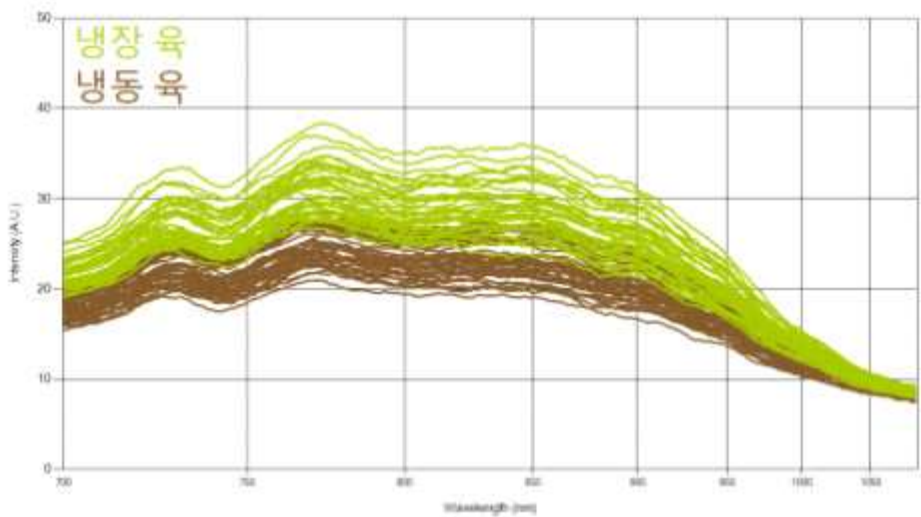


Confusion Matrix

	[v1v2] 0+1	[v1v2] 28+a	GMM_FAIL
[v1v2] 0+1	38	11	0
[v1v2] 28+a	10	37	2

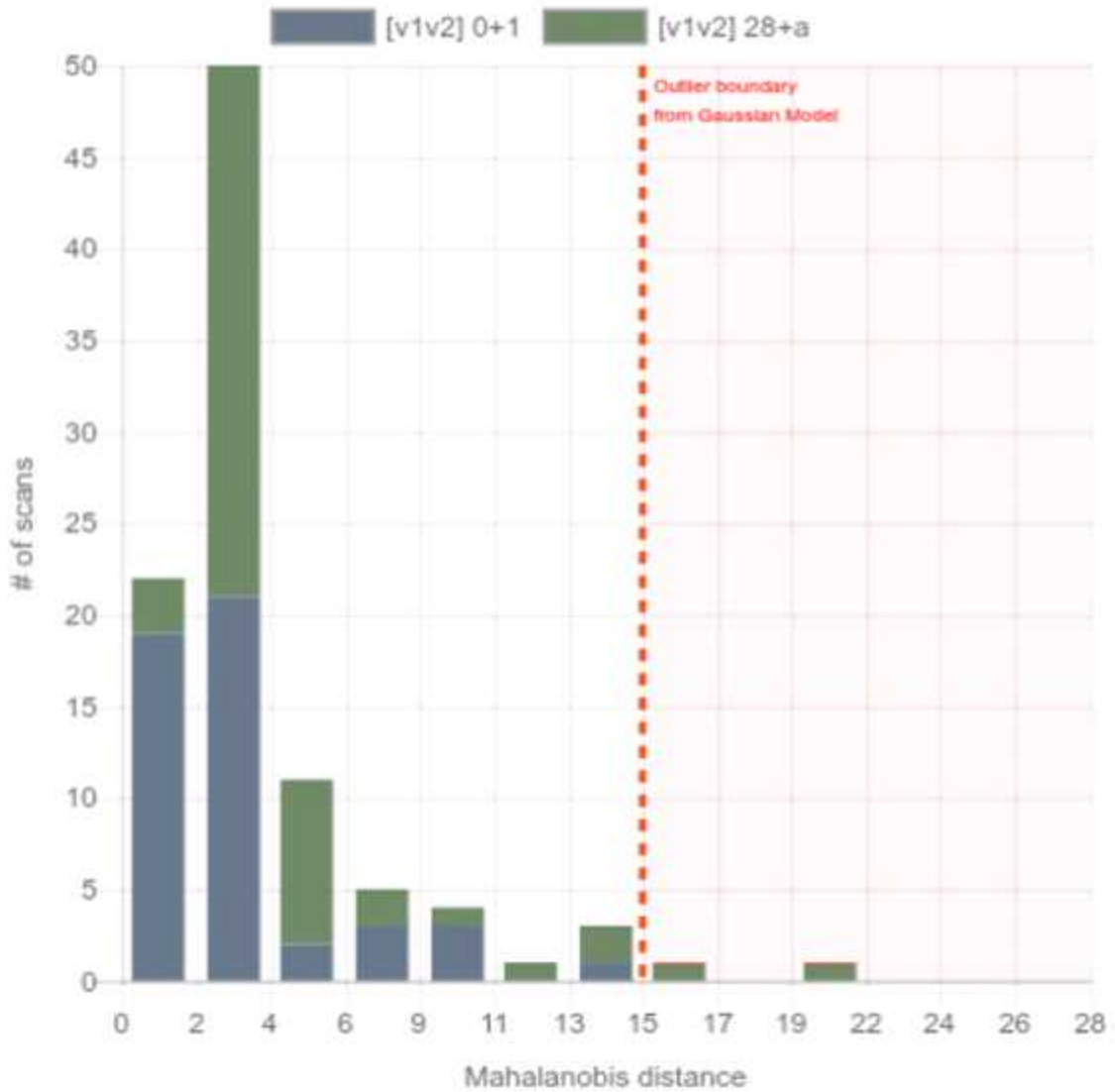
<28일 냉동 샘플>

- 기본 실험에서 충분히 검증 가능한 결과를 보인 신선육과 28일 냉동 샘플을 더 확실히 구분하기 위한 추가 분석을 하였음. 겹치는 데이터를 최대한 제거한 후 냉장육과 28일 냉동육데이터 수를 맞춰서 Machine learning을 수행함.



< 냉장육(상)과 28일 냉동육(하)에 대한 스펙트럼 대조 그래프 >

GMM_Result



< 냉장육과 28일 냉동육 데이터의 마할라노비스 거리 >

final accuracy(%)	Raw	SNV
Machine learning 1차, 3차 data (0+a / 28+a) 493ea	91.83	79.59

< 최종 학습 완료된 모델의 학습 정확도 (91.83%) >

- 가시광선/근적외선 분광기를 이용한 육류 품질에 대한 유효성 검증을 위한 신뢰도 확보 시스템 완성
 - 육류의 신선도는 가시광선 스펙트럼뿐 아니라 근적외선 스펙트럼에 대한 분석도 필요함. 따라서 신선도를 측정하기 위해서는 LinkSquare 1과 LinkSquare S1 두 기기를 동시에 사용할 수 있는 시스템을 구축함.
 - LinkSquare 스마트폰 앱을 실행하여 육색, 지방색, 조직감 등급 및 신선도를 추정함.
 - 2019년 11월 7일, 쇠고기 품질 등급 판별 시스템 시제품의 테스트를 위해 음성축산물공판장에서 실증 테스트를 진행함.

육색	등급
육색 번호 3, 4, 5에 해당되는 것	1**등급
육색 번호 2, 6에 해당되는 것	1*등급
육색 번호 1에 해당되는 것	1등급
육색 번호 7에 해당되는 것	2등급
육색에서 정하는 번호 이외에 해당되는 것	3등급

지방색	등급
지방색 번호 1, 2, 3, 4에 해당되는 것	1**등급
지방색 번호 5에 해당되는 것	1*등급
지방색 번호 6에 해당되는 것	1등급
지방색 번호 7에 해당되는 것	2등급
지방색에서 정하는 번호 이외에 해당되는 것	3등급

조직감	등급
조직감 번호 1에 해당되는 것	1**등급
조직감 번호 2에 해당되는 것	1*등급
조직감 번호 3에 해당되는 것	1등급
조직감 번호 4에 해당되는 것	2등급
조직감 번호 5에 해당되는 것	3등급

< 축산물 등급 판정 세부 기준. 농림축산식품부고시 제2018-109호, 제 5조에서 발췌 >

- 2019년 12월부터 개편되는 쇠고기 등급 판정 기준에 의거하여, 시스템의 육색, 지방색 결과가 최종 품질 등급에 직접적인 영향을 줄 수 있는지의 여부를 기준으로 정확도를 판단함. 조직감의 경우에도 동일한 기준으로 판단하나, 실제 도축되는 소 도체에서 조직감 3번 이하는 매우 드물게 나오게 되므로 조직감 3번 이하 정확도는 무시함.
- 축산물품질평가원의 등급 기준 설계가 육색 및 조직감을 강조하게 되었다고는 하나 여전히 마블링 역시 중요 등급기준으로 존재하고 있음. 그러므로 본 연구과제의 결과로 만들어진 분광기는 마블링을 측정할 수 없는 문제로 인해 단독으로 육량등급을 매길 수는 없으며, 육색, 지방색, 조직감에 대한 등급 기준을 제시하는 것으로 그 역할을 다한다고 할 수 있음. 또한 한우 등급 판정 현장이라는 특수 환경을 감안할 때 실험실 환경에서

측정할 수 있는 기계적 요소에 대한 매칭보다는 등급판정사의 판단을 따라갈 수 있는지에 대해 우선 연구하였으며, 실제 시스템 적용시 발생할 수 있는 여러 환경적인 요인 및 측정 오차 등을 감안하여 동일 도체를 3회 측정 후 2회 이상 숙련된 등급판정사와 같은 평가를 하는지에 대한 여부로 최종 정확도를 판단함.

- 최종적으로 육색 60%, 지방색 100%, 조직감 80%의 결과를 얻음.

도체 (임의번호)	평가사 판정	시스템 판정	정오	3회 측정 결과
1	5	(4.)	O	O
	5	(6,7)	X	
	5	(4.)	O	
2	5	(5.)	O	O
	5	(4.)	O	
	5	(6,7)	X	
3	5	(4.)	O	O
	5	(5.)	O	
	5	(5.)	O	
4	6	(5.)	X	X
	6	(5.)	X	
	6	(5.)	X	
5	6	(5.)	X	X
	6	(5.)	X	
	6	(6,7)	O	
6	4	(4.)	O	O
	4	(4.)	O	
	4	(6,7)	X	
7	5	(5.)	O	O
	5	(5.)	O	
	5	(4.)	O	
8	6	(5.)	X	X
	6	(5.)	X	
	6	(6,7)	O	
9	5	(4.)	O	O
	5	(4.)	O	
	5	(5.)	O	
10	6	(6,7)	O	X
	6	(4.)	X	
	6	(5.)	X	

< LinkSquare 1 육색 실증 테스트 결과 >

도체 (임의번호)	평가사 판정	시스템 판정	정오	3회 측정 결과
1	2	(2,3)	○	○
	2	(2,3)	○	
	2	(2,3)	○	
2	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
3	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
4	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
5	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
6	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
7	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
8	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
9	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	
10	3	(2,3)	○	○
	3	(2,3)	○	
	3	(2,3)	○	

< LinkSquare 1 지방색 실증 테스트 결과 >

도체 (임의번호)	평가사 판정	시스템 판정	정오	3회 측정 결과
1	2	(2,)	O	O
	2	(1,)	X	
	2	(2,)	O	
2	1	(1,)	O	O
	1	(1,)	O	
	1	(2,)	X	
3	1	(1,)	O	O
	1	(1,)	O	
	1	(2,)	X	
4	1	(2,)	X	O
	1	(1,)	O	
	1	(1,)	O	
5	2	(3,4,5)	X	X
	2	(2,)	O	
	2	(3,4,5)	X	
6	1	(2,)	X	X
	1	(1,)	O	
	1	(2,)	X	
7	1	(1,)	O	O
	1	(1,)	O	
	1	(1,)	O	
8	1	(1,)	O	O
	1	(1,)	O	
	1	(2,)	X	
9	3	(2,)	X	O
	3	(3,4,5)	O	
	3	(3,4,5)	O	
10	1	(1,)	O	O
	1	(2,)	X	
	1	(1,)	O	

< LinkSquare S1 (NIR) 조직감 실증 테스트 결과 >



< LinkSquare 현장 실증 테스트 수행 사진(음성 축산물공판장) >

- 당사는 유효성 검증의 일환으로 LinkSquare 기기를 이용하여 육류의 신선도 측정 관련 연구 후 관련 논문을 작성하였으며, 2020년 2월 17일 현재 논문 제출 후 리뷰 중에 있음.

* E. Moon et al., "Evaluation of salmon, Tuna and Beef Freshness Using a Portable Spectrometer," Journal of Food Science (resubmitted, pending).

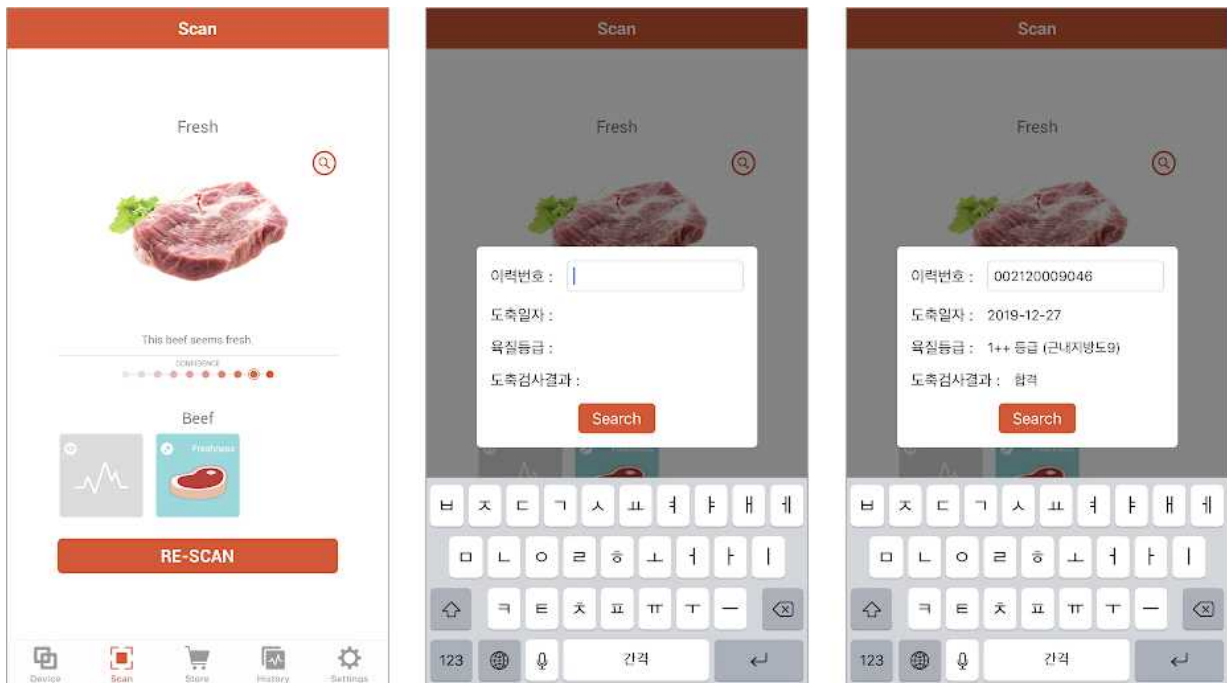


Evaluation of Salmon, Tuna and Beef Freshness Using a Portable Spectrometer

Journal:	Journal of Food Science
Manuscript ID	JFDS-2020-0245
Manuscript Type:	New Horizons in Food Research
Date Submitted by the Author:	13-Feb-2020
Complete List of Authors:	Moon, Eui Jung; Stanford University, Radiation Oncology Kim, Youngsik; Stratio Inc Xu, Yu; Stanford University, Radiation Oncology Na, Yeul; Stratio Inc Giaccia, Amato; Stanford University, Radiation Oncology Lee, Jae Hyung; Stratio Inc
Keywords:	

< 미국 유명 농식품 학회지인 Journal of Food Science에 당사가 개발한 LinkSquare 기기를 이용하여 육류 및 생선 신선도 관련 연구 논문 투고 완료함 >

- 기존 소고기 품질 이력추적시스템과 개발된 센서의 신선도 측정 데이터의 연계 플랫폼 구축.
 - 축산물 이력제 정보 제공 사이트에서는 쇠고기의 이력을 조회할 수 있는 데이터베이스를 일반인에게 공개하며, 도축검사 결과, 육질 등급과 같은 신선도에 관한 정보를 제시하기 때문에 LinkSquare 1과 LinkSquare S1에서 얻은 분광 정보를 이용한 신선도 측정을 소고기의 이력과 비교할 수 있음.
 - LinkSquare 앱의 신선도 및 등급 판정 결과 화면에서, 쇠고기 이력을 조회할 수 있도록 하여, LinkSquare를 이용한 판별 결과와 실제 이력을 함께 조회 및 비교 할 수 있는 시스템 개발



