

등급별 건표고 자동 선별시스템 개발[†]

Development of Automatic Sorting System for Graded Dry Oak Mushrooms

김시찬* 황 환* 이준호**

성희원 성희원

S.C. Kim H. Hwang C.H. Lee

1. 서론

수확한 농산물을 품질등급에 따라 선별하는 작업은 균일한 품질의 공급을 통하여 부가가치를 향상시키고 농가의 수익을 증대시키며 소비자의 품질 신뢰도를 높이는 중요한 작업이다. 등급판정 및 판정된 등급에 따라 정확하게 선별하는 작업은 그 중요성 및 효과로 인하여 대부분 농산물로 확산되고 있다. 하지만 품질선별 작업의 노동투하 시간은 대부분의 경우 전체 작업체계에서 상위의 큰 비중을 차지하고 있다(송 1995). 이렇게 품질선별 작업이 매우 노동집약적인 공정인데 반하여 생산현장의 경우에는 노동력 부족, 고임금, 노동인구의 고령화 현상이 일반화되어 있는 실정이다. 또한 수작업에 의한 품질선별은 전체적인 생산성 및 품질의 일관화 측면에서 취약점을 가지고 있다. 따라서, 노동집약적인 품질선별 작업을 생력화하는 기술의 개발이 필요하다.

하지만 품질선별 생력화 기술은 사과 등의 일부 과일에 국한되어 일부 품질요소에 국한하여 실용화 되고 있을 뿐 아직 전반적으로 확산되지 않고 있다(노 1992, 황 1995). 이는 농산물의 경우에는 대상체의 전체 품질이 개개의 내외부 품질요소들의 상호 복합작용으로 결정될 뿐아니라 같은 종이라 할지라도 크기, 형상, 중량 등이 불균일하여 기계화, 자동화가 어려운데 기인한다.

품질선별은 등급판정기술과 판정된 등급에 따른 선별기술로 나눌 수 있다. 등급판정기술은 등급에 관여하는 농산물의 내외부 품질요소들을 효과적으로 추출하여 정확하고 안정적으로 등급을 판정하는 기술이다. 또한 품질등급의 기준은 대상체의 내외부 품질요소의 정량적 및 정성적 요소의 척도이외에 판정의 주체가 되는 소비자의 감각적 주관에 크게 의존한다. 이러한 등급판정 기술이 산업화 되기 위해서는 개개의 내외부 품질요소가 추출되고, 추출한 요소들을 복합적으로 처리하여 등급을 판정하는 일련의 과정이 실시간, 온라인 개념 하에서 이루어져야 한다.

등급에 따른 선별기술은 선별하려는 대상체의 크기, 모양, 중량을 비롯하여 마찰, 충격에 따른 손상도, 경도 등 취급시 영향을 받는 대상체의 물리적 특성에 크게 영향을 받는다. 이

† 본 연구는 농림부 1996년도 농림수산물기술개발사업과제 지원으로 수행되었음

* 성균관대학교 생물기전공학과 ** 성균관대학교 과학기술연구소

리한 물성을 고려한 선별 기구의 개발 및 기능성과 경제성을 고려한 시스템의 최적화가 마찬가지로 실시간, 온라인 개념하에서 수행되어야 한다.

품질선별의 기계화, 자동화는 등급판정 기술 못지않게 대상체의 선별을 위한 시스템의 개발이 중요하다. 공급, 이송, 배출 등의 취급공정에 있어 대상체의 형상, 크기 및 중량의 불균일성 그리고 경도 및 충격 등의 물리적 특성을 고려한 선별시스템의 개발이 필요하다.

대상체의 크기가 작은 곡물류의 경우는 대개 품질등급의 판정을 개체별로 하기 보다는 샘플을 이용하는 경우가 대부분이다. 곡물류의 경우에 있어서 품질선별은 개체별 등급판정보다는 대개 품질이 안좋은 개체나 외부 불순물 등을 제거 하는데 목적이 있다고 하겠다.

개체별 품질선별을 하는 대상체의 크기가 비교적 큰 과채류와 같은 농산물의 경우에 대한 개체 분류시스템은 크게 두가지 형태로 나눌 수 있다. 하나는 형상을 고려하여 일정한 간격을 가지고 장착된 홀더에 의해 이송시키면서 등급에 따라 기 설정된 배출포트로 배출하는 방식과 다른 하나는 일정한 간격없이 무작위로 이송시키면서 등급에 따라 기 설정된 포트에 배출시키는 방식이다.

