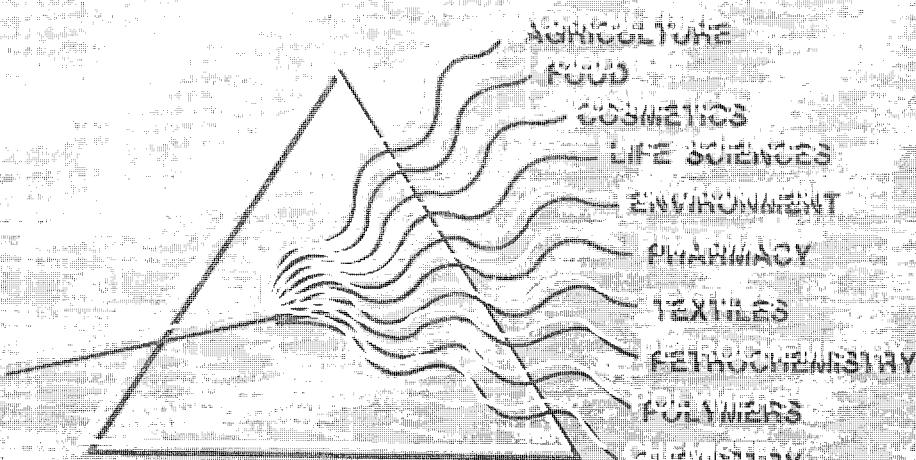
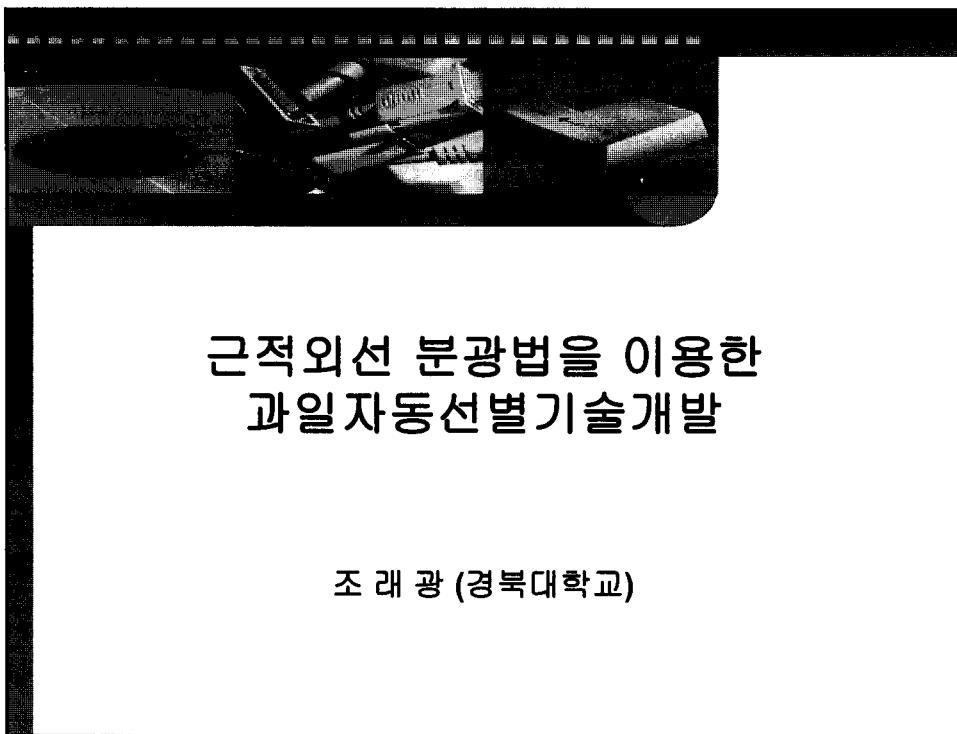