< LinkSquare 앱에서 신선도 판별 후, 쇠고기 이력번호를 이용해 도축 일자 및 등급을 알아내는 과정 >

2-2. 사업화 성과 및 매출실적

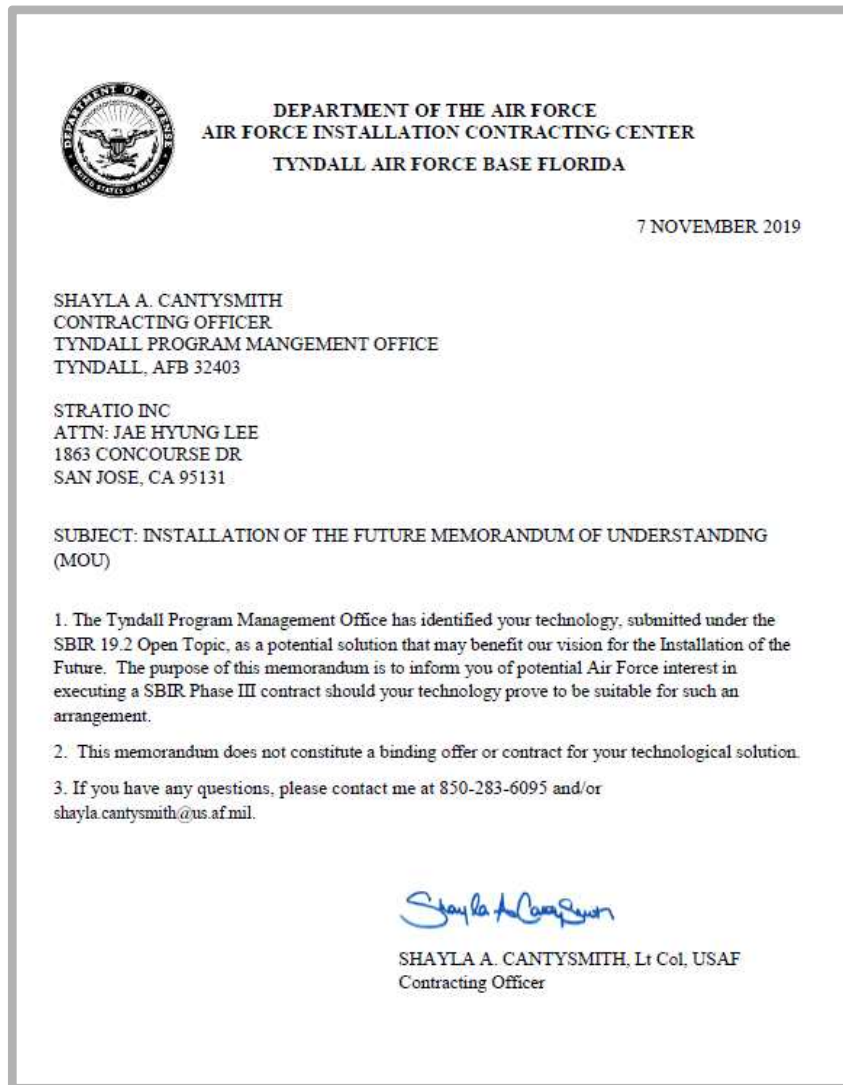
○ 기술개발 추진 방법

- 가시광선/근적외선 분광 기술과 기계 학습을 결합하여 소고기의 품질 등급 및 신선도를 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발.
 - : 스트라티오코리아(주관기관)는 가시광선/근적외선 대역의 분광기를 각각 제작하여 양산하고, 이들을 이용해서 얻어진 분광 정보를 기계 학습을 통해 소고기의 품질 등급 및 신선도를 측정할 수 있는 알고리즘을 개발.
 - : 참여기관인 서울대학교는 얻어진 분광 정보를 바탕으로 육색과 지방색에 대한 스펙트럼을 정량적으로 측정하고 이를 이용해 소고기의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 기준 개발.
- 본 사업은 기술의 사업화를 목표로 하고 있으며, 각 연차별로 다음을 목표로 개발함.
 - : 1차년도 : 가시광선 파장이 측정 가능한 LinkSquare 1을 개선, 제작하고, 이것을 이용해서 측정된 데이터를 수집/저장/기계 학습을 실행하는 플랫폼 완성. 또한, 근적외선(800-1600nm)이 측정 가능한 근적외선 라인 센서(128x2) 제작. 이와 동시에 LinkSquare 1을 이용하여 소고기의 품질 등급 측정이 가능한 어플리케이션 완성.
 - : 2차년도 : 1차년도에서 개발된 라인 센서를 이용한 근적외선 파장(800-1600nm)에 대응되는 LinkSquare S1 개발하고, 1차년도에 개발된 어플리케이션을 확장하여 소고기에 대한 품질 등급 측정이 가능하도록 개선. 또한, 신선도에 대한 정량적인 기준 마련을 위한 연구를 진행.
 - : 3차년도 : LinkSquare 1과 LinkSquare S1을 이용해서 얻어진 광대역 분광 정보를 이용하여서 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 시제품을 완성.
- 사업화를 위해 기술 개발과 동시에 다음을 진행함.
 - : 다양한 잠재 고객과의 지속적 소통을 통해 시장의 니즈를 개발에 최대한 반영.
 - : 기 접촉해온 잠재 고객 기업의 사용 환경을 이해하고, 발생 가능 문제점 사전 확인 및 해결 활동 진행.
 - : 대량 생산 시의 품질 관리 방안을 사전 확보함.
 - 제품의 제작과 유통을 위한 협력 업체 확보를 위해 사전 조사 및 협의 진행.
 - 센서 생산량을 연차마다 차등을 두어 생산하여 반복적인 물질 검사, 장시간 사용, 이에 상응하는 환경시험 등을 진행하며 문제점을 사전에 파악하여 해결.
 - 사용자 매뉴얼, 제품 포장 및 Datasheet를 마련.
 - 인증획득 및 환경시험을 본 사업 기간 중 진행하여 요구되는 수정사항 적시 적용.
 - : 본 사업 기간 중 홍보를 진행, 본 사업 완료 즉시 판매가 가능하도록 준비 함.
 - International Consumer Electronics Show (CES), MWC 과 같은 영향력 있는 국제 전시회 참석을 통해 홍보 함.
 - 제품 문의 및 AS 대응 시행.

○ 사업화 추진 성과

- 근적외선 기술을 이용한 스마트폰 연동 분광기를 이용해 항공기 부식 방지 및 관리 프로젝트 진행

: 미국 법인인 Stratio, Inc가 BeyonSense[®] Pre 카메라로 미 국방부 Air Force SBIR에 당선되어, 미국 국방부 프로젝트를 진행하게 되어 항공기의 화학 작용 및 미세먼지에 의한 부식 가속화로 인해 항공기의 수명 및 가동률의 감소를 감소시킬 수 있는 기술에 SWIR 카메라를 활용이 가능함. 당사의 이미지 센서를 이용하여 비파괴방식으로 재료의 부식도를 판단하여 수명 예측이 가능함.



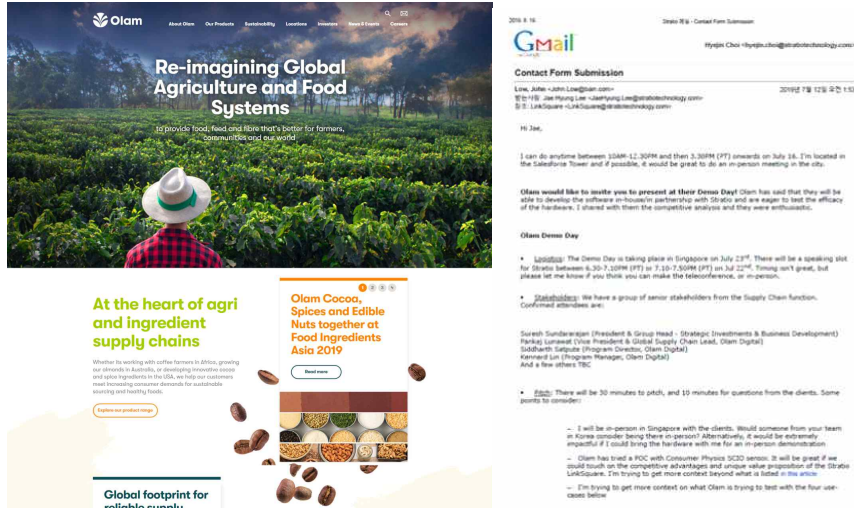
< 미국 공군 Air Force, USAF과 미국 법인인 Stratio, Inc이 체결한 항공기 부식 방지 및 관리 프로젝트 관련 MOU >

○ 근적외선 기술을 이용한 곡물 품종 분류 및 품질 관리 검사

- 곡물 품종 분류 및 품질 관리 검사에 근적외선 기술을 이용 추후 초분광 영상 시스템 개

발 완료 후 적합한 모델로 발전 시키려함.

: 싱가포르 최대 농업 체인 기업인 Olam과 글로벌 곡물프로젝트를 진행. 특히, 부가가치가 높은 카카오 품질 관리를 1차 프로젝트로 논의하고 미팅을 진행한 바 있음. 이후 Olam을 통해 초분광영상시스템의 곡물 품질 관리 서비스를 전파하고 주요 수요처를 확보하려함.



< 곡물프로젝트 관련 협력 업체인 Olam 홈페이지 캡처(좌), 협업 관련 1차 메일(우) >

: 당사의 근적외선 분광기를 통해 1차적으로 국내 곡물의 다양한 품종을 구별하는 프로젝트를 진행하려함. 지역별, 품종별, 단백질 함유량별 품종을 구별하고 이후 당사의 초분광 영상 시스템 개발로 곡물 품질 관리까지 사업모델을 확대하려함.

: 국내 곡물 유통 업체와 협업하고 1차로 60종 이상 다양한 지역별 품종별 곡물을 수급하여 스트라티오 국내 연구실에서 연구를 진행하고 있으며 품질관리용 서비스 개발을 진행하려 함.



< 국내 곡물 유통업체를 통한 1차 샘플 수집 현장 사진 및 확보된 샘플 견본>

○ 근적외선 센서 탑재된 스마트폰 개발 협업 진행

- 카메라가 스마트폰의 핵심 경쟁력으로 자리 잡으면서 관련 기업들이 주식 투자자의 주목을 받고 있음. 전체 스마트폰 기기 수요는 정체됐지만, 중·저가 스마트폰에도 카메라가 탑재되는 비중이 커지고 있어 관련 부품 수요는 급격한 증가 추세임.

: 올해 13일 시장조사기관 IDC와 유진투자증권에 따르면 삼성전자 스마트폰의 멀티카메라 탑재율은 지난 1분기 51.7%를 나타냈다. 이 수치는 2017년 4분기 7.5%, 2018년 4분기 34.9% 등으로 지속적으로 높아짐.)

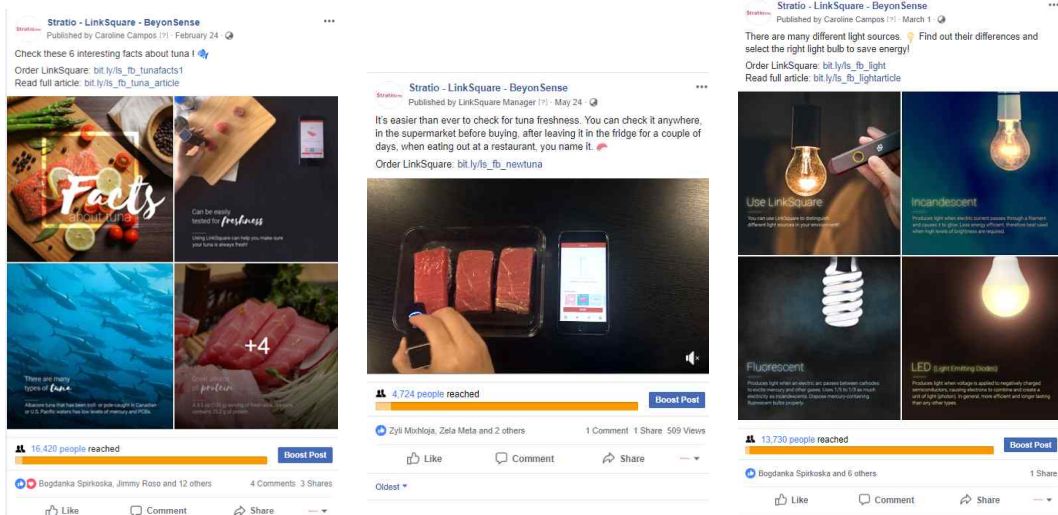
: 중국 스마트폰은 멀티카메라 탑재비중이 경쟁사 제품에 비해 높다. 중국 제조사 오포, 화웨이, 비보의 지난 1분기 멀티카메라 탑재율은 각 90.7%, 85.1%, 79.1%였음.

: 올해 초 LG는 세계 최초로 스마트폰에 적용된 정맥 인식기능은 카메라를 향해 손바닥을 비추기만 하면 손바닥 안의 정맥을 위치, 모양, 굵기 등으로 분석해 사용자를 식별하는 북미시장에 전략 스마트폰 LG G8 씽큐(ThinQ)를 출시.

: 당사의 근적외선 센서를 스마트폰에 탑재하게 되면 손쉽게 위조 그림 인식, 위조지폐 감별 등이 가능해짐. 위조 얼굴 검출 시에도 적외선 영상을 이용하면 대상물 자체에서 나온 적외선 복사열을 측정, 어둠 속에서도 대상을 인식할 수 있다. 빛과 상관없이 인식이 가능해짐.

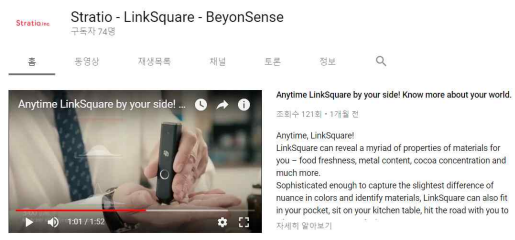
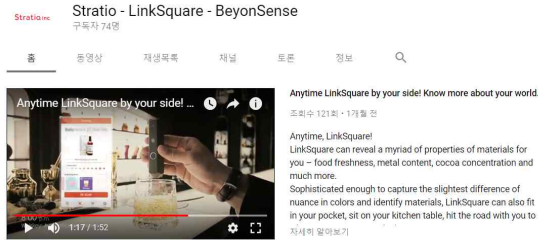
- SNS 채널간 성과

: 페이스북, 구글 애드워즈, 유튜브 게시물, 트위터, 인스타그램, 링크드인 등 다양한 채널을 통해 사용자와 소통하고 신제품 및 서비스 홍보를 진행



< 당사 Facebook 상반기 유입률 높은 게시물 일부 >

2) <https://www.hankyung.com/finance/article/2019061366281>



< 유튜브 공식 홈페이지 접속 시, 자동 재생되는 LinkSquare Intro 동영상 >

Detect counterfeits instantly
LinkSquare Spectrometer
[www.linksquare.io spectroscopy counterfeits](http://www.linksquare.io/spectroscopy/counterfeits)
 Use our spectrometer to check counterfeit products, food freshness, and pills.

real URL linksquare.io/products.html

Detect Fake Goods in 3s
LinkSquare - Easy Spectroscopy
[www.linksquare.io fake-goods](http://www.linksquare.io/fake-goods)
 Determine fake goods and check food quality with a quick scan. Learn more.

real URL linksquare.io/products.html

LinkSquare - Scan anything
Handheld spectrometers for all
www.linksquare.io
 Affordable, portable, high quality handheld scanner around! Buy yours today.

We Detect Fake Stuff & More
LinkSquare Spectrometer
www.linksquare.io
 Get your own high quality handheld spectrometer for the cheapest price around!

real URL linksquare.io/products.html

LinkSquare
Handheld Spectrometer for All
www.linksquare.io
 Check product authenticity, food freshness, and veracity with our spectrometer!

real URL linksquare.io/products.html

LinkSquare
Handheld Spectrometer for All
www.linksquare.io
 Get your own high quality handheld spectrometer for the cheapest price around!

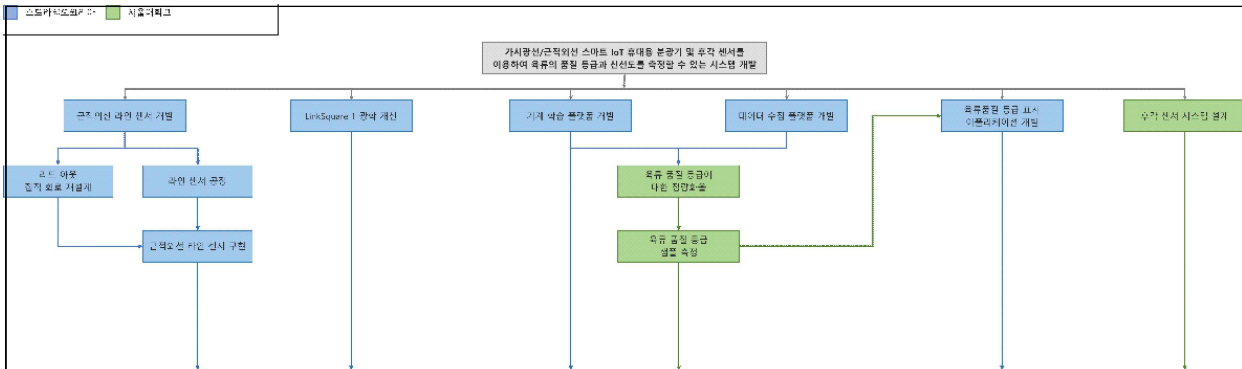
< 진행중인 구글 애드워즈 광고 >

○ 생산 계획

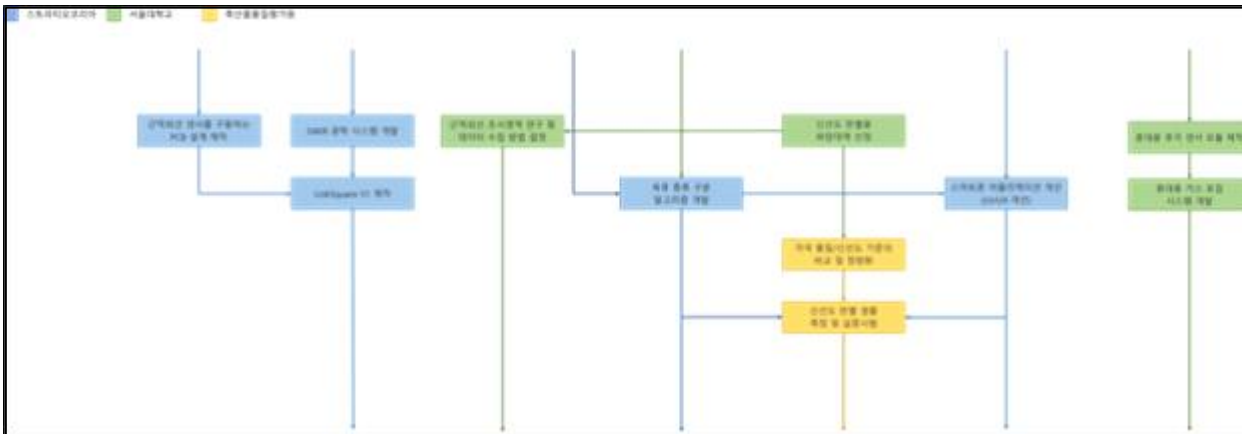
구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위: 갯수)	250	300	400
	판매단가(원)	650,000	650,000	650,000
	국내매출액(백만원)	162	195	260
해 외	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위: 개수)	4,148	5,869	7,116
	판매단가(\$)	549	549	549
	해외매출액(백만\$)	2.0	3.2	4.0
당사 생산능력1)		90,000	100,000	800,000

2-2. 연구개발의 추진체계

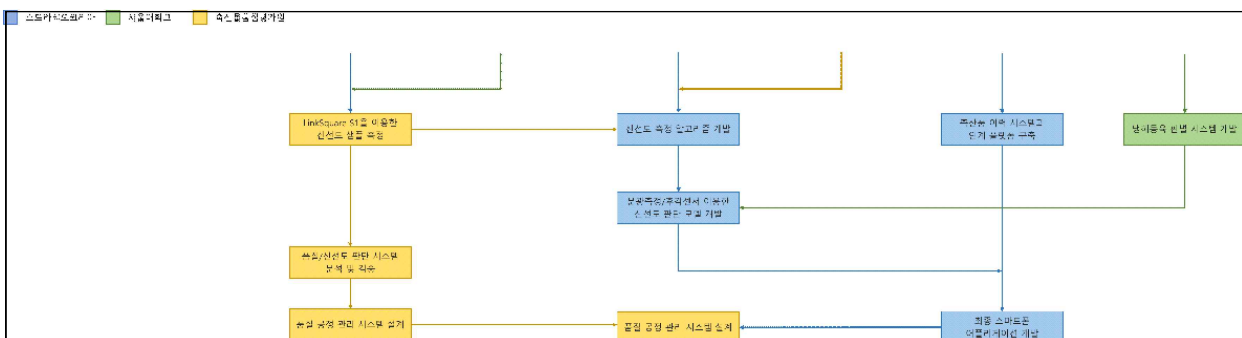
1차년도



2차년도



3차년도



2-3. 추진일정

1															연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	계획수립 및 자료조사	■															
2	LinkSquare 1 광학 개선		■	■	■	■	■										
3	리드 아웃 집적 회로 재설계		■	■	■	■											
4	근적외선 라인 센서 구현					■	■	■	■	■							
5	데이터 수집 플랫폼 구축		■	■	■												
6	기계 학습 플랫폼 구축				■	■	■										
7	육류 품질 등급 표시 어플리케이션 개발						■	■	■	■							
8	육류 품종별 품질 등급 정량화를 위한 지표인자 설정		■	■	■	■											
9	LinkSquare 1을 이용한 샘플 데이터 수집					■	■	■									
10	후각 센서 시스템 설계		■	■	■	■	■	■	■	■							
2차년도																	
1	육류 종류 구분 알고리즘 개발	■	■	■	■	■											
2	스마트폰 어플리케이션 개선					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
3	근적외선 광학 시스템 개발	■	■	■	■	■											
4	근적외선 센서용 PCB 설계					■	■	■	■								
5	LinkSquare S1 제작								■	■	■	■	■	■			
6	근적외선 조사영역 연구 및 데이터 수집방법 결정				■	■	■	■	■	■	■						
7	신선도 측정용 파장대역 선정	■	■	■	■												
8	휴대용 후각 센서 모듈 제작	■	■	■	■	■	■	■	■								