분류 배출방식의 선정은 대상체의 외관 및 물리적 특성에 따라 결정하게 된다. 하지만 일반적으로 장착홀더에 의한 이송 및 배출방식은 배출에 따른 시스템 제어는 용이하나 장착부를 포함한 이송기구가 복잡해지고 시스템이 고가 대형화가 되는 문제점을 가진다. 반면 장착부가 없는 무작위 이송에 의한 배출 방식은 대상체의 위치 감시가 필요하고 시스템 제어가 복잡해지며 적용 대상체에 따라서는 대상체간 적당한 간격을 유지해 주는 장치가 필요하다.

본 연구에서는 홀더가 없이 무작위로 이송되는 대상체를 등급에 따라 정해진 포트에 배출하는 방식을 이용하여 등급이 이미 판정된 건표고를 대상으로 효율적으로 분류하는 시스템을 개발하였다. 개발한 분류 시스템은 기존 시작기의 선별기구부의 구동지연으로 인한 선별성능 저하의 단점을 보완하여 구축하였다(황 1995). 속도조절 컨베이어를 이용한 대상체 이송장치를 바탕으로 분류배출을 위한 이송거리에 대비하여 많은 수의 등급별 배출 포트가 설치되도록 공간활용을 극대화하였고 분류시스템의 기구를 단순화시켜 개발하였다.

개발한 선별시스템은 건표고를 크기와 형상에 따라 시험적으로 총 22개 포트에 분류 배출이 가능하도록 하였으며 분류 배출포트의 확장이 용이하도록 설계하였다. 건표고의 분류 배출은 기 개발한 동시 선별 알고리즘을 적용하여 분류 배출 기구부를 구동하였으며 개발한 건표고 분류 배출 시스템을 등급판정이 수행된 표고를 대상으로 성능을 시험하였다.

2. 재료 및 방법

가. 분류 기구 및 제어기

(1) 기구부

진동피더를 통해 일렬로 공급되는 건표고는 컴퓨터시각 시스템이 설치된 두 세트의 속도 조절 컨베이어를 거쳐 분류시스템으로 이송된다. 두 세트의 컨베이어 사이에는 버섯 반전 장치를 설치하였고 반전장치를 거쳐서 등급판정이 끝난 버섯은 다시 컨베이어에 의해 이송된다. 컨베이어 이송방향으로 양쪽에 각각 5세트의 등급에 따른 배출버킷을 그리고 컨베이어의 끝단에 한 세트의 배출버킷을 설치하여 도합 10세트의 배출버킷을 장착하여 버섯이 배출되도록 하였다. 버섯의 이송은 진동피더와 컨베이어의 속도를 조절하여 이송시 겹침을 방지하고 적정 이송간격을 유지할 수 있도록 하였다.

두 세트의 배출버킷을 이송 컨베이어를 사이에 두고 마주보게 배열하여 주어진 이송공간에 되도록 많은 배출 포트를 설치할 수 있도록 하였다. 하지만 이송공간의 효율적 이용을 위해 마주보게 배열한 배출버킷은 배출 구동장치의 설계시 상호간의 간섭이 일어나지 않도록 기구를 설계해야 하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해소하는 동시에 배출 구동장치의 구동속도 지연으로 인한 선별성능의 저하를 해결하기 위하여 공기압 노즐블럭을 각 배출버킷 상단부에 설치하였다.

고압의 공기를 이용하면 구동 기구의 설치로 인한 공간문제와 구동장치간 상호 간섭, 구동기구의 작동시간 등의 문제를 손쉽게 해결할 수 있을 뿐 아니라 컨베이어면을 항상 깨끗하게 유지하고 비접촉으로 인하여 건표고의 손상을 방지할 수 있는 장점이 있다. 공기노즐블록은 지름 2mm의 노즐을 38mm 간격으로 5개를 설치하여 제작하였으며 설치 위치는 상하좌우 이동 및 회전이 가능하도록 하여 해당 버킷으로 이송되는 버섯의 크기를 고려하여 컨베이어 이송면으로의 분사위치와 분사각도를 개별 버킷에 따라 조절할 수 있게 하였다. 또한 각 노즐블럭에 노즐공기의 유량을 조절할 수 있는 유량조절 밸브(AS2000, SMC)를 설치하여 해당 등급버킷으로 배출되는 버섯의 크기를 고려하여 유량을 조절하였다.

각 배출버킷은 속도조절 밸브를 부착한 크레비스 형 공압실린더에 의해 구동되는 안내판을 내부에 장착하여 버킷으로 들어오는 버섯을 다시 두 개의 등급별로 재 분류할 수 있도록 하였다. 배출버킷은 두께 1mm의 스테인레스강판을 이용하여 판금제작하였으며 버킷 상단은 내부 기구장치의 보수 유지를 위하여 뚜껑을 설치하여 개폐가 가능하도록 하였다. 또한 건표고의 크기와 컨베이어의 구동속도와 공기압에 의한 버섯의 배출시 이동 방향 및 거리를 고려하여 배출되는 부위의 크기를 설정하였다.