근적외선분광법을 이용한 과일자동선별기술개발

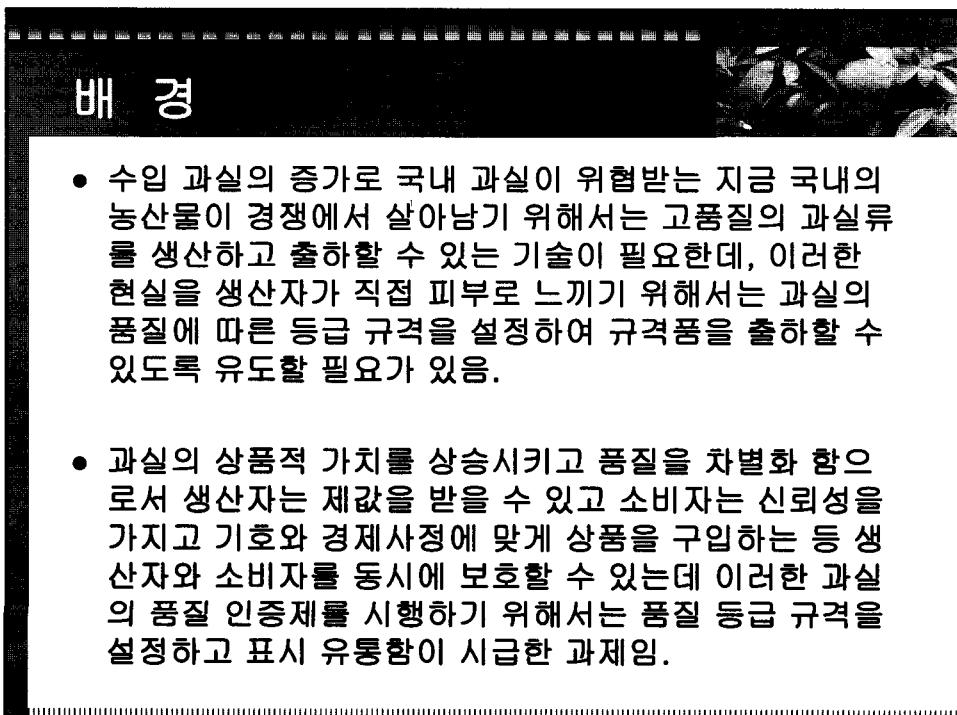
조래광 교수 (경북대학교)





근적외선 분광법을 이용한 과일자동선별기술개발

조 래 광 (경북대학교)

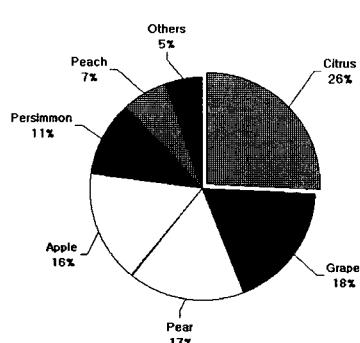


- 품질보증을 통한 과실에 대한 소비자의 기호도 및 신뢰도 증진을 위해서는 객관적이고 체계적이며 외관 및 내부품위까지 포함하는 품질등급 규격 표준화 설정이 시급함.



Fig. 1. 선진화된 소비자들의 과실 구매 선택 기준

국내 과실 생산 현황



Fruits	Cultivation area(ha)	Yield(ton)
Citrus	26,655	644,731
Grape	26,803	453,578
Pear	25,535	417,160
Apple	26,328	403,583
Persimmon	30,489	270,338
Peach	14,412	166,275
Others	16,690	132,007
Total	166,912	2,487,672

Fig. 2. 국내 생산 과실 구성비와 재배면적 및 생산량 (2001)