8	가스 포집 시스템 개발															
10	각국 품질/신선도 기준의 비교 및 정량화															
11	신선도 측정 샘플 측정 및 실증시험															
3차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	LinkSquare S1을 이용한 신선도 샘플 측정															
2	신선도 측정 알고리즘 개발															
3	축산품 이력시스템과 연계 플랫폼 구축															
4	최종 스마트폰 어플리케이션 개발															
5	냉해동육 판별 시스템 개발															
6	분광측정/후각센서 이용한 신선도 판단 모델 개발															
7	품질/신선도 판단 시스템 분석 및 검증															
8	품질 공정 관리 시스템 설계															
9	최종 개발 시스템 시제품 성능 평가															

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10%	5%	0%	5%	0%	20%	0%	0%	15%	0%	5%			10%	5%	5%	10%	10%		
최종목표																				
1 차 연 도	목 표	1	0	0	0		0	0	0	2		0	0	2		2	1	0	0	3
	실 적	1	0	0	0		0	0	0	0		2	0	0		1	1	0	0	7
2 차 연 도	목 표	2	0	0	0		0	0	0	0		1	1	0		1	1	2	0	3
	실 적	2	0	0	0		0	48	68	2	1,0 00	0	0	0		1	1	3	1	8
3 차 연 도	목 표	2	2	0	1		1	400	100	1		1	2	0		2	1	2	2	3
	실 적	2	2	0	1	7	1	76	59	7	1,8 00	2	0	0		4	1	1	1	9
소 계	목 표	5	2	0	1		1	400	100	3		2	3	2		5	3	4	2	9
	실 적	5	2	0	1	7	1	76	59	9	2,8 00	4	0	0		6	3	4	2	24
종료 1차연도		1	2	0	1		1	400	100	2		2	2	0		2	2	2	1	3
종료 2차연도		1	1	0	2		1	800	200	2		0	2	0		2	2	0	1	5
종료 3차연도		0	1	0	0		0	1,0 00	300	4		0	0	0		0	0	0	0	5
소 계		2	5	0	3		2	2,2 00	600	8		2	4	0		4	4	2	2	23
합 계		7	7	0	4		3	2,6 00	700	11		4	7	2		9	7	6	4	32

2-4. 연구성과(해당 시 작성)

○ 국내외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	Evaluation of Salmon, Tuna and Beef Freshness Using a Portable Spectrometer	Journal of Food Science	Stratio, Inc. E.J. Moon, Y. Na, Y. Kim	-	-	-	SCI	In progress	-
2	Development of Optimum Beef Freshness Decision Model with NIR Spectrum and Gas Sensor	Journal of The Science of Food and Agriculture	Seong min Park	-	-	Wiley	SCI	In progress	-
3	Estimation of Beef Fatty Acid Ratio and Species Using Near-infrared Spectrum and Artificial Neural Network	Journal of Intelligent Learning Systems and Applications	Seong min Park	-	-	Scientific Research Publishing	SCI	In progress	-
4	Determination of beef grade using portable NIR Spectrometer	Journal of Biosystems Engineering	Seong min Park	-	-	Springer	비SCI	In progress	-

○ 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	한국농업기계학회	박성민	2017. 10. 26	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
2	ISMAB 2018 (아시아국제농업기계학회)	박성민	2018. 5. 29.	제주 KAL호텔	대한민국
3	2019 한국농업기계학회 춘계학술대회	박성민	2019. 6. 10.	경남 진주 / 경상대학교	대한민국
4	2nd Food Chemistry Conference	박성민	2019. 9. 17.	Melia Sevilla Hotel, Sevilla, Spain	스페인
5	2019 KSAIA Fall Conference	박성민	2019. 10. 31	서울대학교	대한민국
6	한국농업기계학회 2019 추계학술대회	박성민	2019. 10. 18	엘리시안 강촌, 춘천, 대한민국	대한민국

○ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	소프트웨어임치증	18.09.20	(주)스트라티오 코리아	18.10.11	2018-22-0000164	한국저작권위원회	100%
2	소프트웨어임치증	17.12.26	(주)스트라티오 코리아	17.12.26	2017-22-0000193	한국저작권위원회	100%

○ 전문 연구 인력 양성

No	분류	기준 년도	현 황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	학위자배출	2018	1	2			2	1	3					
2	학위자배출	2019	1					1	1					

○ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	Spectrometers with Self- Compensation of Rotational Misalignment	US	Jae Hyung LEE / Youngsik KIM /Yeul NA/ Juhyung KANG	2017년	15821591	-	-	-	100%
2	Spectrometers with Self-Compensation of Rotational Misalignment	PCT	Jae Hyung LEE / Youngsik KIM /Yeul NA/ Juhyung KANG	2018년	PCT/US2018/058059	-	-	-	100%
3	Methods for Forming a Germanium Island using Selective Epitaxial Growth and a Sacrificial Filling Layer	PCT	Jae Hyung LEE / Youngsik KIM /Yeul NA	2018년	PCT/US18/60134	-	-	-	100%
4	Spectrometers with Self- Compensation of Rotational Misalignment	US	-	-	-	Jae Hyung LEE / Youngsik	2019년	Patent No. 10281327-	70%

						KIM /Yeul NA			
5	Methods for Forming a Germanium Island using Selective Epitaxial Growth and a Sacrificial Filling Layer	US	-	-	-	Jae Hyung LEE / Youngsik KIM /Yeul NA	2019년	Patent No. 16184984	100%
6	휴대용 초분광기기를 이용한 수용액의 농도 예측 기법	KR	국민대학교 산학협력단, 주식회사 스트라티오 코리아	2019년	10-2019-0109321	-	-	-	50%
7	Scanner for Multi-Dimensional Code and Labels	US	Jae Hyung LEE / Youngsik KIM /Yeul NA	2019년	62/941,547	-	-	-	100%

○ 교육지도

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
1	스타트업 연구교류세미나	당사의 대표 제품인 LinkSquare에 대한 연구 발표 및 교육으로 업계 전문가들과 교류하여 컨설팅 진행	스트라티오 코리아	1	2시간	30명
2	LinkSquare 디바이스 사용법 및 시스템 활용 교육	성균관대학교 연구소에서 진행하는 인조가죽 구별 프로젝트를 위한 기초교육 및 역량강화 컨설팅을 석사과정 학생들 대상으로 진행함.	스트라티오 코리아	1	4시간	2명
3	ICT학점연계 프로젝트인턴십	당사에서 인턴십을 진행하여 해당 학생에게 LinkSquare의 임베디드 시스템 및 관련 SW 프로그램, 애플릿 개발 교육	스트라티오 코리아	1	3개월	1명

○ 기술거래(이전) 등

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도)	누적 징수현황
1	통상실시	가시광선/근적외선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발	IPET	20.02.28	7,280,000원	-

○ 사업화 투자실적

No	추가 R&D 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자자금 성격
1	-	-	KB Investment	10억원	민간투자
2	-	-	DSC Investment	18억원	민간투자

○ 사업화 현황

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액	매출 발생년도	기술 수명
1	시제품 개발	기술보유자의 직접 사업화	대한민국	물질 분석이 가능한 휴대용 분광기 LinkSquare	가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 개발	스트라티오 코리아	76,321,009	2019	-

○ 최근 3년간 일자리 유지 현황

구분	2017년	2018년	2019년
재직인원	20	21	25

○ 국내외 전시회 참가

- CES (Consumer Electronics Show) 2018년 참석



< 3년 연속 CES 참석과 당사 가시광선/초근적외선 휴대용 분광기, LinkSquare 1의 미국 주요 언론 소개 영상 >

- 한-불 비즈니스 리더스 서밋(무역협회) 및 경제사절단 참여



< 당사는 프랑스 경제사절단으로 참석하여 현지 기업들과의 네트워킹 구축 진행 >

- 일본 동경 국제 선물용품 전시회 2019년 참석

: 2019년 일본 동경 국제 선물용품 전시회는 IoT와 AI 관련 제품에 관한 섹터를 따로 마련, 가전제품과 웨어러블 디바이스, 디지털 가젯 등 IoT 와 AI 기술에 대응하는 분야를 강조하여 전시할 계획. 당사의 LinkSquare 는 이 분야에 가장 자신 있고 경쟁력 있는 제품이라 판단



< 2019년 일본 동경 국제 선물용품 전시회에서 시연 중인 모습 >

- 독일 베를린에서 열린 IFA 전시회 2019년 참석

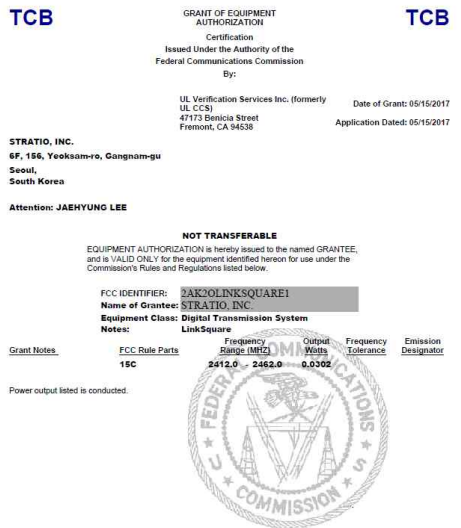
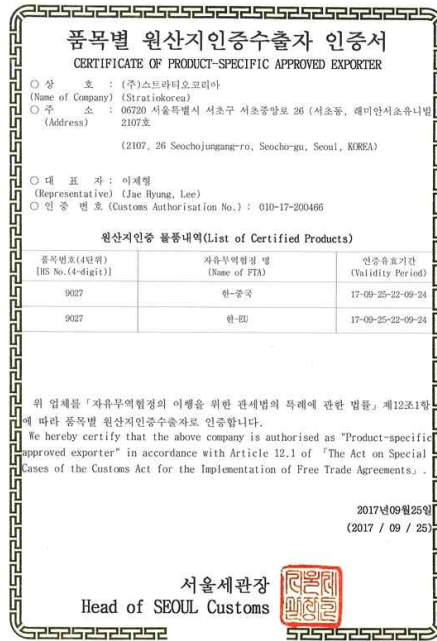
: 2019년 9월 독일 베를린에서 열린 IFA 전시회에 참가하여 사제품인 BeyonSense®을 공개함. 스트라티오는 이번 전시회를 통하여 유럽 내 타겟 시장별 현지 바이어 및 파트너사 등과 비즈니스 매칭을 지속적으로 시도함. 당사 홍보 및 수출 증대 등과 같은 성과를 올릴 수 있을 것으로 기대함.



< 2019년 독일 전시회에서 IFA 전시회에서의 당사 제품 시연 중인 모습 >

○ 인증서 획득

- LinkSquare 국내 상표권 등록 및 중국 및 LinkSquare SW 품질 관련 인증 GS 1등급 획득
- 해외 사업화를 위한 미국 FCC 인증 및 중국 및 유럽의 FTA 협정 세율 적용을 위한 원산지증명서(원산지인증 수출자인증서) 획득.

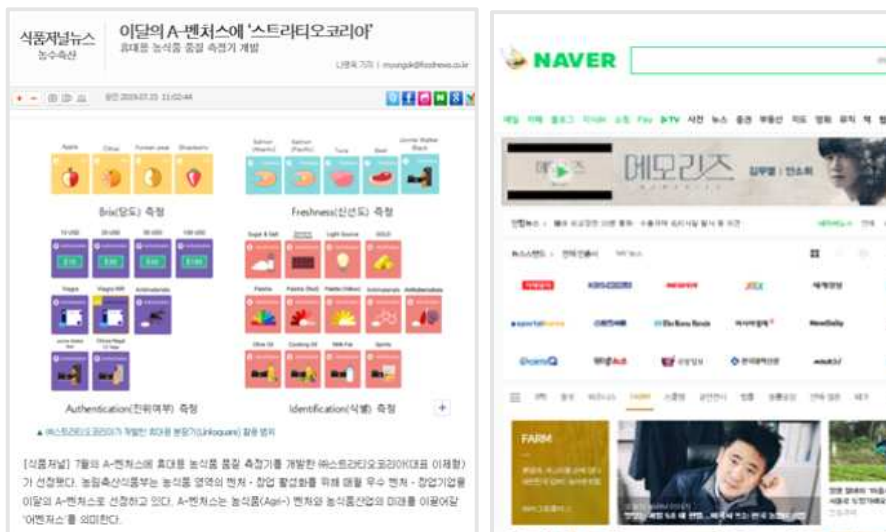


○ 성과 홍보

- 당사의 이제형 대표가 해외 유명 언론사인 Authority-magazine에서 사고력 리더십의 자격이 있는 CEO로서의 인터뷰 내용이 기사화됨.
- 농림축산식품부에서 시행하는 월별 우수 벤처·창업기업을 선정하는 A벤처스 제3호에 (주)스트라티오코리아(대표 이제형)가 선정되어 유명 포털사이트 NAVER FARM판 최상단에 노출되어 구매 및 제품 문의가 쇄도함.



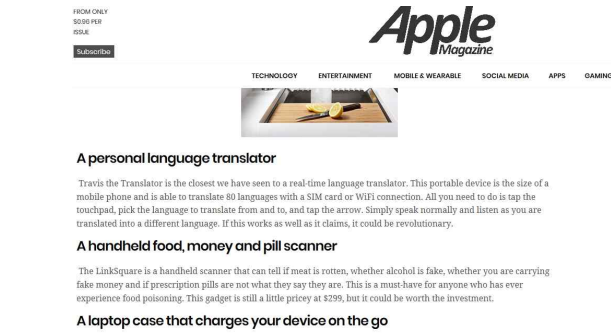
<해외 유명 언론사인 Authority-magazine에서 사고력 리더십을 갖추고 CEO로 소개된 스트라티오의 이제형 대표3) >



< 유명 포털사이트 NAVER FARM판 최상단에 노출되어 소개4) >

3) <https://medium.com/authority-magazine/5-things-you-should-do-to-become-a-thought-leader-in-your-industry-with-dr-hae-hyung-lee-6d9a99952f76>

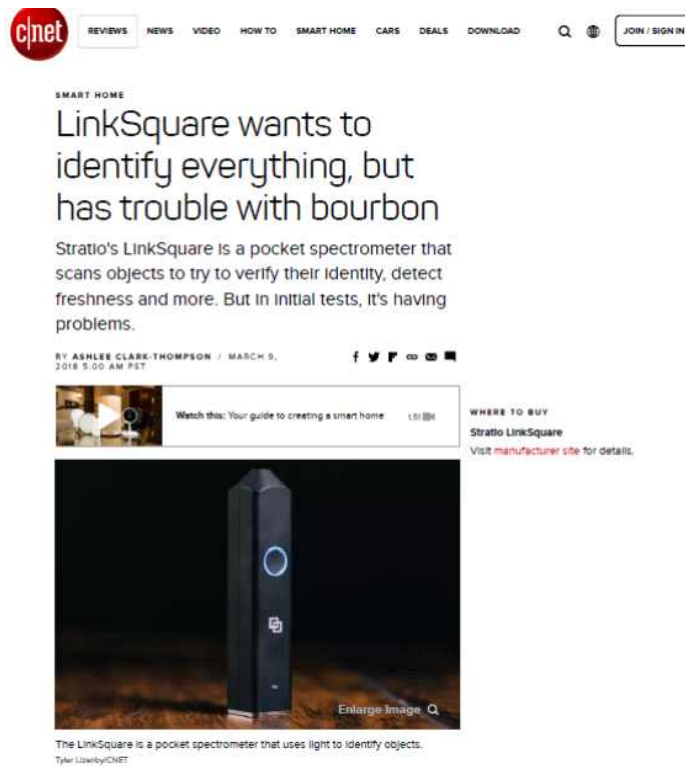
4) <https://blog.naver.com/nong-up/221594171765>



< 미국 잡지 Apple Magazine 제품소개 >



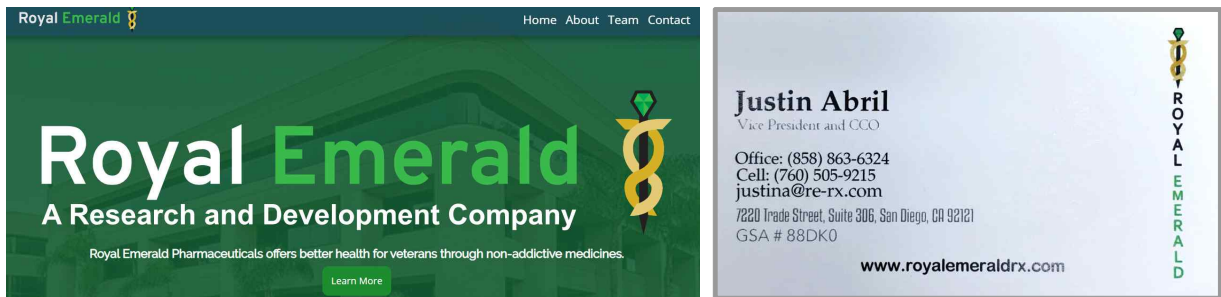
< 2018년 3월 프랑스 매거진 라마르세예즈에 실린 LinkSquare >



< 미국 정보통신 관련 유명 매체 CNET 기사 >

○ 투자설명회

- 자사가 보유한 기술로 대내외 활동을 펼치고 있으며, 자사의 센서를 이용한 물질분석용 휴대용 분광기기인 LinkSquare 홍보를 겸하며 투자처 확보를 계획.
- 2018년 국내 K사로부터 10억원 투자 유치를 받았으며, 이후 2018년 하반기 국내 D사로부터 20억 투자를 유치함. 후속 투자로 Series B 투자 유치를 위해 크라우드 펀딩, VC 등 다양한 투자처 확보를 계획.
- 스트라티오의 근적외선 이미지 센서 원천 기술에 대한 투자처들의 문의가 있으며, 본 사업을 통해 128x128 해상도의 실용화 가능한 이미지 센서 제작을 완료하면 현재 투자처들로부터 2차 투자 연계도 가능할 것임.
- 2019년부터 근적외선 이미지 센서 및 카메라를 통해 CES2019, MWC 등 해외 유명전시회에 참가하여 적극적인 홍보 활동을 하고, 이를 통해 일대일 투자로 이어질 수 있도록 전략을 수립함.
- 올해 8월 미국 벤처캐피탈사 Royalemeraldrx와 미팅을 시행함. 해외투자 기회를 더욱더 만들어 갈 수 있을 것으로 기대함.



< 스트라티오와 회의 및 현지 미팅을 진행하였던 미국 벤처캐피탈사 Royalemeraldrx 홈페이지 및 VC 명함 캡처 >

○ 기타

- 미래창조과학부 주관 K-ICT 신SW상품대상 6월 수상작으로 선정되었으며 2017년 9월 기간지에 개발품관련 내용이 실림



3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

가. 연차별 개발목표 및 내용

<1차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아)

: 기개발된 가시광선(400-800nm)에 대응하는 LinkSquare 1을 개선하여 분광기 디바이스 간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 광학 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계 및 양산.

: 근적외선 (800-1600nm)이 측정 가능한 라인 센서(128x2) 양산.

: LinkSquare 1에서 전송된 스펙트럼 정보 수집/저장하는 데이터 수집 플랫폼과 기계 학습이 가능한 기계학습 플랫폼 구축.

: 소고기 육류의 품질 등급 측정이 가능한 스마트폰 어플리케이션 개발.

