

633.4915

L 2937

19

최 종
연구보고서

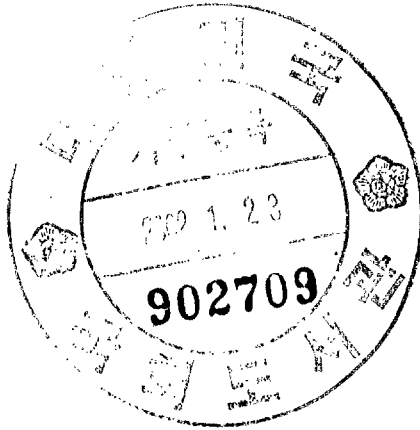
GOVP1200201377

감자 종합자동 선별시스템 개발

Development of an Automatic Sorting System
for Potato

연구기관 : 제주대학교

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “감자 종합자동 선별시스템 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 11월

주관연구기관명 : 제주대학교

총괄연구책임자 : 임 종 환

연 구 원 : 김 귀 식

연 구 원 : 최 경 현

연 구 원 : 김 성 근

참 여 기 업 : 제주엔지니어링연구소

요 약 문

I. 제 목

감자 종합자동 선별시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

감자는 전국 생산량이 70만 톤 이상이며 특히 제주도는 감자의 주산지로서 전국 생산량의 23 % (봄감자의 경우 64%)를 차지하며 감귤 다음으로 농가의 주 소득원이 되고 있다. 그러나 감자의 파종에서부터 수확, 선별 유통의 전 과정에서 파종과 수확만 일부 기계화가 이루어져 있을 뿐 선별은 거의 수작업으로 이루어지고 있는 실정이다. 수작업 선별은 3000평을 기준으로 약 6여명이 필요하며 중량이 아닌 크기 기준이며 선별 균일도가 떨어질 뿐만 아니라 과다 노동력 투입에 의해 생산 원가가 높아 감자의 가격이 미국등 주요 감자생산국과 비교할 때 4배 이상이나 높아 가격 경쟁력이 크게 떨어지고 있다.

따라서 상품성 향상과 생산비 절감, 그리고 부족한 농촌의 노동력해소를 위해서는 선별기의 기계화가 시급한 실정이다. 또한 현재 개발되어 있는 선별기는 고가이거나 선별 성능이 떨어질 뿐만 아니라 감자의 등급기준인 중량이 아닌 크기에 따른 분류를 하고 있어 중량에 기준 한 선별기의 개발이 필요한 시점이다. 이에 따라 본 연구에서는 감자에 적합한 중량기준 자동 선별기를 개발하는데 그 목적이 있으며, 이러한 장치를 보급함으로써 상품성 향상, 생산비 절감, 유통구조 개선 등을 통한 감자 재배농가의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

자동 감자 선별기는 수집, 이물질 제거, 확산정렬, 중량계량, 선별배출, 그리고 자동 포장등의 단계를 거쳐야 한다. 이와 같은 단계 중에서 본 과제에서는 이물질 제거, 확산 정렬, 중량계량, 그리고 선별배출에 대한 연구를 수행하였으며 수집이나 자동 포장시스템은 여타 선별기와 동일한 구조가 쉽게 적용될 수 있도록 설계하였다. 각 부에 대한 연구내용은 다음과 같다.

1. 이물질 제거부

- . 이물질 제거용 롤러형 스크 설계
- . 적정 이송속도 연구

2. 확산 정렬부

- . 확산부 설계
- . 정렬부 설계
- . 시스템 최적화

3. 중량계량부 설계

- . 로드셀을 이용한 고속 중량계량방법 연구
- . 개발된 계량방법의 표준화
- . 중량계량장치 설계

4. 선별배출부 설계

- . 배출방법 연구
- . 배출장치 설계
- . 제어시스템 설계

5. 시스템 제작 및 성능평가

- . 성능 시험 및 개선
- . 경제성 평가

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

본 과제에서는 현재 거의 수작업으로 진행되고 있는 감자의 등급분류를 자동으로 수행 할 수 있는 중량을 기준으로 한 선별기를 개발하였다. 이 시스템은 로드셀을 이용하여 감자의 중량을 고속으로 계량하며 컵이나 기타 보조장치를 쓰지 않고 컨베이어 벨트 그 자체만을 이용한 것이 특징이다. 따라서 이 시스템은 경제적이며 고장발생이 최소화될 수 있으며 감자의 원래 등급기준인 중량을 기준으로 등급을 분류함으로써 농가에 보급 될 경우 감자 선별에 필요한 인력이나 인건비를 줄이고 유통구조를 개선하는데 기여하여 생산자의 소득증대에 크게 기여할 것으로 기대된다. 시스템을 제작하여 실제 실험으로 그 성능특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 이물질 제거부

PE 재질의 솔이 부착된 회전 롤러형 이물질 제거장치를 개발하였다.

2) 확산 정렬부

컵이나 기타 보조장치가 필요 없는 평벨트형 확산장치와 V벨트형 3단 정렬장치를 개발하였으며 가속->감속->가속 단계를 거침으로서 효과적으로 정렬이 이루어짐을 확인하였다.

3) 중량계량부

감자의 선운동량을 측정하는 수직 평판형 로드셀 중량계량 장치를 개발하였으며 중량계량에 대한 표준을 설정하였다. 이 계량장치는 감자 이외의 다른 작물의 중량계량에도 이용이 가능하다.

4) 선별 배출부

DC 모터로 구동되는 회전형 배출 안내판 방식의 배출기를 개발하였으며, 이 장치 역시 다른 작물의 선별 배출용으로 적용이 가능하다.

5) 시스템 제작 및 성능평가

설계된 각 부를 제작하고 조합하여 전체 시스템을 구성하고 실제 감자를 이용한 실험을 통하여 성능을 개선하였다. 시스템의 최종 성능은 중량 오차 11.8 %, 재현성 오차 9.4 % , 그리고 선별속도는 초당 2,989개였다. 이것은 4라인 기준으로 볼 때 시간당 처리 능력이 약 344 상자 (상자 당 20kg)로 인력의 약 28배정도로서 최대 64.4%까지 선별비용이 절감될 수 있다.

2. 활용에 대한 건의

. 개발완료 시점에서 상용화 연구 및 시범보급을 위한 후속 프로그램 개발이 이루어질 수 있도록 정부나 도 차원의 지원이 바람직하다.

. 개발된 선별기 제작업체에 생산자금을 지원하고 시스템을 구입하는 농가나 작목반 등에는 농기계 구입자금을 지원함으로써 보급이 활성화되리라 사료된다.

. 정부차원에서 감자의 등급에 대한 기존의 관행을 개선하여 중량에 기준한 등급의 필요성과 타당성을 적극 홍보할 필요가 있다.

3. 본 과제와 관련된 실적

산업재산권 출원	특허	2 건	.중량계량방법 .선별기 시스템
	실용신안	1건	. 선별기 시스템

SUMMARY

I. Subject

The development of an automatic sorting system for potato

II. Purpose and importance of the research

Potato, together with tangerines, is one of the major agricultural products Cheju, and the production account for more than 30 % of the domestic production. Recently some kinds of sorting machine for potato are available, but they are not extensively used because their performance is not satisfactory and they are very expensive. Another drawback is that they are not based on the weight but based on the volume of potato. The sorting process is, therefore mainly done by hand, so that the development of sorting machine based on the weight is indispensable.

The research is aimed at developing an automatic sorting system that is based on the weight of the potato. We developed a load cell-based high speed sorting system. The system will increase the quality of the resulting product, and reduce the cost of sorting and distribution, which result in increasing the income farmers who cultivate potato.

III. Contents and scopes of the research

The research has been performed for the development of automatic sorting system for potato between November 1999 and November 2001. The automatic sorting process consists of dumping, cleaning, line-up, classification of weight, discharging, and boxing the potato. Among the process, we were to develop the

cleaning, line-up, weighting, and discharging system. The other process can easily be retrieved from another kind of sorting machine.

The entire contents and extents are:

1. Design of a cleaning (dust removal) system
 - . Development of dust removing method
 - . Design of a roller brush for removing dust

2. Design of a spreading and line-up system
 - . Design of a spreading device
 - . Design of a line-up device
 - . System optimization

3. Development of a weighting system
 - . Development of a load cell-based high speed weighting method
 - . Establishment of the weighting method
 - . Design of a weighting system

4. Development of a discharging system
 - . Development of a high-speed discharging method
 - . Design of a discharging system
 - . Design of a control system

5. Completion of the system and performance test
 - . Performance test and improvement
 - . Economic assessment by performance test

IV. Results and suggestions for practical implementation

1. Results of the research

In this research, we developed load cell based automatic sorting system for potato, which is usually done by hand in the field. The system does not adopt an additional mechanism for weighting the potato such as a cup conveyor. It uses normal flat conveyers themselves so that the cost for maintenance and establishment will be lower than other system. It can also increase the quality of the resulting product, and reduce the cost of sorting and distribution, which results in increasing the income of farmers who cultivate potato. The performance of the system has been tested using potato, from which we can conclude that:

- 1) An automatic sorting system based on load cell is developed.
- 2) A roller brush equipment is developed for removing dust of potato, and its validation was confirmed.
- 3) A spreading and line-up equipment by using a flat conveyor and three V conveyers is developed. An optimal velocity distribution of each conveyor was studied, and it turns out to be very useful to line-up the potato enough to use the next step.
- 4) We developed a rotational discharging equipment driven by DC motor. This equipment is designed to rotate 90 degrees at a time, which is controlled by photo interrupters. It can be applied directly for the discharging equipment of any system.

5) Through sets of experiments, the developed system was proved to be very reliable, and its performance is good enough to use as a practical sorting system. The performance of the system is summarized as:

Weight error	Repeatability error	Maximum sorting speed	Average sorting speed
11.8%	9.37 %	5/s	2.989/s

2. Suggestions for practical implementation

1) The succeeding research program is necessary for the commercialization of the system, and a positive support is to be desirable for a model distribution.

2) To achieve a wide spread of the developed system, it is required to inform that the grade of potato should be based on weight. To do this, a positive supporting policy of the administration of agriculture is inevitable.

3) The development of special economic policy is necessary such as a financial support for the manufacturer of the system, or an incentive to farmers who purchase the system.

CONTENTS

Chapter 1. Introductions	1
Section 1. Backgrounds	1
1. Technical aspects	1
2. Economical and industrial aspects	4
3. Current status and problems of concerned technology	4
Section 2. Purpose and scopes of the research	9
1. Objectives	9
2. Contents	9
3. Yearly programs	10
Chapter 2. Development of the sorting system	11
Section 1. Design of a cleaning system	11
Section 2. Development of spreading and line-up system	15
1. Design of spreading and line-up system	15
2. Performance test	24
Section 3. Development of a weighting system	29
1. Characteristics of a load cell	29
2. Basic design	34
3. Design and evaluation	48
Section 4. Development of discharging system	65
1. The first design	65
2. The second design	68
3. Final design	71

Chapter 3. Evaluations	80
Section 1. Performance test	80
1. Structure and specifications of the system	80
2. Performance of the system	85
Section 2. Economical analysis	93
1. Economical analysis	93
2. Estimation of possible users	95
Chapter 4. Conclusions and proposal	98
Section 1. Conclusions	98
Section 2. Suggestions for practical implementation	100
References	101
Appendix	102

차 례

제 1 장 서 론	1
제1절 연구 개발의 필요성	1
1. 기술적인 측면	1
2. 경제 산업적인 측면	4
3. 관련기술의 현황 및 문제	4
제2절 연구 개발 목표 및 내용	9
1. 연구 개발의 최종 목표	9
2. 연구 개발 내용	9
3. 단계별 목표	10
제 2 장 선별기 설계	11
제1절 이물질 제거부 설계	11
제2절 확산 정렬부 개발	15
1. 확산 정렬부 설계	15
가. 1차 설계	15
나. 2차 설계	18
다. 확산 정렬부 설계 (3차설계)	20
2. 확산 정렬부 성능	24
제3절 중량 계량부 개발	29
1. 로드셀 특성	29
2. 중량 계량부 기초 설계	34
가. 롤러형 계량장치	34
나. 컵형 계량장치	38
다. 평판형 계량장치	42
라. 중량 계량부 기초설계 결과	47
3. 중량 계량부 설계	48

가. 장치구성	48
나. 중량 계량부 성능 시험	52
제4절 선별 배출부 개발	65
1. 1차 설계	65
2. 2차 설계	68
3. 선별배출장치 설계 (3차설계)	71
제3장 선별기 성능평가	80
제1절 선별기 성능시험	80
1. 시스템 제작 및 자원	80
2. 성능시험	85
제2절 경제성 분석	93
1. 경제성 분석	93
2. 관련 농가의 의견	95
제4장 결론 및 활용에 대한 건의	98
제1절 결론	98
제2절 활용에 대한 건의	100
[참고 문헌]	101
부록 주요 설계도면	102

제 1 장 서 론

제1절 연구 개발의 필요성

1. 기술적인 측면

전국의 감자생산량은 약 64만 톤이며 제주도는 전국 생산량의 23%(봄감자의 경우 64%)를 차지하는 감자 주산지이다. 제주도의 감자 조수익은 약 2000 억원 정도로 감귤에 이어 농가의 주 소득원이 되고 있다. 우리나라의 감자소비현황은 생식용 및 감자칩용은 국내산으로 충당되고 있지만 가공감자인 냉동감자와 전분의 경우 거의 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 생감자의 가격은 미국의 4배 등 주요감자 생산국에 비해서 현저히 높아 가격경쟁력이 크게 떨어지고 있다.

표 1-1은 제주도에서 생산되는 봄 감자의 형상을 측정한 결과이다. 감자의 종류에 따라 다소 차는 있으나 전체적으로 장직경과 단직경의 비가 1:1.3 정도로서 길쭉한 형상이라고 볼 수 있다. 일반적으로 제주도는 감자를 2모작을 하므로 그 크기가 육지산에 비해 작은 것으로 알려져 있음에도 불구하고 최대 직경이 16.5cm인 것으로 측정된 바 육지산 감자는 최대 20cm가 넘을 것으로 추정된다. 이와 같이 감자는 형상이 불규칙하고 요철이 심하므로 표 1-2와 같이 중량을 기준으로 등급이 정해지며 등급별 가격은 표 1-3과 같다. 따라서 등급별 선별은 타 농산물과 마찬가지로 감자의 상품가치 즉 품위를 향상시키는 중요한 작업이다.

현재 국내의 감자선별 및 포장은 대부분 수작업으로 이루어지고 있으며, 제주도의 경우 1일 3000평 기준으로 선별 작업에 6명의 인원이 투입되고 있다. 표 1-4는 수작업으로 분류된 감자의 등급별 중량분포 특성을 나타낸다. 수작업은 크기에 의한 분류이며 선별의 균일도는 높은 편이나 등급에 대한 편차

가 상당히 크고 많은 인건비가 요구되는 단점이 있으므로 상품성 증대 및 고부가가치 창출을 위해서는 신뢰성 있는 선별기의 개발이 시급한 실정이다.

또한 현재 감자는 선별 및 출하가 산지에서 개별적으로 이루어져 계획출하가 어려워 생산지역이나 시기에 따라 가격차가 크며 유통경비의 과다와 상품성 저하 등 많은 문제점을 안고 있다. 그러나 국내의 감자재배농가의 90% 이상이 1ha미만을 재배하는 영세농가이므로 개별농가가 선별기를 확보하기는 어려운 실정이며 작목반별로 선별기를 개발보급 함으로서 각 농가의 인건비가 절약될 뿐만 아니라 상품성이 증대되고 아울러 공동선별 및 공동출하가 이루어질 수 있으므로 자연스럽게 유통구조가 개선되어 생산자·소비자 모두의 이익달성이 가능하다.

표 1-1 등급별 감자의 크기(단위: cm)

항 목	100g 이하	100-200g	200-300g	300-400g	400g 이상
장경(평균)	5.84	7.71	9.30	10.73	12.57
단경(평균)	4.94	6.32	7.56	8.32	8.84
장경/단경(평균)	1.21	1.22	1.26	1.31	1.43
장경/단경 (표준편차)	0.12	0.13	0.16	0.15	0.14
최대크기	7.8	10.1	12.2	14.6	16.5

표 1-2 감자의 크기구분

	특대	대	중	소	특소
1개의 무게(g)	400이상	300-400	200-300	100-200	100미만

주) 국립농산물 검사소, 『농산물 표준출하 규격집』

표 1-3 감자의 크기별 가격(1999, 제주도)

구분 \ 호칭	특대	대	중	소	특소
20kg당 가격	30,000	28,000	23,000	18,000	23,000

표 1-4 수작업에 의한 선별 결과

등 급	소	중	대
평균 중량(g)	60.6	106.1	180.5
표준편차	20.8	18.4	52.6

주) 제주도 봄 감자

2. 경제 산업적인 측면

국내 감자 공급은 생감자를 제외한 전분이나 냉동감자는 전량 수입에 의존하고 있으며 (97년을 기준으로 우리나라 총 생산량은 약 64만톤, 수입된 전분 및 가공용 감자를 생감자로 환산하면 약 30만톤) 수입가격은 kg당 540원으로서 국내가격 2,350원에 비하면 ¼수준으로 국제경쟁력이 현저하게 떨어진다. 생감자는 곡물과 달리 운송의 어려움이 있어 수입은 당분간 곤란하지만, 근본적으로 기계화재배를 통한 생산비절감 뿐만 아니라 균일 선별 등을 통한 상품성 증대 및 유통구조개선을 통한 국제경쟁력을 고양하지 않으면 조만간 감자재배농가의 타격이 예상된다.

감자의 유통구조 개선을 위해서는 공동선별, 공동출하가 필수적이므로 각 작목반 별로 선별시스템을 설치 운영함으로써 이를 자연스럽게 유도할 수 있다. 감자는 수확 후 곧바로 출하하는 경우도 있지만 일반적으로 출하할 때까지 저장기간이 필요한데, 각 작목반 별로 일괄 선별하여 저장함으로써 개별 저장시보다 유지관리가 용이하고 상품의 질이 균등해지며 비용이 감소되는 효과를 거둘 수 있으며 일정 기간동안 다량의 감자를 신속 정확하게 선별하여 출하할 수 있으므로 안정된 공급을 꾀할 수 있다. 또한 자동 선별기를 이용하면 현재의 수작업보다 선별 균일도가 높아 상품성이 증대되고 유통구조가 개선될 수 있으므로 감자재배농가의 경쟁력이 향상될 뿐만 아니라 생산자 소비자 모두에게 경제적인 이득을 가져 올 수 있다.

3. 관련기술의 현황 및 문제

국내의 감자선별은 거의 대개 수 작업으로 이루어지고 있으며 일부 국내에서 개발되거나 도입되어 가동되고 있는 감자 선별기의 종류는 드럼식과 화상식, 가변 간극 롤라형, 그리고 컵형이 있다. 컵형을 제외한 다른 선별기는 중

량이 아닌 크기를 기준으로 한 분류방식을 채택하고 있다. 그러나 전술한 바와 같이 감자는 중량으로 분류되므로 중량식 선별기가 적합하다고 할 수 있다.

○ 화상식 선별기

이 선별기는 카메라를 이용하여 공급되는 감자의 영상으로부터 크기를 산출하여 등급을 정하고 건반식 컨베이어를 이용해서 배출하는 방식이다. 이와 같은 화상식의 문제점은 다음과 같다.

- 크기 기준의 선별방식
- 장치가 고가 (대관령 선별기 : 10억)
- 감자의 형상이 타원형이 많으므로 안착형태에 따라 오차가 많이 발생
- 감자 표피가 어두운 색이고 먼지가 많이 발생하는 환경이므로 화상정보 판독단계에서 오차가 쉽게 발생
- 등급의 정확한 기준 설정이 어렵다.

실제로 대관령 농협에 설치된 이 시스템은 현재 가동되지 않고 있는데, 그 이유는 선별오차가 크고 선별 속도가 느리며 고장이 자주 발생하기 때문으로 조사되었다.

○ 드럼식 선별기

드럼식 선별방법은 회전형 드럼에 일정크기의 구멍이 뚫어져 있으며 감자가 그 위를 통과하면서 크기별로 구멍을 통과함으로써 선별이 이루어진다. 이 시스템은 장치가 간단하고 고장률이 낮지만 다음과 같은 문제가 있다.

- 크기 기준의 선별

- 등급의 기준 설정이 어렵다.
- 타원형의 감자에 대한 선별 오차가 크다.
- 드럼과 감자의 마찰 및 드럼과 드럼사이에 감자가 끼는 현상으로 인해 손상이 심함.

감자보다 표피가 비교적 두꺼운 감귤의 경우도 기존 드럼방식의 표피 손상 문제로 인해 새로운 형태의 선별기 즉, 건반식 선별기가 개발 보급되고 있는 실정이다.

o 가변 간극 롤라형 선별기

이 선별기는 롤러형 컨베이어가 앞으로 진행할수록 그 간격이 벌어지며 감자가 컨베이어 벨트와 같이 이동하는 도중 그 간격이 자신보다 큰 위치에서 아래로 낙하하는 방식이다. 이 장치는 원래 뉴질랜드에서 개발된 것으로 (주)평화에서 제작하고 있다. 이러한 원리를 응용하여 단순화한 간이 롤라형 선별기(그림 1-1)가 국내 몇몇 업체에서 생산하여 일부 보급되어 있다. 이와 같은 시스템의 장점은 센서나 기타 등급분류를 위한 장치가 없으므로 시스템이 단순하며 선별속도가 빠르다는 것이다. 그러나 이것 역시 롤라 간극 사이를 통과하는 형태이므로 다음과 같은 문제점이 있다.

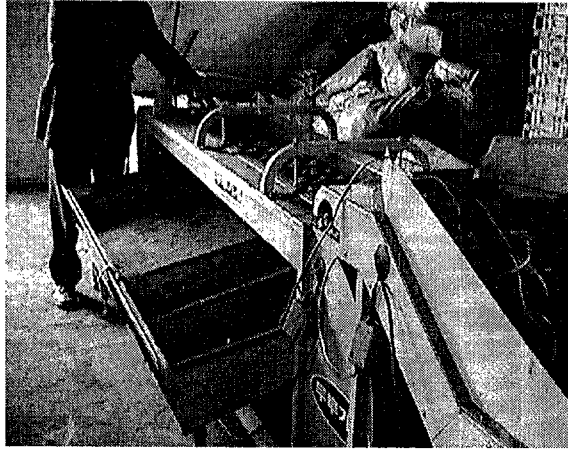


그림 1-1 가변간극 롤러형 선별기

- 크기 기준의 선별
- 등급의 기준 설정이 어렵다.
- 타원형의 감자에 대한 선별 오차가 크다.
- 롤러의 회전에 따라 감자도 같이 회전하므로 손상이 심함

o 컵형 중량 선별기

컵형 선별기는 컨베이어에 컵 형상을 부착하고 이 컵에 감자를 안착시켜 중량을 기준으로 선별하는 장치이다. 다른 선별기와는 달리 중량기준 선별이며 등급에 대한 기준 또한 정확하게 설정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 감자의 크기를 분석한 결과 20cm 이상인 것도 있으므로 최소 컵간 거리가 20cm는 되어야 할 것으로 예상된다. 이와 같이 컵이 대형화 될 때 수반되는 문제 및 다른 형태의 선별기와 비교할 때 컵형이 갖는 문제점은 다음과 같다.

- 내구성 및 소음

컵의 크기가 20cm 정도 일 때 초당 3개 이상의 선별능력을 갖기 위해서는 복수개가 안착되는 경우를 고려한다면 벨트 속도가 최소 0.7 m/s 이상의 고속이 되어야 한다. 이 경우 컨베이어 구조가 복잡하므로 고속 운전시에 장치의 내구성이 상당히 떨어지며 심한 소음이 발생한다.

- 중량계량

고속 운전시 컨베이어벨트의 장력변동에 의한 하중변화 및 벨트의 진동등이 중량계량장치에 심한 잡음으로 작용하므로 중량계량의 신뢰도가 상당히 떨어질 수 있다.

- 컵 안착 불량률

감자의 각 등급별 크기 차가 최대 3배 이상이므로 컵의 크기가 커질수록 작은 감자의 복수 안착률이 커진다. 이와 같이 한 컵에 복수개가 안착된 것은 전부 오차로 분류된다.

- 경제성

구조가 복잡하므로 장치비가 높아지고 컵의 내구성이 다른 방식에 비해 떨어지므로 유지보수비 또한 높아진다.

이상과 같은 기존 선별기들의 문제점을 분석해 보면 컵형을 제외하고는 전부 크기 기준이며 선별오차가 크고 등급기준 설정이 어렵다는 것이다. 또한 컵형은 중량계량 오차 및 선별속도가 문제가 되는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 점을 충분히 고려한 시스템을 개발하였다.

제2절 연구 개발 목표 및 내용

1. 연구 개발의 최종 목표

- 중량을 기준으로 한 감자 자동 선별기 개발

2. 연구 개발 내용

자동 감자 선별기는 수집, 이물질 제거, 확산정렬, 중량계량, 선별배출, 그리고 자동 포장등의 단계를 거쳐야 한다. 이와 같은 단계 중에서 본 과제에서는 이물질 제거, 확산 정렬, 중량계량, 그리고 선별배출에 대한 연구를 수행하였으며 수집이나 자동 포장시스템은 여타 선별기와 동일한 구조가 쉽게 적용될 수 있을 것으로 사료된다. 각 부에 대한 연구내용은 다음과 같다.