버킷으로 접근하는 건표고를 감지하기 위하여 마주보는 각 배출버킷들에 연하여 총 6개의 투과형 광센서(E3R-5DE4, Omron)를 설치하였다. 그리고 500mm/sec의 컨베이어 이송속도 하에서 버킷 배출너비의 1/3 지점에서 공압노즐이 작동을 시작하여 0.3초 동안 작동이 유지되도록 하였다. 공압노즐의 작동시점 및 시간 역시 표고의 이송속도에 따라 변환이 가능하도록 하였다. 그림 1은 이송 컨베이어 양단으로 설치한 배출버킷과 공기압노즐 블록 그리고 투과형 광센서를 보여준다. 그림 2는 크레비스 실린더를 장착하여 설치한 이중배출 버킷을 보여준다.

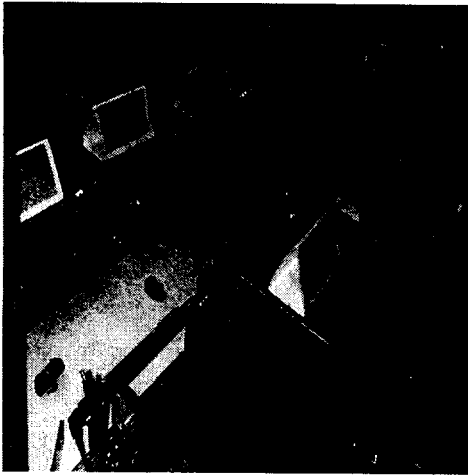


Fig. 1 Developed sorting mechanism

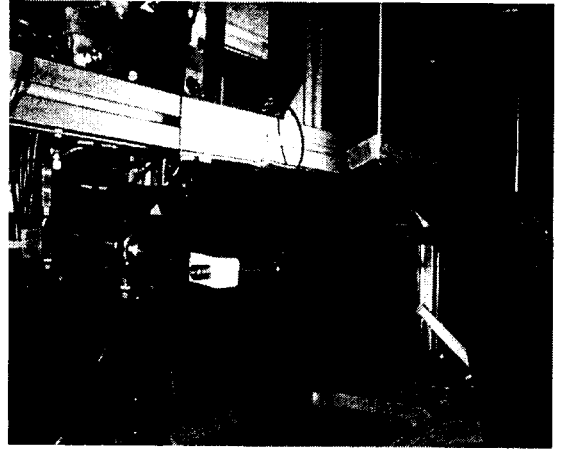


Fig. 2 Double Channel bucket and clevis air cylinder.

(2) 제어부

전체 제어부 구성은 그림 3과 같이 크게 인터페이스부, 주 제어부, 구동부와 같이 세 부분으로 나눌 수 있는데 인터페이스부는 등급선별 장치와의 데이터 및 동기신호 인터페이스부와 분류장치 내부에 장치된 센서 및 스위치 입력용 인터페이스부로 나누어지며, 주 제어부는 프로세서부와 입출력부로 나누어지고, 구동부는 노즐 솔레노이드 구동부와 공압 실린더용 솔레노이드 구동부로 나누어진다.

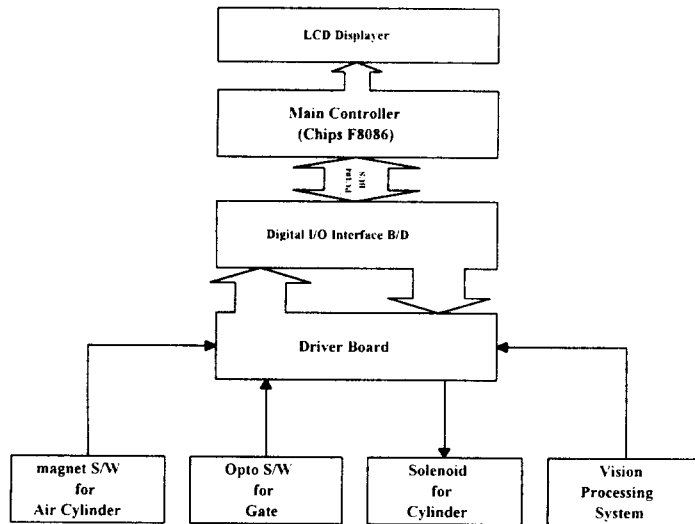


Fig. 3 Block diagram of sorting system.

인터페이스부에서 등급선별 장치와의 인터페이스 포트는 표 1과 같이 설정하였다. 상호 간의 신호 처리는 전송선의 단절 및 외란에 의한 장애로 인하여 생길 수 있는 오류를 방지하기 위하여 하강 모서리 신호 동기 및 특정 코드 동기신호의 송수신에 의한 검사 루틴을 통하여 데이터 수신 처리를 하게 하였다.