- 협동연구기관(서울대학교)

: 육류 품종(소고기) 별 품질 등급 정량화를 위한 지표인자 선정 및 LinkSquare 1을 이용한 샘플 데이터 수집(서울대학교 동물식품학 연구실 조철훈 교수 연구팀과 협업).

: 휴대용 신선도 판정기에 적용하기 위한 후각센서 시스템 설계.

<2차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아) :

: 소고기 품질 등급 측정에 추가로 고기 종류 구별이 가능할 수 있도록 기계학습 알고리즘 개선.

: UX/UI를 개선하여 일반·사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 앱 개선.

: 근적외선 파장(800-1600nm)에 대해 분광 정보 측정 후 전송 가능한 LinkSquare S1 시제품 완성.

- 협동연구기관(서울대학교) :

: 근적외선을 이용한 육류의 품질판정을 위한 적합 근적외선 조사영역(근육, 지방질, 변색부위 등) 연구 및 데이터 수집방법 결정.

: 휴대용 근적외선 분광분석 기반의 신선도 측정을 위한 최적 파장대역 선정.

: 휴대용 후각 센서 모듈 제작 및 가스 포집 시스템 개발.

- 위탁연구기관(축산물품질평가원) :

: LinkSquare 1을 이용한 육류 등급화 기준 설계 및 등급 판정 실증시험.

<3차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(스트라티오코리아) :

: LinkSquare 1과 LinkSquare S1을 이용해 측정된 스펙트럼을 통해 육류의 품질 뿐 아니라 신선도도 측정할 수 있는 알고리즘 개발.

: 가시광선/근적외선 분광기를 이용한 육류 품질에 대한 신뢰도 확보 시스템 시제품 완성.

: 기존 소고기 품질 이력추적시스템과 개발된 센서의 신선도 측정 데이터의 연계 플랫폼 구축.

- 협동연구기관(서울대학교)

: 휴대용 근적외선 분광분석 기반 냉해동육(수입)판별 시스템 개발.

: 분광측정 및 후각센서가 결합된 최적 신선도 판단 모델 개발.

: 관능평가와 개발된 품질/신선도 측정 시스템의 상관성 분석 및 검증.

- 위탁연구기관(축산물품질평가원)

: 최종개발 제품(광학 및 후각 센서 통합 시스템)의 실증 테스트 및 이를 이용한 품질공정관리시스템 설계.

나. 연구개발 성과 및 평가방법

○ 근적외선 센서

- 근적외선 파장 검출 대역: 센서의 800-1600nm 파장 검출 대역을 10개의 근적외선 LED, 광대역 광원 및 Acousto-Optic Tunable 필터를 이용해 성능을 검증함.
- 1차 및 2차년도에는 자체 실험을 통해 센서의 측정 범위를 평가한 후, 3차년도부터는 공인인증기관의 신뢰도 검사를 통해 신뢰성 인증서 확보 예정.

○ 후각 센서(전자코 시스템)

- 육류의 품질 등급에 영향을 주는 기체성분을 분석하고 6종 이상의 기체성분 양을 측정할 수 있는 센서 어레이를 개발.
- 효율적인 가스 포집 시스템의 성능은 공인인증기관의 신뢰도 검사로 평가할 예정.

○ 분광기(LinkSquare 1, LinkSquare S1)

- 분광기 광학 해상도: LED와 같이 특정 파장만을 방출하는 광원을 5개 이상 이용하여 검출되는 파장의 오차를 측정함.
- 분광기 스펙트럼 오차: 분광기 10개 중, 임의의 두 개 분광기 스펙트럼 오차 비교함.

○ 육류 데이터 정량화 및 수집

- 데이터 구별 정확도: 개발된 기계 학습 알고리즘을 이용하여 10개 다른 샘플을 구별 측정해 정확도를 도출함.
- 데이터 구별 속도: 10개 시료를 이용하여 측정 속도를 측정함.
- 연구된 최적 파장대역을 이용한 신선도 측정결과와 기존 신선도 측정 장비 및 화학적 신선도 측정방법(총균수, VBN, 휘발성염기태질소)과의 비교하여 성능을 검증함.

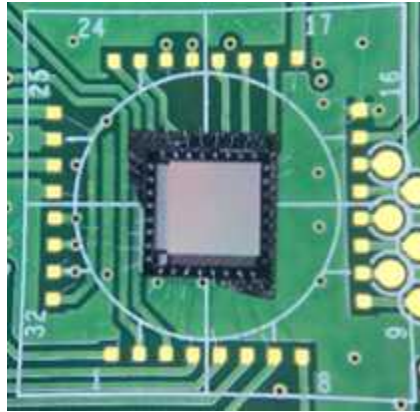
○ 앱 개발

- 앱 등록: 앱스토어 등록된 앱을 5개 이상의 스마트 폰에 다운로드 받아 동작 여부 검증.
- 앱 기능: 소고기 품질 등급 판정, 소고기 신선도 판정 등 육류 품질/신선도에 관한 최소 3가지 기능을 갖추.

다. 개발 결과물의 최종 형상

o 근적외선 센서

- 400-1600nm 파장범위의 가시광선/근적외선 영역에 특화된 실리콘(Si)-게르마늄(Ge) 혼합 공정 기술을 이용한 이미지 센서 개발
- 근적외선 파장 검출 대역: 센서의 800-1600nm 파장 검출 대역을 850nm ~ 1550nm 파장 영역의 근적외선 LED 10개를 이용해 성능을 검증함.
- 동일 센서를 사용하는 자사의 BeyonSense 카메라 시제품을 이용하여 공인시험평가를 완료함.



< 근적외선 이미지 센서를 PCB에 부착, 연결한 모습 >

주식회사 케이이에스
경기도 안산시 동안구 시민대로 365번길 40, 3F(안산) / Tel : 82-91-425-6200 / Fax : 82-91-424-6480 / www.kes.co.kr

발급번호 : KES-SA-1910134 / Tel : 82-91-425-6200 / Fax : 82-91-424-0480 / www.kes.co.kr

제 KES-SA-19T0194 호

시험성적서

신청인	기관명	주식회사 스트라티오코리아	
	대표자	이재형	사업자등록번호 123-86-40783
	주소	서울특별시 서초구 명달로 106, 2층 (서초동, 원영빌딩)	
시험기기	전화번호	02-6205-7456	팩스번호 -
	제품명	BeyonSense	
	모델명	BeyonSense	
시험성적서의 용도		과제 제출용	
시험기간		2019년 06월 04일	
시험방법		신청자 제시 시험방법	
시험결과		<input checked="" type="checkbox"/> 적 합 <input type="checkbox"/> 부 적 합 <input type="checkbox"/> 시험결과	
시험자		시험책임자	
		시험원 김계원 기술책임자 차채권	
2019년 06월 10일			

주식회사 케이이에스
경기도 안산시 동안구 시민대로 365번길 40, 3F(안산) / Tel : 82-91-425-6200 / Fax : 82-91-424-0480 / www.kes.co.kr

발급번호 : KES-SA-1910134 / Tel : 82-91-425-6200 / Fax : 82-91-424-0480 / www.kes.co.kr

4. 시험내용 요약 및 결과

4.1 시험목적 : 가시광선 / 근적외선 이미지센서칩의 파장 측정 범위를 확인한다.

4.2 시험장소 : 주식회사 스트라티오 회의실 (서울특별시 서초구 명달로 106, 2층)

4.3 시험기간 : 2019. 06. 04.

4.4 시험방법

- 1) 중심파장이 400 nm에서 1600 nm 내에 있는 LED 칩에 전원을 인가한다.
- 2) 시험기기의 카메라에 각 LED를 조사한다.
- 3) 시험기기의 연결된 스미트론 화면을 통해 센서가 각각의 LED에 반응하는지 확인한다.

4.5 시험결과

LED 파장	반응 여부	LED 파장	반응 여부
405 nm	정상 반응함	870 nm	정상 반응함
465 nm	정상 반응함	910 nm	정상 반응함
525 nm	정상 반응함	940 nm	정상 반응함
591 nm	정상 반응함	1050 nm	정상 반응함
630 nm	정상 반응함	1085 nm	정상 반응함
700 nm	정상 반응함	1200 nm	정상 반응함
740 nm	정상 반응함	1300 nm	정상 반응함
780 nm	정상 반응함	1450 nm	정상 반응함
850 nm	정상 반응함	1550 nm	정상 반응함

이 시험평가는 케이이에스의 시험 품질관리 부문에서 일괄적으로 실시됩니다.
 이 시험평가는 케이이에스의 시험 품질관리 부문에서 일괄적으로 실시됩니다.
 이 시험평가는 케이이에스의 시험 품질관리 부문에서 일괄적으로 실시됩니다.

이 시험평가는 케이이에스의 시험 품질관리 부문에서 일괄적으로 실시됩니다.

KES-P-5101-13 Rev. 5 KES A4

< 동일 센서를 사용하는 자사의 BeyonSense 카메라 시제품을 이용한 공인시험평가서 >

o 후각 센서(전자코 시스템)

- MCU와 가스센서 모듈을 한꺼번에 담을 수 있는 디자인을 3D 프린터로 설계 및 제작 하였음. 가스센서는 유티로부터 발생하는 기체를 잘 포집할 수 있도록 본체가 아래쪽을 보게 하였고, 동작 상태 파악 및 학습된 결과 출력을 위해 Seeduino MCU 기반 세그먼트 출력도 같이 연결하였음. 이상의 조건을 반영한 케이스를 설계 및 제작하였음.



< 제작된 장치를 위에서 본 모습(좌)과 아래에서 본 모습(우) >

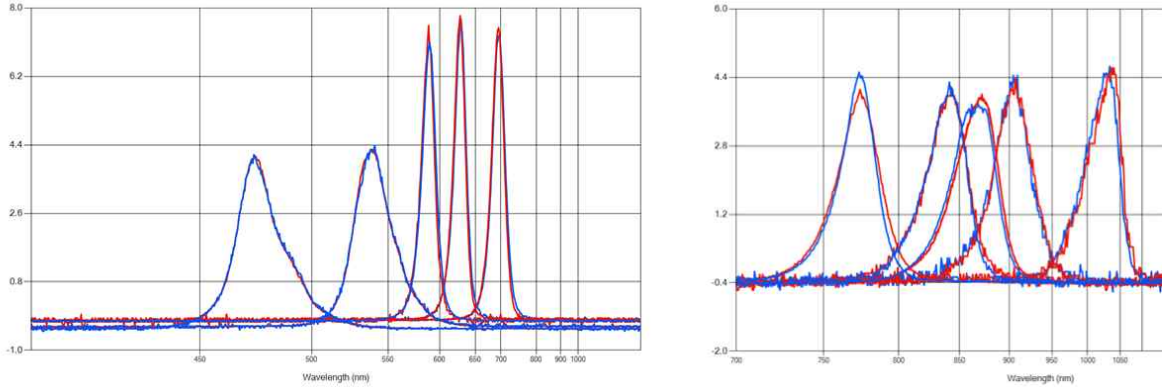
- 데이터 확보를 위해 신선육(0일 냉장)과 부패육(7일 냉장)으로부터 가스센서 데이터를 수집함. 우선 센서가 제공하는 모든 데이터를 수집한 후 PLS-DA 등의 계량화학적 방법으로 가스센서 데이터가 육류 신선도를 감지할 수 있도록 학습시킴.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	NH3	CO	NO2	C3H8	C4H10	CH4	H2	C2H5OH					
2	55.36	58.97	0.03	433124.5	111144.9	9480742	38.59	49.64					
3	55.36	58.42	0.03	433124.5	111144.9	9152152	38.04	49.02					
4	54.46	58.97	0.03	422576.5	108842.5	9480742	38.59	48.11					
5	0.53	58.69	0.03	417416.21	107712.8	9315062	38.31	49.33					
6	53.58	57.86	0.03	412329.84	106597.3	8834500	37.49	48.41					
7	53.58	57.58	0.03	412329.84	106597.3	8679655	37.21	48.11					
8	52.72	57.31	0.03	402373.9	104408	8527411	36.94	47.8					
9	52.29	56.76	0.03	397502.09	103333.6	8230546	36.41	47.2					
10	51.46	56.49	0.03	387964.4	101224.5	8085843	36.14	46.91					
11	51.05	57.58	0.03	383296.46	100189.4	8679655	37.21	48.11					
12	50.64	57.31	0.03	378693.96	99167.06	8527411	36.94	47.8					
13	49.84	56.76	0.03	369681.37	97159.47	7943574	35.88	46.61					
14	49.44	56.49	0.03	365269.15	96173.99	8085843	36.14	46.91					
15	48.66	56.76	0.03	356628.4	94238.81	8230546	36.41	47.2					
16	48.66	56.22	0.03	356628.4	94238.81	7943574	35.88	46.61					
17	48.28	55.95	0.03	352397.53	93288.6	7803695	35.62	46.03					
18	47.52	55.95	0.04	344109.96	91422.46	7803695	35.62	46.32					
19	47.15	55.95	0.04	340051.25	90506.07	7803695	35.62	46.32					
20	46.42	54.89	0.04	332099.93	88705.98	7267307	34.58	45.16					
21	46.42	55.68	0.04	332099.93	88705.98	7666172	35.36	46.03					
22	46.06	55.68	0.04	328205.4	87821.92	7666172	35.36	46.03					
23	46.06	54.89	0.04	328205.4	87821.92	7267307	34.58	45.16					
24	45.34	55.15	0.04	320574.5	86085.1	7398006	34.84	45.45					
25	44.99	55.15	0.04	316836.09	85231.96	7398006	34.84	45.45					

< 센서에서 컴퓨터로 가스 감지 데이터가 이동하는 화면 >

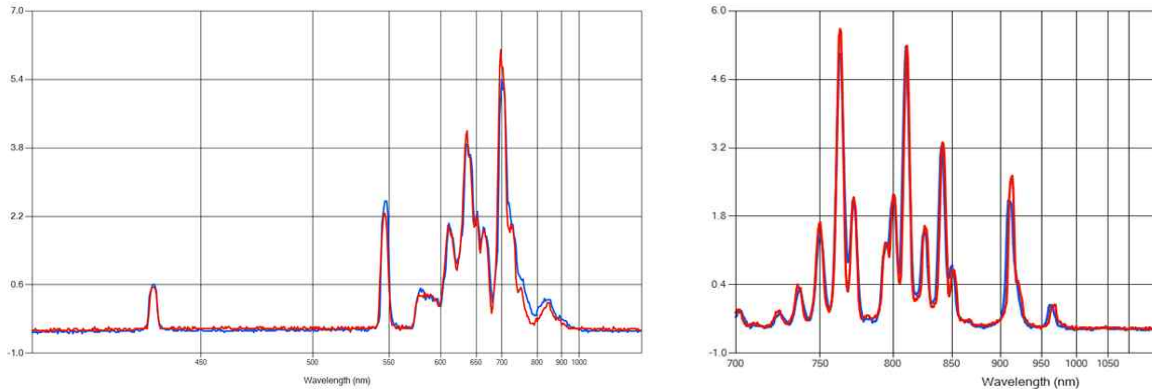
o 분광기(LinkSquare 1, LinkSquare S1)

- 분광기 광학 해상도: 각 디바이스별로 측정 가능한 파장 범위 내에서 5개의 LED 광원을 사용, 각각의 스펙트럼을 측정함. 2개의 디바이스로 측정하여 스펙트럼 파형이 동일하게 나타나는지, 각각의 LED 광원 스펙트럼이 잘 구분되는지 확인함.



< (좌) LinkSquare 1 기기 두 대로 측정한 LED 5개의 스펙트럼. 왼쪽부터 465nm, 525nm, 590nm, 639nm, 700nm. (우) LinkSquare S1 (NIR) 기기 두 대로 측정한 LED 5개의 스펙트럼. 왼쪽부터 780nm, 850nm, 870nm, 910nm, 1050nm >

- 추가적으로 LED 보다 더 좁은 폭의 스펙트럼을 가진 아크 방전등 (arc lamp)을 활용하여, 보다 정밀하게 분광기 광학 해상도 및 균일도를 측정함.



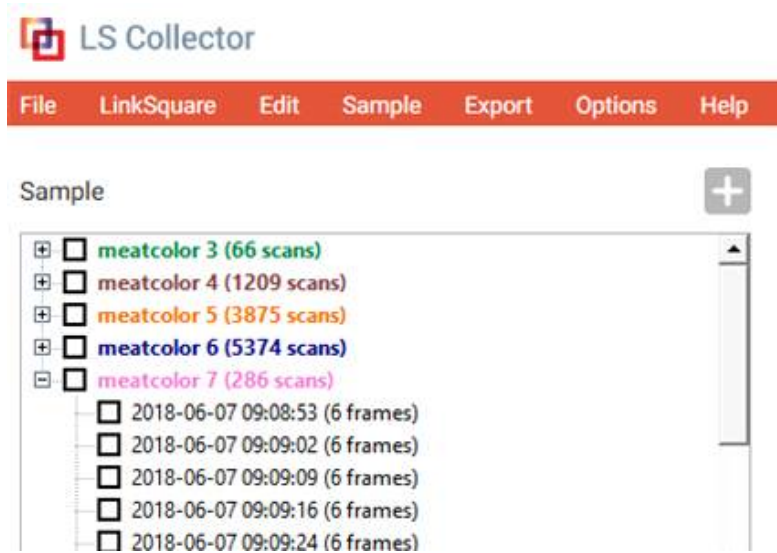
< (좌) LinkSquare 1 기기 두 대로 측정한 아크 방전등 스펙트럼. 수은-아르곤 (Hg-Ar) 램프와 네온 (Ne) 램프를 동시에 측정함. (우) LinkSquare S1 (NIR) 기기로 측정한 아크 방전등 스펙트럼. 아르곤 (Ar) 램프를 측정함. >

- LinkSquare 1은 약 1~30nm 정도의 매우 높은 분광 해상도를 가짐.
- LinkSquare S1 (NIR)은 전체적으로 3~7nm 정도의 분광 해상도를 가지며, 이는 LinkSquare 1에서 유사한 파장대역이 갖는 10~30nm 수준의 분광 해상도에 비해 비약적으로 높은 분광해상도를 갖는다는 것을 알 수 있음.

o 육류 데이터 정량화 및 수집

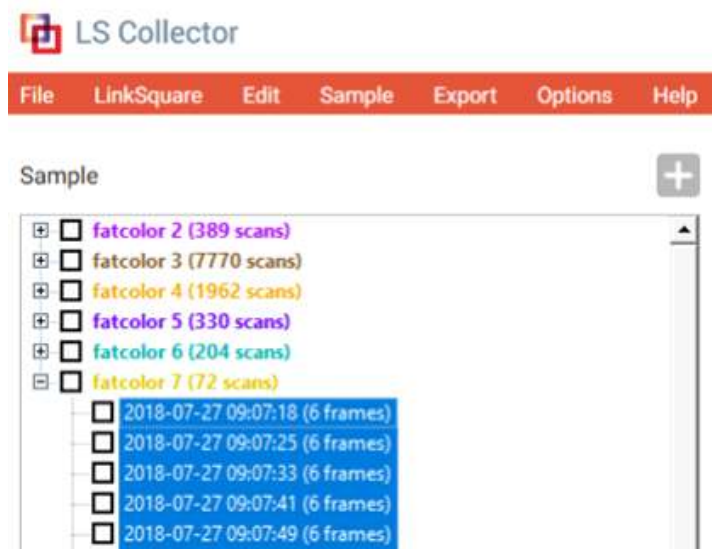
- Linksquare 1 데이터는 주로 연구 2년차(2018년)에 수집되었으며, 한우의 등급 요소인

육색, 지방색에 초점이 맞추어져 있다. 육색은 한우 10,810두에 대해 수집되었으며 육색 3번~7번까지 분포되어 있다. 출현 비율이 매우 낮고 평가사가 육안으로도 쉽게 구별할 수 있는 육색 1번, 2번 데이터는 수집하지 않았다.