○ 이물질 제거부

- . 최적 이물질 제거 방법 연구
- . 이물질 제거부 설계
- . 적정 이송속도 연구

○ 확산 정렬부

- . 확산 정렬 방법 연구
- . 확산 정렬부 설계
- . 속도비 최적화

○ 중량계량부 설계

- . 로드셀을 이용한 고속 중량계량방법 연구
- . 개발된 계량방법의 표준화

. 중량계량장치 설계

o 선별배출부 설계

. 배출방법 연구

. 배출장치 설계

. 제어시스템 설계

o 시스템 제작 및 성능평가

. 성능 시험 및 개선

. 경제성 평가

3. 단계별 목표

o 제 1단계 (1차년도) : 각 부의 기초설계 및 실험실 차원의 시험

- 이물질 처리부 : 표피가 손상되지 않으면서 효과적으로 흙 등 이물질을 제거하는 장치를 설계

- 확산 정렬부 : 다단 컨베이어 벨트 방식으로 확산, 정렬하는 장치 설계

- 중량계량부 : 로드셀의 과도응답으로부터 중량 정보를 추출하는 방법을 개발

- 선별배출부 : 중량이 계량된 감자를 각 등급별 배출장소에 효과적으로 이송하는 장치로서 감자의 형상에 알맞으면서 로드 셀을 이용하여 중량 계량이 용이한 형태로 설계

o 제 2단계 (2차년도): 성능시험 및 보완제작

- 각부 시제품제작

- 실제 작동 및 보완제작

- 시스템의 성능평가 및 경제성 평가

제 2 장 선별기 설계

제1절 이물질 제거부 설계

감자는 땅속작물로서 수확시 흙이나 기타 이물질이 붙어 있으므로 이를 효과적으로 제거함으로써 상품성을 높일 뿐만 아니라 선별기 내부로 이물질 유입을 차단하여 기계의 오동작을 방지함과 아울러 수명을 연장시킬 수 있다. 실제 감자는 수확과 동시에 노지에서 직접 선별하거나 수확된 감자를 저온창고에 보관 후 일정시기에 선별하여 출하하는 경우 등 두 가지 형태로 이루어진다. 노지에서 직접 선별을 하는 경우에는 대량의 흙이 덩어리 형태로 많이 붙어 있으나 저온 창고에 보관된 감자는 대부분의 흙이 건조되어 분말형태로 감자의 표면에 골고루 분포되어 있다.

초기에는 공기샤워방식의 이물질 제거장치를 구상하였으나 이 방식은 노지 선별의 경우 습기가 많은 흙이 다량 부착되어 있으므로 제거효율이 떨어질 수 있으며 저장된 감자의 경우도 오히려 많은 먼지를 날리게 하는 작용이 염려되어 감귤 선별기에 응용되는 것과 같은 회전 솔 방식을 채택하였다. 그림 2-1은 설계된 이물질 제거장치의 개념도이다. 이 장치는 회전형 롤러 표면에 솔이 부착되어있고 이 롤러가 회전하면서 감자를 전방으로 이송시킴과 동시에 감자 표면의 흙을 털어내는 구조로 설계되어 있다.

1차 설계에서는 감자 표면의 손상을 우려하여 솔 모의 직경이 작고 부드러운 것을 사용하였지만 실험 결과 모가 지나치게 부드러워 흙을 효과적으로 제거하지 못하는 문제점이 노출되었다. 따라서 2차 설계에서는 표 2-1과 같이 비교적 강한 재질의 솔을 사용한 결과 양호한 성능을 확인 할 수 있었다.

그림 2-2와 2-3은 각각 제작된 솔과 이물질 제거부의 전경을 나타낸다. 이 장치에 대해 노지에서 직접 수확된 감자에 대한 이물질 제거 전후의 사진을

그림 2-4에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 큰 덩어리 형태의 흙은 거의 제거되었다. 그러나 저온창고에 저장된 감자에 대한 실험에서는 이물질 제거 전후의 결과가 육안으로는 잘 식별이 되지 않을 정도였으나 분말형태의 흙이 다수 제거됨이 확인되었다. 또한 감자표면을 관찰 한 결과 적기 보다 일찍 수확된 노지 감자는 껍질이 다소 벗겨지는 현상이 있었으나 완전히 성숙된 노지 감자나 저장 감자는 육안으로는 손상이 거의 확인되지 않았다.

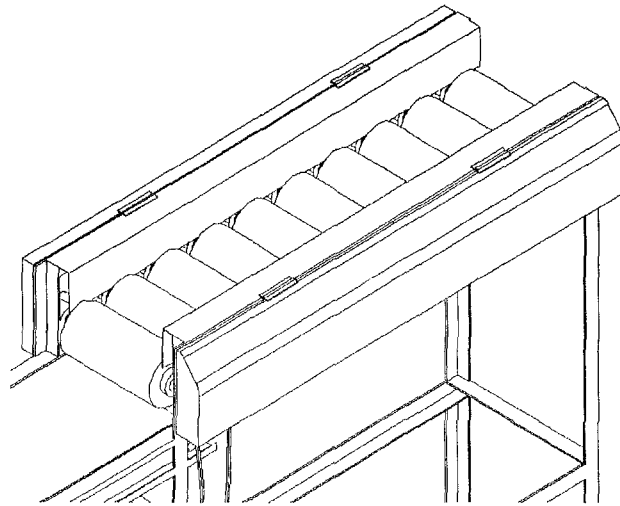


그림 2-1 이물질 제거부 개념도

표 2-1 회전형 솔의 제원

재 질	직 경(mm)	모의 직경(mm)	모의 길이(mm)
PE	135	0.25mm	25

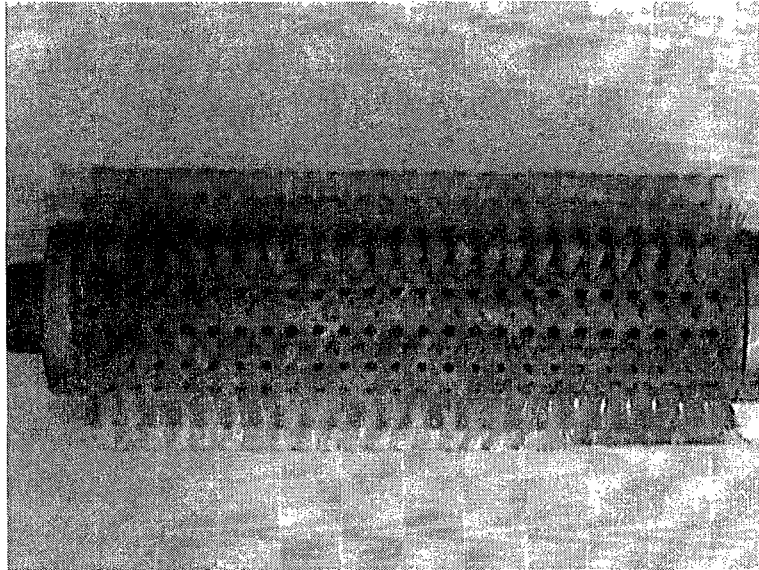


그림 2-2 회전형 솔

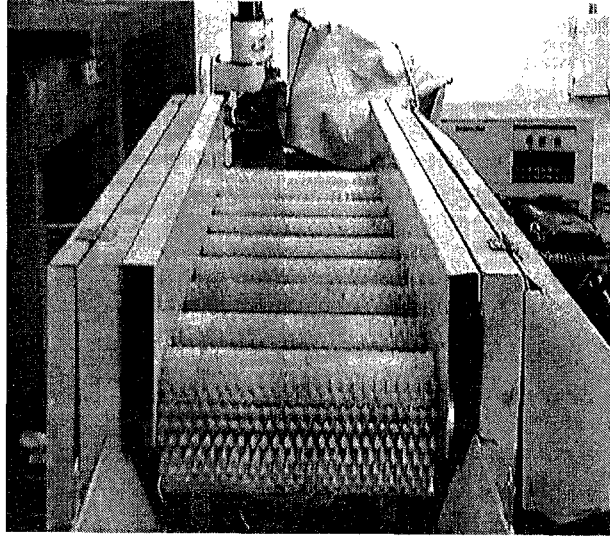
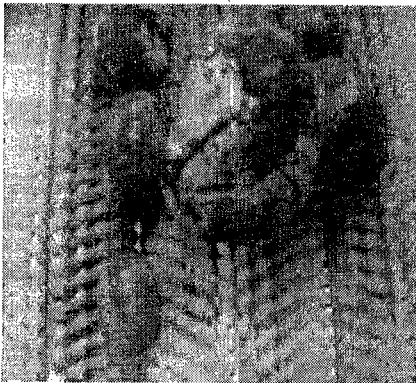
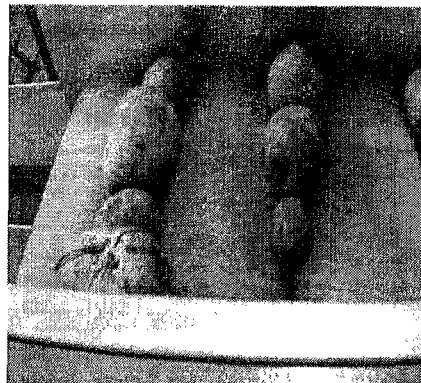


그림 2-3 이물질 제거장치 전경



a. 이물질 제거 전



b. 이물질 제거 후

그림 2-4 이물질 제거 전후 사진

제2절 확산 정렬부 개발

이물질 제거부에서 이송된 감자는 다음 단계인 확산 정렬부로 공급된다. 이 확산 정렬부의 기능은 다음단계인 중량 계량부에 일정한 간격을 유지하면서 감자를 공급시킴으로서 계량의 신뢰성을 높일 뿐만 아니라 선별 배출을 용이하게 하는 것이다. 따라서 확산 정렬의 정도가 전체 선별기의 성능을 크게 좌우한다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 컵이나 다른 종류의 기구를 쓰지 않고 벨트 컨베이어를 그대로 이용하여 중량 계량부 까지 감자를 정렬하여 공급하는 장치를 연구하였다. 컵형과 같은 경우는 확산정렬 후에 선별대상물 사이의 거리가 기준 값 이하인 경우가 발생해도 컵에 담겨지면 일정한 간격을 유지하게 되고 그렇지 못한 경우에는 컵에서 이탈하여 다시 재 공급되므로 단지 컵 안착률이 떨어질 뿐이지만 선별배출에는 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 본 선별기 같은 경우는 벨트 컨베이어 그대로 이용하므로 최종 컨베이어 벨트에 공급되는 감자들 사이의 간격이 끝까지 유지되므로 확산 정렬을 확실하게 시켜줄 필요가 있다.

1. 확산 정렬부 설계

가. 1차 설계

1차 설계는 그림 2-5와 같이 이물질 제거부에서 평벨트로 감자가 낙하하고 다시 다음 단의 평벨트로 낙하하는 3단 확산정렬방식으로 하였다. 1단 평벨트는 이물질 제거부와 높이가 약 15cm 가량으로 감자가 떨어지면서 자연스럽게 굴러서 확산이 이루어진다. 다음 단에서는 벨트사이에 안내 가이드가 설치되어 있어 확산된 감자가 두 경로로 양분되어 이송되며 최종 3단에서 중량계량에 알맞은 속도로 가속되면서 일정 거리를 유지하도록 설계되어 있다. 그림 2-6은 제작된 평벨트의 형상이다.

그러나 실제 실험을 한 결과 1단으로 낙하한 감자가 2단으로 넘어갈 때 구르는 현상이 발생하여 오히려 1단에서 일정 거리를 유지했던 감자들의 거리가 짧아지는 현상이 발생하였다. 또한 감자와 벨트 측면의 가이드사이의 마찰에 의해 확산된 감자들이 다시 뭉쳐지는 현상이 빈번하게 발생하였다. 이런 현상으로 인해 최종 3단에서 감자가 일정한 간격을 유지하지 못하는 것은 물론이고 동시에 공급되는 문제점이 발생하였다.

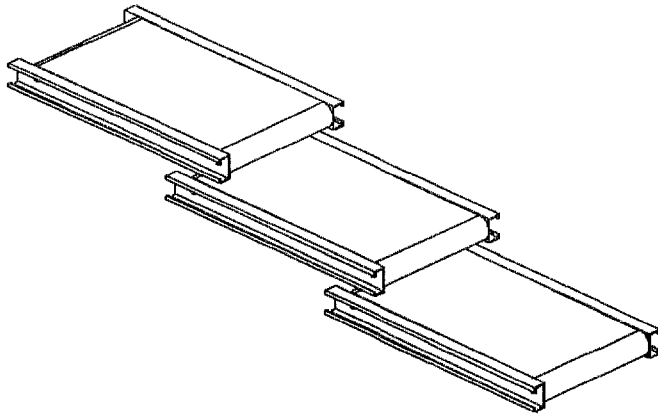


그림 2-5 확산 정렬부 1차 선계

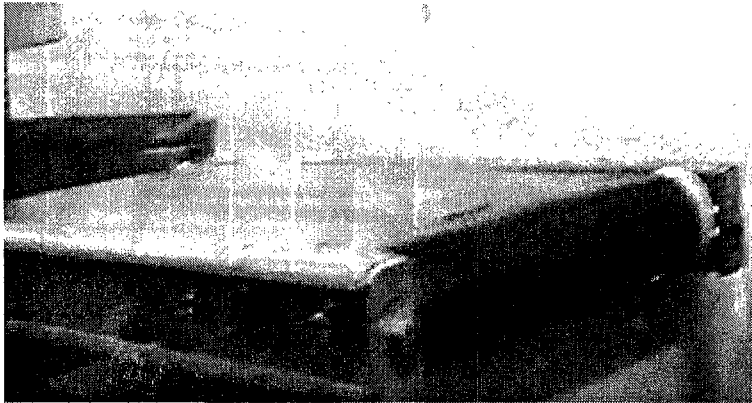


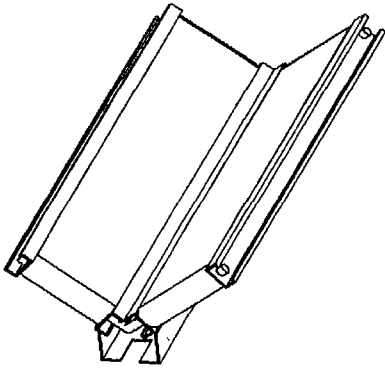
그림 2-6 1차 선계된 평벨트의 형상

나. 2차 설계

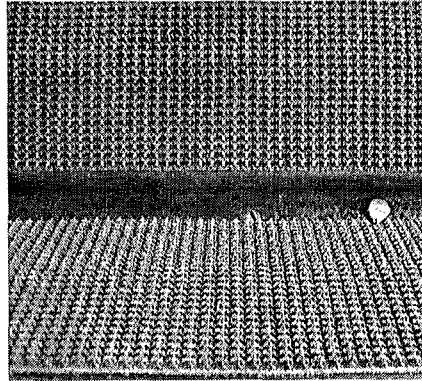
1차 설계에서 나타난 가장 큰 문제점이 벨트 측면가이드와 감자 사이의 마찰에 의해 감자끼리 벌어진 간격이 다시 좁혀지는 것이었으므로 2차 설계에서는 그림 2-7과 같은 V형 벨트를 설계하였다. 벨트의 재질은 우레탄이며 그림 2-7의 (b)와 같이 표면이 다수의 돌출부가 형성되어 있는 형태로서 장시간 사용시에 이물질이 표면에 부착되어 마찰계수가 감소하는 현상을 방지할 수 있게 되어있다. 이와 같은 벨트는 감자가 이송될 때 V형 벨트가 이루는 홈 사이에 얽혀 이동하므로 1차 설계와 같이 움직이지 않는 가이드 부분과의 마찰이 전혀 발생하지 않는다는 장점이 있다.

전체적인 구성은 그림 2-8과 같이 1, 2단은 1차 설계와 같은 평벨트 이고 3, 4단은 새로 제작된 V형 벨트로 이루어져 있다. 1, 2단은 확산이 주목적이고 3, 4단은 정렬 및 거리 유지가 주목적이다. 벨트의 형상을 V형으로 한 또 다른 이유는 다음절에서 기술되는 중량 계량부의 특성 때문이다. 즉, 본 연구에서는 벨트에 의해 가속된 감자가 로드셀과 충돌 할 때의 운동량 차에 의한 계량방법을 채택하였기 때문에 반드시 감자는 벨트 중앙부에서 공급될 필요가 있으며 그렇지 않을 경우에는 로드셀에 비틀림 때문에 중량계량의 신뢰성이 떨어진다.

이와 같이 다시 설계된 장치에 대해 실제 실험을 한 결과 1차 설계보다는 그 성능이 양호했지만 여전히 동시에 공급되는 현상이 자주 발생하였다. 즉, 1, 2 단의 확산부를 거치면서 V벨트로 감자가 공급될 때 횡방향으로 나란히 공급되는 감자는 V벨트에서 서로 엉켜서 속도 차가 있는 다음 단에서도 제대로 거리유지를 하지 못하는 문제가 계속하여 발생하였다. 이를 해결하기 위해 2단 확산부에서 3단으로 감자가 공급될 때 2단 확산부 끝에 횡으로 나란히 공급되는 경우를 없애고 하나씩 개별적으로 공급이 되도록 양측에 좁은 안내가이드를 설치하였다. 그러나 실험 결과 오히려 이 안내가이드에 감자가 끼어 다른 감자의 진행을 방해하는 결과가 나타났다. 감귤과 같이 형상이 비교적



a. 개념도



b. V 벨트의 표면 형태 (우레탄 RT)

그림 2-7 제 설계된 V형 벨트

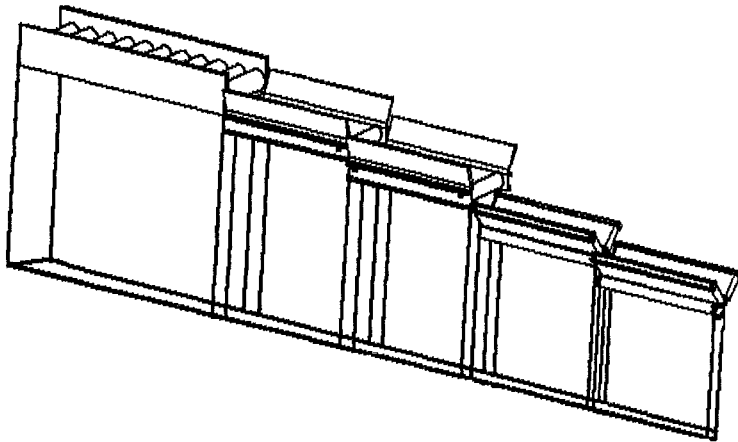


그림 2-8 확산 정렬부 2차 설계

둥글고 불규칙하지 않은 농산물은 서로 끼어버리는 현상이 잘 나타나지 않지만 감자처럼 길쭉한 형상이 많고 또한 그 표면 형상자체도 요철이 심해서 쉽게 서로 엉켜버리기 때문에 이런 방법은 적합하지 않은 것으로 판명되었다.

다. 확산 정렬부 설계 (3차설계)

1, 2차 설계에서 나타난 문제점을 해결하기 위해 그림 2-9와 같이 두 단의 평벨트와 세 개 단의 V형 벨트로 이루어진 확산 정렬부를 설계하였다. 2차 설계와 비교할 때 구조상의 차이점은 3단의 V벨트가 확산 정렬부에서의 감자 진행 방향에 대해 수직인 방향으로 설치되어 있다는 것과 V벨트가 세 개의 단으로 되어 있다는 점이다. 3단 V벨트가 감자 진행방향에 대해 수직하게 설치된 이유는 확산부에서 횡으로 동시에 여러 개의 감자가 낙하하여도 다음 단의 V벨트에 자연스럽게 열이 지어지게 하기 위함이다. 실제 실험결과 이와 같은 구조는 여러 개가 동시에 낙하해도 안정적으로 다음 단에서 열이 지어짐이 확인되었다. 다만 확산부에서 연달아 동시에 여러 개가 낙하하는 경우에는 이미 낙하하여 정렬된 감자 위에 겹쳐질 수 있는데 이것은 3단 V벨트의 이송 속도를 빠르게 함으로서 완벽히 해결되었다.

그러나 3단 V벨트의 속도가 빠를 경우에 3단에서 서로 접촉하여 정렬된 감자는 다음 단에서 분리될 여지가 별로 없다는 것이 문제로 대두되었다. 안정적인 중량개량 및 선별배출을 위한 감자의 공급 속도가 예를 들어 초당 3개 라면 3단의 속도 최고치는 3개의 감자가 연속해서 접해있는 경우 초당 3개 이상의 감자가 공급되지 않는 속도가 되어야 할 것이다. 그러면 확산부의 속도는 또한 이것에 맞추어서 연속적으로 감자가 횡으로 떨어질 경우에도 겹쳐지지 않도록 속도가 늦어져야 하며 결국 평균적으로 초당 3개의 감자를 공급할 수가 없게 된다는 것이다. 따라서 확산부에서 평균적으로 초당 3개의 감자가

공급되게 속도를 조절하면 다음 단의 V벨트는 최악의 경우 (연속해서 횡으로 여러개의 감자가 낙하하는 경우)에 대비하여 속도를 높일 수밖에 없다. 이렇게 될 경우에 V벨트에서 인접한 감자들은 안정적인 중량계량 및 선별배출이 어렵게 된다는 것이다.

이 문제를 해결하기 위해 최종단과 3단 사이에 하나의 V벨트를 추가 시켰다. 이 4단 V벨트는 속도가 3단보다 오히려 느리며 처리속도는 확산부의 공급속도와 동일하다. 이와 같이 앞단 보다 오히려 속도가 느릴 경우 앞단에서 감자가 연속적으로 공급되든 간헐적으로 공급되든 상관없이 일정하게 감자끼리 연속적으로 접하여 정렬된다. 즉 간헐적으로 공급될 때에는 속도가 앞단보다 느리므로 감자가 벨트 위를 굴러서 먼저 도착한 감자 후면에서 멈춘다. 또한 연속적으로 공급된 감자도 마찬가지로 굴러서 일정한 열을 형성한다. 이 벨트에 정렬된 감자는 거의 대개 서로 인접해서 정렬되므로 벨트 속도는 최종 선별속도에 맞춰 감자가 공급되게 선택하면 된다. 그림 2-10은 이와 같이 제작된 확산 정렬부의 전경을 나타낸다.

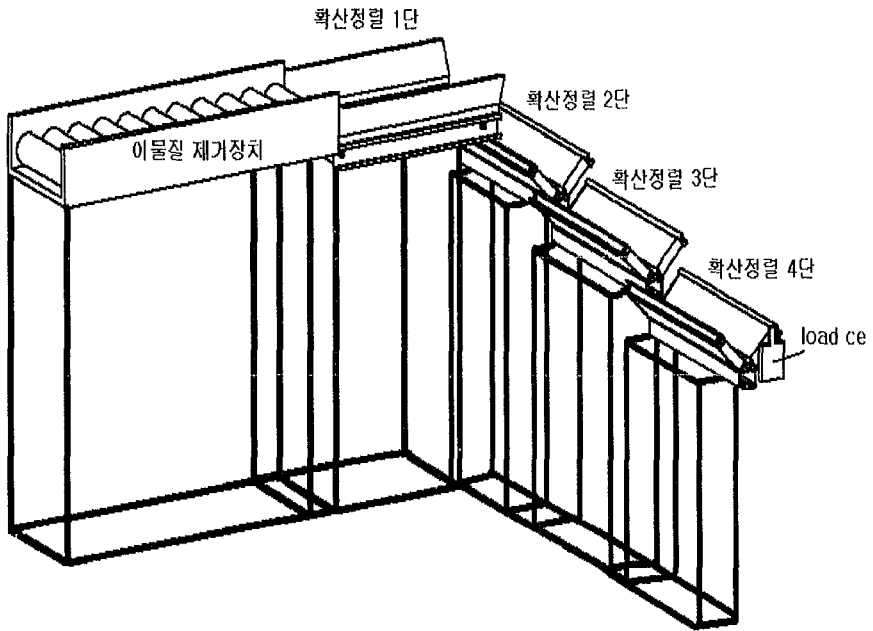


그림 2-9 확산 정렬부 (최종설계)

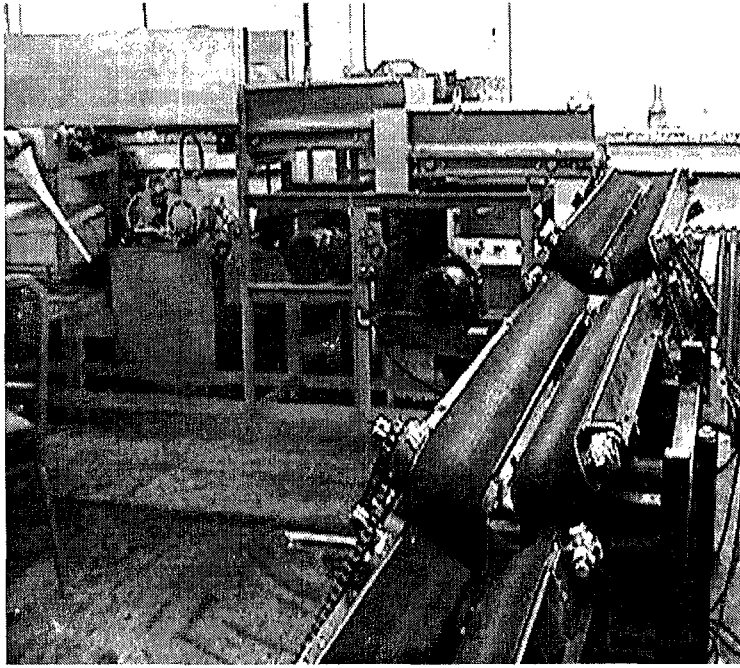


그림 2-10 제작된 확산 정렬부 전경

2. 확산 정렬부 성능

이상과 같은 과정을 거쳐 설계된 확산 정렬부의 성능을 실제 감자를 대상으로 실험하였다. 실험방법은 확산 정렬부 끝단에 로드셀을 설치하고 이물질 제거부에 감자를 공급하여 확산 정렬된 감자가 로드셀에 충돌할 때 그 신호를 컴퓨터에서 읽어 확산 성능을 평가하였다. 실험에 의해 최종적으로 결정된 각 단의 속도는 표 2-2와 같다. 실제 이물질 제거부 다음에 설치된 1, 2단의 확산부는 1단으로도 충분한 것으로 나타났으므로 최종 설계에는 표 2-2와 같이 4단으로 나타내었다.