연구의 필요성

수입 과실 증가, 과잉생산, 타과실과의 경쟁



국내 감귤 경쟁력 향상 요구



고품질 감귤 생산, 유통



품질에 의한 규격화로 소비안정

과실의 품질 기준

당도, 산도, 경도, 수분

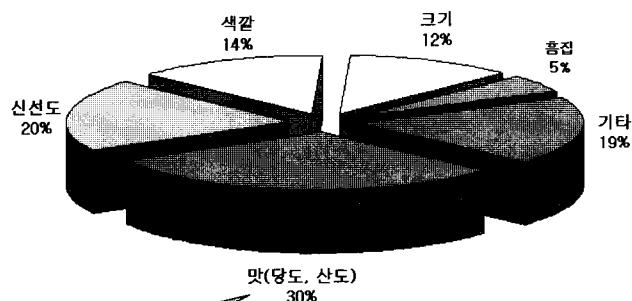
내부 결함 유무

색깔, 모양, 외부물, 상경

크기, 중량

향기, 촉감, 저질수

소비자가 원하는 등급 기준



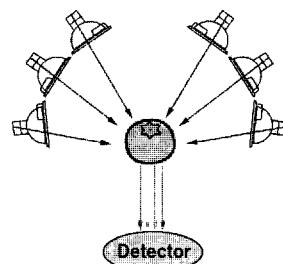
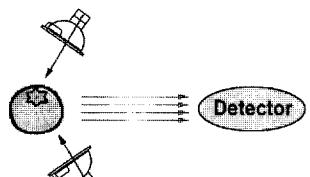
비파괴 측정

근적외 분광법

- 근적외 영역에서의 C-H, N-H, O-H 등 관능기의 흡수현상을 응용한 비파괴 분석법의 하나.
- 가시광선과 적외 영역의 중간에 위치하는 700~2,500nm의 파장영역 사용.
- 시료의 전처리 불필요.
- 다성분 동시 분석 & 신속한 분석.
- 밀, 고추, 대두, 향신료, 녹차, 쌀, 담배, 참깨 등 각종 농산물에 응용.
- 청과물의 당도 측정-복숭아, 배, 참외, 사과, 멜론, 망고, 제리, 키위 등.
- 청과물의 산도 측정-매실, 사과, 감귤 등.

근적외 스펙트럼의 검출방식

[Reflectance mode - A]



[Transmittance mode - B]



[Diffused transmittance mode - C]

Fig. 3. Reflectance mode (A), transmittance mode (B) and diffused transmittance mode (C) of Near Infrared spectroscopy.

이화학 분석

1. Brix measurement

2. Acidity measurement

3. Size measurement

4. Weight measurement

5. Pericarp content measurement

생과 및 과육의 스펙트럼 측정-1

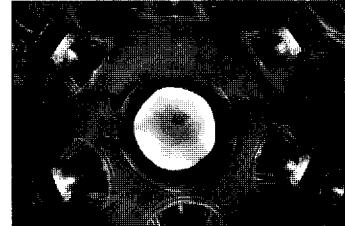
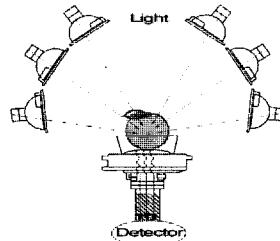


Fig. 4. Schematic diagram and photograph for measuring NIR spectrum of intact *Satsuma mandarin*.

- ❖ Transmittance Mode (Off-line)
- ❖ AH 4240 (American Holographic Inc., USA)
- ❖ Si detector (690~1,110nm)
- ❖ 100W halogen lamp (Philips Inc., Netherlands)

생과 및 과육의 스펙트럼 측정-2

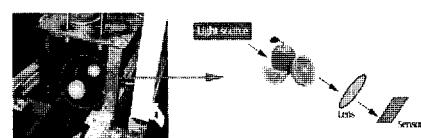
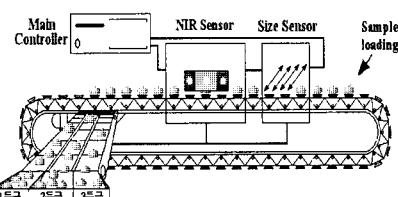


Fig. 5. Schematic diagram and photograph for measuring NIR spectrum of intact *Satsuma mandarin*.

- ❖ Transmittance Mode (On-line)
- ❖ ALFS 2000 (Spectra Science, Korea)
- ❖ Si detector (690~1,110nm)
- ❖ 500W halogen lamp (Philips Inc., Netherlands)