< 수집된 육색 데이터 >

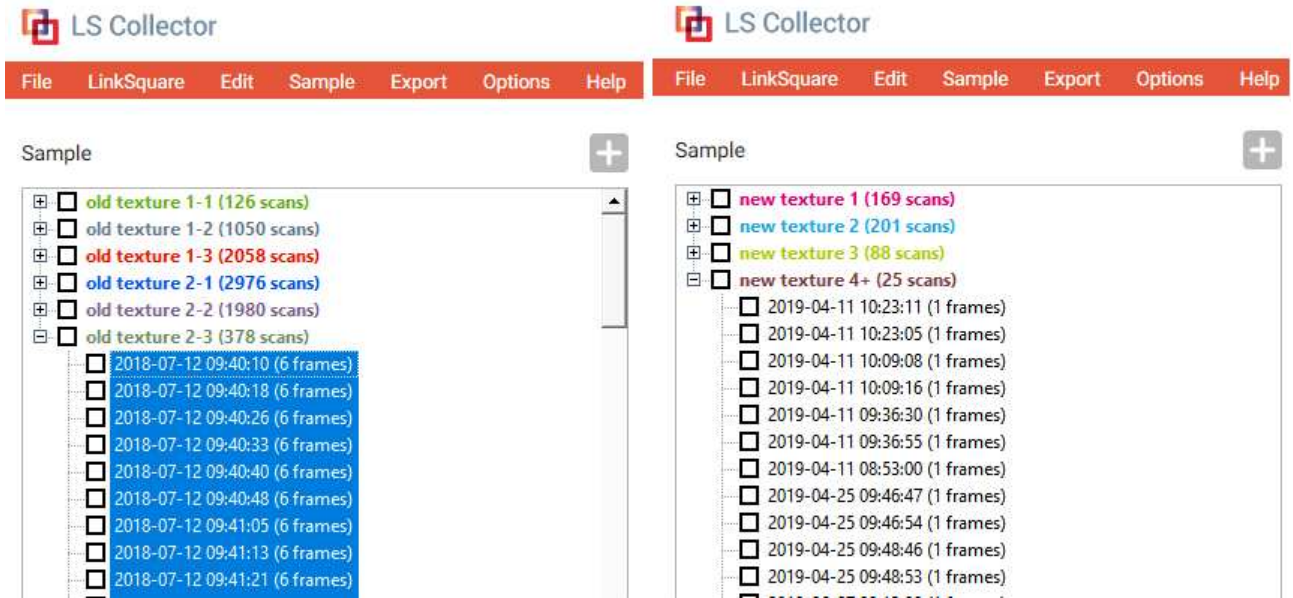
- 지방색 데이터는 육색 데이터와 동시에 수집하였기 때문에 거의 같은 수가 확보되어 있다. 그러나 출현 비율이 고르지 않고 3번에 집중되어 있어 데이터의 질은 육색에 비해 떨어진다고 할 수 있다.



< 수집된 지방색 데이터 >

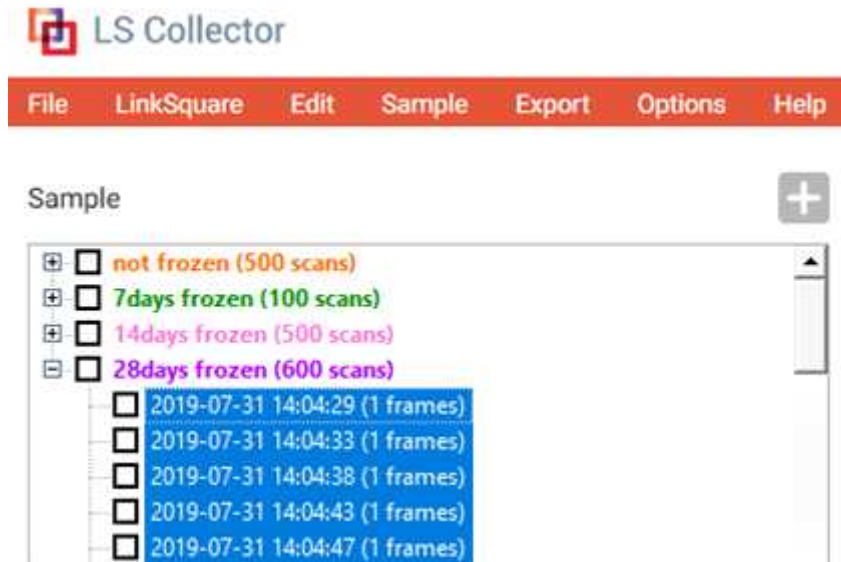
- 조직감 데이터는 2019년 시행된 등급 판정 기준 변경 이전과 이후로 나눌 수 있는데, 등급 기준 변경 전 데이터는 주로 Linksquare 1으로 수집되었다. 그러나 기준 변경에 대한 소식이 알려지고 장비가 추가 개발되면서 이후 데이터는 Linksquare S1을 이용해

수집되었다.



< 수집된 조직감 데이터. 등급 판정 기준 변경 전(좌)과 변경 후(우) >

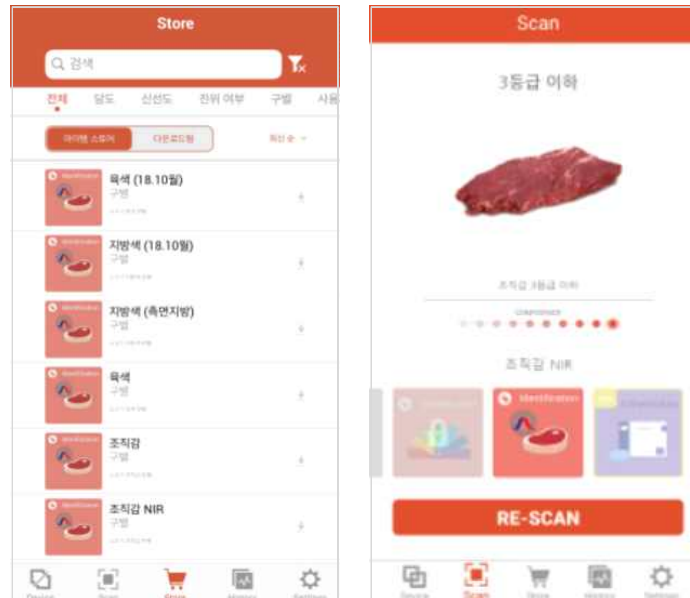
- 냉해동육 판별을 위한 데이터는 Linksquare S1으로 수집되었으며 시료의 기본 등급 및 상태 분포를 최대한 고르게 한 다음 냉동 기간별로만 분류하였다.



< 냉해동육 관련 데이터 >

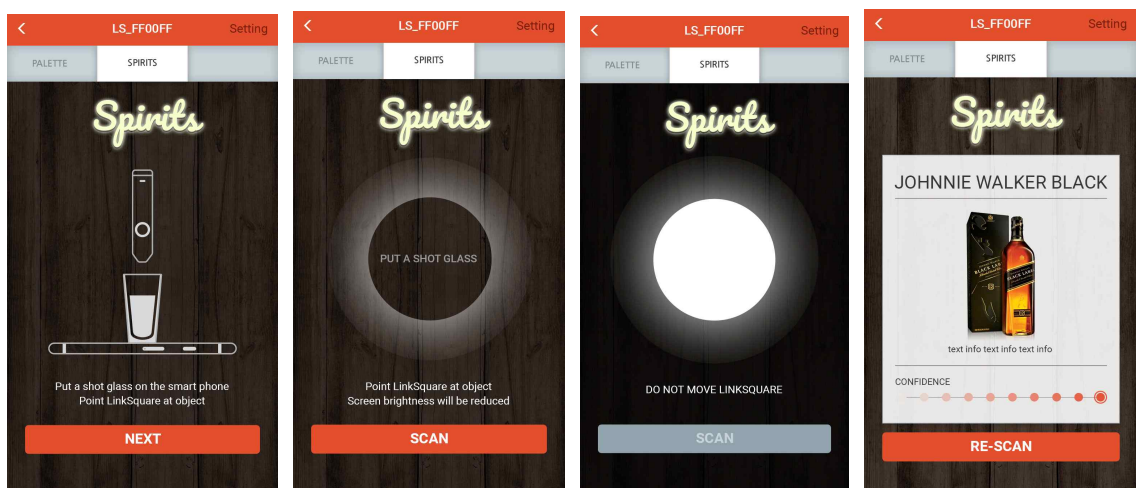
o 앱 개발

- 앱 등록: 앱스토어 등록된 앱을 5개 이상의 스마트 폰에 다운로드 받아 동작 여부 검증 완료
- 앱 기능: 소고기 품질 등급 판정, 소고기 신선도 판정 등 육류 품질/신선도에 관한 최소 3가지 기능을 갖춘.



< 소고기 품질 등급 판정 관련하여, 신선도의 주요 기준인 육색, 지방색, 조직감을 분석할 수 있는 애플릿 개발(좌), 소고기 등급 판정 결과 화면(우) >

- 새로운 응용분야 추가가 용이한 스마트폰용 어플리케이션 개발
- : 기존에 제작한 식품 신선도 애플릿을 바탕으로 액체 분석 알고리즘을 반영하여 술(위스키) 애플릿 설계 및 제작. 기존 애플릿에 UX/UI를 수정하여 디자인 개발함.



< 개발된 술 분석 응용 소프트웨어 애플릿 >

3-2. 목표 달성여부 및 달성도

(1) 주관연구기관(스트라티오코리아)

기간	개발목표	개발결과	달성여부	달성도
1차 년도	기 개발된 가시광선(400-800nm)에 대응하는 LinkSquare 1을 개선하여 분광기 디바이스 간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 광학 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계 및 양산.	- 기개발된 가시광선(400-800nm)에 대응하는 LinkSquare 1을 개선 하여 분광기 디바이스 간 스펙트럼 범위 오차 30nm 이내, 광학 해상도 30nm이하인 실용적 광학 설계를 하였으며 금형 수정 완료함.	완료	100%
	근적외선 (800-1600nm)이 측정 가능한 라인 센서(128x2) 양산	- 기개발된 프로토타입 센서 (16x 16)를 라인 센서(128x2)로 확장. - 기개발된 리드 아웃 집적 회로 이용. - 해상도 128x2의 근적외선 라인 센서 개발.	완료	100%
	LinkSquare 1에서 전송된 스펙트럼 정보 수집/저장하는 데이터 수집 플랫폼과 기계 학습이 가능한 기계학습 플랫폼 구축	- 기계 학습을 위한 대량의 데이터 수집을 위한 데이터 수집 플랫폼 개발	완료	100%
	소고기 육류의 품질 등급 측정이 가능한 스마트폰 어플리케이션 개발	- 기계 학습을 통해 얻은 알고리즘을 통하여 육색에 의한 등급을 표시해서 사용자에게 알려줄 수 있는 어플리케이션을 개발함	완료	100%
2차 년도	소고기 품질 등급 측정에 추가로 고기 종류 구별이 가능할 수 있도록 기계학습 알고리즘 개선.	- 현재까지 확립된 소고기 품질 등급이 반영된 기계학습 알고리즘을 개발. - 분광 반응을 측정하여 정확한 육색을 구분할 수 있는 알고리즘을 만들어 측정함.	완료	100%
	UX/UI를 개선하여 일반 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 앱 개선.	- 1차년도에 개발한 어플리케이션을 육류품질측정에 적합하도록 UX/UI하는 버전으로 개선하고 있으며, 추후에 품질 등급 표현 확정시 변동 가능성을 염두에 두고 작업함. - 이 밖에 신선도 등 다양한 정보가	완료	100%

		추가될 수 있도록 어플리케이션 구성을 설계.		
	근적외선 파장(800-1600nm)에 대해 분광 정보 측정 후 전송 가능한 LinkSquare S1 시제품 완성.	- 근적외선분광기(LinkSquare S1)용 PCB 보드 조립 제작. - 근적외선 라인 센서용 소형 분광 광학 시스템 설계 및 양산	완료	100%
3차 년도	LinkSquare 1과 LinkSquare S1 (NIR)을 이용해 측정된 스펙트럼을 통해 육류의 품질 뿐 아니라 신선도도 측정할 수 있는 알고리즘 개발.	- LinkSquare 1과 LinkSquare S1 (NIR)을 모두 이용해서 얻어진 분광 정보를 모두 이용하여서 육류의 품질 등급과 신선도 기준 설정에 활용함. - 조직감 1등급 ~ 4등급 이하의 다양한 샘플을 이용, 조직감을 예측하는 기계학습 알고리즘을 학습함. 조직감이 3등급 이하일 경우 소고기 등급을 하락시키는 요인이 되므로, A) 1등급, B) 2등급, C) 3등급 이하의 경우로 나누어 기계학습을 진행함.	완료	100%
	가시광선/근적외선 분광기를 이용한 육류 품질에 대한 신뢰도 확보 시스템 시제품 완성.	- 실제 시스템 적용시 발생할 수 있는 여러 환경적인 요인 및 측정 오차를 감안하여, 동일 도체를 3회 측정 후 2회 이상 시스템이 정답을 도출하는지 여부로 최종 정확도를 판단함. - 최종적으로 육색 60%, 지방색 100%, 조직감 80%의 결과 도출,	완료	100%
	기존 소고기 품질 이력추적 시스템과 개발된 센서의 신선도 측정 데이터의 연계 플랫폼 구축.	- LinkSquare 앱의 신선도 및 등급 판정 결과 화면에서, 쇠고기 이력을 조회할 수 있도록 하여, LinkSquare를 이용한 판별 결과와 실제 이력을 함께 조회 및 비교 할 수 있는 시스템 개발	완료	100%

(2) 협동연구기관(서울대학교)

기간	개발목표	개발결과	달성 여부	달성도
1차 년도	육류 품종(소고기) 별 품질 등급 정량화를 위한 지표 인자 선정	식육 부패기준에 대한 다른 국내외 연구사례를 수집하였고 신선육에서 분명한 분광정보의 차이를 확인함	완료	100%
	LinkSquare 1을 이용한 샘플 데이터 수집	한우육 샘플을 실험실 환경에 저장하고 1일차, 3일차, 5일차, 7일차가 될 때마다 해당 프로그램을 활용하여 분광정보를 습득함	완료	100%
	휴대용 신선도 판정기기에 적용하기 위한 후각센서 시스템 설계	한우육을 저장기간에 따라 반응시키는 가스센서 어레이를 설계하고 실시간 모니터링 시스템을 구축함	완료	100%
2차 년도	육류의 품질관정을 위한 적합 근적외선 조사영역 연구	한우 등심면의 붉은색 근육 부위를 4개 위치로 분류하여 도체의 성질을 가장 잘 표현할 수 있는 적합 조사 부위를 찾고자 하였고, 등심 표면 상단(척추에 가까운 쪽) 데이터가 하단보다는 나은 예측 성능을 보였음	완료	100%
	휴대용 근적외선 분광분석기반의 최적 파장대역 선정	일부 파장 대역으로만 학습을 시키는 것은 전체적으로 좋지 않은 결과를 보였고 현재 수집되는 파장대역 전체를 사용하는 것이 가장 좋은 것으로 파악하였음	완료	100%
	휴대용 후각 센서 모듈 제작	여러개의 가스센서에서 들어오는 입력을 동시에 처리할 수 있는 시스템을 제작	완료	100%
3차 년도	휴대용 근적외선 분광분석기반 냉해동육(수입)판별 시스템 개발	냉장 시료와 냉해동된 시료에 대한 근적외선 스펙트럼을 획득하여 쇠고기가 냉동된 적이 있는지에 대한 여부를 판정하는 스마트폰 애플릿을 제작하였음	완료	100%
	분광측정 및 후각센서가 결합된 최적 신선도 판단 모델 개발	가스센서가 제공하는 데이터를 수집한 후 PLS-DA 등의 계량화학적 방법으로 육류 신선도를 감지할 수 있도록 학습	완료	100%
	개발된 시스템과 관능적 특성의 상관성 분석	소비자 선호에 있어 연도의 중요성이 부각됨에 따라 조직감을 예측하는 기계학습 알고리즘을 이용한 시스템을 구축하였음	완료	100%

(3) 위탁연구기관(축산물품질평가원)

기간	개발목표	개발결과	달성여부	달성도
2차 년도	LinkSquare 1을 이용한 육류 등급화 기준 설계 및 등급 판정 실증시험	근적외선 분광분석에 맞는 등급 기준을 제시하였고, 이에 대해 실증 시험을 수행한 결과 한우 품질 데이터의 학습 결과가 한쪽으로 편향되어 있다는 사실을 확인하여 피드백 하였음	완료	100%
3차 년도	최종개발 제품의 실증 테스트 및 이를 이용한 품질 공정관리시스템 설계	실증시험을 수행한 결과 본 연구로 만들어진 Linksquare 1과 어플리케이션을 이용한 소 도체 품질 판정의 속도 및 편의성이 상당히 우수하여, 현장 적용의 가능성이 있음	완료	100%

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

○ 기술이전 미달성

- 본 연구는 종래의 근적외선 분광분석법에 인공지능 기법을 적용하는 것인데, 학술적으로 유효한 결론을 얻기 위해서는 많은 수의 데이터가 요구됨. 위탁기관인 축산물품질평가원의 도움으로 연구기간 내내 양질의 데이터를 수집하였으나 수집한 데이터를 해석하는 데에도 시간이 필요하기 때문에 아직 논문이 완성되지 못했음.
- 개발 완료한 시제품 및 장비를 바탕으로 종료 1-2년차에 Journal of The Science of Food and Agriculture(IF 2.38), Journal of Intelligent Learning Systems and Applications(IF 1.67) 등의 학술지에 논문 게재를 완료할 예정이며 본 연구과제와 관련된 모든 논문은 단독 사사로 진행될 것임.
- 본 과제는 장비 제작 사업으로 과제가 종료 된 후 개발완료한 시제품 및 장비를 바탕으로 추가 논문 작성이 가능할 것으로 사료되어 후속 연구가 필요함.

4. 연구결과의 활용 계획 등

4-1. 스트라티오의 경쟁력 강화 및 성과창출 전략

- 지속적인 클라우드 펀딩, 대내외 활동으로 바이어 확보 및 투자유치
 - 자사가 보유한 기술로 대내외 활동을 펼치고 있으며, 자사의 센서를 이용한 물질분석용 휴대용 분광기기인 LinkSquare 홍보를 겸하며 투자처 확보를 계획.
 - 스트라티오의 근적외선 이미지 센서 원천 기술에 대한 투자처들의 문의가 있으며, 본 사업을 통해 128x128 해상도의 실용화 가능한 이미지 센서 제작을 완료하면 현재 투자처들로부터 2차 투자 연계도 가능할 것임.
 - 2019년부터 근적외선 이미지 센서 및 카메라를 통해 CES2019, MWC 등 해외 유명전시회에 참가하여 적극적인 홍보 활동을 하고, 이를 통해 일대일 투자로 이어질 수 있도록 전략을 수립함.