그림 2-11은 확산부에 공급되는 감자의 확산형태, 그림 2-12는 첫 번째 V 벨트에 안착된 감자의 형상, 그림 2-13은 두 번째 V 벨트에 정렬된 감자의 형상, 그리고 그림 2-14는 최종 단에서 분리되어 중량계량부로 공급되는 감자의 형상을 각각 나타낸다. 또한 확산 정렬부의 실험 결과를 표 2-3에 나타내었다. 실제 설계는 초당 5개의 감자가 정렬되는 것으로 되어 있으나 결과가 2.989개로 나타난 것은 두 가지 이유로 분석된다. 첫째는 이물질 제거부와 확산 정렬부에서 최적상태로 감자가 공급되지 못한다는 것이다. 두 번째는 작은 감자와 큰 감자의 크기 차가 심하기 때문이다. 즉, 설계기준은 작은 감자에 맞추어 되어 있는데 큰 감자의 경우는 작은 감자보다 차지하는 길이가 길기 때문에 초당 2~3개정도 밖에 공급이 되지 않아서 전체적으로는 5개에 못 미치는 것이다.

표에서 오차는 본 선별기의 최종 샘플링 시간을 200ms로 설정했으며 시간 간격이 이것 보다 짧은 경우를 오차로 분류하였다. 그러나 실제 선별 배출시간이 200ms 이하이므로 확산정렬 오차에 의해 나타나는 선별오차는 1.7% 이하일 것으로 사료된다. 오차는 주로 작은 감자에서 발생했는데, 그 원인은 V 벨트의 공간이 작은 감자에 비해 넓기 때문에 3단 벨트 끝단에서 감자가 이탈할 때 작은 감자는 골에 빠져 동력을 받지 못한 상태에서 뒤에서 공급된 감자에 밀려서 두 감자가 거의 동시에 떨어지기 때문이었다. 이것은 상용화 단계

에서 충분히 보완이 가능하리라 사료된다.

표 2-2 확산정렬부 속도

단	1단	2단	3단	4단
형태	평벨트	V벨트	V벨트	V벨트
속도(m/s)	0.15	1.0	0.25	1.5



그림 2-11 환산부의 환산 형상

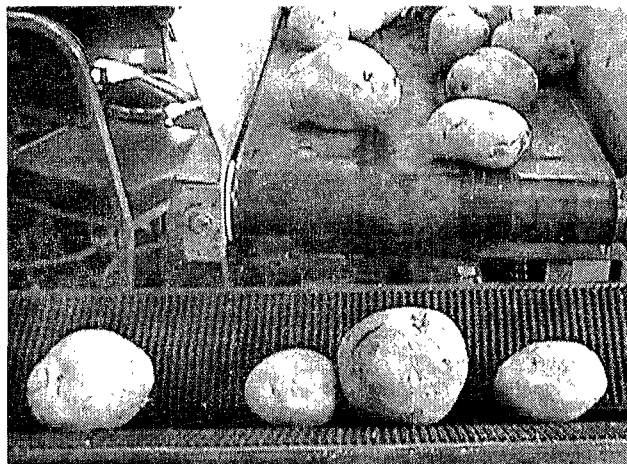


그림 2-12 1차 V벨트에 안착된 감자의 형상

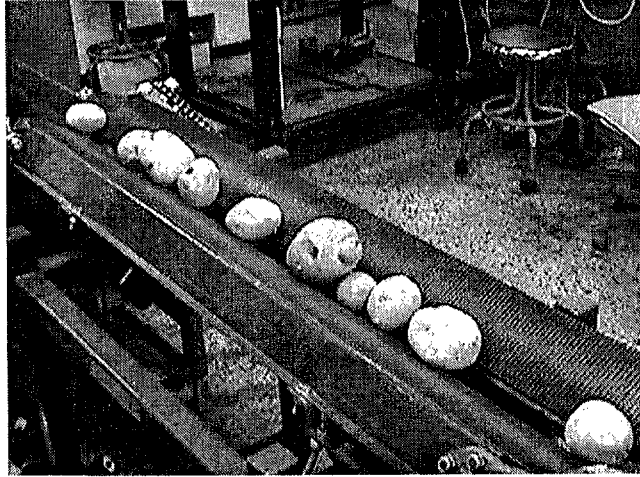


그림 2-13 2차 V벨트에 정렬된 감자의 형상

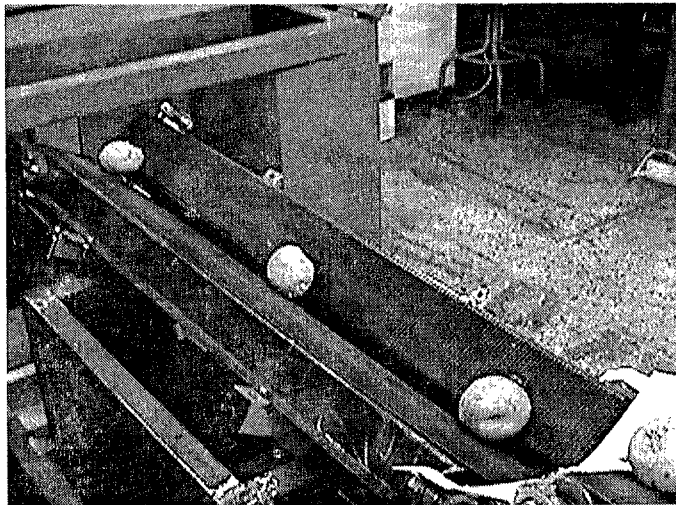


그림 2-14 최종 V벨트에서 분리된 감자의 형상

표 2-3 확산 정렬부의 성능

항 목	평 균	표준편차	오 차(%)	정렬속도
시간기준(ms)	334.5	86.4	1.7	2.989개/s
거리기준(m)	0.502	0.129		

제3절 중량 계량부 개발

1. 로드셀 특성

로드셀은 가해진 하중의 크기에 비례하는 전기적 출력을 발생시키는 힘 변환기로서 일반적으로 strain gage 타입이다. 그림 2-15는 본 과제에 이용된 로드셀이며 그 사양은 표 2-4에 나타내었다. 이와 같은 로드셀을 선택한 이유는 선별대상인 감자의 중량이 거의 500g 이하이므로 정격하중이 1kgf 정도가 가장 정밀도가 크기 때문이다. 이 로드셀의 응답 빠르기를 실험하기 위해 그림 2-16과 같이 로드셀 전방에 솔레노이드를 연결하고 파형 발생기로서 충격 주파수를 조절하는 장치를 구성하여 그 특성을 조사하였다. 그림 2-17에 그 결과를 나타내었으며 최대 15Hz 이상의 입력에도 안정적으로 출력이 발생함을 알 수 있다. 따라서 선택된 로드셀의 응답속도는 본 선별기에 적용해도 무리가 없는 것으로 사료된다.

실제 로드셀 출력은 심한 잡음이 포함되어 있기 때문에, 이것을 제거하기 위해 그림 2-18과 같은 차동 증폭회로와 2차 필터를 설계하였다. 이 필터는 low pass 필터로서 고주파 잡음을 제거시켜주는 역할을 하는데 필터링 후 로드셀 출력 파형은 그림 2-19와 같이 비교적 깨끗한 출력 특성을 보임을 알 수 있다.

로드셀을 중량계량센서로 이용하기 위해서 필요한 또 한가지 특성은 응답의 선형성이다. 이를 알아보기 위해 0.2kgf 단위로 하중을 증가시키면서 그 출력 전압을 조사한 결과를 그림 2-20에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 측정오차를 고려한다면 0~0.8kgf에 대해 거의 선형성을 유지한다고 볼 수 있다. 이상과 같은 실험의 결과에 의해 선택된 로드셀은 감자선별기의 등급분류 센서로서 적합한 특성을 가졌음을 알 수 있다.

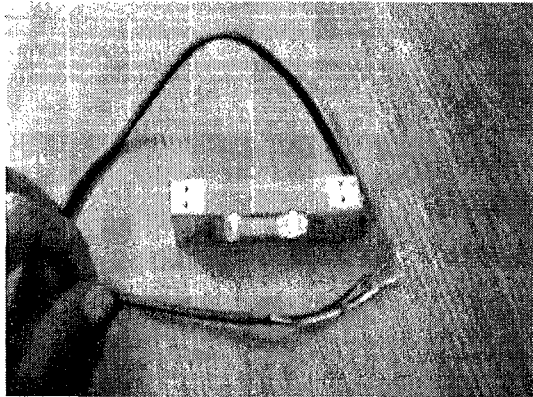


그림 2-15 로드셀 (카스, BCL-1L)

표 2-4 로드 셀 사양

시 험 항 목	시 험 결 과 data
정 격 하 중	1kgf
가용사용온도	-20℃ ~ 70℃
출 력 진 압	0.9510 mV/V
비직선성	0.030 % R.O.
히스테리시스	0.010 % R.O.
입력저항치	402.4. Ω
출력저항치	350.4 Ω
절 연 저 항	2000 MΩ@50Vdc
허용인가전압	15 V DC or AC
허 용 부 하	150 % R.L.

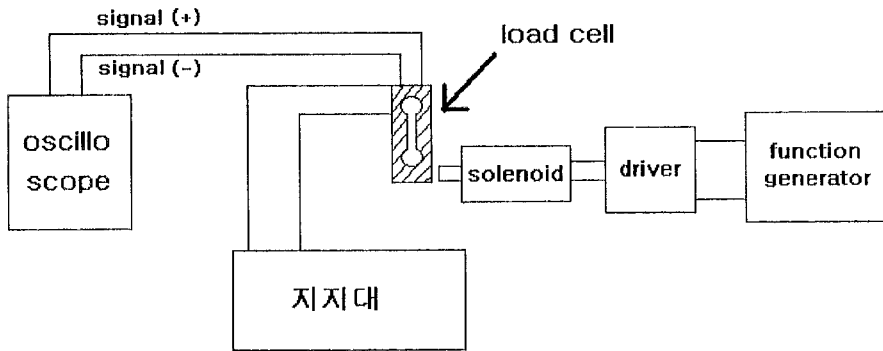


그림 2-16 솔레노이드 응답 특성 실험 장치

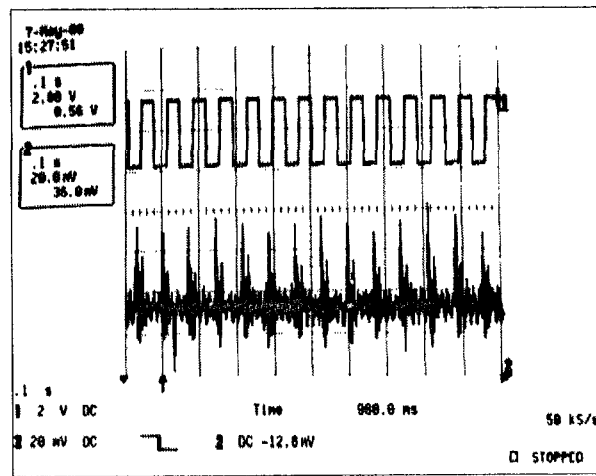


그림 2-17 로드셀 응답 빠르기 실험 결과

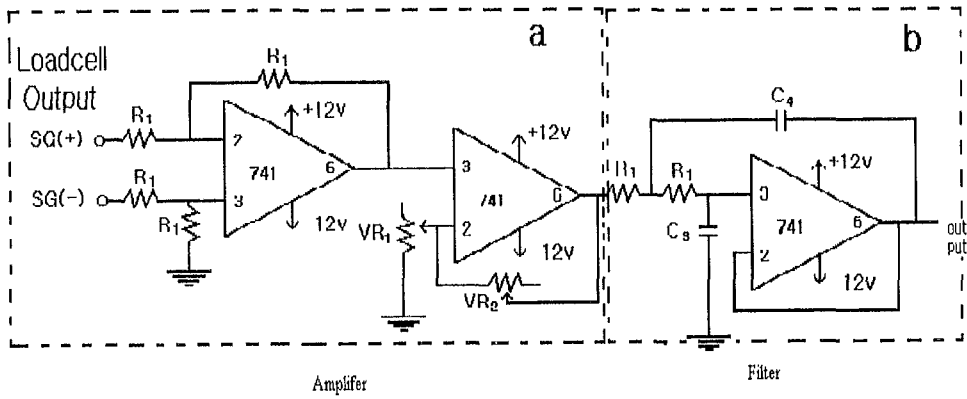
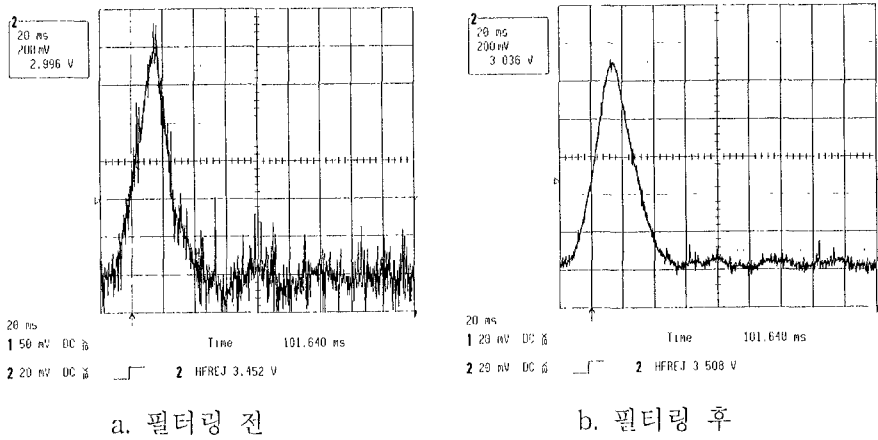


그림 2-18 차동 증폭 및 2차 필터 회로



a. 필터링 전

b. 필터링 후

그림 2-19 필터링 전후의 로드셀 파형

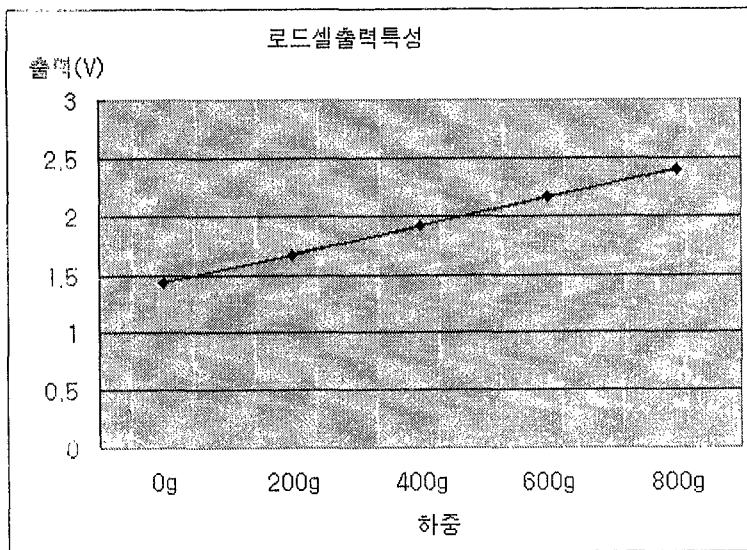


그림 2-20 로드셀의 선형성

2. 중량 계량부 기초 설계

농기계는 일반적으로 구조가 간단하고 단순할수록 좋다. 따라서 본 과제에서는 벨트 컨베이어로 이송되는 감자를 컵이나 다른 보조기구를 거치지 않고 직접적으로 중량을 계량하는 방법을 연구하였다. 일반적으로 저속 계량일 경우는 로드셀의 정상 상태 응답으로 정확한 계량이 가능하지만 고속의 경우는 과도 응답에서 중량을 계량해야하는 문제점이 있다.

가. 롤러형 계량장치

이 방법은 그림 2-21과 같이 컨베이어 사이에 롤러를 설치하고 롤러 끝단에 로드셀을 연결하여 감자가 롤러를 통과할 때의 로드셀 출력 값으로 등급을 결정하는 방법이다. 초기에는 롤러를 컨베이어 벨트 하단에 설치하는 방법을 시도하였으나 컨베이어 벨트장력 변화와 진동 등으로 거의 측정이 불가능하여 그림 2-22와 같이 컨베이어 벨트와 롤러를 완전히 분리한 형태로 설계하였다. 이와 같이 컨베이어 벨트와 계량장치를 분리 해야하는 또 다른 이유는 실험결과 감자는 감귤과 같은 형상이 둥근 과일과는 달리 길쭉한 형상이 많고 표면의 마찰이 커 평벨트로 이송할 경우 벨트측면과의 마찰에 의해 제대로 진행되지 못하는 경우가 자주 발생하였다. 따라서 이송 확산부의 벨트를 V형으로 할 필요가 발생하였으며 V벨트의 경우는 벨트 하부에 효과적으로 로드셀을 장착할 수가 없기 때문이다.

이와 같은 이유로 채택한 분리형 V 벨트 컨베이어와 계량장치에서 실험은 롤러의 높이를 변화시키면서 하나의 감자를 여러 방향으로 수회 계량하는 방법으로 수행하였으며 가장 좋은 결과를 그림 2-23에서 2-26에 나타내었다. 실험과정에 관측된 문제점은 롤러의 높이가 벨트 높이보다 높을 때는 감자가 부딪혀 진행하지 못하는 문제가 발생하였으며 높이가 같거나 낮을 때는 계량이 제대로 되지 못하는 경우가 다수 발생하였다.

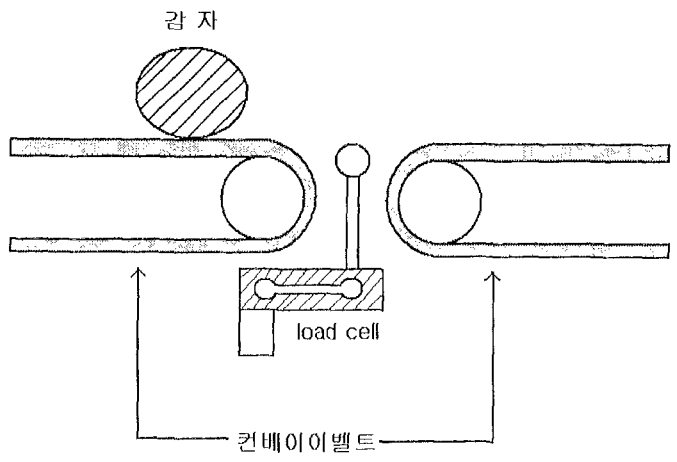


그림 2-21 물리형 계량장치

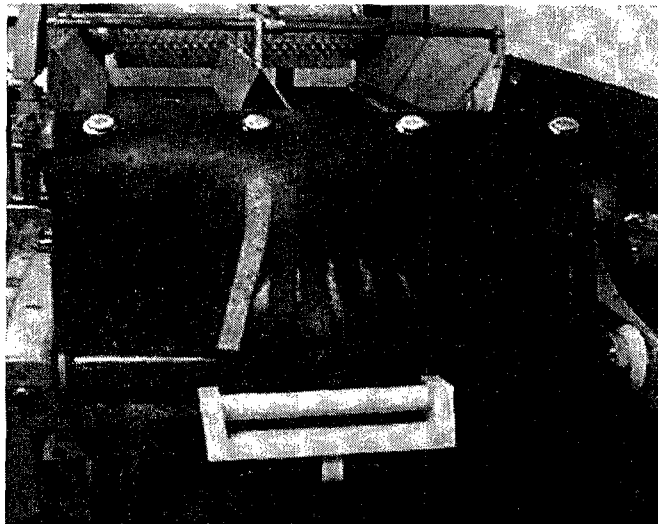


그림 2-22 물리형 계량 장치 사진

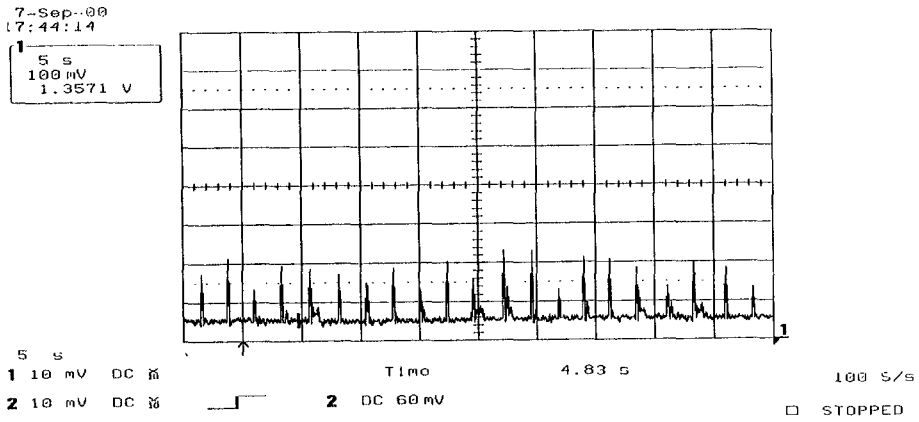


그림 2-23 롤러형 실험결과 (감자중량: 95g, 평균:1.483V, 표준편차: 0.033)

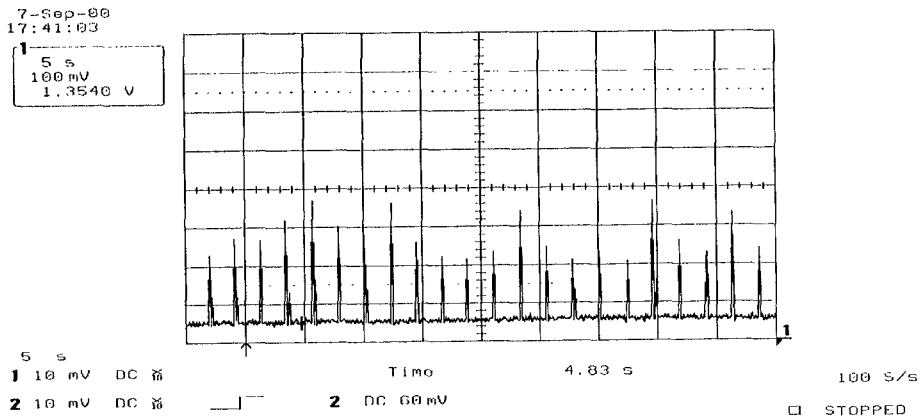


그림 2-24 롤러형 실험결과(감자중량:158g, 평균:1.577V, 표준편차:0.053)

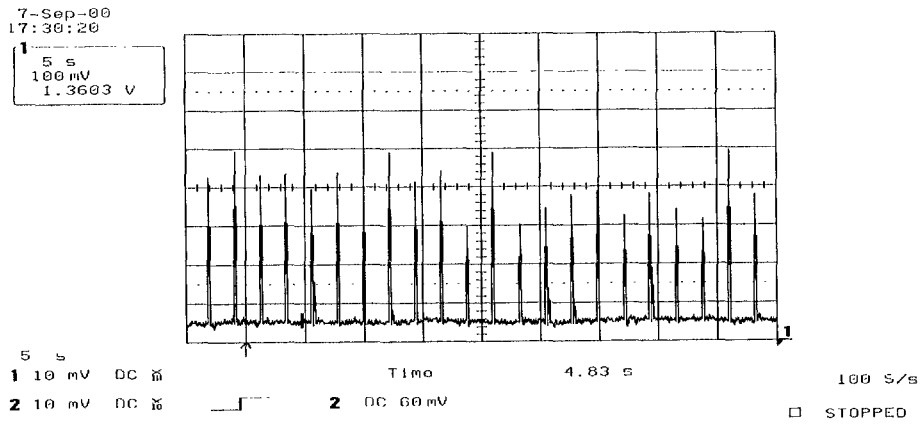


그림 2-25 롤러형 실험결과(감자중량:261g, 평균:1.703V, 표준편차:0.063)

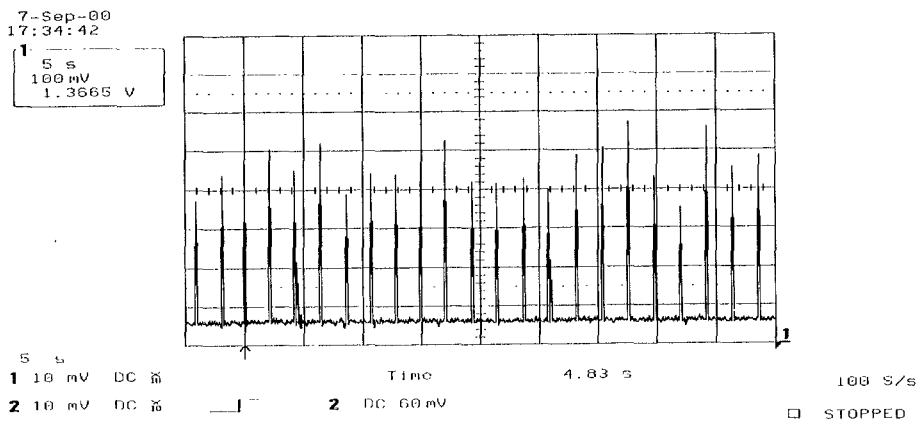


그림 2-26 롤러형 실험결과 (감자중량:320g, 평균:1.759V, 표준편차:0.056)

나. 컵형 계량장치

이 장치는 그림 2-27과 같이 확산정렬 컨베이어 후단에 컵을 장치하고 이송된 감자가 컵에 안착될 때의 중량을 계량하는 방법이다. 컵 내면에는 완충물질(스펀지)을 부착하여 돌출부가 많은 감자에 대한 계량신뢰성을 높이고자 하였다. 그림 2-28은 실험 장치의 전경을 나타내며 실험방법을 롤러형과 동일하게 컵의 높이를 변화시키면서 동일감자를 수회 반복하는 실험을 수행하였으며 그 결과를 그림 2-29에서 2-32에 나타내었다. 실험 결과는 오히려 롤러형보다 불량하였으며 그 이유는 감자가 오목형의 컵 가장자리에 먼저 부딪힐 때와 컵의 중앙에 부딪힐 때 로드셀 변형량이 크게 달라지므로 사료된다.