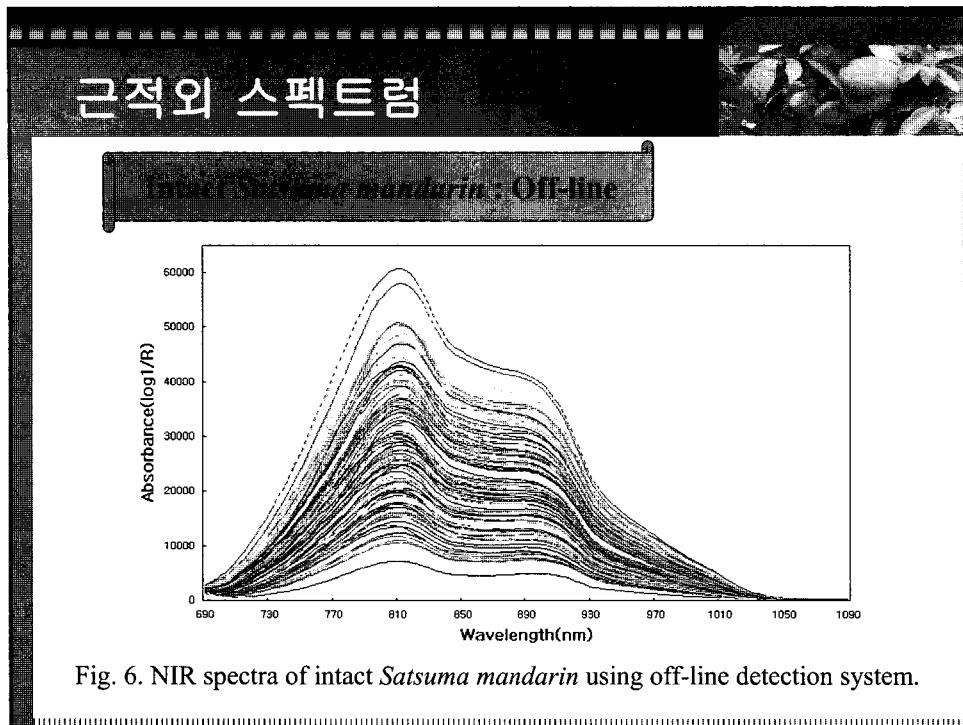


Table. 1. Results of Calibration and Validation of brix in <i>Satsuma mandarin</i> juice, peeled and intact <i>Satsuma mandarin</i>					
Mode	Sample	F*	Sample set	R**	RMSEP***($^{\circ}$ Bx)
Off-line	Juice	5	Calibration	0.989	0.222
			Validation	0.989	0.233
On-line	Peeled	5	Calibration	0.945	0.247
			Validation	0.935	0.269
	Intact	5	Calibration	0.927	0.579
			Validation	0.921	0.605

*F : Factor
 **R : Multiple correlation of coefficient
 ***RMSEP : Root Mean Square Error of Prediction

Table 2. Results of Calibration and Validation of acidity in intact *Satsuma mandarin*, peeled *Satsuma mandarin* and *Satsuma mandarin* juice.

Sample	Mode	F*	Sample set	R**	RMSEP***(%)
Intact	Off-line	6	Calibration	0.746	0.193
			Validation	0.717	0.202
	On-line	6	Calibration	0.680	0.233
			Validation	0.622	0.249
Peeled	Off-line	6	Calibration	0.870	0.199
			Validation	0.780	0.255
	On-line	6	Calibration	0.737	0.059
			Validation	0.648	0.067
Juice	Off-line	6	Calibration	0.918	0.126
			Validation	0.905	0.136

1. By state

2. By size

3. By weight

4. By pericarp content

5. By brix revision

6. By size & pericarp content

7. By size & pericarp content & brix revision

Table. 3. Results of Calibration and Validation of acidity in intact *Satsuma mandarin*.

Parameters	F*	Sample set	R**	RMSEP***(%)
Size	Small	Calibration	0.827	0.201
		Validation	0.785	0.222
	Large	Calibration	0.609	0.199
		Validation	0.476	0.225
Weight	Light	Calibration	0.827	0.201
		Validation	0.706	0.233
	Heavy	Calibration	0.663	0.187
		Validation	0.544	0.212
Pericarp content	Low	Calibration	0.728	0.214
		Validation	0.631	0.243
	High	Calibration	0.652	0.083
		Validation	0.564	0.091

Table. 9. Continued

Parameters	F*	Sample set	R**	RMSEP***(%)
Brix revision	6	Calibration	0.723	0.173
		Validation	0.623	0.198
Size and Pericarp content	5	Calibration	0.841	0.199
		Validation	0.787	0.227
Size, pericarp content and brix revision	6	Calibration	0.850	0.193
		Validation	0.701	0.265