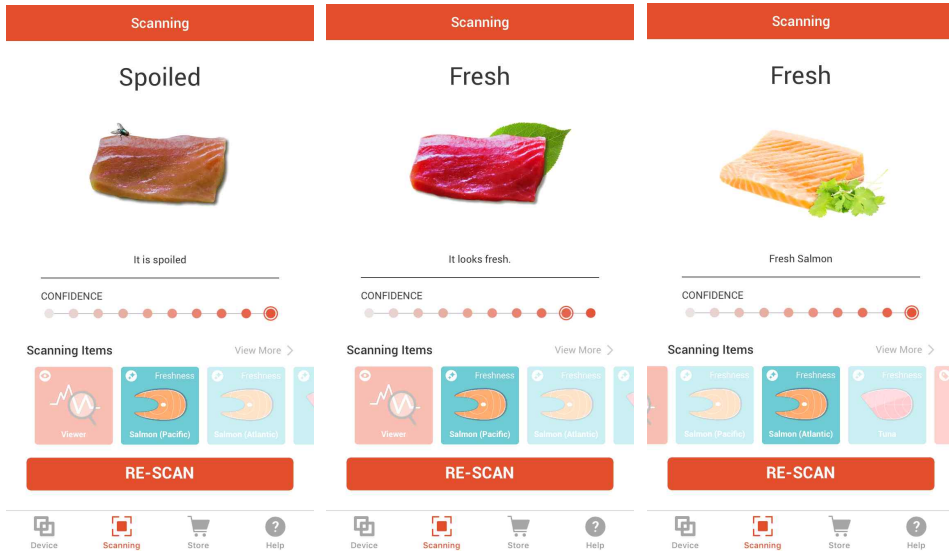
- 국내 및 해외 법인을 활용 유럽 진출
 - 스트라티오는 국내 및 미국 실리콘밸리, 유럽 슬로베니아에 각각의 법인을 두고 있으며, 다양한 해외 포럼에 참가하여 다수의 해외 네트워크를 확보하고 있음.
 - 국내 및 미국, 슬로베니아 법인을 연계하여 사업화를 계획하고 있으며, 미국 유럽 등 센서 선진국을 중심으로 시제품에 대한 기술력을 인정받아 스트라티오의 네트워크에 적극 활용하려함.
 - 현재 당사의 대표 제품 중 근적외선 카메라인 BeyonSense[®]에 대한 상표권을 등록 확보하였으며, 제품의 핵심 원천 기술에 대한 6개국의 지식재산권을 출원 및 등록하여 시제품 출시에 안정적인 환경을 만들고 있음.
 - 근적외선 카메라인 BeyonSense[®] Pre의 개발은 2월 말에 종료 예정이고, 2020년 초까지 첫 제품을 출시 할 수 있을 것으로 예상됨. 다양한 실사용자의 피드백을 받아들여서 이어서 출시할 128x128 해상도의 BeyonSense[®] 1은 2020년 말에 출시할 예정임.

- 기업 경쟁력 강화 및 기업 이미지 확립
 - 본 사업을 통해 제작하려는 시제품 제작을 안정적인 완성일 기점으로 사업 확정 계획을 잡고 대규모 투자, 안정적인 자금 확보를 위한 전략 완성.
 - 단기로 끝나는 것이 아니라, 시제품의 버전을 다양하게 하며, 타겟 설정으로 장기적인 비전을 설계한 후 기업공개(IPO)시기를 설정
 - 국내의 근적외선 이미지 센서 및 연동 카메라에 대한 원천 기술은 스트라티오의 독보적이며 기술력으로 앞서나가고 있는 상태. 안정적인 자금 확보 및 사업화 전력을 설정한 후 기업공개(IPO)를 통해 기업 가치 평가를 올릴 수 있음.

- 국내 및 해외 협력 네트워크를 보유 해외 기관의 투자 유치
 - 미국 정부기관 NSF의 기술사업화 프로그램인 SBIR Phase I 과 NSF SBIR Phase II 에 선정되어 연구 자금 확보.
 - 그 외에 국내 공공기관인 축산물 품질 평가원과 쇠고기 신선도 및 품질 등급 판정 관련 프로젝트를 진행 중으로 식품 신선도 타겟 센서에 대한 R&D자금 확보.
 - 2019년부터 근적외선 이미지 센서의 군사협력 기관 확보를 위한 전략을 수립하여 민군 분야 진출을 계획하고 있음.

4-2. 예상 수요 기업 리스트 확보 및 컨택

- 스트라티오의 기본 네트워킹을 통한 예상 수요기업을 1차적으로 정리하고 리스트를 확보해 둬.
 - 스트라티오의 한국, 미국, 유럽 법인을 통한 글로벌 네트워킹을 활용하여 완제품에 대한 수요기업과, 근적외선 초분광 영상 시스템 기술 수요기업을 예상해 볼 수 있음.
 - 특히, 기존 스트라티오의 고객군이거나, 먼저 기술에 대한 관심을 갖고 협업을 제안하는 경우가 많아 실제 매출 성과로 이뤄질 가능성이 높을 것으로 예상함.
- 당사가 개발한 센서 및 분광기를 이용하여 농·축산물의 재배·유통·소비 단계의 위험 요인에 대한 사전 검출과 안전성 확보를 위한 식품 전용 비파괴 센싱 기술에 활용
 - 유통업계의 발달, 가공식품의 증가, 식료품 특성상, 이상기후·계절적 일교차 및 시간 변화로 인한 식료품의 부패 및 원재료의 변화 등 식품 안전사고 방지 또는 식품의 유통 중에 발생하는 인체 유해 요소를 사전에 검출하여 식품의 안정성을 확보할 수 있는 식품 신선도 및 안전도 측정 전용 센서가 필요함.
 - 비파괴 센싱 기술은 최근 농축산, 임업, 어업, 식품산업 분야 등 다양한 분야로의 적용이 확대됨. 육우 신선도평가, 식품 공정에서 근적외선에 의한 성분 모니터링, 과일 당도 측정 등이 있음. 식품 위해 요소를 추적·관리하기 위해서는 식품 내 금속성/비금속성 이물질 탐지 및 검출 기술과, 농식품의 비파괴 센싱 기술을 적용한 센서 기반기술이 필수적으로 요구됨.
 - 당사의 핵심기술인 저가의 휴대용 가시광선/근적외선 센서의 원천 기술을 개발하여 식품 안전을 위한 다양한 IoT 어플리케이션에 적용하면 농·축산물의 재배·유통·소비 단계에 걸쳐 식품 안전의 위험 요인에 대한 사전 검출 가능함.
 - 또한 가시광선/근적외선 센서를 탑재한 식품 분석기를 이용하여 식품의 색, 크기, 이물질 등 가시광선 센서로 감지가 가능한 특성과 수분, 지방 등 근적외선 센서로 탐지 가능한 특성을 단일 센서로 분석 가능함.
- 수요기업 니즈에 맞춰 당사의 관련 애플릿을 개발하여 소비자에게 제공.
 - 당사는 LinkSquare 분광기 디바이스를 구매하는 고객들에 한 해, 참치/연어의 신선도 판별, 초콜릿의 카카오 레벨 체크, 가정에서 주로 사용하는 전구(light bulb)를 구분, 비아그라 진품 및 가품 검증이 가능한 애플릿을 무료로 제공하는 서비스를 실행함.

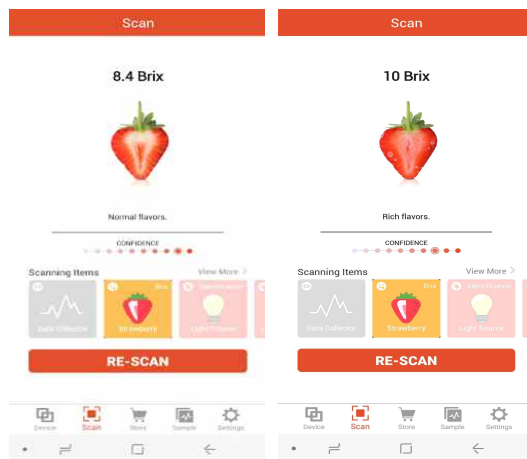


< LinkSquare를 이용한 참치, 연어의 성분 분석, 개발 완료된 어플리케이션 화면 사진 >

- 최근 Wal-Mart Stores, Inc.에서 딸기의 당도를 측정하여 소비자가 확인할 수 있는 서비스에 대한 요구를 시작으로 과일의 당도 측정 결과를 보여주는 애플릿 개발 중.



< 미국 월마트와 협업 중인 Linksquare를 이용하여 strawberry의 당도를 측정하는 사진 >

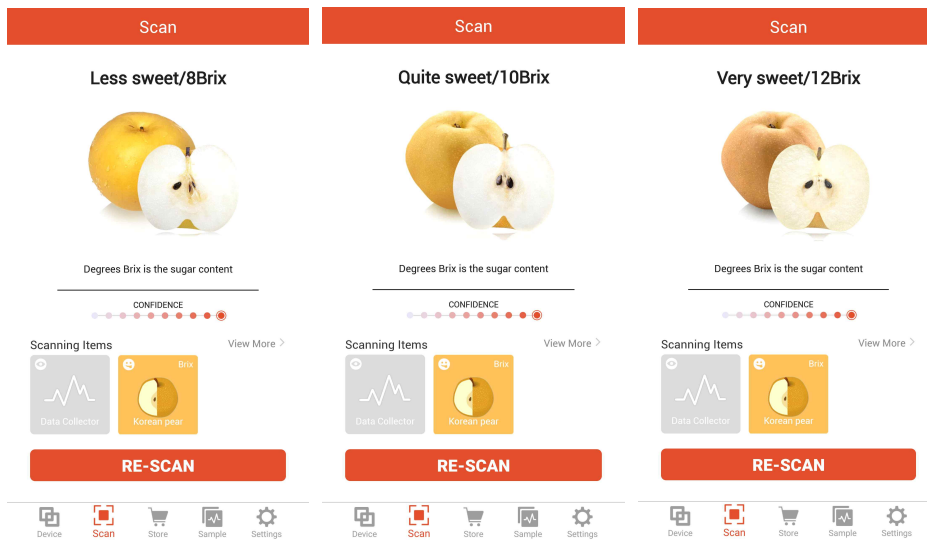


< Linksquare를 이용하여 strawberry의 당도(°Brix)를 보여주는 어플리케이션 화면 사진 >

°Brix: 식품의 당도를 나타내는 단위로 %개념



< LinkSquare를 이용하여 배의 당도를 측정하는 사진 >



< Linksquare를 이용하여 Pear의 당도(°Brix)를 보여주는 어플리케이션 화면 사진 >

Machine Learning Information

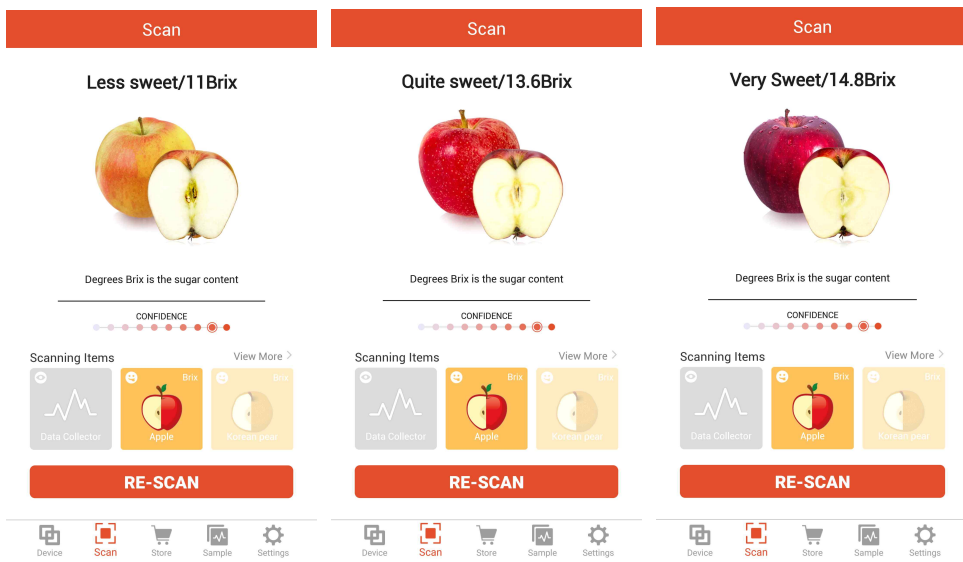
Iteration: 20000
 Training Accuracy: 0.89
 Accuracy: 0.85

	8	9	10	10.5	11	11.5	12	12.2	12.4	12.6	12.8	13	13.2	13.4	13.6	13.8	14	Space	The_Anything
8	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	0	0	2	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
11	0	0	0	2	8	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
11.5	0	0	0	1	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12	0	1	0	0	0	0	13	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
12.2	0	0	0	0	0	0	1	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.4	0	0	0	1	0	0	0	2	6	0	2	0	1	1	1	2	0	0	0
12.6	0	0	0	1	0	0	2	3	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0
12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
13.2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	8	2	0	1	1	0	0	0
13.4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	14	0	0	0	0	0	0
13.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12	2	0	0	0	0
13.8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	10	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0
Space	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
The_Anything	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	179

< Linksquare를 이용하여 Pear의 당도(°Brix)에 대한 Machine learning 결과 분석표 >



< LinkSquare를 이용하여 사과의 당도를 측정하는 사진 >



< Linksquare를 이용하여 Apple의 당도(°Brix)를 보여주는 어플리케이션 화면 사진 >

Machine Learning Information

Iteration: 30000
 Training Accuracy: 0.98
 Accuracy: 0.89

	11	12	12.5	13	13.2	13.4	13.6	13.8	14	14.2	14.4	14.6	14.8	15	15.5	16	Space	The_Anything
11	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.5	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	2	8	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
13.2	0	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.4	0	0	0	2	0	5	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
13.6	1	0	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0
13.8	0	0	0	1	0	0	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	1	0	1	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.2	0	0	0	0	0	1	1	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
14.4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	1	0	0	0
14.6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
14.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
15.5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	0	0
Space	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
The_Anything	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180

< Linksquare를 이용하여 Apple의 당도(°Brix)에 대한 Machine learning 결과 분석표 >




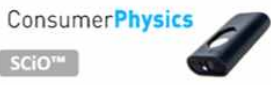

< 스트라티오 휴대용 분광기를 이용한 소고기 품질 등급 측정 사진 >

4.4. 향후 사업화 방안

- 근적외선 센서 선진국인 미국, 유럽 등에서 인정받은 경험으로 글로벌 시장 진출과 투자 유치 진행 예정.
 - 당사는 지금까지 한국과 미국 법인 통틀어 약 US\$ 6M 이상의 펀딩을 받음. 투자자 중에는 미국국립과학재단(National Science Foundation)의 SBIR (Small Business Innovation and Research)의 Phase I과 II, 미합중국 공군(United States Air Force, U.S. Air Force, USAF)의 SBIR Phase I, 한국 정부와 각종 인큐베이터(Alchemist Accelerator, Start-Up Chile, FrenchTech) 등이 포함돼 있음.
 - 19년 유럽 법인설립을 시작으로 유럽, 중동 등지에 더욱 적극적인 진출을 모색하고 있으며 미국법인을 필두로 다져놓은 네트워크를 활용, 더욱 공격적인 해외 마케팅을 추진 할 계획.
 - 한국 법인은 국내 투자기관인 KB Investment 로부터 2018년 10억원, DSC Investment로부터 18억원 이상 Series A 투자를 받았으며, 세계 최초 휴대용 근적외선 카메라를 제작, 출시하기 위한 투자 자금 유치를 위해 노력해왔음.
 - 현재까지 non-recurring engineering 및 애플리케이션 개발과 판매를 위한 사업파트너 확보를 위해 힘썼으며, 투자 자원으로 근적외선 이미지 센서의 고도화 및 양산되는 제품들에 대한 판매 전력 수립, 맞춤 마케팅(국내외 모두)에 몰입하고자 함.
- 당사의 차세대 제품인 근적외선 카메라 BeyonSense 1 출시 후, Series B 투자 유치를 위해 힘쓰고 본격적인 글로벌 시장 진입을 준비하고자 함.
- 핵심 센서 개발 및 이미지 처리 알고리즘 연구, 소프트웨어 개발 및 제품개발 디자인 등 다양한 분야의 전문 인력 채용 및 훈련
 - 다년간 기초를 다진 기술기반 스타트업 노하우로 자생력을 갖추고 산업적으로 전문성 있는 인재를 발굴하여 고용해 옴.
 - 전 직원에게 미국 법인 근무와 해외 출장 기회를 지속적으로 부여하여 국내 뿐만 아니라 해외 시장 대상으로 한 글로벌 전문 인재로 양성.
 - 제품 개발 후 개발 인력 이외에 사업화 전문 인력, 마케팅 및 판로 확보를 위한 인재 채용을 확장할 계획.

4-3. 수요기업의 니즈별 마케팅 전략 구축

- 휴대용 식료품 분석기 시장을 여는 합리적인 가격과 최적의 기술을 제공
 - 농산품과 식료품으로부터 제약·화학 및 반도체 분야까지 활용 범위가 확대됐으나, 분석에 사용되는 근적외선 광센서칩의 가격 및 크기라는 제약과 분광 기술 적용을 위한 데이터 분석의 필요성으로 인해 기술이 활용되는 분야는 대량생산이 가능한 대기업이나 연구소에 제한되어 있었음.
 - 분광기의 핵심 요소기술인 근적외선 이미지 센서의 원천 기술과 광학 설계 기술을 혁신하여 제품을 소형화·저렴화하고 소비자 맞춤형 서비스를 제공하는 시스템을 디자인하면, 분광기의 대중화를 실현할 수 있음.
 - 식료품의 진위 여부, 과일의 당도, 육류의 신선도 등 근적외선 분광 정보를 활용한 정보와, 식료품의 영양 정보 등 국가기관의 기존 데이터베이스를 활용할 수 있는 정보 등에 대한 기계학습 기술을 이용해 물질 분석의 다양한 서비스 요소를 제공.
 - 다량 구매가 가능한 가격대의 고성능 휴대용 분광기, 다양한 식료품 분석 모듈을 제공함으로써 연 US\$10B을 넘어선 식료품의 무역현장에서 생산부터 최종소비자에 이르는 공급사슬의 곳곳에 놓일 수 있는 최적의 제품이 될 것으로 기대함.

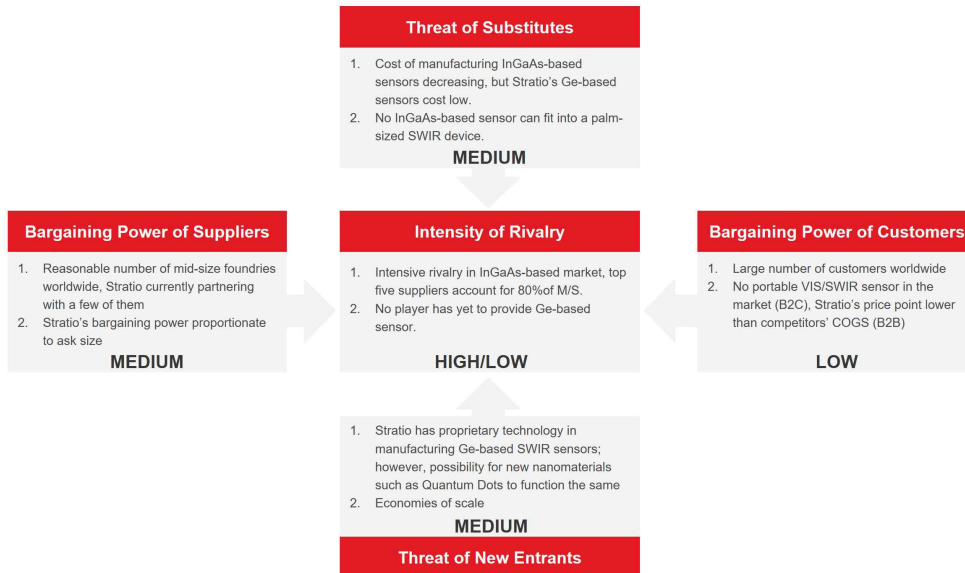
			
AFFORDABLE	✓	✓	✗
SENSOR	Present: Si-based VIS/NIR Future: Ge-based VIS/SWIR	Si-based NIR	InGaAs-based SWIR
COLOR ANALYSIS (400 nm-700 nm)	✓	✗	✗
NIR ANALYSIS (700 nm-1000 nm)	✓	✓	✗
SWIR ANALYSIS (1000 nm-1700 nm)	✓	✗	✓
MACHINE LEARNING	✓	✓	✓
DIY APPLLET CREATION	✓	✗	✗

< 타사 및 당사의 휴대용 분광기 비교표 >

○ 축산 관련 업체의 B2B 시장을 시작으로 일반 소비자 B2C 시장으로 확대

- 주요 고객군

: 축산품 검역시행장 및 유통 업체를 시작으로 일반 소비자로 확대



: 육류의 품질 검역시행장으로부터 시작하여 육류의 구매자로서의 유통 업체

: 유통 업체의 판매 시점에서의 품질 확인, 일반 소비자의 가정에서 사용 가능

- 구매·투자 관련 협의가 기 진행된 기업을 중심 마케팅 시작

: 스트라티오의 Ge 기반 센서 또는 LinkSquare 제품에 대하여 구매·투자 관련 협의가 기 진행된 유통 업체를 중심으로 제품 디자인 진행

- 축산품으로부터 농산품으로 확대, 이후 물질 분석 서비스로 대상 확대

: 식료품 시장에서의 공급이 안정 궤도에 오르게 되면 기타 서비스 제공을 위한 기술 개발 및 기술 협업 가능

: 수요기업 및 잠재고객에게 스트라티오의 제품 개발 과정 및 시제품 출시 일정에 대해 공유함.