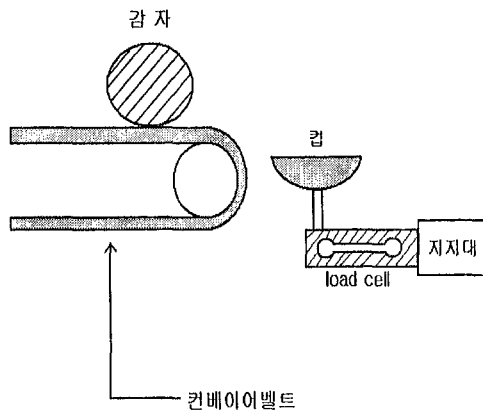


그림 2-27 컵형 계량장치

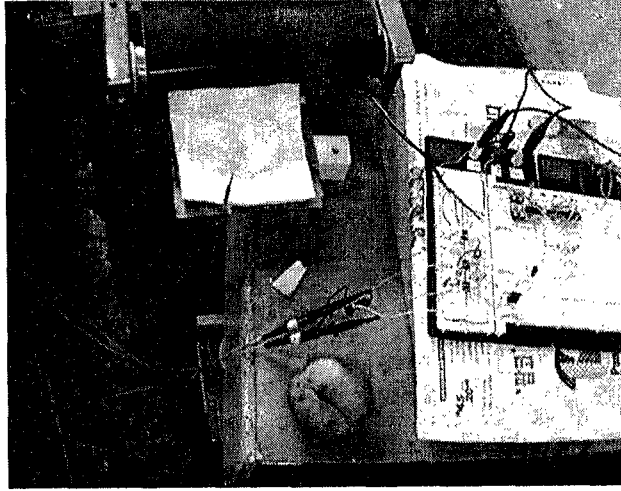


그림 2-28 컵형 계량장치사진

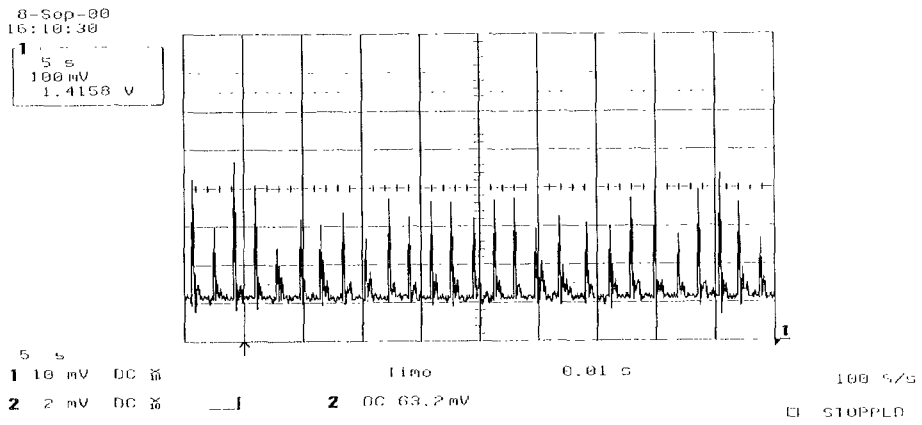


그림 2-29 컵형 결과(감자중량 : 95g, 평균 : 1.641V, 표준편차 : 0.056)

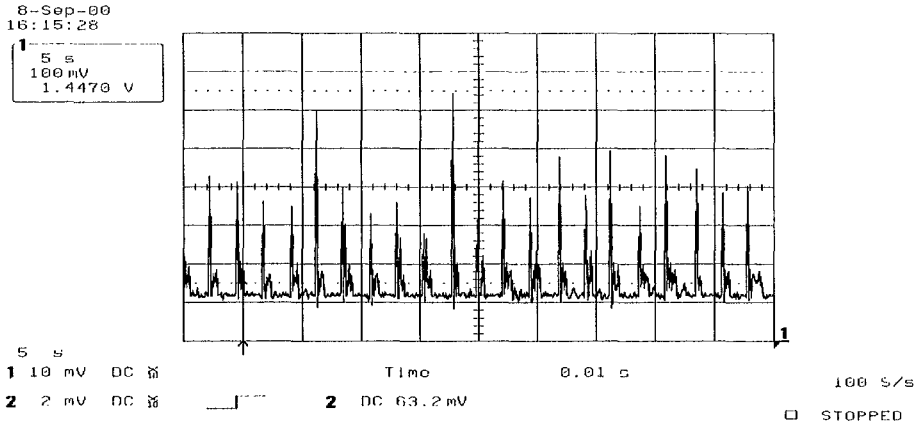


그림 2-30 컵형 결과 (감자중량:158g감자, 평균:1.709V, 표준편차:0.090)

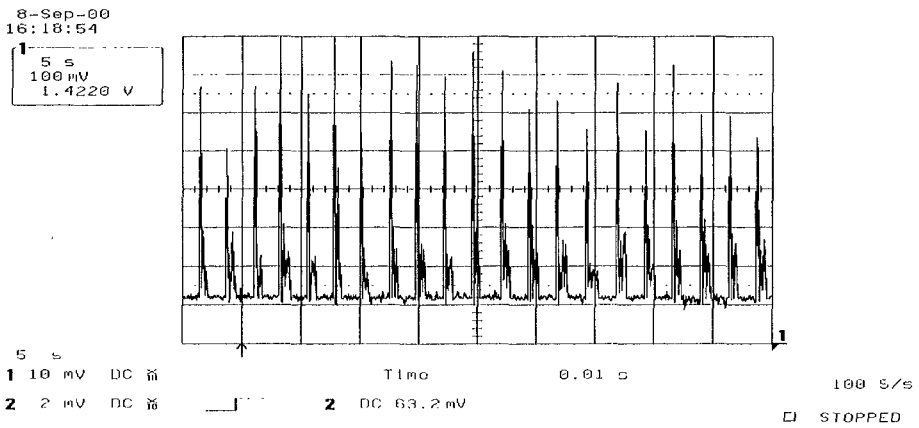
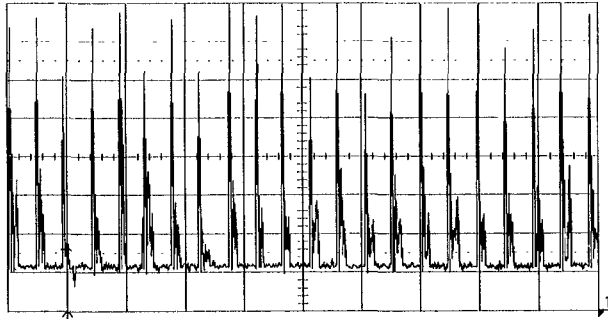


그림 2-31 컵형 결과 (감자중량:261g, 평균:1.951V표준편차:0.087)

8-Sep-00
16:21:39

1 5 s
100 mV
1.4564 V



5 s
1 10 mV DC 100 S/
2 2 mV DC 100 S/
Time 0.01 s
2 DC 63.2 mV
STOPPED

그림 2-32 컵형 결과 (중량:320g, 평균:2.025V 표준편차:0.076)

다. 평판형 계량장치

컵형 계량장치의 문제점인 측면 충돌을 해결하기 위해 그림 2-33과 같이 완충물질을 부착한 평판형 계량장치를 설계하였다. 그림 2-34는 실험장치의 사진이며 평판의 크기는 8cm×8cm 이고 실험 방법은 컵형과 동일하였고 그 결과를 그림 2-35에서 2-38에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 이 방법은 오목형이 아닌 평판형이므로 컵형과 같이 측면에 부딪히는 문제가 없어 불러형이나 컵형보다는 훨씬 양호한 계량 성능을 나타내었다. 그림 2-39는 형상이 감자 보다 둥글고 균일한 감귤을 이용한 실험 결과로서 형상이 감자보다 일정하기 때문에 계량특성이 훨씬 양호함을 알 수 있다.

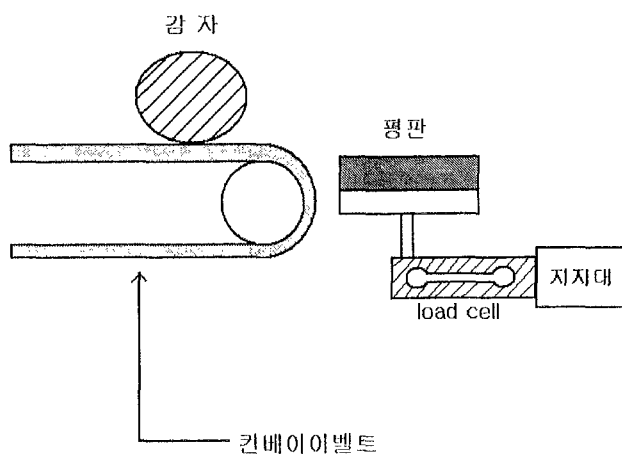


그림 2-33 평판형 계량장치 개념도

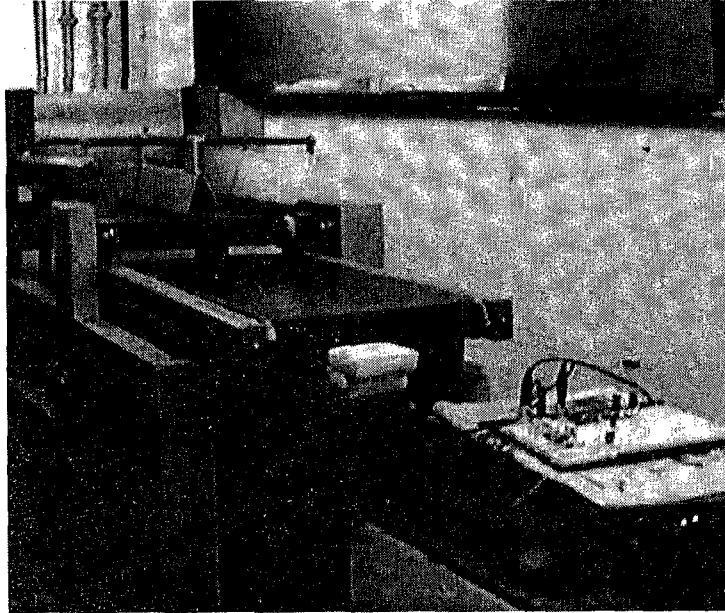


그림 2-34 평판형 계량장치 사진

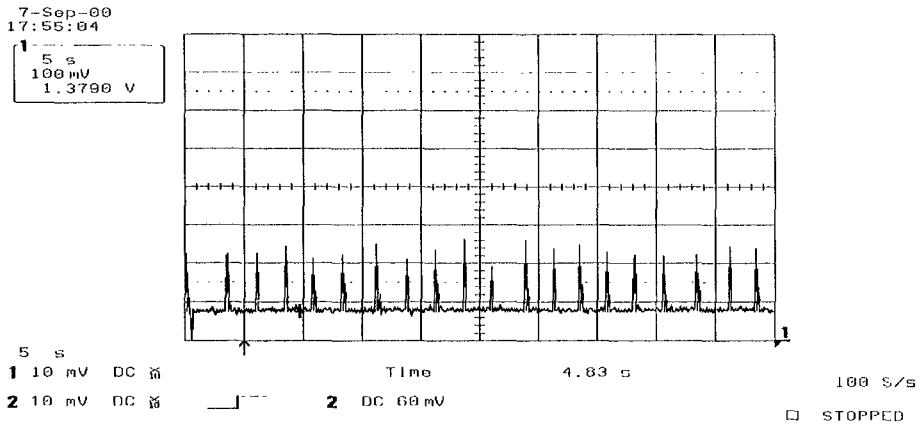


그림 2-35 평판형 계량장치 (감자중량:95g, 평균:1.535V, 표준편차: 0.018)

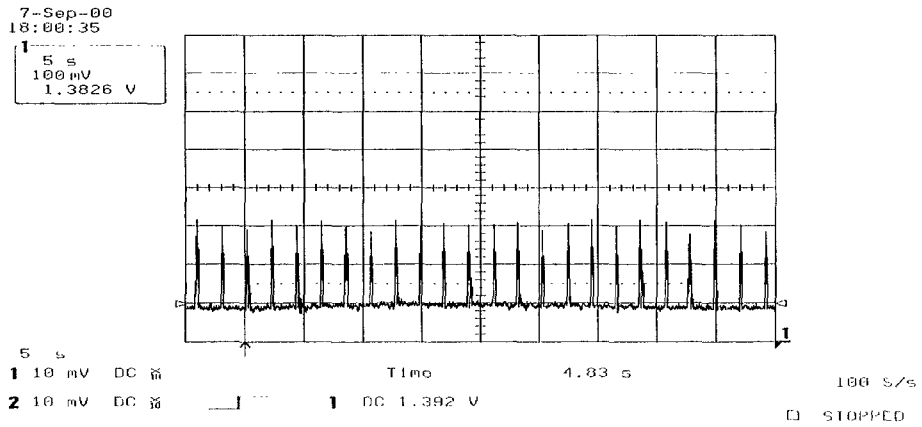


그림 2-36 평판형 계량장치 (감자중량:158g, 평균:1.595V, 표준편차:0.012)

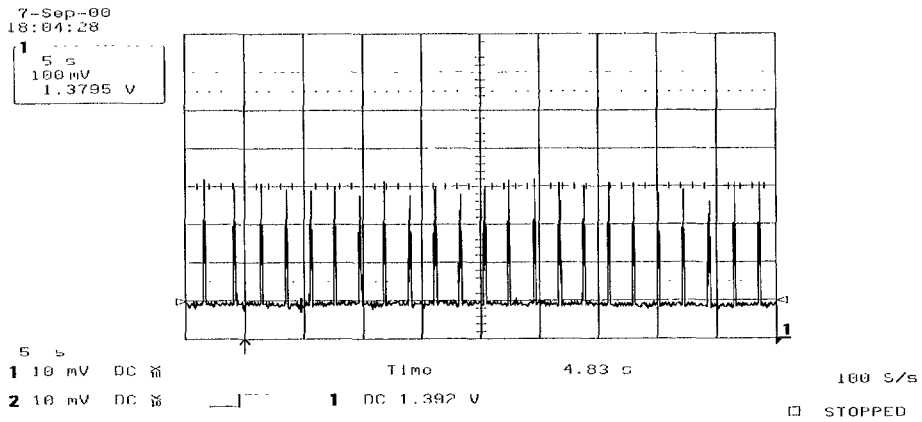


그림 2-37 평판형 계량장치(감자중량:261g, 평균:1.690V, 표준편차:0.016)

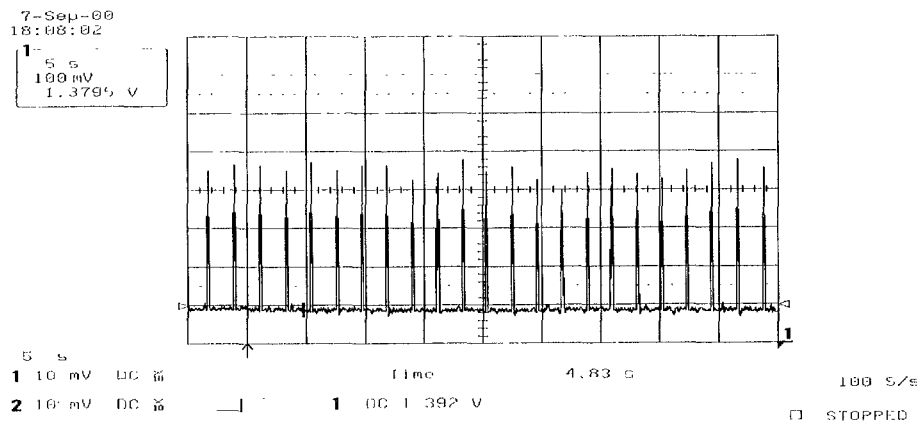
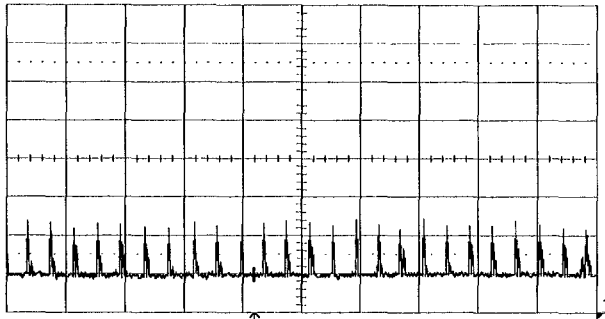


그림 2-38 평판형 계량장치 (감자중량:320g, 평균:1.743V,표준편차:0.019)

8-Sep-00
18:03:16

1
5 s
100 mV
1.3829 V



5 s
1 10 mV DC \square Time 0.00 s 100 S/s
2 .2 V DC \square Ext. AC 0 mV 1M Ω STOPPED

그림 2-39 평판형 결과 (감골중량:100g, 평균:1.514V, 표준편차:0.008)

라. 중량 계량부 기초설계 결과

전술한 롤러형, 컵형, 그리고 평판형 이외에도 롤러형 상부에 스킨트를 설치하는 방법, 그리고 회전 솔을 설치하는 방법 등 다양한 장치에 대해 실험하였으나 그 결과는 롤러형과 크게 다르지 않았다. 그림 2-40은 이상의 실험 결과를 각 장치별로 요약한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 컵형의 표준편차가 가장 크고 평판형의 표준편차가 가장 작으므로 평판형 장치가 중량계량에 가장 적합한 것으로 나타났다. 또한 피 계량물의 형태가 균일할수록 고속 중량계량의 신뢰성이 커진다는 사실을 알 수 있다.

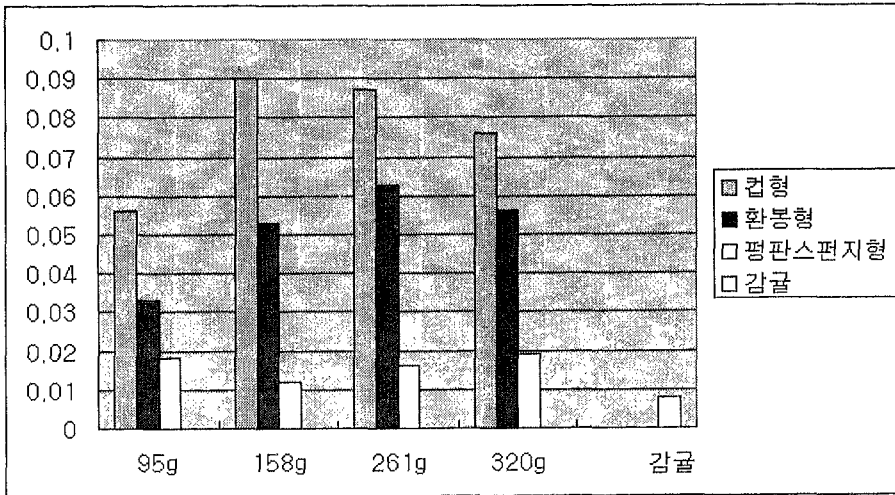


그림 2-40 각 장치별 중량계량 표준편차 비교

3. 중량 계량부 설계

가. 장치구성

기초 장치설계에서 평판형이 계량특성이 가장 양호한 것으로 드러났으나 한가지 문제점은 계량 후 감자의 이송이 어렵다는 점이다. 이것은 해결하기 위해 그림 2-41과 같이 평판을 수평형에서 수직형으로 재 설계하였다. 이와 같은 장치의 장점은 이송부의 기계적 진동 등 잡음과 완벽히 차단된다는 점이다. 반면에 단점은 대상물의 형상이 불균일한 경우 접촉하는 면적의 크기에 따라 출력 값이 차이가 난다는 것이다. 그림 2-42는 장치의 전경을 나타낸다.

표 2-5에 실제 감자를 이용한 실험결과를 나타내었다. 실험 방법은 장직경과 단직경 비가 1.6 : 1인 300g 짜리 감자를 장직경 방향과 단직경 방향으로 각각 30회씩 측정하였으며 장직경 방향으로 로드셀과 충돌할 경우가 단직경 방향으로 충돌할 때보다 10%(0.104v)정도 출력이 높게 나왔다.

이론적으로는 감자가 가진 운동에너지가 전부 로드셀에 전달된다면 같은 출력이 발생해야 하지만 접촉부위의 형태나 면적에 따라 충돌시간의 변화가 발생하기 때문에 실제로 이러한 차가 발생한다. 즉 접촉시에 로드셀에 가해지는 평균 충격력(f)는 선형 운동량 (linear momentum) 차로 다음과 같이 정의된다.

$$f = \frac{m v_2 - m v_1}{\Delta t} \quad (1)$$

여기서 m 은 감자의 질량, v_1 은 충돌전 속도 v_2 는 충돌후 속도로서 mv 는 선형 운동량이며, Δt 는 충돌시간이다. 따라서 길이방향으로 충돌할 경우 접촉면이 좁기 때문에 전체 운동량이 집중적으로 작용하며 충돌시간이 짧아져 f 가 커지게 되며, 폭 방향으로 충돌할 경우에는 넓은 접촉면이 시간차를 두고 접촉하기 때문에 운동량이 분산될 뿐만 아니라 충돌 시간 자체도 길어져 f 가 다소 줄어든다고 사료된다.

이와 같은 문제점은 보완하기 위해 평판 면에 완충물질(스펀지)을 부착하여 운동량 분산과 충돌 시간차를 어느 정도 줄임으로서 그 편차를 줄이는 실험을 수행하였으며 그 결과를 표 2-6에 나타내었다. 실험조건은 표 2-5와 동일하였으며 그 편차가 2%(0.017v)이하로 줄어들었음을 알 수 있다. 다만 표준 편차가 완충물질이 없을 때 보다 약간 상승하였다. 이 두 실험에서 관찰된 또 다른 특징은 길이 방향 보다 폭 방향의 표준 편차가 더 크다는 것인데 이것은 길이 방향은 접촉면적이 아주 작기 때문에 충돌할 때마다 상황이 크게 차이나지 않지만 폭 방향은 넓은 접촉 면 때문에 충돌할 때마다 순간적으로 먼저 충돌하는 부위가 다를 수 있기 때문으로 사료된다.

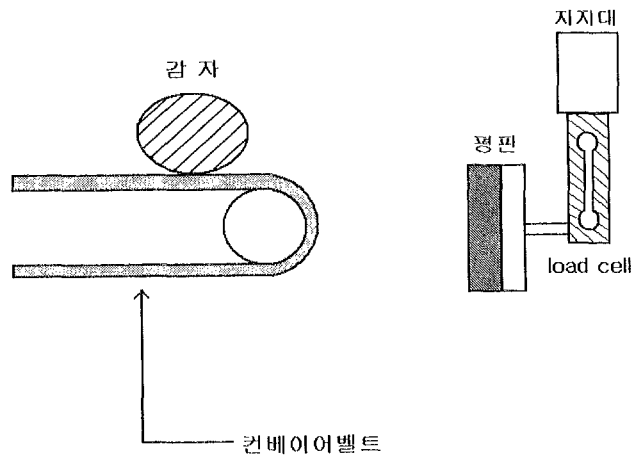


그림 2-41 수직 평판형 계량장치

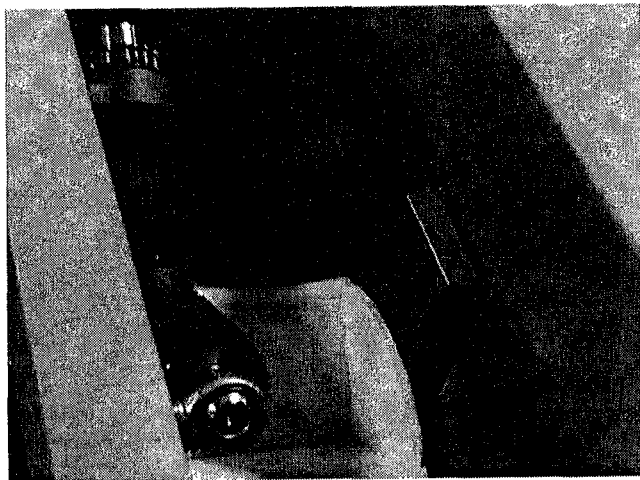


그림 2-42 수직 평판형 계량장치 전경

표 2-5 접촉방향에 따른 출력특성

접촉 방향	평균 로드셀 출력값(V)	표준 편차
길이 (장직경) 방향	1.133	0.029
폭 (단직경) 방향	1.029	0.038

표 2-6 완충 후 접촉 방향에 따른 출력특성

접촉 방향	평균 로드셀 출력값(V)	표준 편차
길이 방향	0.843	0.034
폭 방향	0.860	0.041

나. 중량 계량부 성능 시험

설계된 중량계량부의 성능을 시험하기 위해 감자의 이동 속도, 컨베이어벨트와 로드셀 사이의 간격, 완충물질의 두께 그리고 감자의 크기 등을 변수로 다양한 실험을 수행하였다. 사용된 완충 물질은 일반적으로 쉽게 구할 수 있는 스펀지로서 표 2-7과 같은 물성치를 갖는다. 스펀지 전면에는 스펀지가 쉽게 파손되는 것을 방지하기 위해 얇은 폴리에틸렌 발포 수지를 부착하였다.