*F : Factor

**R : Multiple correlation of coefficient

***RMSEP : Root Mean Square Error of Prediction

외국산 선과장치의 문제점

- 국내에서 과실 선별기를 연구개발하는 대신 외국에서 기술 도입을 시도할 경우 가능성은 있으며, 현재도 외국 선별기 제작회사들이 우리나라에 무역채널을 통해 현지법인 방식으로 진출을 시도하고 있음.
- 기술이전의 경우 제일의 조건으로서 내세우는 것은 한꺼번에 약 20~30대를 수출하여 벌게 되는 금액을 로열티로 요구하고 있어 국내 무역업계의 경제적 수준으로는 감당하기 어려움.
- 특히 제주도와 같은 지리적 특성이 있어 선과기의 가동 기한이 감귤에 거의 국한되는 경우 고가의 외국선별기술을 도입하였다 하더라도 국내 농산물의 경제적 부가가치로서는 로열티를 극복하기 위해 매우 장기간의 손해를 각오해야 함.

- 기술도입이 성사되었다 하더라도 현재 이전하겠다는 선별기가 최상의 기능을 가졌다고 할 수 없으며 한 세대 지나간 장치를 제공하는 경우가 많은데, 실제로 FANTEC(일본)와 같은 회사의 최신 선별기는 일본 정부와 민간, 대학, 연구소 등이 합자하여 개발한 장치이기 때문에 기술 모방이나 차세대 기술 유출의 우려가 큰 한국의 경우, 수출을 하되, 시기를 3~5년 뒤로 정하라는 등의 내부적 지침이 형성되어 있어 사실상 최첨단 선별장비의 도입은 실현되기 어려운 현실임.
- 기술도입의 허락할 의사가 있는 일본의 선과장치 회사라도 한국에 장치를 설치한 뒤 고장 수리 및 검량식 변경과 같은 사후 서비스를 감당할 수 있는 전문요원 양성에 있어 단순한 물리적(크기, 빛깔) 선별기 가동에 약 6개월 가량 소요되던 것과는 달리 내부 품질 요인이 포함되는 경우 완전한 기술 습득에 2~3년 가량 소요될 것으로 예상하고 있어 첨단 외국 선과기의 도입후 정상 가동에는 이와 같은 불안 요소가 따르게 될 것임.

- 
- 따라서 이상의 사정을 종합할 때 국내의 기술 전문진들이 직접 우리나라 과실의 생산지 현실, 소비자들의 기호 및 고품질 요구도를 고려하여 우리 실정에 맞는 선과기를 자체적으로 개발한 뒤 품질 등급화 규격품 유통기술을 점차 정착시켜 나갈 필요가 절실하다고 판단됨.

I. 설비의 개요

가. 설비개요

본 설비는 각 농가에서 입하되는 과일(배)을 당도선별, 육안선별 및 중량 선별을 하기 위한 설비이다.

1. 비파괴 당도 SENSOR : 과일에 근적외선을 투과하여 과일의 당도를 신속하게 측정할 수 있는 SENSOR
2. 중량 SENSOR : 과일의 중량을 신속하고 정확하게 측정하는 SENSOR
3. 선별기 기계부 : 과일의 타박 및 암상을 최소화하는 구조로서 작업 환경 및 선과 효율이 높은 설계 방식을 채택하여 설계, 제작, 설치함
(선별, 출하관련 설비 일체)
4. 선별기 제어부 : 선별기 기계부의 제어 및 각 구동기기에 전원을 원활히 공급함
(중압제어 컨트롤부, 전기 제어반 - PLC, Inverter, 센서류 일체)
5. 압축공기 공급부 : 구동기기 중 압축공기를 사용하는 설비(설린더, 풍매 제거 장치 등)에 일정 인력을 유지하는 압축공기를 원활히 공급
(에어 컴프레서, Steel 공압 배관, 듀브 낮 피팅류 등)
6. 진진부 : 과일의 충돌 제거시 발생하는 오열된 공기를 별도의 진진 설비를 이용하여 오염공기를 경화시켜 대기로 배출