○ 제품 홍보전략

- SNS 활용

: 스트라티오의 SNS 네트워크를 통해 소비자의 관심을 끌 수 있는 콘텐츠를 제작 홍보를 진행하고, 추후 사업화 하는 서비스에 대한 피드백을 통해 쌍방향 소통이 가능함.

: 현재는 Facebook을 중심으로 Youtube 채널 및 다양한 SNS를 활용하여 동시 다발적인 홍보를 진행, 효과가 높은 분야를 집중적으로 마케팅에 활용할 계획.

- 국내외 Media 노출

: 본사의 기술에 대한 관심도가 높아 국내 외 해외 매거진의 기사 게재가 많은 편임. 중점적으로 사업화로 활용이 가능한 분야를 선택하여 선택 분야의 활용도를 알리는 방향으로 활용하려함.

- 자사 홍보 네트워크 활용

: 자사 제품별 홈페이지를 운영하고 있으며, SNS 및 검색어 유입을 통해 홈페이지 방문자 수 증가.

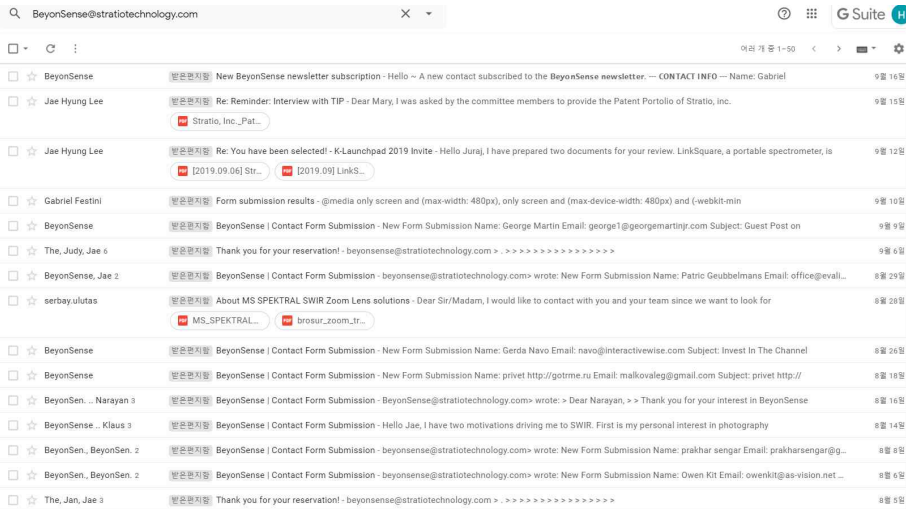
: 구매자 데이터베이스 및 제품에 관심을 보인 소비자 리스트를 확보하여 시제품 관련 홍보를 진행하고, 자사의 웹사이트 및 유통 채널을 통해 판매.

- 전시회 및 박람회의 지속적인 참가

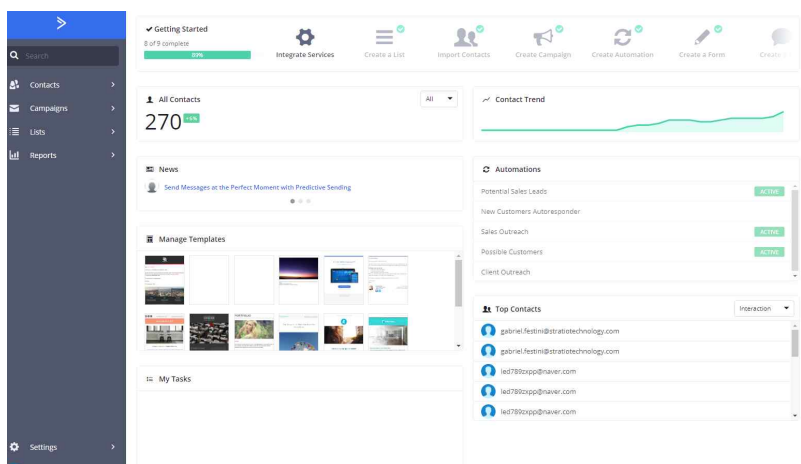
: 현재 국내외 유명 전시회 참가를 진행하고 있으며, 바이어 확보를 위한 적극적 홍보 마케팅을 펼치려함.

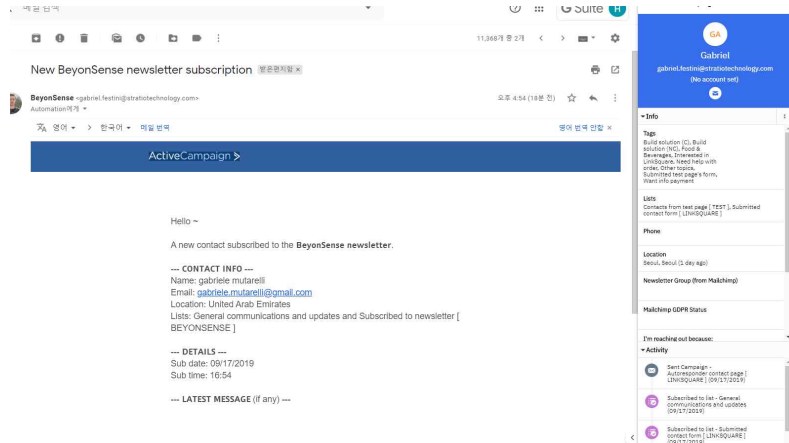
○ 제품 판매전략

- 근적외선 카메라 기술에 보다 친밀한 북미 중견기업 시장에 파일럿 테스트를 진행, 해당 시장을 우선적으로 공략하여 한정된 영업·마케팅 인력을 최대한 효율적으로 활용할 예정.
- : 북미 중소·중견기업 보급을 통해 신 시장의 크기가 검증되면 추가 영업·마케팅 인력을 확충하여 북미·아시아태평양 개인과 소기업을 대상으로 공격적인 마케팅을 진행할 예정.
- : 글로벌 기업과 지속적 기술 교류 및 자문을 받음으로써 기술 보호에 대한 지식을 얻을 뿐 아니라 기술의 상업화를 위한 파트너십 구축에도 가능성을 열어 놓을 것.
- 다양한 이메일 문의가 많아 이를 키워드, 일자, 고객명 등으로 정리 할 수 있는 프로그램을 사용하여 관리하고 있음.
- : 스트라티오의 시제품 전용 홈페이지 및 이메일 계정을 통해 관심 있는 고객들에 대한 피드백을 바로 반영이 가능함.



< 당사의 제품 전용계정 이메일을 통한 제품 및 기술 문의 메일 >





< 이메일 컨택 고객 관리 활용 ActiveCampaign 페이지(위) 및 스트라티오 이메일에 적용
 활용한 예(아래) : 이메일을 통한 제품 및 기술 문의 시 고객을 관리, 통계, 유효한
 데이터로 활용하려함 >

4.4. 추가연구 필요성

○ 개발된 시스템 전체에 대한 통합 솔루션 개발

- 본 연구로 한우육의 품질 요소 각각에 대해 스펙트럼 특징을 분석하고 결과를 실증하는 시스템을 개발하였음. 그러나 고속 품질공정 시스템의 효율을 높이기 위해서는 개발된 시스템 전체를 통합하여 한 번의 근적외선 스펙트럼 획득으로 모든 품질 요소를 동시에 판정하는 솔루션 개발이 필요함. 또한 분광 스펙트럼과 가스센서 측정 결과를 일원화하는 방안 역시 억지로 하드웨어를 합칠 필요 없이 스마트폰 어플리케이션을 통합 제작하는 방식으로 진행하면 될 것으로 생각되며, 추후 개발 및 연구를 통해 보완할 예정임.

○ 한우가 아닌 품종에 대한 데이터 추가 획득

- 1년에 한국에서 소비되는 쇠고기는 국내 생산량이 약 24만 톤, 수입량이 약 41만 톤에 이룸. 미국, 호주 등에서 수입되는 쇠고기는 냉동 분쇄육이 절대다수를 차지하지만 일부 수입업자들은 냉장 상태로 수입하여 소비자들에게 한우로 속여 팔고 있음. 이렇게 원산지를 속여 파는 행위를 효과적으로 적발하기 위해서는 머신러닝을 위해 한우가 아닌 쇠고기에 대한 데이터 획득도 필요함.

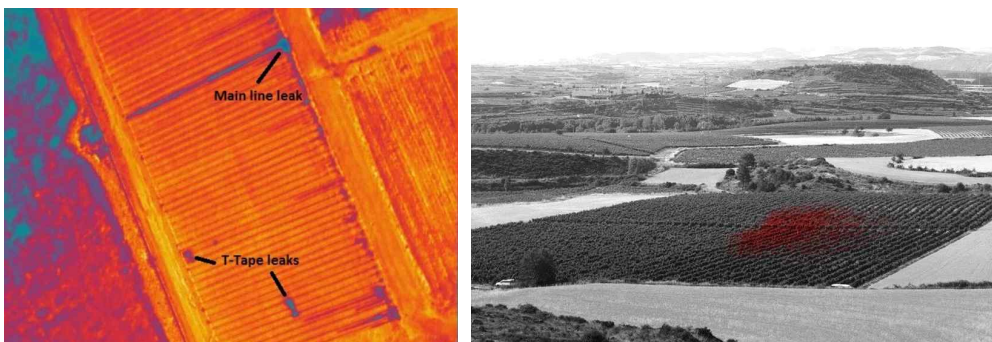
4-5. 타 연구에의 응용

○ 근적외선 센서를 이용한 식품 안전도 검사

- 연구기관에서나 가능할 것 같았던 식재료와 음식의 안전도 검사를 일반인이 직접 할 수 있게 됨. 환경오염, 화학물질에 대한 우려 등으로 안전하고 건강한 식생활에 대한 관심이 높아지면서 식재료와 음식의 안전도를 검사하고 요리과정의 효율성을 높일 수 있는 다양한 전자기기들이 등장함. 미국의 인비저블 센티넬(Invisible Sentinel)은 음식 안에 살모넬라나 리스테리아 등과 같은 병원균 유무를 검사하는 기기인 베리플로(veriflow⁵)를 출시함, 또는 농약, 향생제 등의 화학성분을 측정하는 MyDx, Inc.의 'Organic Food Safety Checker' 등이 개발됨.
- 서울대학교의 바이오센서랩은 음식물에 첨가되는 향생제, 유해물질, 농약 잔류물 등을 측정할 수 있는 펭귄(penguin)⁶이라는 바이오센서를 선보였으며, 펭귄은 카트리지에 음식물을 넣어 기계에 삽입하면 2분 내에 유해물질을 판별해냄. 또한 아이식스 노스 아메리카(Icix NorthAmerica)⁷는 식품 유통 과정을 추적하는 소프트웨어를 개발함.
- 따라서 저가의 휴대용 가시광선/근적외선 센서의 원천 기술을 식품 안전을 위한 다양한 IoT 애플리케이션에 적용하면 농·축산물의 재배·유통·소비 단계에 걸쳐 식품 안전의 위험 요인에 대한 사전 검출 가능함.

○ 근적외선 분광기의 경우, 디바이스 특성상 소형화 및 가벼운 무게감으로 인한 개인의 사용도가 편리하다는 장점이 있는데 비해, 시스템적 관리에는 다소 어려움이 있었음. 그러나 카메라의 센서의 경우 드론에 탑재하는 등 기술을 구현하는 방법적 측면이 더 자유롭다는 특성에 기인하여 시스템적 관리에 더욱 특화되어 있는 기술임.

- 작물 관수 시스템 분석: 공중 근적외선 촬영을 통해 위치별 수분 공급의 정도 파악.



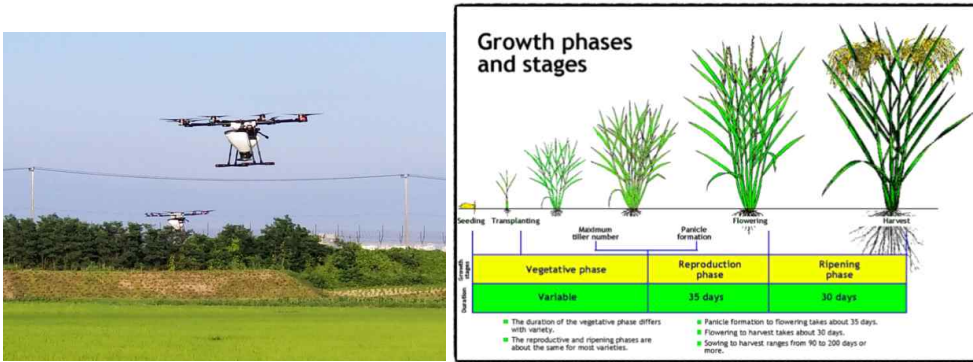
< 공중 적외선 촬영을 통한 관수 시스템 개선 지점 파악(좌), 근적외선 이미징 기술을 통한 농산물 경작(우) >

5) <https://invisiblesentinel.com/products/equipment/#reader>

6) <https://news.joins.com/article/16880782>

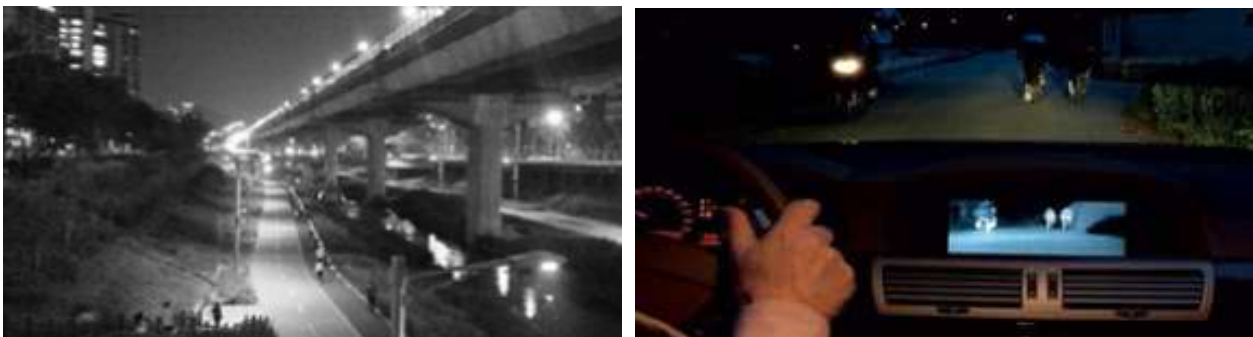
7) <https://icix.com/>

- 뿐만 아니라, 카메라 센서는 향후 차세대 산업으로 떠오르는 자율 주행 및 드론 산업에도 적용·응용 가능할 것으로 전망하고 있음.



< 농업용 드론을 이용하여 작물 이양 완료 후 공중에서 모들이 자라는 모습을 촬영하고, 촬영된 영상 데이터를 이용해 작물 수확량 및 수확시기 예측 가능 >

- 자율 주행 및 드론에 탑재되는 카메라 센서: 드론의 경우 지표면과 기상 상태에 대한 정확도 높은 정보를 요구하기 때문에 근적외선 센서를 탑재할 시 높은 경쟁력을 갖출 수 있을 것이라 예상. 또한, 배터리로 작동하는 드론의 운영방식 상 탑재된 모듈 및 부품의 소형화 및 저전력화는 필수적인 요소로, 기존 근적외선 센서에 비해 더 작고 전성비 높은 스트라티오의 센서 기술력은 확실한 비전을 제시할 수 있을 것임.



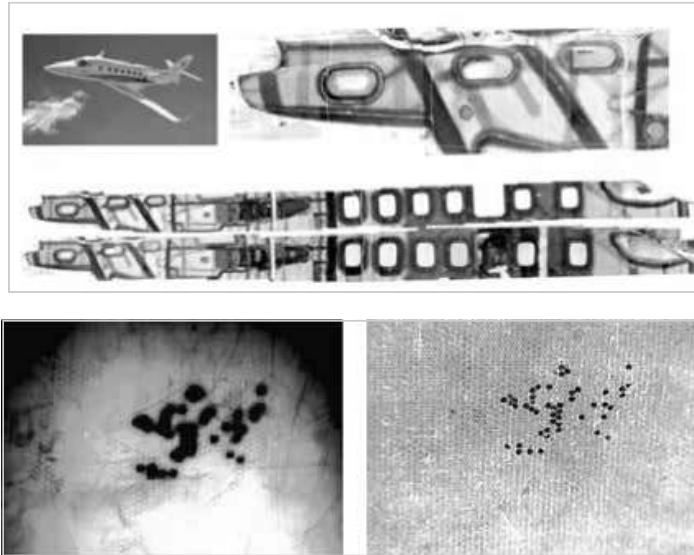
< 근적외선 카메라를 이용한 시야 확보(좌), 근적외선 카메라로 보행자의 위치 및 움직임을 탐지하여 차량 내부 모니터로 확인 가능(우)>

- 근적외선 센서를 이용한 각종 재해방지 및 기기결함 관리

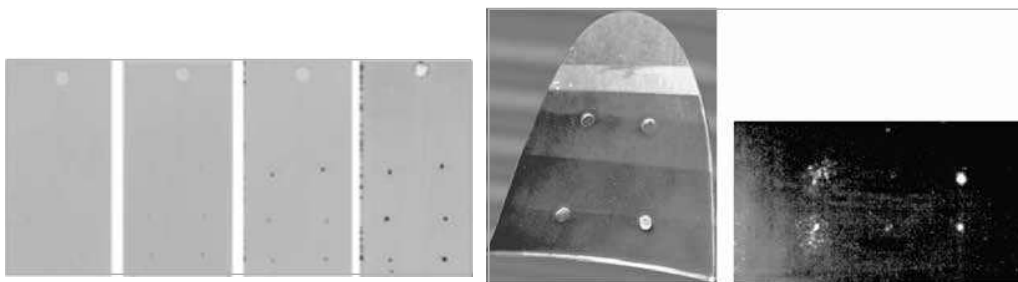
- 항공기 기체와 부품에 사용되는 알루미늄 소재는 심각성이 더해가고 있는 미세먼지 속 황산염·질산염·암모니아 등 대기오염 물질에 의해 부식이 가속화될 수 있다. 이에 항공기술연구소는 화학분석 및 금속 분야 전문가가 참여한 가운데 항공기 기골, 항전 장비, 탄약 부식상태 감시 체계를 구축하기 위한 기지별 대기부식환경 연구 수행 중임. 또, 한편으로 신소재, 첨단재료 등에서는 아직 이들에 대한 비파괴검사가 확립되어 있지 않고, 이들 첨단 재료의 품질 보증을 위한 비파괴검사의 확립이 신소재 개발의 중요한 과제중의 하나가 되고 있음. 금속소재의 안전성을 판단하기 위해서는 재료의 특성을 정확히 파악하고 내부의 결함 유무를 판단하는 것이 필요함. 근적외선 스마트 카

메라에 의해 획득할 수 있는 정보는 대상 물체의 부식 분포에 의한 특징을 검출할 수 있기 때문에, 초기단계에서 시스템과 구조체내에 우선의 문제 해결책일 수 있으며, 각종 재해방지를 위한 목적에도 사용됨. 또한 사태가 심각해지기 전에 문제를 수정할 수 있는 필수 정보들을 제공해주기 때문에 고장이나 작동정지를 피할 수 있다. 그러므로 대체나 수리적인 측면에서 절감을 이룰 수 있음.