먼저 기초적인 실험으로 감자와 로드셀이 충돌시 출력 신호처리 방법에 따른 특성 실험을 수행 한 결과를 표 2-8에 나타내었다. 실험 조건은 100g, 200g, 300g, 400g의 감자를 각 크기별로 둥근형과 길쭉한 형을 2개씩 대표로 선택하여 각 50회 씩 반복하면서 12bit 100kHz A/D변환기를 이용하여 로드셀 출력신호의 적분, 평균, 그리고 최고치를 분석하였다. 표에서 나타난 바와 같이 적분이나 평균방법의 표준편차가 최고치 방법보다는 양호한 결과를 보이고 있다.

그러나 중량계량 측면에서 보면 실제 중량 오차가 더욱 의미를 가지며 중량 오차에 있어서는 오히려 최고치 값이 평균값보다 좋은 특성을 보이고 있다. 예를 들어 100g의 경우 최고치의 표준편차는 0.031(V)이고 평균값의 표준편차는 0.02(V)로서 평균값 방법이 정밀도가 크지만 각 표준편차를 실제 중량으로 환산하면 최고치의 경우 100g의 0.319V에 해당하므로 0.03(V)는 9.71g 정도의 오차를 나타내지만 평균값의 경우는 100g이 0.182V에 해당하며 표준편차 0.02V는 11g의 오차를 의미하므로 오히려 중량계량 오차는 최고치 방법이 좋다고 볼 수 있다.

또한 그림 2-43에 각 방법에 의한 계량의 선형성을 나타내었는데 적분형보다는 평균이나 최고치 방법의 선형성이 더 양호한 결과를 보이고 있다. 따라서 본 과제에서는 최고치 방법을 채택하였다. 최고치 방법의 또 다른 장점으로 중량을 계량할 때 A/D변환이 필요 없다는 것이다. 즉 로드셀 출력전압을 level detector 회로에 입력함으로서 hardware 적으로 쉽게 등급을 결정할 수

있다. 그림 2-44는 최고치 방법에 의한 등급 판정 회로를 보여준다.

이와 같이 충돌시 최대값에 의한 중량계량 방법에 대해 감자의 속도, 컨베이어벨트와 로드셀 사이의 거리, 그리고 완충물질의 두께 등을 변화시키면서 그 특성을 알아보기 위한 다양한 실험을 수행하였다. 실험방법은 100g, 200g, 300g, 400g 감자를 각 크기별로 50개씩 표본으로 추출하여 3회씩 총 150개의 데이터를 추출하였으며 그 결과를 표 2-9에서 32-17에 나타내었다. 표에서 x 표시는 감자의 속도가 느리거나 로드셀과의 거리가 너무 멀어서 출력이 제대로 나오지 않은 경우를 의미하며, 오차는 표준편차를 중량으로 환산한 수치이다.

표 2-7 완충물질(스펀지)의 물성치

제조사	수빈화학
재질	PVA (Poly Vinyl Alcohol)
밀도 (g/cm ³)	0.082
인장파열강도 (kg/cm ²)	2.0
30% 압축 응력 (g/cm ²)	75
기공률(%)	90

표 2-8 신호처리 방법에 따른 특성

중 량 (g)	적분 방법			평균 방법			최고치 방법		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100	1763.6	68.40	12.7	0.302	0.020	10.9	0.356	0.031	9.7
200	2231.1	99.41	18.6	0.483	0.042	23.1	0.678	0.071	22.2
300	2827.9	237.36	44.3	0.663	0.091	49.5	1.005	0.148	46.4
400	3369.1	186.32	34.8	0.849	0.067	36.8	1.314	0.107	33.5
V/100g	535.2			0.182			0.319		

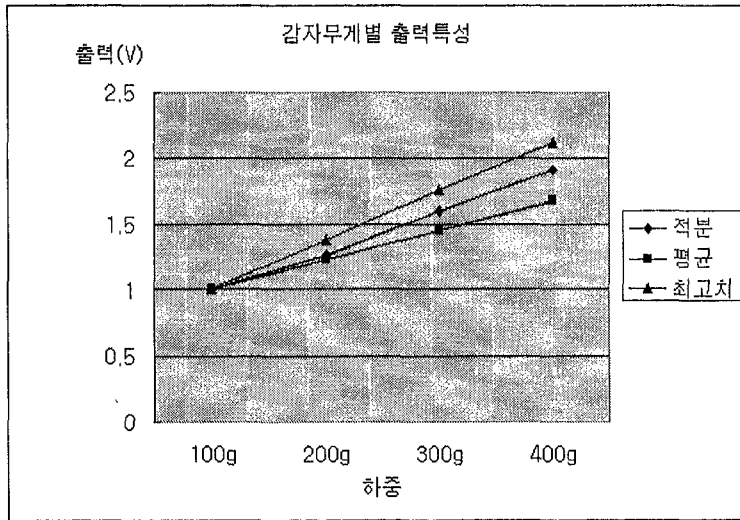


그림 2-43 각 계량방법에 따른 선형성 비교

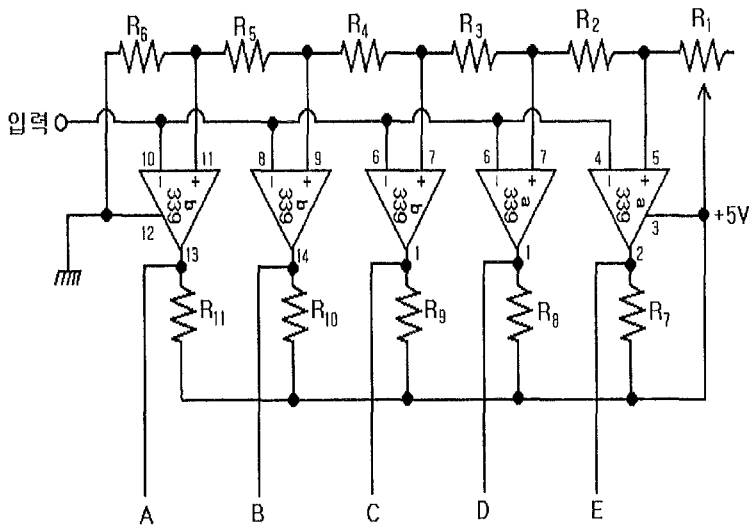


그림 2-44 등급판정 회로

표 2-9 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:1cm, 로드셀 거리:16cm)

항목	0.9 m/s			1.2 m/s			1.5 m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.466	0.024	9.21	0.494	0.023	8.7
200g	X	X	X	0.718	0.04	15.3	0.809	0.086	32.5
300g	X	X	X	1.002	0.053	20.3	1.144	0.095	35.9
400g	X	X	X	1.248	0.071	27.2	1.287	0.25	94.6
V/100g				0.261			0.264		

표 2-10 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:1cm, 로드셀 거리:18cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.513	0.021	8.89	0.545	0.047	16.3
200g	X	X	X	0.769	0.044	18.6	0.864	0.04	13.9
300g	X	X	X	1.001	0.136	57.5	1.184	0.121	42
400g	X	X	X	1.222	0.175	74	1.409	0.092	31.9
V/100g				0.236			0.288		

표 2-11 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:1cm, 로드셀 거리:20cm)

	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.325	0.032	14.9	0.385	0.022	8.56
200g	X	X	X	0.581	0.035	16.3	0.682	0.046	17.9
300g	X	X	X	0.818	0.058	27	0.952	0.055	21.4
400g	X	X	X	0.97	0.076	35.3	1.156	0.109	42.4
V/100g				0.215			0.257		

표 2-12 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:2cm, 로드셀 거리:16cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.342	0.02	8	0.416	0.023	7.51
200g	X	X	X	0.614	0.064	25.6	0.807	0.109	35.6
300g	0.513	0.112	44	0.878	0.062	24.8	1.084	0.086	28.1
400g	0.767	0.11	43	1.092	0.132	52.8	1.335	0.115	37.5
V/100g				0.25			0.306		

표 2-13 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:2cm, 로드셀 거리:18cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.302	0.029	11.5	0.356	0.031	9.71
200g	X	X	X	0.576	0.062	24.6	0.678	0.071	22.2
300g	X	X	X	0.801	0.098	38.9	1.005	0.128	40.1
400g	X	X	X	1.058	0.129	51.2	1.314	0.107	33.5
V/100g				0.252			0.319		

표 2-14 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:2cm, 로드셀 거리:20cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	0.276	0.032	12.9	0.347	0.032	11.6
200g	X	X	X	0.547	0.089	35.8	0.677	0.057	20.7
300g	X	X	X	0.82	0.092	37.0	1.015	0.071	25.8
400g	X	X	X	1.021	0.105	42.3	1.172	0.171	62.2
V/100g				0.248			0.275		

표 2-15 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:3cm, 로드셀 거리:16cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	X	X	X	0.356	0.024	10.8
200g	X	X	X	X	X	X	0.549	0.066	29.7
300g	X	X	X	X	X	X	0.753	0.076	34.2
400g	X	X	X	X	X	X	1.023	0.143	64.3
V/100g							0.222		

표 2-16 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:3cm, 로드셀 거리:18cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	X	X	X	0.351	0.016	7.84
200g	X	X	X	X	X	X	0.572	0.033	16.2
300g	X	X	X	X	X	X	0.703	0.104	51.0
400g	X	X	X	X	X	X	0.963	0.163	79.9
V/100g							0.204		

표 2-17 중량계량 실험 결과 (스펀지 두께:3cm, 로드셀 거리:20cm)

항목	0.9m/s			1.2m/s			1.5m/s		
	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)	평균 (V)	표준 편차	오차 (g)
100g	X	X	X	X	X	X	0.350	0.012	6.64
200g	X	X	X	X	X	X	0.568	0.043	23.8
300g	X	X	X	X	X	X	0.720	0.085	47.0
400g	X	X	X	X	X	X	0.892	0.176	97.4
V/100g							0.181		

표 2-18과 2-19는 이상과 같은 기초 실험 데이터로부터 벨트속도와 완충부 두께에 따른 각 감자 크기별 출력 특성을 다시 정리한 결과이다. 이 결과를 분석해보면 벨트 속도가 클수록 선형운동량이 커지고 완충부 두께가 얇을수록 큰 에너지가 전달되기 때문에 출력전압이 커짐을 알 수 있다. 또한 표 2-20과 2-21은 완충물질 두께에 따른 오차 (표준편차를 중량으로 환산한 수치) 특성으로서, 중량이 작은 감자의 경우는 두께가 증가할수록 오차가 줄어들고 중량이 큰 경우는 오히려 오차가 증가하고 있으나 그 경향은 그렇게 뚜렷하지 않다. 그러나 완충부의 두께가 얇을수록 충격력이 커지므로 감자의 손상이 커질 수가 있고 로드셀의 내구성이 문제가 될 수 있다. 또한 중량이 작은 감자일수록 완충부 두께 3cm에서는 충격력이 약화되어 출력이 제대로 나오지 않은 경

우가 발생했다. 결론적으로 완충부 두께 1cm 이하는 감자의 손상과 로드셀 내 구성 문제, 3cm 이상에서는 안정적인 데이터 확보문제로 인하여 2cm 정도가 가장 적합하다고 판단된다.

표 2-22와 표 2-23은 로드셀의 거리에 따른 오차특성을 나타낸다. 측정오차를 감안한다면 거리에 따른 특별한 경향은 없는 것으로 판단된다. 그러나 로드셀 거리가 20cm 이상인 경우는 작은 감자에 대해 안정적인 출력 확보가 어려운 경우가 가끔 발생하였으며, 로드셀 거리 16cm 인 경우도 큰 감자의 경우 직경이 16cm가 넘어 가므로 동작에 무리가 갈 여지가 있기 때문에 로드셀 거리는 18cm가 가장 적합한 것으로 결정하였다.

완충부 두께 2cm, 로드셀 거리 18cm인 경우에 벨트속도 1.2m/s와 1.5m/s의 오차특성이 크게 차이가 나지 않으나 1.2m/s인 경우 등급 당 전압이 0.252V로서 1.5m/s의 등급 당 전압 0.319V보다 작기 때문에 잡음 레벨 0.1V를 고려하면 최소 감지 감자 크기가 40g정도로써 1.5m/s의 경우 31g보다 크기 때문에 1.5m/s 속도를 중량계량 속도로 결정하였다. 또한 잡음레벨은 전체적으로는 0.05V 이하였으나 주위장치들에서 발행하는 순간적인 잡음크기가 최대 0.08V정도 됨이 관측되었기 때문에 0.1V정도로 정하였다. 이상과 같은 과정을 거쳐 최종적으로 확정된 중량계량 표준 설정치를 표 2-24에 나타내었다.

표 2-18 펠트속도에 따른 출력특성(완충부 두께: 2cm, 로드셀 거리: 16cm)

	0.9m/s	1.2m/s	1.5m/s
100g	x	0.342	0.416
200g	x	0.614	0.807
300g	0.513	0.878	1.084
400g	0.767	1.092	1.335

표 2-19 완충부 두께에 따른 출력특성 (로드셀 거리: 18cm, 속도 : 1.5m/s)

	1cm	2cm	3cm
100g	0.545	0.356	0.351
200g	0.864	0.678	0.572
300g	1.184	1.005	0.703
400g	1.409	1.314	0.963

표 2-20 완충부 두께에 따른 오차특성 (로드셀 거리 : 18cm, 속도: 1.5m/s)

중량	1cm	2cm	3cm
100g	16.3	9.7	7.8
200g	13.9	22.2	16.2
300g	42.0	40.1	51.0
400g	31.9	33.5	79.9
평균오차	26.0	26.38	38.7

표 2-21 완충부 두께에 따른 오차특성 (로드셀 거리 : 16cm, 속도: 1.5m/s)

중량	1cm	2cm	3cm
100g	8.7	7.5	10.8
200g	32.5	35.6	29.7
300g	35.9	28.1	34.2
400g	94.6	37.5	64.3
평균오차	42.9	27.18	34.7

표 2-22 로드셀 거리에 따른 오차특성(벨트속도 1.2m/s, 완충부 두께: 2cm)

	16cm	18cm	20cm	오차
100g	8.0	11.5	12.9	10.80
200g	25.6	24.6	35.8	28.67
300g	24.8	38.9	37.0	33.57
400g	52.8	51.2	42.3	48.77
오차	27.80	31.55	32.00	

표 2-23 로드셀 거리에 따른 오차특성(벨트속도 1.5m/s, 완충부 두께: 2cm)

	16cm	18cm	20cm	평균
100g	7.51	9.71	11.6	9.61
200g	35.6	22.2	20.7	26.17
300g	28.1	40.1	25.8	31.33
400g	37.5	33.5	62.2	44.40
평균	27.18	26.38	30.07	

표 2-24 중량계량 표준 설정치

신호처리방법	최대값
완충부 두께	2cm
벨트 스피드	1.5m/s
로드셀 거리	18cm
각 등급 threshold 전압(V)	100g : 0.356 200g : 0.678 300g : 1.005 400g : 1.314
1g당 전압(V)	0.00319
noise level(V)	0.1
최소감지중량(g)	31

제4절 선별 배출부 개발

선별 배출부는 중량 계량부에서 판정된 감자를 등급별로 배출시키는 장치로서 공기 벨브식, 솔레노이드 방식, DC모터 방식을 설계하여 시험하였다. 배출부 설계에 있어서 특히 고려되어야 할 사항은 배출 속도, 신뢰성, 그리고 대상물인 감자의 손상 최소화 등이다. 또한 배출부는 앞단의 중량 계량부와 연동되므로 중량 계량부의 형태에 따라 그 방식이 결정되어야 한다.

1. 1차 설계

3절에 언급한 바와 같이 중량계량부가 평판형 로드셀 장치이기 때문에 감자는 로드셀에 접촉 후 자유낙하 하게된다. 1차 설계는 그림 2-45와 같이 로드셀을 통과한 감자가 하단의 평벨트에 낙하하여 이동시에 공압 솔레노이드를 이용하여 배출시키는 장치를 설계하였다. 이용된 공압 솔레노이드 사양은 표 2-25와 같으며 그림 2-46과 2-47은 각각 장치 전경과 이용된 노즐의 형상을 보여주고 있다.

이와 같은 장치에 대해 다양한 형태의 노즐과 다양한 공압에 대해 실험한 결과 둥근 형태의 감자는 중량에 무관하게 잘 배출되었으나 길쭉한 형태의 감자는 배출이 잘 되지 않음이 확인되었다. 또 한가지 문제점은 로드셀을 통과한 감자가 다음 단의 컨베이어 벨트에 낙하 후 구르는 현상이 있어 벨트와 감자사이에 상대속도가 발생함으로 인해 정확한 배출 타이밍을 맞추기 어렵다는 것이다. 따라서 이와 같은 방법은 배출성능이 떨어진 뿐만 아니라 낙하할 때 감자 손상도 우려되므로 본 과제에서 개발된 형태의 선별방법에 대한 배출 방식으로는 적합하지 않다는 결론을 내렸다.

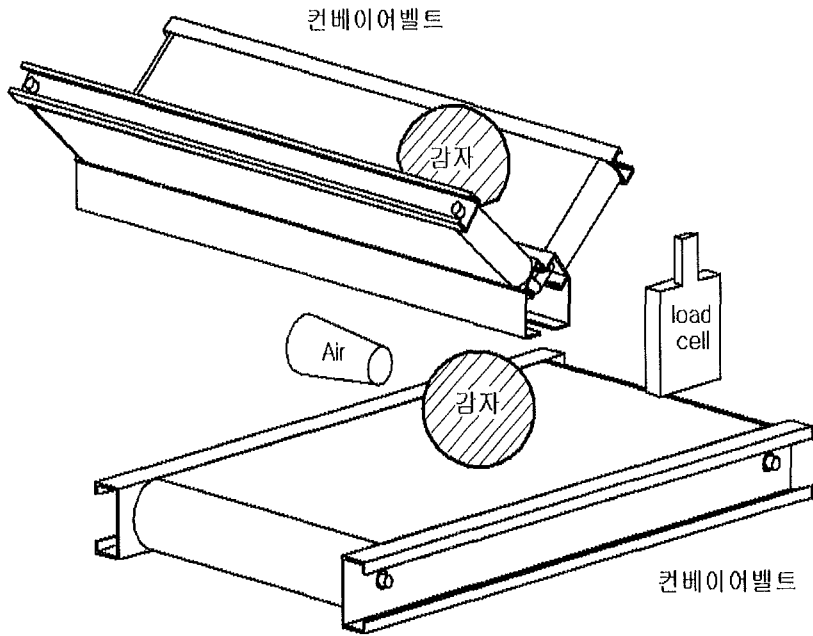


그림 2-45 공압식 선별 배출부 (1차 설계)

표 2-25 공압 솔레노이드 사양

압력 (kgf/cm ²)	파이프직경(in)	작동전압(V)
0-10	1/2	220

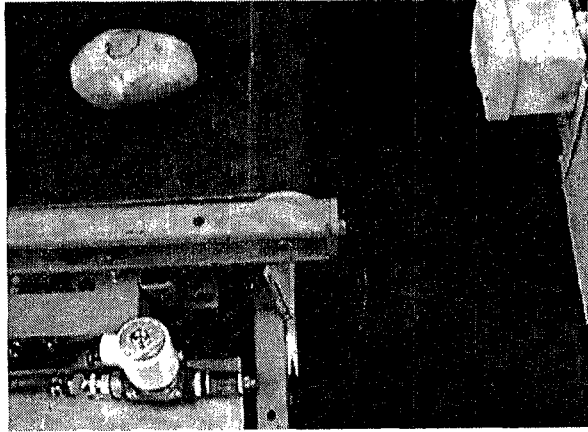


그림 2-46 공압식 배출장치

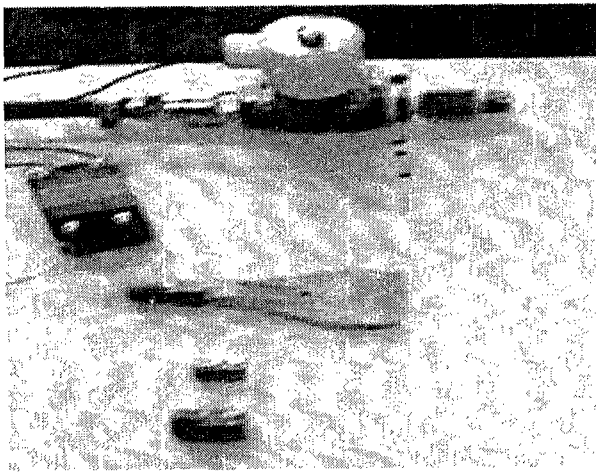


그림 2-47 실험에 이용된 노즐

2. 2차 설계

1차 설계에서 나타난 문제점을 해결하기 위해 그림 2-48과 같이 솔레노이드 벨브를 (그림 2-49) 이용한 경로 제어형 배출장치를 설계하였다. 즉 로드셀을 통과해서 낙하하는 감자는 로드셀 출력에 따라 제어되는 경로 제어 판의 경사 방향(좌우 45°)에 따라 좌우로 2단 분류가 된다. 2단 분류된 감자는 다시 하단 양쪽에 설치된 컨베이어 벨트를 따라 이동된다. 하단 각 컨베이어 벨트 끝단에는 동일한 형태의 로드셀과 경로제어판이 설치되어 있기 때문에 여기서 또 한번 로드셀의 출력이 발생하고 이 출력에 의해 경로판이 동작하여 좌우 2단 분류가 되어 전체적으로는 4단 분류가 가능하다. 이와 같이 설계되어 제작된 장치를 그림 2-50에 나타내었다.

기초 실험으로 함수 발생기를 이용하여 솔레노이드의 응답속도를 테스트한 결과 최대 10Hz 이상에서도 안정적으로 작동함을 알 수 있었다. 동작 방법은 로드셀의 출력에 따라 솔레노이드가 작동하여 경로제어판이 좌 경사(45°) 또는 우 경사(45°)를 이루어 원하는 방향으로 감자를 배출시키는 것이다. 그러나 실제 감자를 이용하여 배출 실험을 한 결과 감자가 낙하할 때 충격력에 의해 솔레노이드의 응답이 상당히 지연되는 현상이 발견되었으며 좌 또는 우측으로 경로가 형성된 후 그 다음 감자의 배출 방향이 그 반대 경로일 때 경로제어판이 되돌아오면서 낙하하는 감자와 부딪혀 상당한 충격이 가해지는 문제점이 발생되었다. 아울러 솔레노이드의 동작 속도를 제어하기 어렵다는 것과 좌우에 또 다른 컨베이어 벨트 및 로드셀이 추가로 요구되어 비경제적이라는 문제점이 노출되었다. 그러나 이방법의 장점으로는 첫 번째 로드셀을 통과한 감자가 1차 설계에서 나타난 것과 같이 다음 단의 컨베이어 벨트에 낙하 후 상대속도(구르거나 미끄러짐)가 어느 정도 발생해도 끝단에서 다시 로드셀에 출력이 발생하므로 배출 타이밍을 정확하게 잡을 수 있다는 점이다.