나. 선과 대상

1. 품종 : 배
2. 품목 : 현재 출시되어있는 모든 품목 및 향후 출시 될 품목

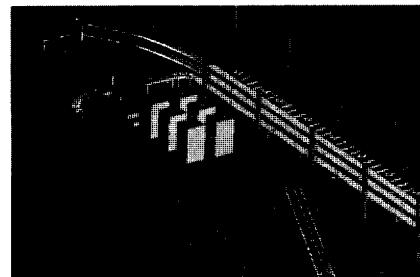
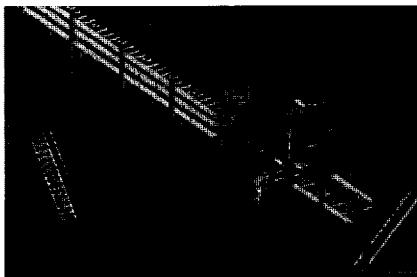
다. 선과 조건

1. 과일 입하시기 : 연중
2. 선과 시기 : 연중

라. 설치 장소

1. 설치 장소 : 경북 상주시 삼주원예농협 선과장
2. Lay-Out (설치 공간 : (W)65,150mm * (D)23,050mm)

- * 본 설비 시양서에서 규정한 내용에 따라 System Layout을 구성한다.
- * 상세 구성은 첨부 Layout 도면 참조



나. 기본 DATA 및 요구 사항

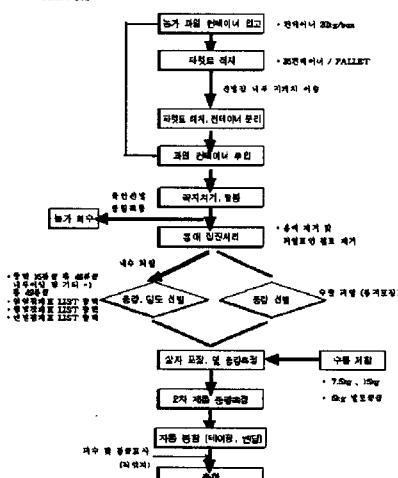
1. 화재의 대고방법
 - 기) 컨테이너 BOX 사용 : 20 kg / EA
 - 나) 대고형태 : 컨테이너 BOX(4000X / PALLET)
2. 선별장의 처리량
 - 기) 끓자치기, 끓자 벗기기 : 선별장에서 처리
 - 나) 용이정기 : 선별장에서 처리 (자동 용이 절전장치)
3. 처리 물동량
 - 기) 기준 (내)
 - 25EA / BOX / 15kg , 6500 / EA
 - 나) 1일 처리량 : 60ton 이상 / Day (8hour)
 - ※ 8일 및 작업표준(60%) 감안
 - 다) 1회처리량 상세 계산 내역
 - $57.5ton = \text{선별처리량 } 2ea / 8ea$
 - $= 2ea \times 600kg \times 60Min / 1 Day (8hour) = 57,600kg / Day$
 - $57,600kg \times 600kg = 57.4ton / Day \times 0.8(\text{작업표준}) = 60ton / Day$
4. 등급 기준
 - 무도 선별 : 고무도 / 저무도 2등급 선별
 - 모양 및 질감 선별 : 관찰자에 의한 등급 선별
 - 풍부 선별 : 15등급 선별, 중 45개의 분급대를 이용하여 선별
 - 내부이상회 (분류 및 기타(동외품) 1등급

분류	고등급 (15등급)	중급 (13등급)	저급, 저등급 (13등급)
당도 선별	기준당도 이상	기준당도 미만	기준당도 미만
죽안 선별	외관질적	외관질적	외관 물질적

* 사용자에 의해 등급별 분류마다 수령조로 운영이 가능할 것.