- 페인트 도막 박리 검사에 효과적임. 페인트의 박리 검사뿐만 아니라 내부 녹, 페인트 두께 측정 용도로 사용 가능함.



< 항공기 구조물 결함 검사(상), Honeycomb 구조물의 내부 결함 검사 (내부 수분 검출)(하) >



< 코팅 내 녹 검출 이미지(좌), 페인트 두께 평과 및 부식 탐지(우) >

붙임. 참고문헌

1. 조성인 등. 2004. NIR을 이용한 쇠고기의 신선도 센서 개발. 한국농업기계학회.
2. 최창현 등. 2011. 가시광선-근적외선 반사스펙트럼을 이용한 쇠고기의 신선도 평가. 한국축산식품학회지.
3. 이종문 등. 2010. 한우 육질등급에 따른 도체등급 요인, 이화학적 및 관능특성. 한국축산식품학회지.
4. 장애라 등. 2014. 식육의 선도(부패도) 판정 기준 마련 연구. 용역연구과제 최종보고서. 식품의약품안전처.
5. 최영민 등. 2015. 한우 육질, 관능 특성 및 근섬유 특성 분석 보고서. 분석 의뢰 보고서. 축산물품질평가원.
6. 송만강 등. 2000. 농후사료 급여수준이 거세한우의 증체와 부위별 지방조직의 지방산 조성에 미치는 효과. 동물자원지.
7. 이연정 등. 2010. 한우육의 육질등급에 따른 부위별 일반성분, pH, 육색, 보수력, 가열감량, 콜레스테롤 및 트랜스지방산 함량. Korean j. Food Sci. Ani. Resour.
8. 임채란 등. 2008. 질량분석기가 연결된 전자코를 사용한 쇠고기의 원산지 판별. 한국식품과학회.
9. 이훈수 등. 2009. 돈육의 신선도 평가를 위한 전자코 시스템 개발. 바이오시스템공학.
10. 한국인영양섭취기준위원회. 2010. 한국인영양섭취기준. 한국영양학회.
11. Lee,B. et al. 2019. Correlation of marbling characteristics with meat quality and histochemical characteristics in longissimus thoracis muscle from Hanwoo steers. Food Science of Animal Resources.
12. Lee,B. et al. 2018. Comparison of marbling fleck characteristics and objective tenderness parameters with different marbling coarseness within longissimus thoracis muscle of high-marbled Hanwoo steer. Korean Journal for Food Science of Animal Resources.
13. V. Sierraetal. 2008. Prediction of the fatty acid composition of beef by near infrared transmittance spectroscopy. Meat Science.

14. M. DeMarchi et al. 2012. At-line prediction of fatty acid profile in chicken breast using near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*.
15. N. Núñez-Sánchez et al. 2016. Near Infrared Spectroscopy(NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats, *Food Chemistry*.
16. Santosh Lohumi et al., 2016. Application of hyperspectral imaging for characterization of intramuscular fat distribution in beef, *Infrared Physics & Technology*.
17. Feifei Tao and Michael Ngadi. 2018. Recent advances in rapid and nondestructive determination of fat content and fatty acids composition of muscle foods, *Critical reviews in food science and nutrition*.
18. Massimo De Marchi. 2013. On-line prediction of beef quality traits using near infrared spectroscopy. *Meat Science*.
19. Kari Thyholt. 1997. Differentiation of Frozen and Unfrozen Beef Using Near-Infrared Spectroscopy. *J Sci Food Agric*.
20. J.R. Andersen. 1999. Optical measurements of pH in meat. *Meat Science*.
21. V. Yu. Musatova et al. 2010. Assessment of meat freshness with metal oxide sensor microarray electronic nose: A practical approach. *Sensors and Actuators B*.
22. S. Panigrahi et al. 2006. Neural-network-integrated electronic nose system for identification of spoiled beef. *LWT*
23. Diego L. Garcia-Gonzalez. 2010. Coupling MOS sensors and gas chromatography to interpret the sensor responses to complex food aroma: Application to virgin olive oil. *Food Chemistry*.
24. Huang Xiaowei et al. 2014. Sensing the quality parameters of Chinese traditional Yao-meat by using a colorimetric sensor combined with genetic algorithm partial least squares regression. *Meat Science*.
25. Jean-François Hocquette et al. 2014. Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Science*.
26. Jean-Louis Damez. 2013. Quantifying and predicting meat and meat products quality

attributes using electromagnetic waves: An overview. *Meat Science*.

27. M. Cruz Ortiz et al. 2006. Sensitivity and specificity of PLS-class modelling for five sensory characteristics of dry-cured ham using visible and near infrared spectroscopy. *Analytica Chemica Acta*.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문)가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발 (영문)Development of meat quality assurance system using a visible & short-wavelength infrared (SWIR) smart IoT portable spectrometers and a gas sensor system				
주 관 연 구 기 관	(주)스트라티오코리아		주 관 연 구 자	(소속) (주)스트라티오코리아	
참 여 기 업	서울대학교, 축산물품질평가원		책 임 자	(성명) 이제형	
총연구개발비 (1,040,000천원)	계	1,040,000천원	총 연 구 기 간	2017. 06. 15 - 2019. 12. 31 (31개월)	
	정부출연 연구개발비	780,000천원	총 참 여 원 수	총 인 원	23명
	기업부담금	260,000천원		내부인원	23명
	연구기관 부담금	-		외부인원	-
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발. - 분광 오차와 기기간 오차를 최소화 한 소형 가시광선 대응 휴대용 분광기 제작과 양산. - 분광 정보의 측정을 위한 데이터 수집 플랫폼 구축과 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발을 위한 기계 학습 플랫폼 구축. - 본사의 원천기술을 이용한 저가의 저전력 근적외선 라인 센서 개발. - 가시광선 분광 광학 시스템을 개선하여 근적외선에 대응할 수 있는 분광 광학 시스템 개발. - 정량적 육류 품질 분석을 위한 지표 인자 선정과 이에 대한 측정. - 근적외선 라인 센서와 분광 광학 시스템을 이용한 휴대용 근적외선 분광기의 제작. - 근적외선 분광 분석 이용한 정량적 신선도 측정 지표 선정과 냉해동육 판별 시스템 개발. - 후각 센서를 이용한 정량적 신선도 측정 지표 선정. - 실사용자가 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 직관적인 스마트폰 어플리케이션 UX/UI 개발. - 소비자가 육류의 품질 등급 및 신선도를 측정할 수 있는 휴대용 IoT 시스템 완성. <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가시광선 분광을 이용한 저가형 휴대용 육류의 품질 등급 측정기 개발. : 분광 정보를 분석하여 품질 등급을 측정할 수 있는 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발. - 근적외선 분광을 이용한 휴대용 육류 신선도 측정기 개발. : 신선도 정보를 측정하는 저가형 근적외선 라인 센서 개발. : 분광 정보를 분석하여 신선도 측정할 수 있는 기계 학습 인공지능 알고리즘 개발. - 측정 환경정보 기반의 보정 시스템이 적용된 육류 신선도 측정을 위한 후각 센서 어레이 및 시스템 설계개발. - 측정된 육류의 품질 등급과 신선도를 현장에서 사용자에게 알려줄 수 있는 맞춤형 스마트폰 어플리케이션 개발. 					

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 일반 소비자가 구별하기 힘든 육류의 품질 등급을 정량적으로 현장에서 측정할 수 있는 휴대용 시스템을 개발하여 판매자가 등급을 속이는 위법 행위를 봉쇄하고, 올바른 먹거리 문화 정착에 도움이 될 것으로 기대.
- 육류의 신선도 및 냉해동육 판별 시스템을 이용하여, 국민 건강에 직접적으로 도움이 될 것으로 기대하며, 투명한 유통 환경 제고에도 도움이 될 것을 예상됨.
- 세계 최초 휴대용 육류 품질 등급 및 신선도 측정 시스템으로 전세계적으로 관심이 고조되고 있는 휴대용 식품 품질 평가 분석 분야를 선도 할 수 있을 것으로 예상됨.
- 최종 연구결과물을 축산물품질평가원에서 즉시 활용하여 국내 육류시장 관리가 과학적이고 위생적으로 더욱 용이해질 것으로 기대됨.
- 세계 최초 육류의 품질 검사용 초소형 IoT 분광기 출시로 분광 기술의 대중화 발판 확보
- 수입에 의존하던 특수 센서 기술의 국산화를 기반으로 비즈니스 모델의 글로벌화

[별첨 2]

자체평가의견서

1.

		과제번호	117062-3		
사업구분	고부가치식품기술개발사업				
연구분야	식품품질관리, 식품품질관리, 농림식품 기계·시스템	과제구분	단위		
사업명	고부가치식품기술개발사업		주관		
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구기관	(주)스트라티오코리아		연구책임자	이제형	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2017. 06. 15 - 2017. 12. 31	210,000	70,000	280,000
	2차연도	2018. 01. 01 - 2018. 12. 31	285,000	95,000	380,000
	3차연도	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31	285,000	95,000	380,000
	계	2017. 06. 15 - 2019. 12. 31	780,000	260,000	1,040,000
참여기업	서울대학교, 축산물품질평가원				
상대국	-	상대국연구기관	-		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020년 2월 17일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)스트라티오코리아	대표이사	이제형

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 가시광선과 근적외선 파장 대역에서 광신호를 획득, 스펙트럼을 분석하여 육류의 신선도 및 등급 판별에 응용하는 기술은 세계적으로 앞선 창의적인 기술임.
- 스트라티오코리아의 원천기술로 개발 및 생산한 근적외선 센서를 장착하였기 때문에 소형화가 가능하고 단가가 매우 낮음. 아울러 분광기와 연계되는 SW를 설계 및 개발하여 분광기와 스마트 기기를 사용자의 용도에 맞게 자유롭게 사용하도록 유도 가능함.
- B2B 시장을 넘어 B2C 시장으로 확장하기 위해, 사용자별 UI/UX를 맞춤 디자인 가능하며, 휴대용 분광기 자체를 손안에 들어오는 휴대용으로 제작하여 누구나 쉽게 사용할 수 있으므로 분광기의 대중화에 기여했으므로, 과제의 목적을 충분히 달성했다고 사료됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 이미 7년의 업력을 보유한 한국·미국 법인과 유럽 사무소를 활용하여 근적외선 센서를 비롯한 각종 센서 선진국에 육류 품질에 대한 신뢰도 확보 시스템 수출 발판 확보함.
- 실질 부가가치 연평균 성장률이 20년 전에 비해 22.3%에서 14.8%로 감소하고 있던 반도체·전자부품 제조업계가 본사 특허기술을 활용한 제품 제작에 의해 재활성화함.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 전량 수입에 의존하고 기술이 취약했던 근적외선 센서 분야 기술 활성화에 기여함.
- 세계적인 추세에 맞추어 전 세계 식품 생산·유통 효율화 및 식품 안전에 기여하였으며, 해당 기술을 이용하여 식품 안전 뿐만 아니라 물질분석, 국방, 명품의 진위여부, 유해물질 탐지 등 다양한 분야에 활용될 여지가 있음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 주관, 협동, 위탁 각 연구기관의 구성원 전원이 '가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발'을 위해 많은 연구와 시행착오를 겪으며 결과물을 도출해내었음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본사의 원천 기술로 개발되는 근적외선 센서 및 분광기 관련하여 원천 특허 출원 및 등록을 총 7개 완료함.
- 고용실적 및 홍보실적은 이미 목표 이상의 등록 건수를 채워서 보통 이상의 성과는 거두었다고 판단함.
- 최근 인공지능 기술의 발전으로 인해 수많은 스타트업 업체들이 생겨나고 있는데, 본 과제에 주요 개발 기술은 기업 기밀이 다수 포함하고 있는 사안으로 특허권을 확보하기 전까지는 논문화에 어려움이 있었음.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
가시광선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발.	30	100	본 연구를 통해 개발된 휴대용 분광기 모델은 육류의 품질 등급 결과를 소비자들에게 손쉽게 제공 가능함.
가시광선 분광기술에 추가적으로 근적외선 분광기술을 이용하여 육류의 신선도를 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발.	20	100	가시광선 분광기술에 추가적으로 근적외선 분광기술을 이용하여 더 정확하게 육류의 신선도를 측정하여 육류 뿐만 아니라 식품 전반에서 활용도가 매우 우수할 것으로 평가함.
후각 센서를 이용한 가스 측정 장치를 이용하여 분광 기술로 얻어진 신선도에 대한 보정 시스템 개발.	20	100	신선육 또는 부패육에 대해 가스 센서가 제공하는 데이터를 수집한 후 이를 계량화학적으로 분석하여 신선도를 판정할 수 있는 알고리즘을 개발함
소비자가 휴대용 스마트 IoT 기기를 이용하여 소고기의 품질 등급과 신선도에 대한 신뢰도를 확보할 수 있는 시스템 개발.	20	100	당사의 대표 제품으로 휴대용 스마트 IoT 기기인 LinkSquare는 이미 많은 고객들에게 판매를 하고 만족을 함. 아울러, 다양한 매체에 소개됨으로 더 많은 기대를 해볼 수 있는 것으로 예상됨.
합계	100점	-	-

III. 종합의견

1. 대한 종합의견

- 소형 분광기와 후각센서를 이용하여 신선도 및 품질 측정이 가능함을 보인 것에 대한 의의를 둬.
- 실험실 환경의 실험에서 그치지 않고, 실질적으로 품질 측정이 필요한 곳에서 실험 및 검증을 진행함으로써 실제 현장에서 더 잘 적용될 수 있도록 우수한 연구 결과를 얻음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 종합적인 하나의 솔루션으로 제작되지 못하고, 각각의 요소들에 대한 검증을 하게 된 점에 대한 이해를 바랍.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 향후 추가적인 R&D를 진행하여, 소비자들도 직접 사용할 수 있는 수준으로 개발할 예정. 신선도 애플릿은 주관기관이 현재 서비스하고 있는 앱 환경에서 제공하고, 육류 품질 등급은 참여기관의 전문가 인력 보조 장비 용도로 활용될 수 있음.

IV. 보안성 검토

1. 의견

- 보안성이 필요하다고 판단되지 않음.

2. 연구기관 자체의 검토결과

- 보안성이 필요하다고 판단되지 않음.

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	식품품질관리, 농림식품 기계·시스템	
연구과제명	가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발			
주관연구기관	(주)스트라티오코리아	주관연구책임자	이제형	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	780,000	260,000	-	1,040,000
연구개발기간	2017. 06. 15 - 2019. 12. 31			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(사업화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 가시광선/근적외선 스마트 IoT 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 육류의 품질 등급과 신선도를 측정할 수 있는 시스템 개발.	- 가시광선 (400-800nm) 대역의 휴대용 분광기, 근적외선 (800-1600nm) 대역의 휴대용 분광기 및 후각 센서를 이용한 가스 측정 장치를 이용하여 소고기 등급 판정 및 신선도 측정 시스템 개발 완료함.
② 가시광선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발.	- 기개발된 가시광선 대역의 분광기를 개선하여 광학 해상도와 조립 오차를 각기 30nm 이하로 만족하도록 양산. - 가시광선 분광기술을 이용하여 육색과 지방색에 대한 스펙트럼을 정량적으로 측정하고 분석할 수 있는 시스템을 개발.
③ 가시광선 분광기술에 추가적으로 근적외선 분광기술을 이용하여 육류의 신선도를 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발.	- 당사의 원천 기술로 개발한 근적외선 센서를 탑재한 휴대용 분광기의 개발 완료 - 기계학습을 이용하여 가시광선에서 근적외선까지 아우르는 광대역 분광 정보를 통해서 육류의 신선도를 측정할 수 있는 알고리즘을 개발함.
④ 후각 센서를 이용한 가스 측정 장치를 이용하여 분광 기술로 얻어진 신선도에 대한 보정 시스템 개발.	- 신선육 또는 부패육에 대해 가스 센서가 제공하는 데이터를 수집한 후 이를 계량화화학적으로 분석하여 신선도를 판정할 수 있는 알고리즘을 개발함
⑤ 소비자가 휴대용 스마트 IoT 기기를 이용하여 소고기의 품질 등급과 신선도에 대한 신뢰도를 확보할 수 있는 시스템 개발.	- 소비자가 쉽게 IoT 기기를 스마트폰과 연동해서 사용할 수 있도록 사용자 편의를 강조한 스마트폰 어플리케이션 개발하여 안드로이드 버전 및 IOS 버전 구현 완료.

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10%	5%	0%	5%	0%	20%	0%	0%	15%	0%	5%			10%	5%	5%	10%	10%		
최종목표	5	2		1		1	400	100	3		2	3	2		5	3	4	2	9	
연구기간내 달성실적	5	2		1	7	1	76	59	9	2,800	4	0	0		6	3	4	2	24	
달성율(%)	100	100		100		100			100		100	0	0		100	100	100	100	100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	가시광선/근적외선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복	외국기술 계	외국기술 소화·흡수	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	V					V	V	V		
②의 기술										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	- 가능하면 높은 등급으로 육류를 판매하고자 하는 축산농민과, 보다 정확하고 까다로운 품질 등급을 매기려는 평가사 사이에서, 객관적인 품질 등급을 알려줄 수 있는 시스템에 대한 니즈는 상당히 높음. 현재 숙련된 전문 인력이 수행하는 품질 평가에 분광 기술을 활용한 품질 측정기기를 보조적인 수단으로 활용한다면, 불필요한 시간과 인력의 낭비를 줄이고 신뢰 사회를 구축할 수 있음. 또한 육류의 품질 등급 관리는 대부분의 선진국에서 시행하고 있으므로, 기술의 해외 적용 및 수출도 가능할 것으로 예상됨.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	10%	5%	0%	5%	0%	20%	0%	0%	15%	0%	5%				10%	5%	5%	10%	10%
최종목표	5	2	0	1		1	400	100	3		2	3	2		5	3	4	2	9
연구기간내 달성실적	5	2	0	1	7	1	76	59	9	2,800	4	0	0		6	3	4	2	24
연구종료후 성과창출 계획	7	7	0	4		3	2,600	700	11		4	7	2		9	7	6	4	32

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	가시광선/근적외선 분광기술과 기계 학습을 결합하여 육류의 품질 등급을 측정 및 확인할 수 있는 시스템 개발		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	7,280천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	-	실용화예상시기 ³⁾	1년
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	-		

주의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.