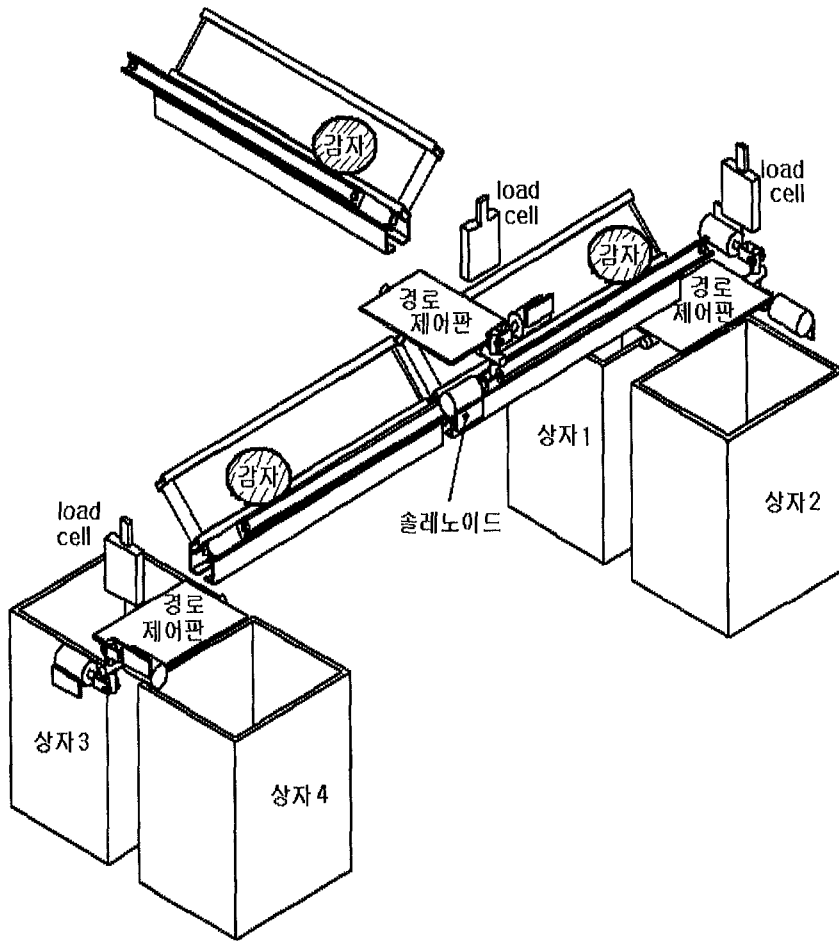


그림 2-48 경로 제어형 배출장치

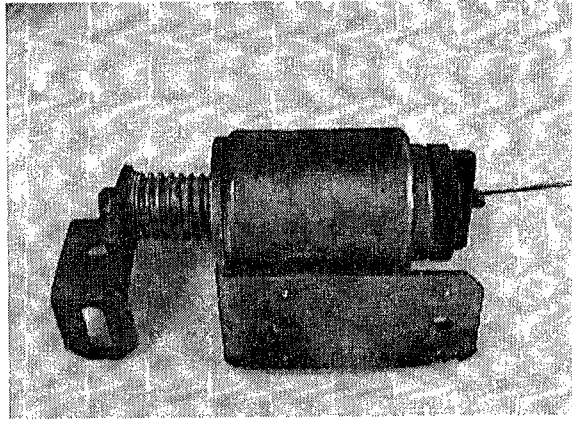


그림 2-49 솔레노이드

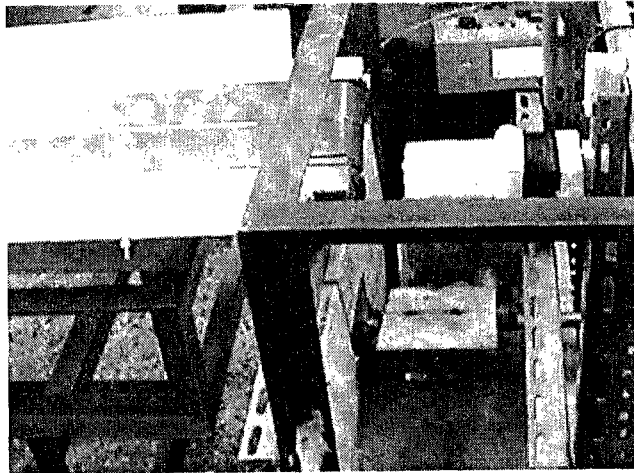


그림 2-50 경로제어형 배출장치

3. 선별배출장치 설계 (3차설계)

2차 설계에서 나타난 배출 속도 문제를 해결하고 여분의 컨베이어 벨트 및 로드셀 사용을 방지할 수 있도록 그림 2-51과 같이 3차 설계를 하였다. 로드셀을 통과한 감자는 그림 2-52와 같은 회전형 안내가이드의 홈으로 떨어지며 로드셀 출력에 따라 모터의 회전 방향이 제어된다. 감자는 회전 방향에 따라 좌 또는 우로 낙하하며, 이 회전형 가이드는 1회 동작시 90° 회전만 하도록 제어된다. 회전각도 제어는 그림 2-53과 같이 회전판에 90° 각도로 홈을 만들고 포토 인터럽트를 설치하여 포토 인터럽트 신호가 발생하면 회전을 멈추고 브레이크를 거는 방식으로 이루어진다.

모터는 감속기어 부착형 DC모터를 사용하였으며 드라이버는 Sanyo사 STK 6855를 이용하였다. 모터의 최대 rpm은 200/min 이며 사용된 드라이버는 입력주파수로서 쉽게 rpm 조절이 가능하고 또한 정지 시 브레이크 기능이 있다. 표 2-26에 모터와 드라이버 사양을, 그림 2-54에 각각의 사진을 나타내었다. 회전형 안내 가이드는 같은 크기의 감자가 계속해서 들어올 경우 같은 방향으로 90° 씩 회전하며 회전 후 또 다른 가이드 홈이 로드셀 아래에 위치하기 때문에 만약 다른 크기의 감자가 들어와도 단지 90° 만큼 반대로 회전하면 된다. 따라서 2차 설계시의 경로제어판과는 달리 감자가 완전히 가이드 홈에 안착된 후 회전하면 되므로 2차 설계에서 나타난 회전 도중 낙하감자와 충돌하는 문제는 발생하지 않는다.

또한 감자가 접촉하는 표면에 완충물질(스펀지)을 부착하여 충격을 완화시켰기 때문에 감자에 충격을 주는 문제는 거의 없다. 또 다른 장점은 2차 설계와는 달리 1차 배출 후 컨베이어 벨트를 거치지 않고 곧바로 똑같은 구조로 된 2차 회전형 안내 가이드로 낙하하여 2차 배출기에 의해 또다시 좌 또는 우로 배출되기 때문에 등급 구분에 따른 여분의 컨베이어 벨트나 로드셀이 필요가 없다.

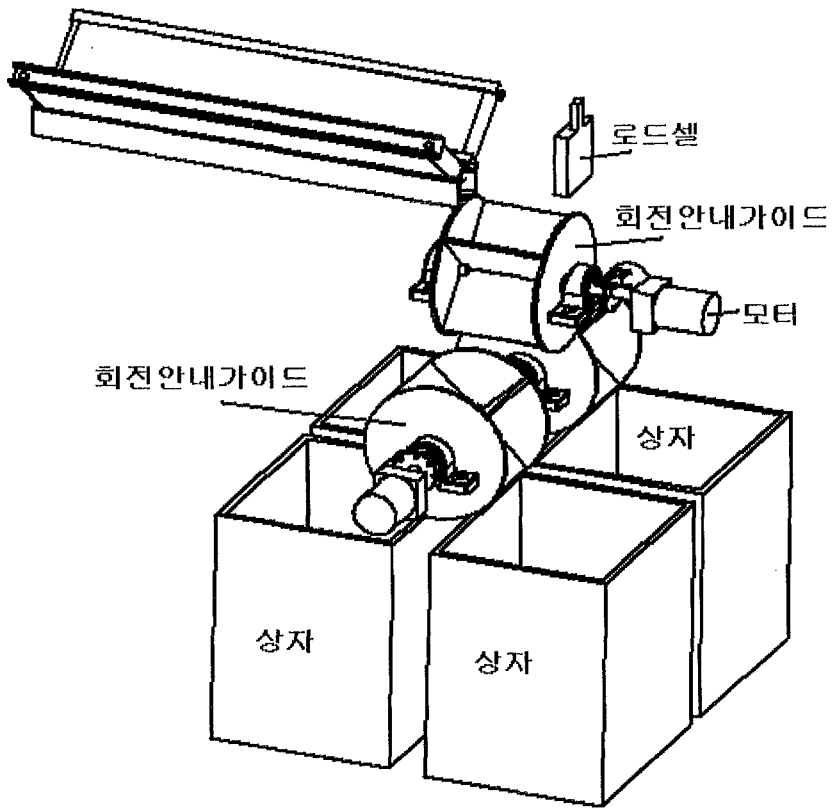
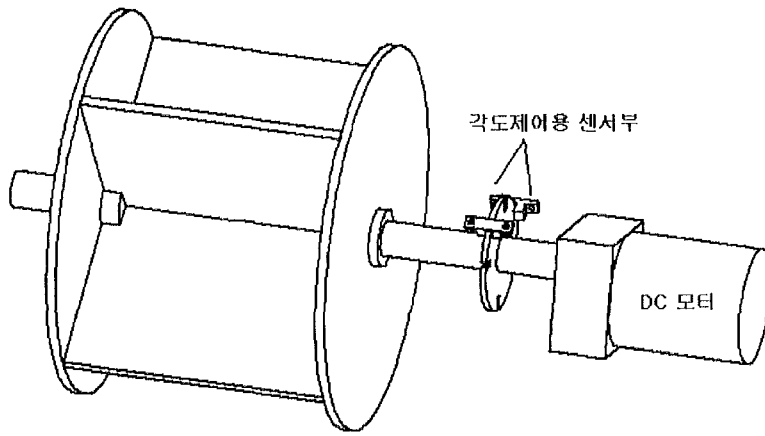
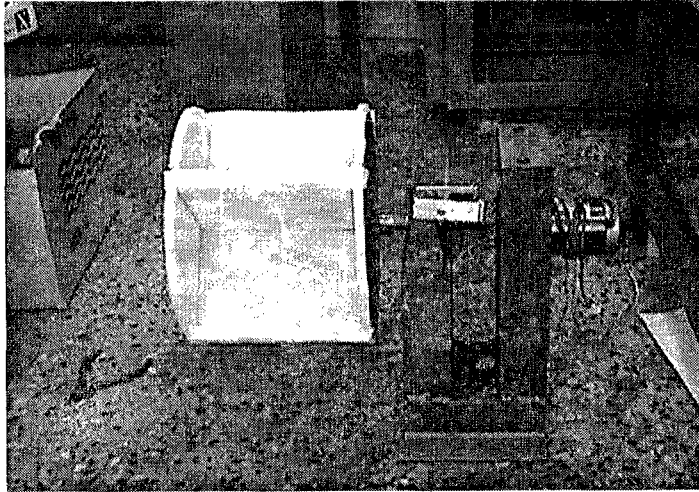


그림 2-51 회전안내 가이드형 배출장치

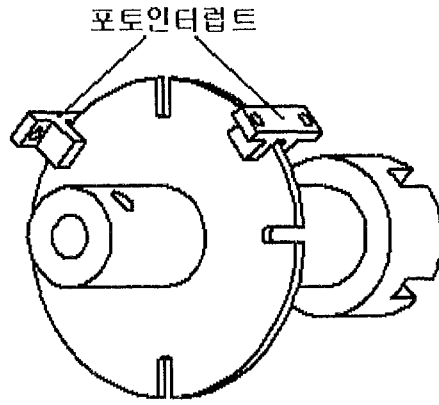


a. 개념도

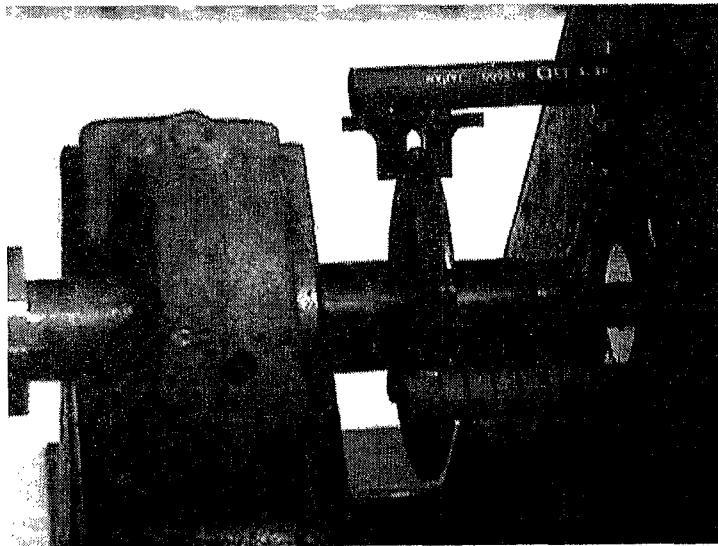


b. 사진

그림 2-52 회전안내 가이드형 배출 장치



a. 개념도



b. 사진

그림 2-53 회전각도 제어용 포토 인터럽트 장치

표 2-26 모터와 드라이버 사양

	제조사	형 명	정격전압	용량	비고
모 터	SPG	s6D15-24G	24V	20W	감속비 1:15
드라이버	Sanyo	STK6855	16-42V	5A	. 브레이크 기능 . PWM 제어

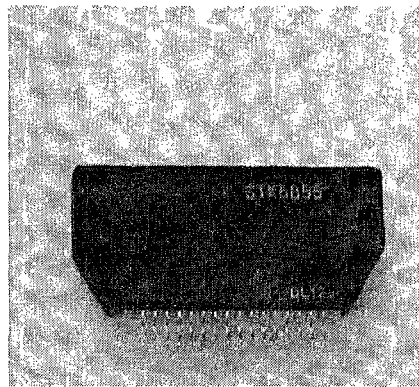
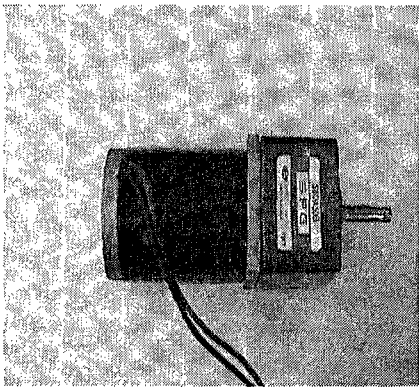


그림 2-54 모터와 드라이버

로드셀 신호 처리 및 회전형 배출기 제어는 80c196 마이크로 프로세서가 담당하며 그림 2-55와 2-56에 제어시스템 구성과 플로어 차트를 나타내었다. 먼저 로드셀 신호는 등급판정회로에서 등급이 판정되어 마이크로프로세서에 입력된다. 로드셀 입력신호 유무는 그림 2-44의 threshold 신호인 A 출력에 의해 감지되며 마이크로프로세서는 이때부터 30ms 후에 등급판정 데이터를 읽어 들인다. 마이크로프로세서는 이 정보로부터 각 모터의 동작을 결정한 다음 첫 번째 모터부터 작동시키는데 여기까지가 한 sampling time이며 200ms로 설정되어 있다. 모터 1의 정지 및 모터 2, 3의 동작과 정지는 모두 인터럽트 루틴에서 처리된다. 만약 1단 배출장치에 부착된 포토 인터럽트 1의 신호가 입력되면 인터럽트 루틴 1로 들어가 모터 1을 정지시키고 등급에 따라 모터 2 또는 모터 3 작동 명령을 하달하고 다시 로드셀 입력을 기다린다. 이 과정 중에 다시 모터 2나 3에서 인터럽트가 걸리면 인터럽트 루틴으로 들어가 해당 모터를 정지시킨다. 선별 속도는 sampling time이 200ms이므로 최대 초당 5개의 감자를 처리할 수 있게 설계되어 있다. 그림 2-57은 완성된 배출장치를 나타내는 사진이다.

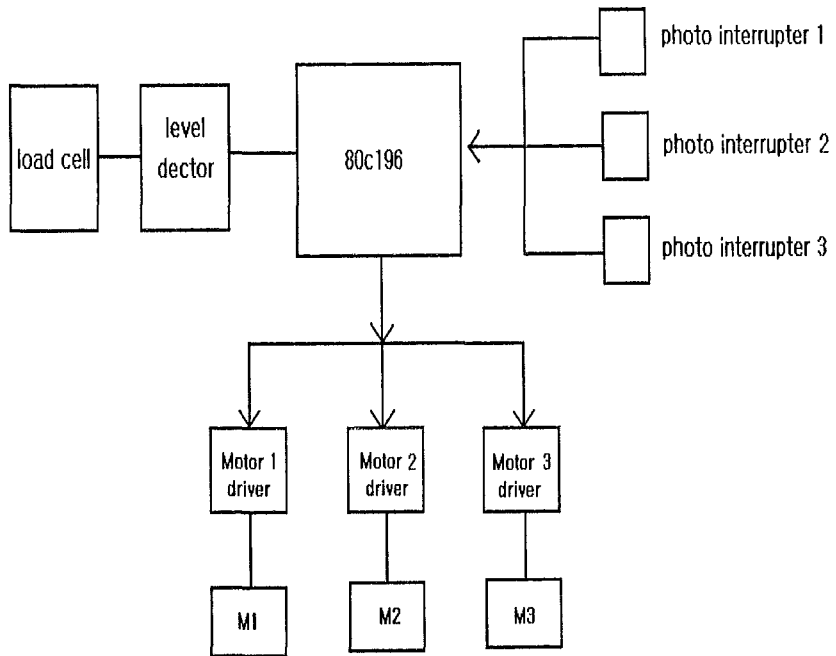


그림 2-55 제어시스템 구성도

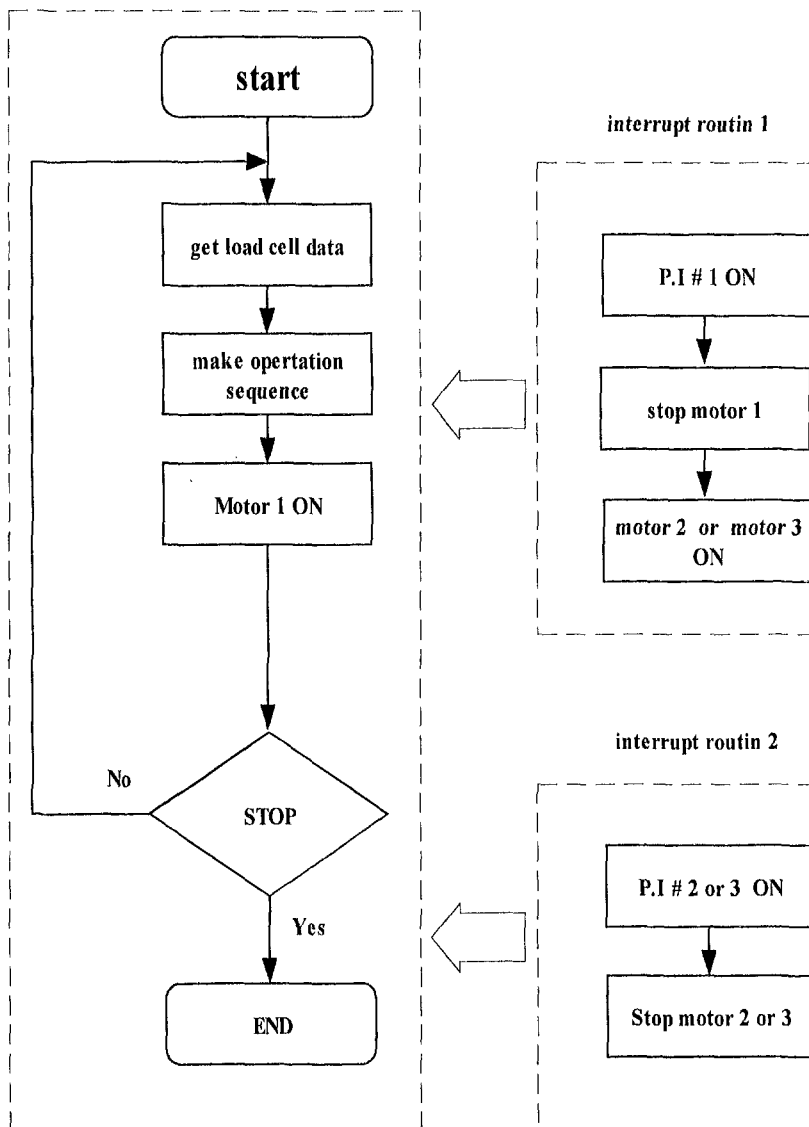
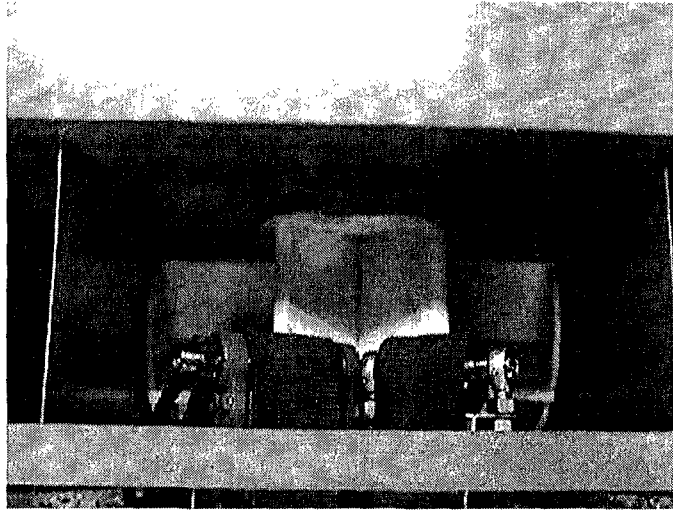
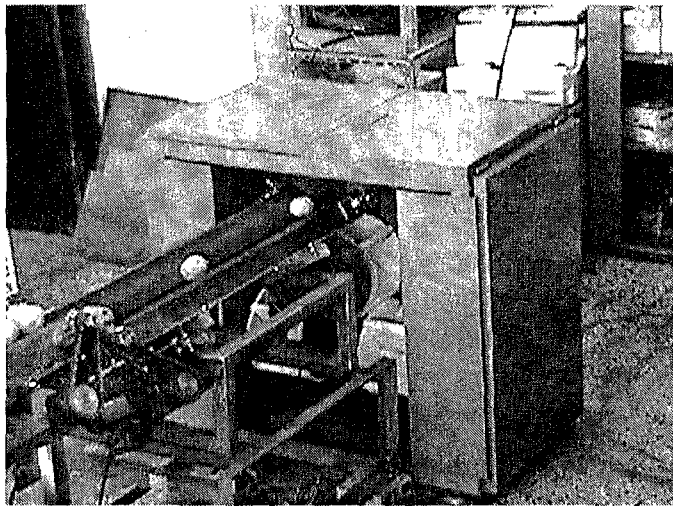


그림 2-56 flow chart



a. 평면도 확대사진



b. 사시도

그림 2-57 배출장치 사진

제3장 선별기 성능평가

제1절 선별기 성능시험

1. 시스템 제작 및 제원

지금까지 기술한 선별기의 각 부에 대한 시작품을 제작하고 조합하여 전체 시스템을 구성하였다. 그림 3-1과 3-2는 각각 시스템의 개념도와 제작된 시스템의 전경을 나타내며 전체 시스템의 사양을 표 3-1에 나타내었다. 중량 계량부에 공급되는 감자의 속도는 확산 이송부의 마지막단 속도인 1.5m/s이며 로드셀과 벨트 끝단의 거리는 18cm, 그리고 완충부의 두께는 2cm이다. 감자의 각 중량별 로드셀 출력 전압은 표 3-2와 같다. 이것은 앞 절에 기술한 바와 같은 방법으로 실험에 의해 설정된 값이다.

이 시스템은 현재 100g 이하, 100-200g, 200-300g, 그리고 300g 이상의 4등급 분류가 가능하게 제작되어 있다. 이것은 제주감자의 경우 400g 이상이 그렇게 많지 않기 때문이며 필요에 따라 등급조정회로를 조정하여 300g 이상을 다시 한번 선별함으로써 400g 이상을 따로 분류할 수 있다. 또한 필요에 따라 그림 2-52와 같은 회전형 안내가이드 장치를 하단에 추가함으로써 쉽게 등급 단계 수를 증가시킬 수 있다. 즉, 5단계 선별이 필요한 경우는 좌 또는 우측 배출장치 하단에 배출장치를 하나 더 추가 하면 된다.