다. 과정 설계 사항

WORK FLOW



라 . 선과 정확도 및 SENSOR 요구사항

1. 단도 오차(SEP, Standard Error of Prediction)는 ± 0.4% 이하일 것
(예제 선정 대진 실사평가)
2. 중량 오자는 ± 5% 이하일 것 (예제 선정 대진 실사평가)
3. 베피과 선과속도 : 베피과 단도선별기의 절점연산능력은 최대 10m/sec 일 것
4. 베피과 계급 단도선별기 및 중량 선별기의 MPMIN-HUP 시간은 10분 이내이며, 선별기 가동 후 배의 단도 및 중량오자 어니어이아 할 것
5. 단도 및 중량 MECDA는 운도 변화에 따른 오자가 있거나, 실시간 보경이 가능할 것

마 . 베피과 과일선별 CONTROL ROOM

1. 규격 : 2500(W)×2200(D)×2200(H) 이상
(75mm 신드위치 끝넓)
2. Control Room내부에는 베피과 과일선별시스템의 과일 선별데이터를 관계, 저장, 출력할 수 있는 관련 설비들을 설치된다
(단도 / 중량선별기 Controller, Desktop Computer, Printer, 확장 등)
3. Control Room 내부에서는 선별장의 작업현장을 관시할 수 있도록 기방창 창문을 설치하여 된다.
4. 출입문은 보안을 위하여 접근 손잡이를 설치한다.

바 . 과일 선별 DATA 출력 SHEET

1. 등급별 수량 지정 (프린트 출력 가능할 것)
2. 조립형(농가별) 코드 입력 방식
3. 데이터는 통가처리 되어 그라프에 의한 요약 표기가 가능할 것
(일년, 월별, 보낼 경계)
4. 데이터 경계의 적용 약은 '상주철에농협'의 인수 의해 수정 가능할 것.

앞으로 전망

- 수입 과실을 계절마다 쉽게 접할 수 있는 기회가 늘어난 현실에서 과거부터 기준이 되어온 외관 품질에 근거하여 선별한 우리 과실류를 유통시킬 경우 국내 소비자로부터 외면 될 것이 예상되므로 가까운 시일 내에 소비자가 품질을 알고 구매할 수 있게 객관적 품질 근거가 표시될 수 있는 기술이 환영 받을 것으로 전망됨.
- 쌀, 녹차, 양조간장, 전통청주 등이 일본에서 비파괴 on-line 검사에 의해 품질이 규격화되어 고가로 출하되어도 소비자들이 거부 않고 오히려 선호하고 있어 고품질 고가격 시대에는 공산품과 달리 과실류는 무게 중심이 아닌, 신선도, 기호도를 반영한 표시 판매제도가 정착되어질 것으로 전망됨.

- 만약 우리나라가 객관적으로 등급화된 규격표시 과실류를 유통시키지 않으면 품질을 표시, 보증한 외국 과실류가 수입될 경우 단순한 애국, 국산 애용심만으로는 우리 과실류를 지켜내지 못할 것으로 예상됨.
- 따라서, 공판장에서는 생산 현장으로부터 객관적인 품질 표시 마크가 부착된 상품에 한하여 기존보다 약 30% 고가로 매입하여 소비자에게 출하하는 과정에서 전매 과정이 생략된 경매제도가 정착될 것으로 예상됨.
- 극단의 경우 소비자가 품질 근본의 표시를 신용하고 생산단체에 직접 주문하고 생산 단체가 배달 판매하는 채널이 실현되어 자연스럽게 중간 마진이 생략되므로 생산자의 수취 이익 증대와 소비자 매입금액 부담을 줄일 수 있어 전국적으로 자동 선별 출하 시스템의 설치가 보편화 될 것으로 전망됨.

국내 연구 성과의 활용방안 및 보호 육성 방안

- 본 연구에 초기부터 참여한 기업과 실용 보급화를 지원하고, 개발된 기술의 보전 유지 및 추가 연구를 활성화 하며, 경영을 전당기 위해 창업한 기업들이 기술 협동체를 구축하여 농림부의 신기술 농기계로 인정 받을 수 있게 조직적으로 지도하고, 아울러 선별기 구입자금의 상당부분이 국비인 경우 구입 단체에 “우선 구매 추천장”을 발송하여 능금농협과 감귤농협 등의 생산자 단체들이 단기간에 국제 경쟁력을 향상시켜 나갈 수 있게 생산자단체와 선별기 개발 제작사들을 적극적으로 보호, 육성할 필요가 있음.