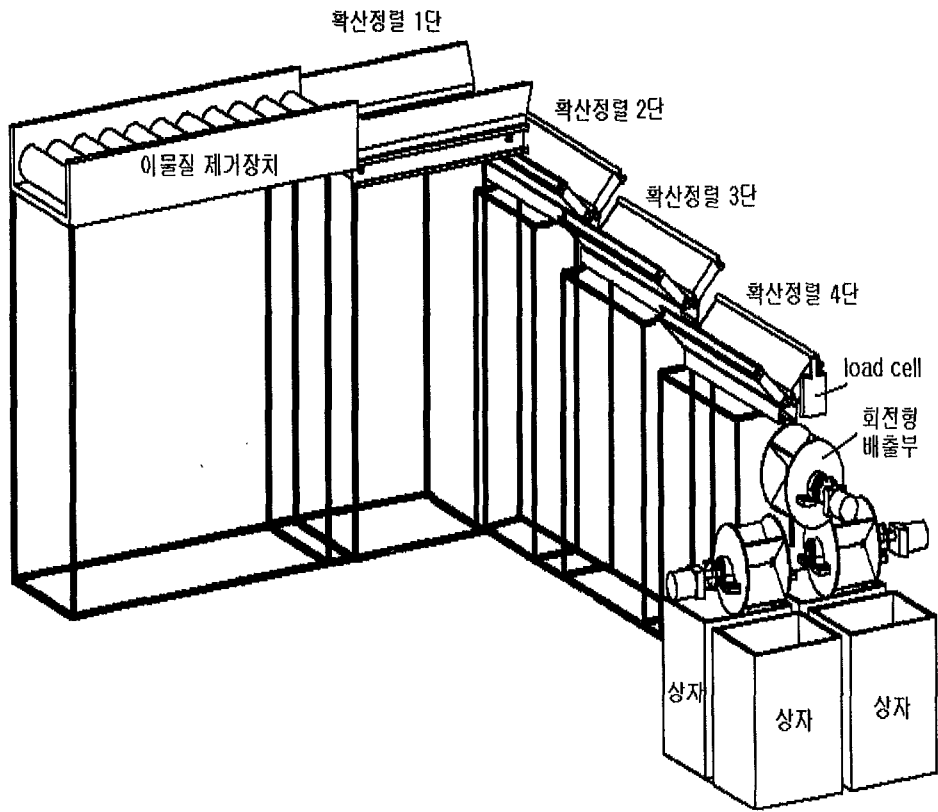


그림 3-1 시스템 개념도

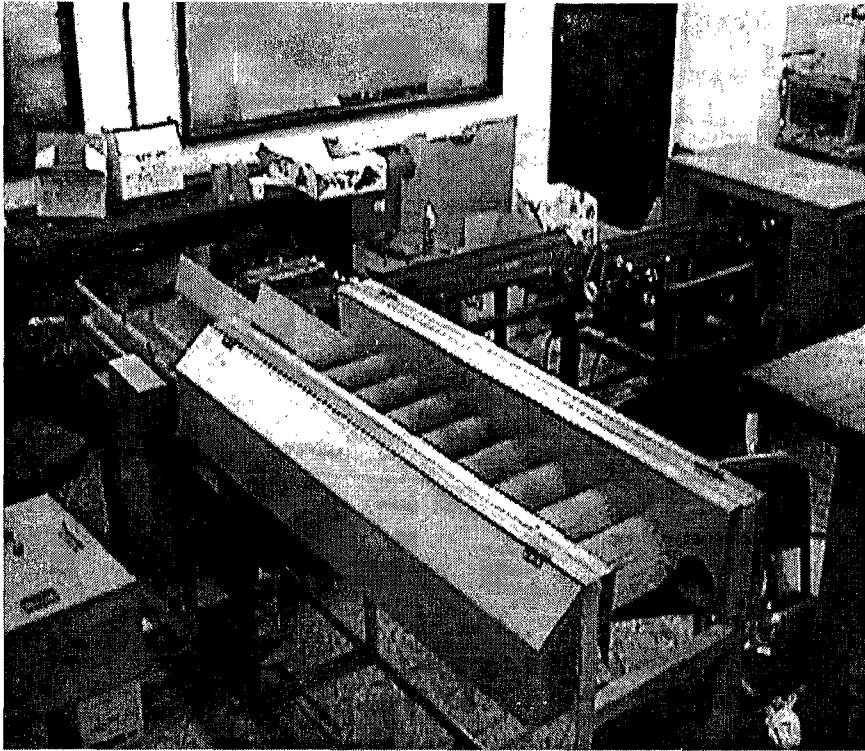


그림 3-2 시작품 전경

표 3-1 선별기 재원

항	목	단위	제원	종류	비고
이물질제거부	길이x폭x높이	mm	1345x445x1160		
	솔	개	10	PE	
	회전속도	rpm	1720		속도가변형
	구동방식	W	200	AC 모터	
확산정렬부	1단	m/s	0.15	평벨트	속도가변형
	2단	m/s	0.8	V벨트	//
	3단	m/s	0.25	V벨트	//
	4단	m/s	1.5	V벨트	//
중량계량부	로드셀	kgf	1	카스	
	완충부 두께	mm	20	PVA	스펀지
	로드셀 거리	mm	180		
	계량방식		최대값		
선별배출부	단수	단	2		
	등급 수	등급	4		
	방식	mm	직경 :	회전형 안내가이드	
	속도	rpm	200	DC 모터	속도가변형

표 3-2 중량별 기준 로드셀 출력 (증폭도 25배)

중량(g)	기준전압(V)
100	0.356
200	0.678
300	1.005
400	1.314
전압/100g	0.319
잡음 레벨	0.1

2. 성능시험

이상과 같이 설정된 값에 대해 그림 3-3과 같은 중량분포를 갖는 제주산 봄 감자 약 360kg을 이용하여 선별기의 성능을 시험하였으며 각 등급별 결과를 그림 3-3에서 3-7에 나타내었다. 실험방법은 본 선별기는 4단 분류이므로 100g 이하, 100-200g, 200-300g, 그리고 300g 이상의 4단 분류를 하고 다시 300g 이상에 대해서 300-400g, 그리고 400g 이상으로 분류하였다. 표 3-3은 선별결과에 대한 오차를 나타낸다. 결과를 고찰해 보면, 중량이 작을수록 선별 결과의 오차가 작고 클수록 오차가 커지나 전체적으로 오차가 20% 이하임을 알 수 있다.

그러나 이러한 평가 방법은 본 선별기와 같이 일정한 구간을 나누어 등급을 분류하는 선별방법에서는 적절하지 못할 수가 있다. 예를 들어 300g 전후의 감자가 다수인 경우 200-300g과 300-400g으로 나누어 분류할 경우 300g 전후에 분포한 다수의 감자들에 의해 선별결과에 상당한 오차가 발생할 것이다. 반면에 대다수가 250g 근처인 경우는 같은 성능을 갖는 선별기일지라도 오차가 극히 작아질 것이다. 감자의 분포뿐만 아니라 등급의 기준 값에도 매우 민감하게 오차가 달라질 수 있다. 즉, 300g의 기준 값이 실제보다 약간 낮게 설정된 경우에는 300g이하의 오차율은 극히 작아질 것이고 300g 이상의 등급에 대한 오차는 현격히 높아질 수 있다.

이와 같은 문제점을 확인하기 위하여 분류된 각 등급별 감자 중에서 오차로 분류된 감자들의 중량분포를 조사하였으며 그 결과를 표 3-4에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 오차가 발생한 감자들의 평균값이 기준중량 값 근처에 분포하고 있으며 표준편차 또한 크지 않음을 알 수 있다. 이것은 본 선별기의 성능이 양호함을 나타낸다고 사료된다. 또한 중량이 초과되거나 미달한 감자에 대한 평균값의 편차가 크게 한쪽으로 치우치지 않았다는 것은 설정된 각 기준 값이 실제 중량에 대해 크게 벗어나지 않는다는 것을 의미한다고 사료된다.

등급분류의 성능을 더욱 정확하게 알아보기 위해 각 등급별로 선별된 감자에 대해 다시 선별하였을 때의 재현성 실험을 수행하였다. 실험방법은 각 등급별 감자에 대해 각각 따로 재 선별하여 원래의 등급에서 벗어난 감자에 대한 오차를 산출하였으며 표 3-5는 이때의 오차특성을 나타낸다. 실험 결과 중량이 작은 감자일수록 오차가 작았으며 중량이 클수록 커질수록 경향을 보였다. 이것은 중량이 작은 감자는 장직경과 단직경의 비가 작을 뿐만 아니라 형상이 비교적 등글지만 큰 감자일수록 장·단경 비가 큰 것은 형상의 균일성이 떨어지기 때문으로 사료된다. 그러나 전체적으로 오차가 10% 이내로서 선별기의 성능은 양호하다고 판단된다.

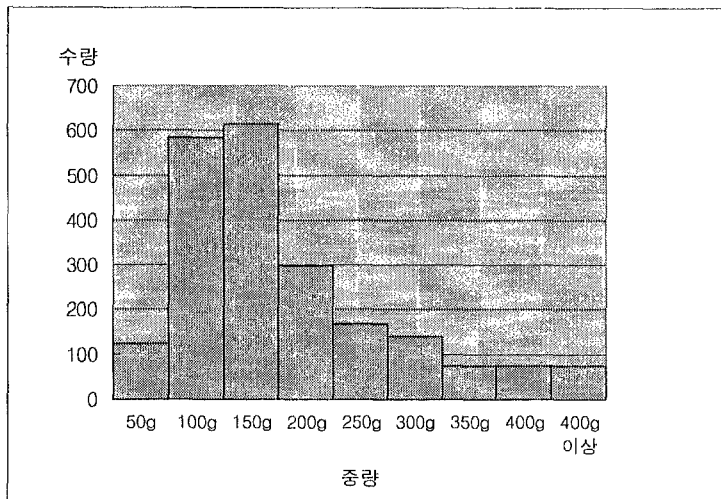


그림 3-3 실험에 사용된 감자의 중량분포

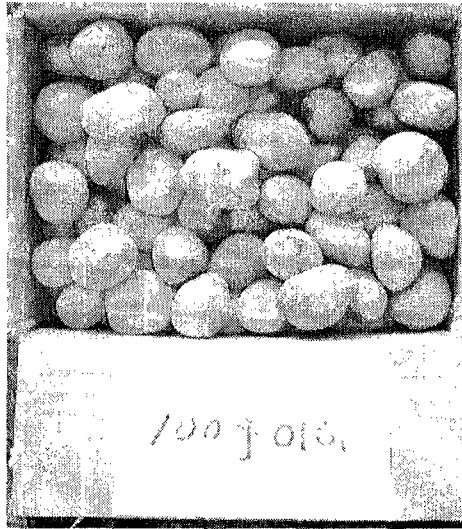


그림 3-4 100g 이하로 분류된 감자

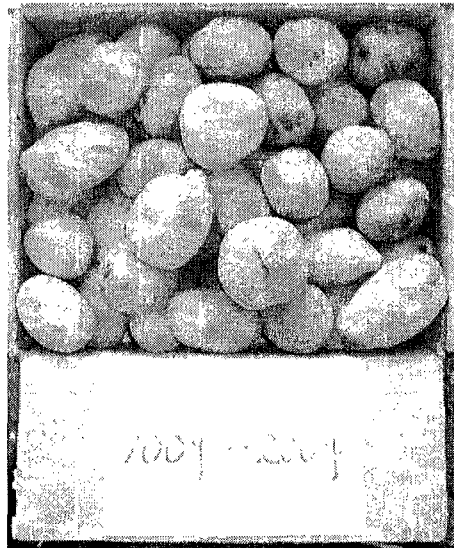


그림 3-5 100~200g으로 분류된 감자

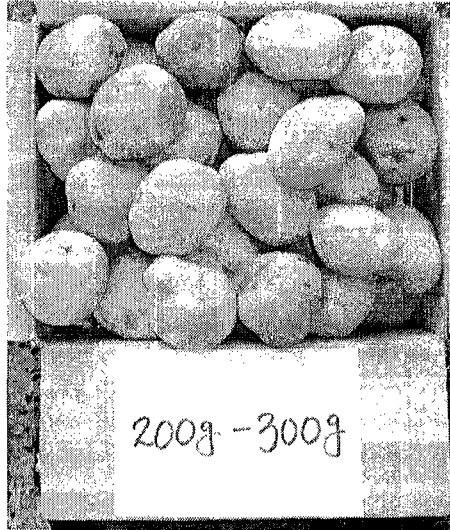


그림 3-6 200~300g으로 분류된 감자

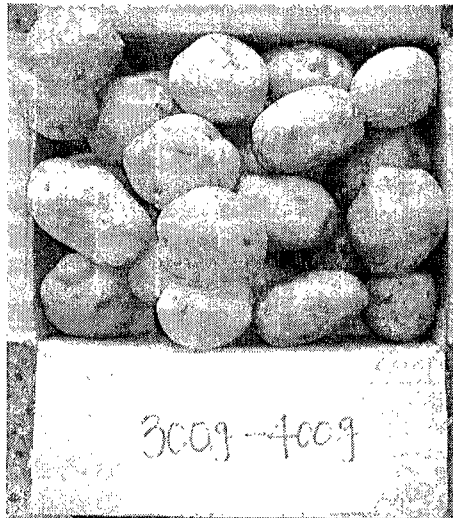


그림 3-7 300~400g으로 분류된 감자

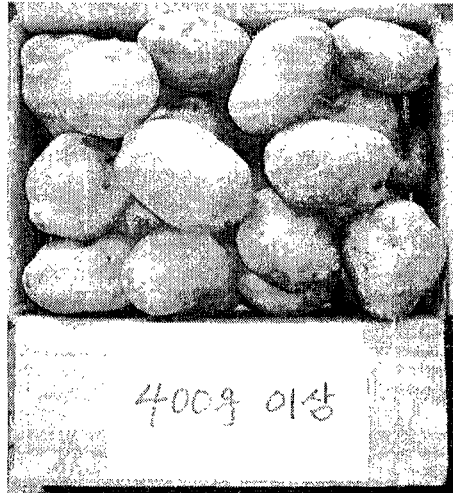


그림 3-8 400g 이상으로 분류된 감자

표 3-3 감자 선별결과

감자 수량	100g 이하	100-200g	200-300g	300-400g	400g 이상
전체	708	921	309	147	75
중량초과	104	33	27	14	x
중량미달	x	39	16	9	14
오차(%)	14.6	7.8	13.9	15.6	18.6
총오차(%)	11.8				

표 3-4 각 등급별 오차분포특성

항 목		100g 이하	100-200g	200-300g	300-400g	400g 이상
등급 내	평균(g)	69.52	145.5	248.9	353.2	435.1
초과	평균(g)	110.2	214.4	311.3	417.2	x
	표준편차	11.6	13.2	12.4	3.8	x
미달	평균(g)	x	92.5	194.0	288.6	387.3
	표준편차	x	8.2	9.3	10.2	12.7

표 3-5 재현성 실험결과

중 량	총 수 량	수 량 오 차	오 차 (%)
100g 이하	682	46	6.8
100-200g	893	91	10.1
200-300g	359	35	9.7
300-400g	145	19	13.1
400g 이상	75	11	14.6
계	2154	202	9.37

표 3-6은 중량계량 및 선별 배출부의 속도를 나타낸다. 감자가 로드셀과 충돌하여 등급을 결정하는데 소요되는 시간은 30ms 이하이며 1단 배출장치가 작동하기까지 소요되는 시간은 최대 200 ms 이하이다. 또한 1단 모터의 정지 및 2단 배출부 작동은 독립적인 인터럽트로 처리되기 때문에 하나의 감자를 처리하는데 소요되는 최대시간은 200 ms 이하이므로 최대 선별속도는 초당 5개이다. 그러나 이것은 확산 정렬부의 정렬상태가 최적이면서 100g 이하의 작은 감자에 대한 이상적인 수치이며 실제로는 큰 것과 작은 것이 혼합되어 있으므로 평균 초당 2.989개 정도로 나타났다. 따라서 상용화 연구단계에서 확산 정렬부의 성능을 최대로 끌어올린다면 최대 초당 3.5개의 감자를 선별할 수 있을 것으로 사료된다. 이상의 결과에 의해 개발된 선별기의 최종 성능을 표 3-7에 정리하였다.

표 3-6 선별 배출부의 속도

중량제한	낙하시간	1단동작	2단동작	최대 선별속도	실제 선별속도
30ms 이하	170ms이하	70ms이하	200ms 이하	5/sec	2.989/sec

표 3-7 감자 선별기의 성능

항 목	성능	비고
중량 오차(%)	11.80	
재현성 오차(%)	9.37	
최대선별속도(개/초)	5	1라인 기준
실제최대선별속도(개/초)	3.57	1라인 기준 (정렬이 100%인 경우)
평균선별속도 (개/초)	2.989	1라인 기준
시간당 선별능력 (box/h)	86	개당 평균중량 : 160g 1box : 20kg

제2절 경제성 분석

1. 경제성 분석

본 연구개발을 통하여 개발된 장치를 단일 기초면적(1ha)에 준하여 현재의 수작업과 비교할 경우의 비용 절감 효과는 표 3-8과 같다. 이 비교에서 선별기는 수집부 및 덩핑부, 선별 후 상자 자동공급 및 포장자동화 라인이 추가되었을 때의 가격이다. 그 결과 ha당 소요비용은 99.75천원으로서 수작업의 약 69.3%로서 약 30.7%의 비용 절감 효과를 나타내었다. 또한 개발된 장치를 작목반, 농협 등에서 계통 출하를 가정할 경우 4개 라인을 한 세트로서 하여 동시에 가동할 수 있는 시스템을 구성할 필요가 있고, 이에 대한 비용 절감 효과는 ha당 소요비용은 51.33천원으로서 수작업의 약 35.6%로서 약 64.4%의 비용 절감 효과를 나타내었다.

제주도의 경우는 감자재배가 2모작 형태로 이루어지므로 작목반 별, 혹은 농협단위로 설치되었을 때 연간 가동시간은 800시간 이상이 될 수 있으며 이 경우 비용절감 효과는 더욱 커질 수 있다. 또한 본 선별기는 모터와 일반 평벨트로 이루어진 V형 벨트가 전부이므로 고장률이 타 선별기에 비해 상대적으로 낮아 실제 연간 고정비는 분석자료보다 훨씬 낮은 수준이 될 것으로 사료된다. 또한 선별기의 보급이 확대되어 적기 출하가 가능해 지고 감자의 유통구조가 개선됨으로 인한 무형적인 효과도 상당히 클 것으로 예상된다.

표 3-8 감자 자동 선별기의 경제성 분석

구분		본 개발 장치		관행(수작업) 6인기준	비고
		1라인 기준	4라인 기준		
구입가격(천원)		10,000	20,000		
내구년환(년)		5	5		
사용시간(시간/년)		800	800		
고정비 (천원/년)	감가상각비	2,000	4,000		
	수리비	500	1,000		5%
	이자	500	1,000		5%
	소계	3,000	6,000		
시간당고정비 (천원/시간)		3.75	7.5		
유동비 (천원/시간)	인건비	10.000	20.0	18.0	1라인 : 1명 4라인 : 2명
	전기료	500	2.0		
	소계	10.5	22.0	18.0	
시간당비용(천원/시간)		14.25	29.5	18.0	
작업성능(시간/ha)		7.0	1.74	8.0	
소요비용(천원/ha)		99.75 (69.3)	51.33 (35.6)	144.0 (100)	

주) ○ 1ha당 수확량

- 수확량 : 20kg기준 600box, 1box : 개당 평균 160g으로 계산

○ 수작업

- 1인 1일 8시간 작업, 1인당 인건비 30,000원

- 선별인원 6명 (2명은 수확, 1명은 박스운반, 6명은 선별)

○ 기계화 작업

- 1인당 인건비 80,000원

2. 관련 농가의 의견

개발 과정에서 연구진이 필요에 의하여 타 선별기의 현장 견학을 통하여 현재 운용되고 있는 선별기에 대한 의견을 분석한 결과를 표3-9에 나타내었다. 공통적으로 가장 큰 불만은 선별의 정밀도가 떨어진 다는 것과 선별기준이 모호하다는 것으로 나타났다. 그러나 실제 구입에서는 가장 큰 고려 사항은 선별 속도와 가격대비 선별능력이었다. 이것은 실제 수요자들은 아직도 선별의 정밀도나 선별 기준의 정확성에 대한 인식이 대단히 낮다는 것을 의미한다고 사료된다. 한편 컵형은 현재 개발이 완료되지 않아 장치의 신뢰성이나 운전의 수월성은 판단이 어려웠으나 가격이나 선별속도에 대한 불만이 상당히 큰 것으로 나타났다.

또한 본 과제에서 개발된 시스템에 대한 의견을 청취한 결과는 표 3-10과 같다. 선별 결과에 대한 정밀도나 선별기준의 정확도는 전부 만족으로 나타났으나 선별속도나 가격대비 선별능력은 보통정도로 평가되었으며 완성도에서는 불만으로 조사되었다. 이것은 선별기에 대한 선입견이 전술한 바와 같이 정밀도나 정확도를 별로 중시하지 않기 때문에 단지 기존 선별기의 처리 능력 대비 설치 가격에 큰 비중을 두고 있기 때문으로 분석된다.

완성도에 대해서는 아직은 미흡하다는 의견이 지배적이었으며 이는 향후 상용화 연구단계를 거친다면 충분히 보완될 것으로 판단된다. 한편 완성도가 높을 경우 구입여부에 대해서는 농협단위에서는 긍정적이었으나 자영업자인 경우는 설치단가가 높은 관계로 부정적인 답변을 보였다. 이상의 결과를 종합적으로 분석해 보면 본 과제에서 개발된 시스템의 선별 신뢰성과 처리속도는 전체적으로 긍정적이므로 상용화 단계에서 시스템의 완성도만 높인다면 충분히 수요가 있을 것으로 사료된다.

표 3-9 기존 선별기에 대한 만족도(x : 불만, o : 만족, △ : 보통, - : 무응답)

구 분	선별 정밀도	선별기준의 정확도	가격대비 선별능력	선별속도	장치의 신뢰성 (고장률)	유지보수의 수월성	감자의 손상도
화 상 식	x	x	x	x	x	x	o
롤 라 식	x	x	△	o	o	x	△
간이 롤라식	△	x	o	x	△	o	△
컵 형	o	o	x	x	-	-	o

- 주) - 화상식 : 대관령 농협
 - 롤라식 : 대정농협
 - 컵 형 : 대정신협 (현재 상용화 연구 중)
 - 간이 롤라식 : 강정 자영농

표 3-10 본 시스템에 대한 의견(x : 불만 , o : 만족, △ : 보통, - : 무응답)

구 분	선 별 정밀도	선별기준의 정확도	가격대비 선별능력	선별속도	장치의 완성도	손상도	완성도가 높을 경우 구입의사
대정농협	o	o	△	△	x	o	o
대정신협	o	o	△	o	x	△	o
강정자영농	o	o	x	△	x	o	-

제4장 결론 및 활용에 대한 건의

제1절 결론

감자는 전국 생산량이 70만 톤 이상이며 특히 제주도는 감자의 주산지로서 전국 생산량의 23 % (봄감자의 경우 64%)를 차지하며 감귤 다음으로 농가의 주 소득원이 되고 있다. 그러나 감자의 파종에서부터 선별 유통 전 과정에서 파종과 수확만 일부 기계화가 이루어져 있을 뿐 선별은 거의 수작업으로 이루어지고 있는 실정이다. 3000평을 기준으로 선별작업에 약 10여명이 필요하며 중량이 아닌 크기 기준이며 등급편차가 심할 뿐만 아니라 과다 노동력 투입에 의해 생산 원가가 높아 감자의 가격이 미국등 주요 감자생산국과 비교할 때 4배 이상이나 높아 가격 경쟁력이 크게 떨어지고 있다. 따라서 상품성 향상과 생산비 절감, 그리고 부족한 농촌의 노동력해소를 위해서는 선별기의 기계화가 시급한 실정이다. 또한 현재 개발되어 있는 선별기는 고가이거나 선별 성능이 떨어질 뿐만 아니라 감자의 등급기준인 중량이 아닌 크기에 따른 분류를 하고 있어 중량에 기준한 선별기의 개발이 필요한 시점이다.

본 과제에서는 현재 거의 수작업으로 진행되고 있는 감자의 등급분류를 자동으로 수행 할 수 있는 중량에 기준한 선별기를 개발하였다. 자동 감자 선별기는 수집, 이물질 제거, 확산정렬, 중량계량, 선별배출, 그리고 자동 포장등의 단계를 거쳐야 한다. 이와 같은 단계 중에서 본 과제에서는 이물질 제거, 확산정렬, 중량계량, 그리고 선별배출에 대한 연구를 수행하였으며 수집이나 자동 포장시스템은 여타 선별기와 동일한 구조가 쉽게 적용될 수 있도록 설계하였다.

이 시스템은 로드셀을 이용하여 감자의 중량을 고속으로 계량하며 컵이나 기타 보조 장치를 쓰지 않고 컨베이어 벨트 그 자체만을 이용한 것이 특징이다. 따라서 이 시스템은 경제적이며 고장발생이 최소화될 수 있으며 감자의 원래 등급기준인 중량을 기준으로 등급을 분류함으로써 농가에 보급 될 경우 감

자 선별에 필요한 인력이나 인건비를 줄이고 유통구조를 개선하는데 기여하여 생산자의 소득증대에 크게 기여할 것으로 기대된다. 시스템을 제작하여 실제 실험으로 그 성능특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

○ 이물질 제거부

PE 재질의 솔이 부착된 회전 롤러형 이물질 제거장치를 개발하였다.

○ 확산 정렬부

평벨트형 확산장치와 V벨트형 3단 정렬장치를 개발하였으며 가속->감속 ->가속 단계를 거침으로서 효과적으로 정렬이 이루어짐을 확인하였다.

○ 중량계량부

감자의 선운동량을 측정하는 수직 평판형 로드셀 중량계량 장치를 개발하였으며 중량계량에 대한 표준을 설정하였다. 이 계량장치는 감자 이외의 다른 작물의 중량계량에도 이용이 가능하다.

○ 선별 배출부

DC 모터로 구동되는 회전형 배출 안내판 방식의 배출기를 개발하였으며, 이 장치 역시 다른 작물의 선별 배출용으로 적용이 가능하다.

○ 시스템 제작 및 성능평가

설계된 각 부를 제작하고 조합하여 전체 시스템을 구성하고 실제 감자를 이용한 실험을 통하여 성능을 개선하였다. 시스템의 최종 성능은 중량 오차 11.8 %, 재현성 오차 9.37 % , 그리고 선별속도는 초당 2.989개였다. 이것은 4라인 기준으로 볼 때 시간당 처리 능력이 약 344 box로 인력 (12box)의 약 28배 정도로서 최대 64.4%까지 선별비용이 절감될 수 있다.

제2절 활용에 대한 건의

1. 개발완료 시점에서 상용화 연구 및 시범보급을 위한 후속 프로그램 개발이 이루어질 수 있도록 정부나 도 차원의 지원이 바람직하다.
2. 개발된 선별기 제작업체에 생산자금을 지원하고 시스템을 구입하는 농가나 작목반 등에는 농기계 구입자금을 지원함으로써 보급이 활성화되리라 사료된다.
3. 정부차원에서 감자의 등급에 대한 기존의 관행을 개선하여 중량에 기준한 등급의 필요성과 타당성을 적극 홍보할 필요가 있다.

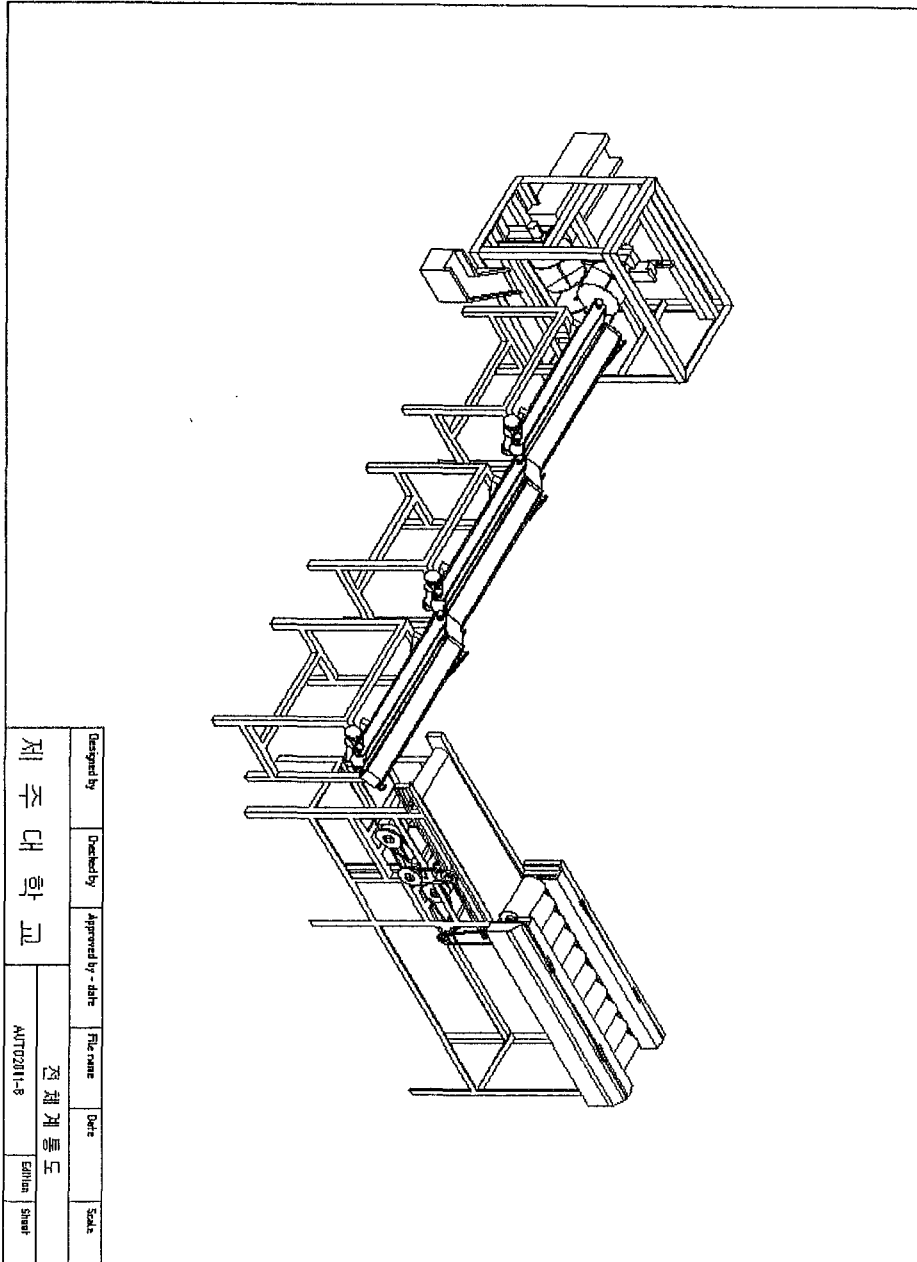
[참고 문헌]

- 1] 정창주, 농작업 기계학, 서울대학교 출판부, 1988
- 2] 북제주군 농촌지도소, 원예작물, 1998
- 3] 농림부, 전국감자재배현황, 1999.
- 4] 이태원, 임인철, 디지털 회로설계, 회중당, 1995.
- 5] 이장무, 동역학, 회중당, 1997.
- 6] 김영해, 센서 인터페이싱, 기전연구소, 1995.
- 7] 안영선, 기구학, 동명사, 1996.

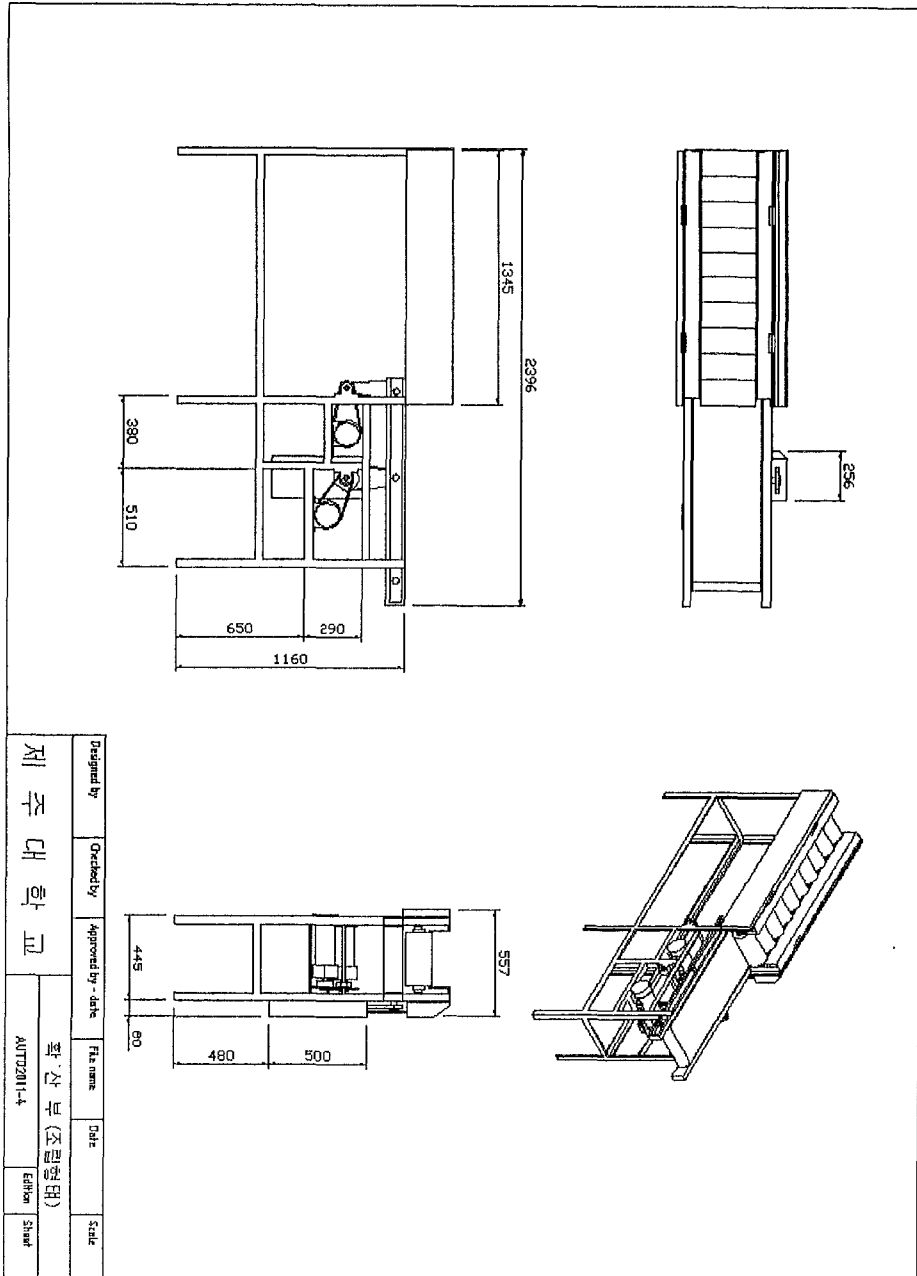
부록 주요 설계도면

1. 전체 계통도
2. 이물질 제거 및 확산정렬부 (조립형태)
3. 이물질제거부
4. 확산부
5. 정렬부
6. 선별부 (계통도)
7. 로드셀부
8. 회전형 배출부

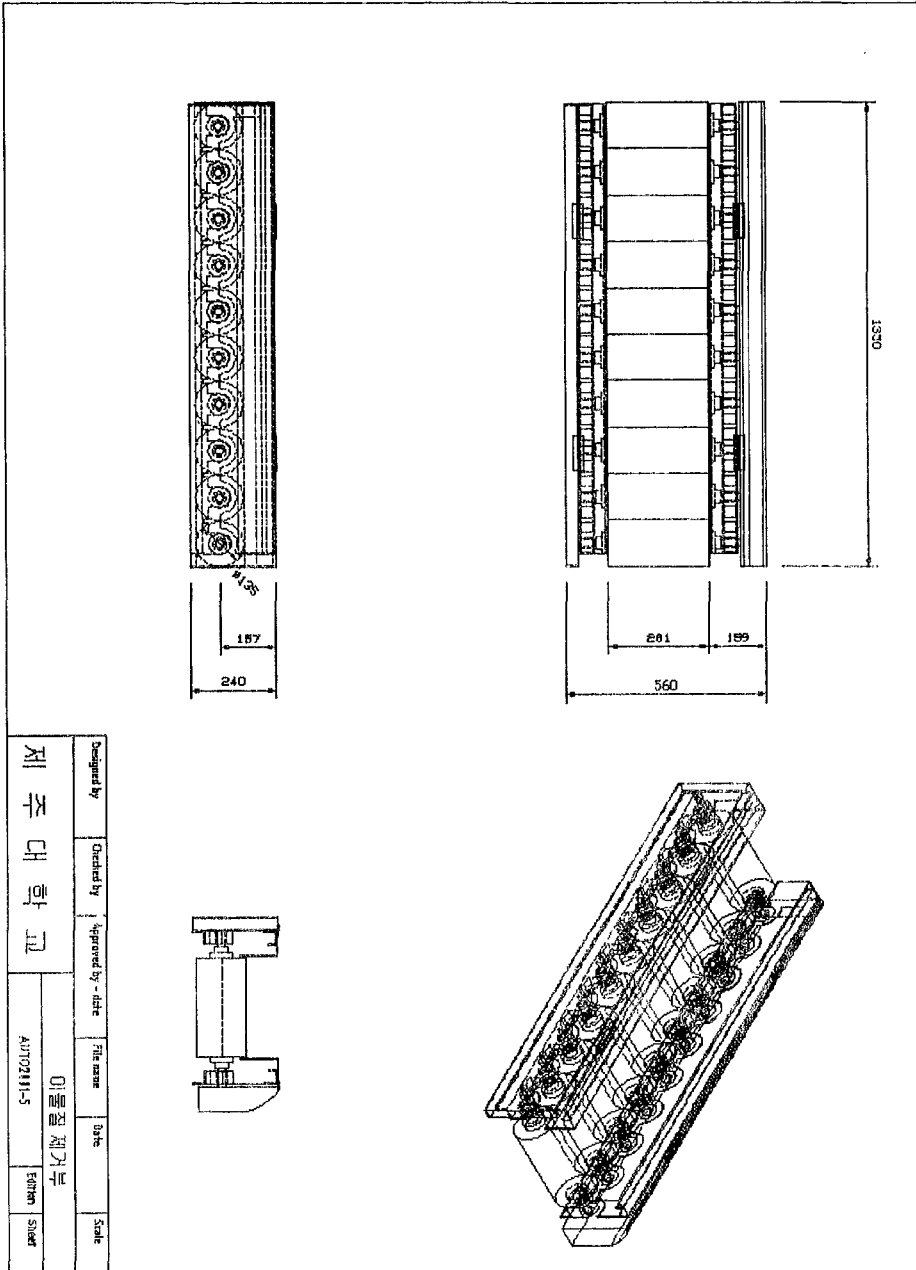
1. 전체 계통도



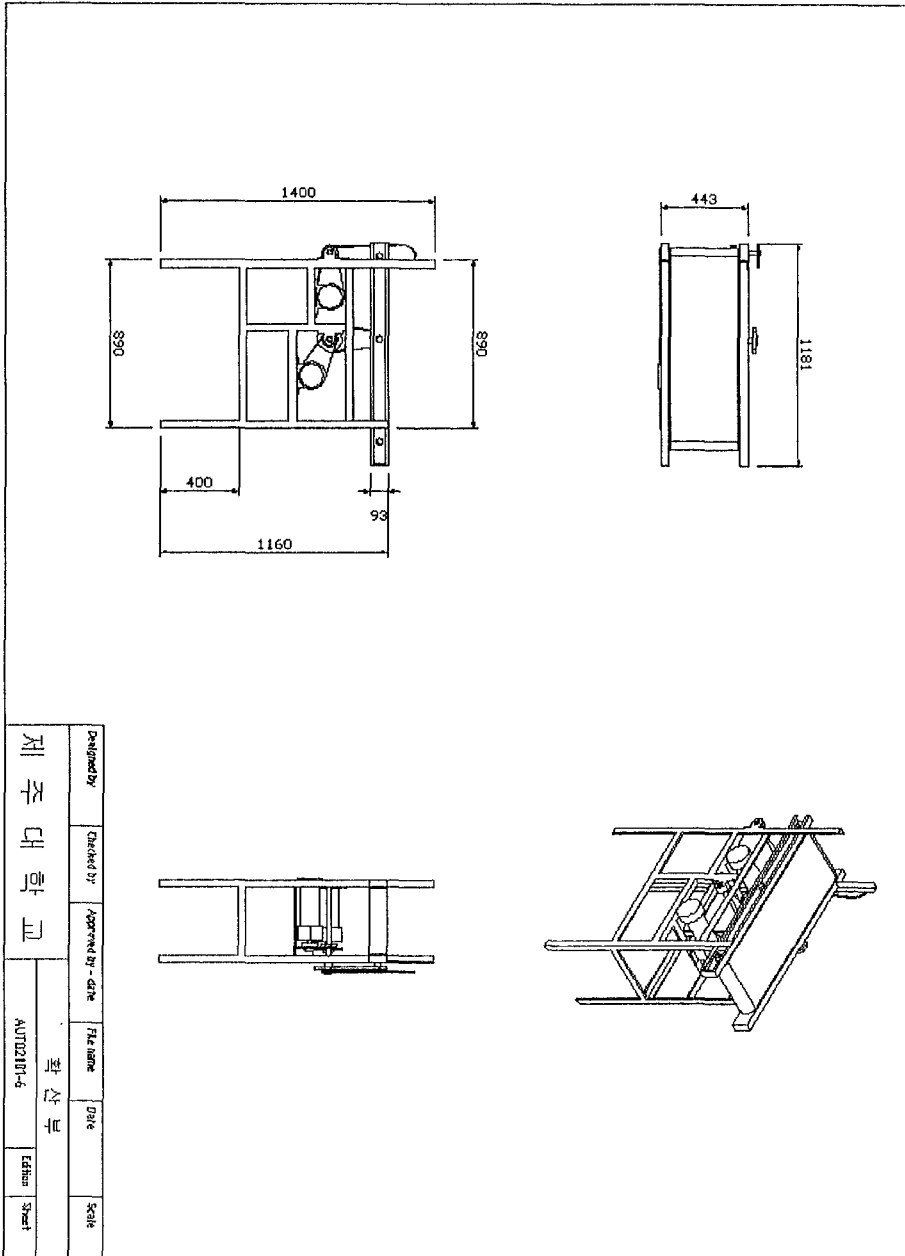
2. 이물질 제거 및 확산정렬부(조립형태)



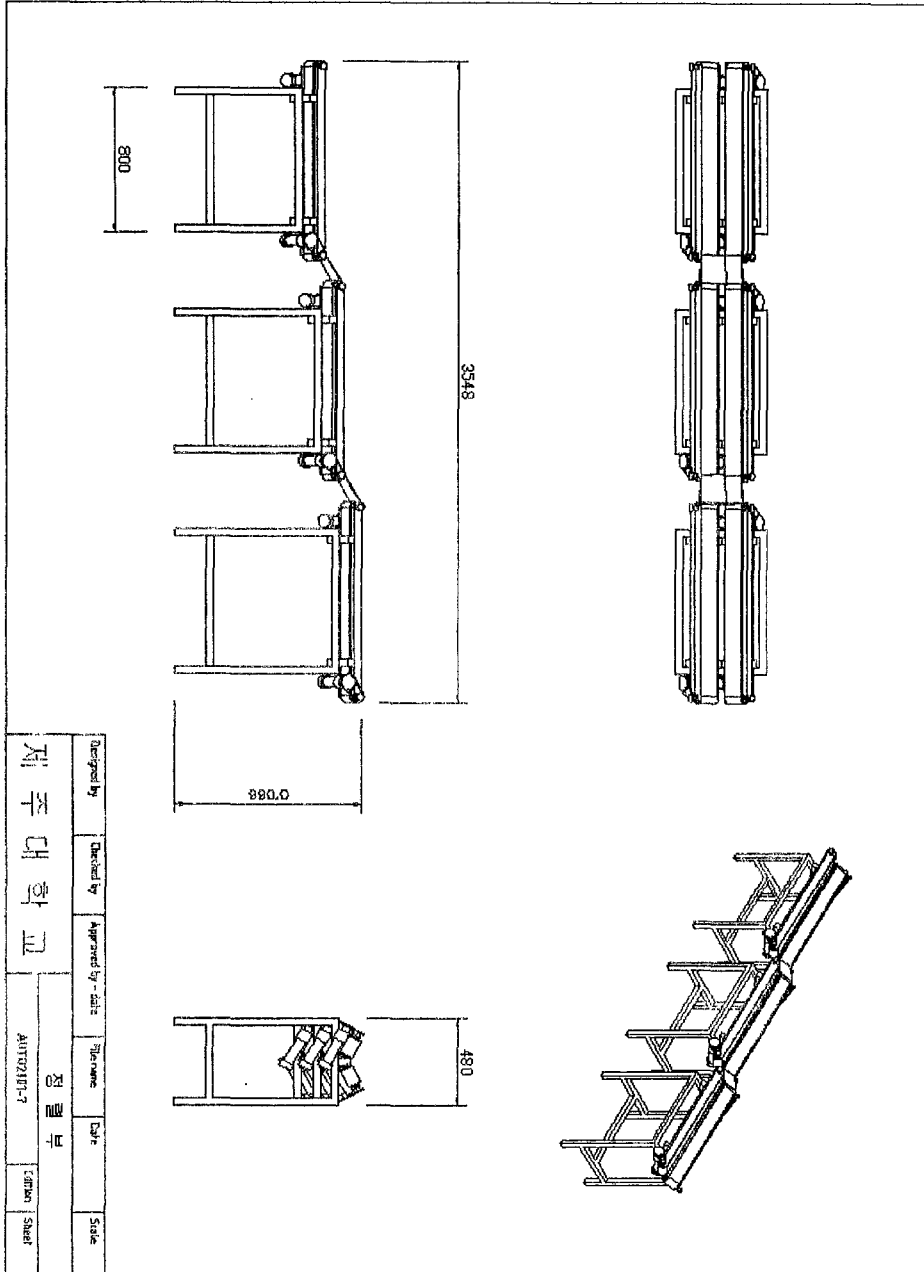
3. 이물질 제거부



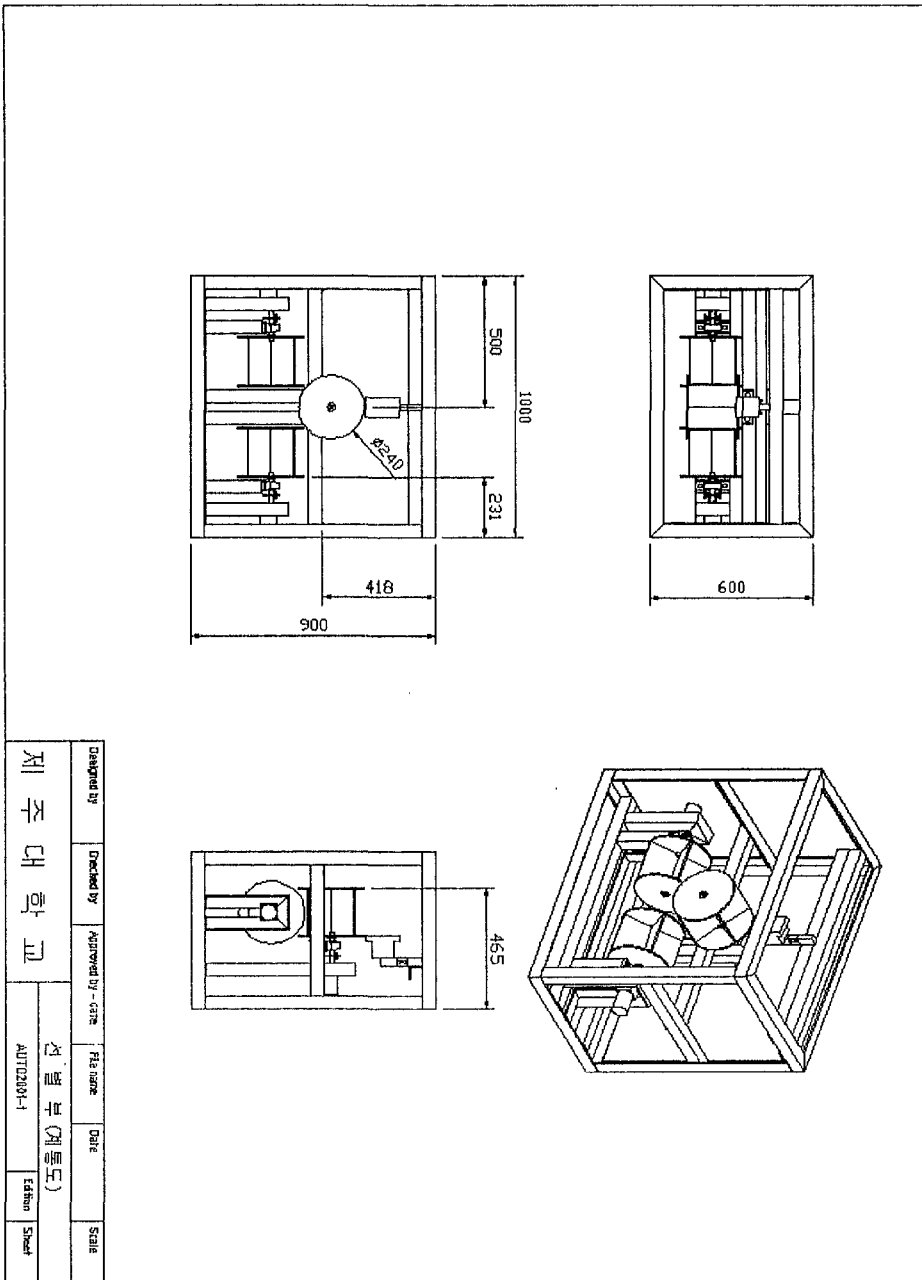
4. 확산부



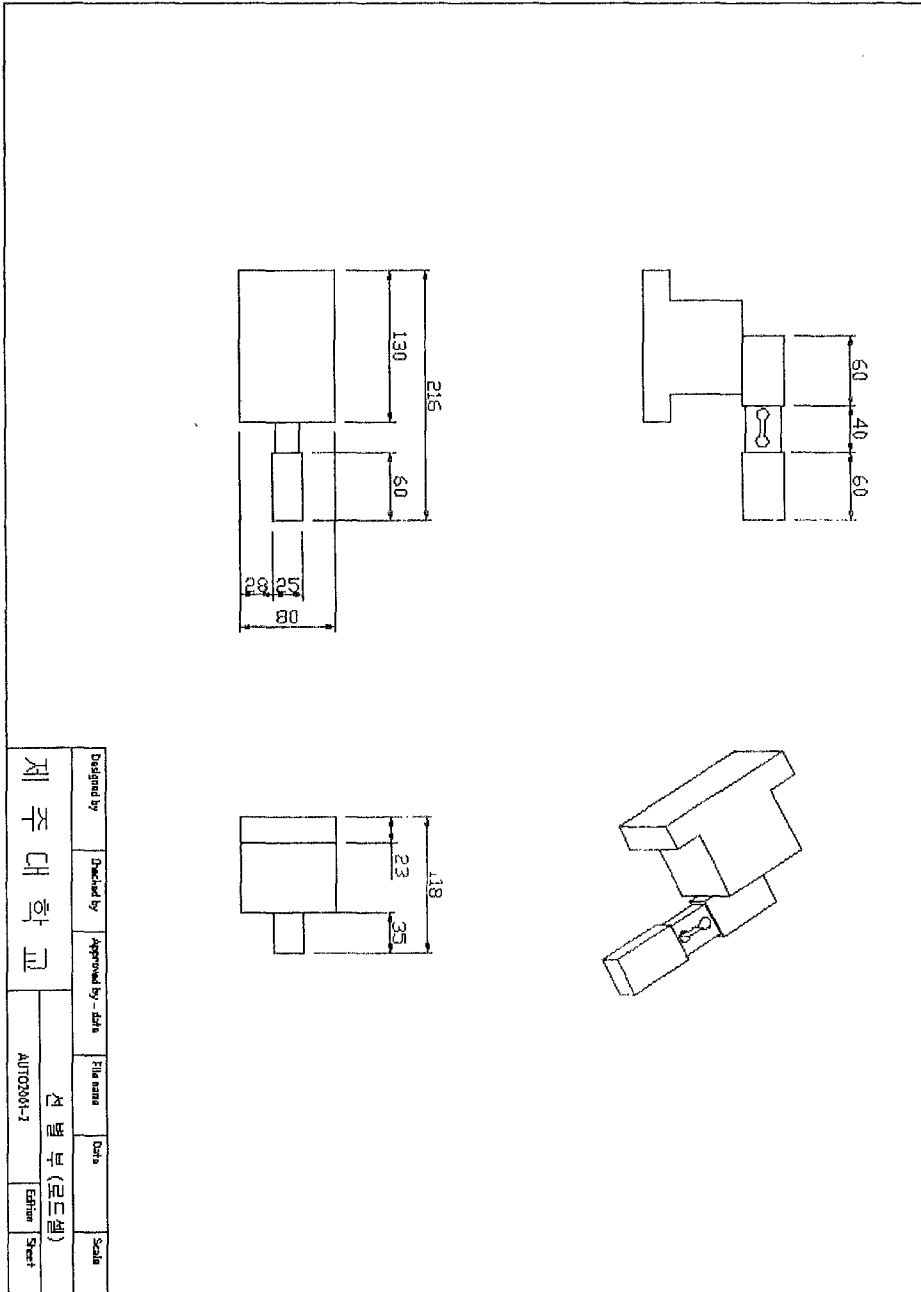
5. 정렬부



6. 선별부(계통도)



7. 로드셀부



8. 회전형 배출부