센서 및 스위치 입력용 인터페이스부는 두 가지 형태로 입력회로를 구성하였다. 먼저 공압 실린더용 리드 스위치는 스위치의 특성이 달렸을 때 양단 전압이 0.8V 정도이고 열릴 때 5V정도가 나오기 때문에 풀다운 형식으로 하였고, 버섯 검출용 광센서는 작동 전압이 12V~24V이므로 2중 전원을 사용하였다. 기타 일반 스위치는 풀업으로 설계하였다. 표 2는 각 입력포트에 설정한 기능을 보여준다.

Table 1 Function of grade I/O communication port

No	Function	I/O
1	Vcc (+5V)	
2	Grade data (bit 0), Check data (bit 0)	Input
3	Grade data (bit 1), Check data (bit 1)	Input
4	Grade data (bit 2), Check data (bit 2)	Input
5	Grade data (bit 3), Check data (bit 3)	Input
6	Grade data (bit 4)	Input
7	Sync. data	Output
8	Optic sensor input for reversing & image grab	Output
9	Optic sensor input for image grab	Output
10	GND	

Table 2 Function of input port

No	Function	Description
1	Optic sensor(station 1, 1~4 grade)	Port2A-0, Active High
2	Optic sensor(station 2, 5~8 grade)	Port2A-1, Active High
3	Optic sensor(station 3, 9~12 grade)	Port2A-2, Active High
4	Optic sensor(station 4, 13~16 grade)	Port2A-3, Active High
5	Optic sensor(station 5, 17~20 grade)	Port2A-4, Active High
6	Optic sensor(station 6, 21~22 grade)	Port2A-5, Active High
7	Optic sensor(1st image grab)	Port2A-6, Active High
8	Optic sensor(2nd image grab)	Port2A-7, Active High
10	Cylinder lead switch A group	Port2B-0~7, Active High
11	Cylinder lead switch B group	Port2C-0~7, Active High
12	Cylinder lead switch C group	Port3A-0~7, Active High
13	Operating switch	Port3B-0, Active Low

주제어기의 프로세서부에는 PLC와 같이 순차적인 제어를 통해서는 실시간 동시 분류를 구현할 수가 없기 때문에 비동기 신호에 처리될 수 있도록 고성능 원칩 프로세서를 이용한 시스템(그림 4)으로 구성하였다. 주 제어기로 사용된 프로세서는 Intel 80286과 동일한 성능을 갖는 Chips Technology사의 F8680이며, 이것은 내부에 LCD 구동기능 및 격자형(Matrix Type) 키보드를 사용할 수 있는 기능을 포함하고 있다. 주 제어기에서는 부가기능으로 직렬 통신, 플로피 디스크 인터페이스, PC104 인터페이스, LCD 구동장치를 포함시켜 한글 상황 표시기능과 시스템 프로그램 업그레이드, 시스템간 통신기능 등 시스템의 확장이 용이하도록 설계하였다.

시스템 운영체제는 ROM용 DOS를 사용하여 MS-DOS와 호환을 갖게 하여 복잡한 알고리즘 처리가 용이하게 하였다. 센서 및 스위치 입력, 노즐 및 공압실린더 개폐용 솔레노이드 밸브 제어를 위한 인터페이스는 주 제어보드의 PC104 BUS를 통한 방식으로 입출력 설정을 소프트웨어로 할 수 있게 Intel의 i8255(PPI)를 사용하여 그림 5와 같이 별도의 병렬 인터페이스 보드를 설계, 제작하였다. 여기서 I9255는 TTL 레벨의 입출력을 하며 최대 처리 속도는 5MHz, 출력은 래치 형태로써 출력 변화가 있을 때까지 현재 상태를 유지한다.



Fig. 4 Main control board.

구동부는 공압 노즐용 솔레노이드 밸브 구동기, 공압 실린더용 솔레노이드 밸브 구동기가 있다. 공압노즐용 솔레노이드 밸브 구동기는 솔레노이드의 소요전력 및 역기전력을 대비하여 별도의 전원(24V 6A)과 릴레이를 사용하였다. 릴레이를 사용함으로써 솔레노이드 구동 전원과 주 전원이 분리되어 솔레노이드 구동시 고전력 소모로 인한 과도특성으로 야기되는 전원 불안요소를 제거하였다. 그리고 공압 실린더용 솔레노이드 구동기는 소요전력이 낮으므로 트랜지스터 모듈(ULN2803)을 사용하여 안정화를 기하였고 부피를 줄였다. 표 3은 각 출력포트에 지정한 기능을 보여준다.

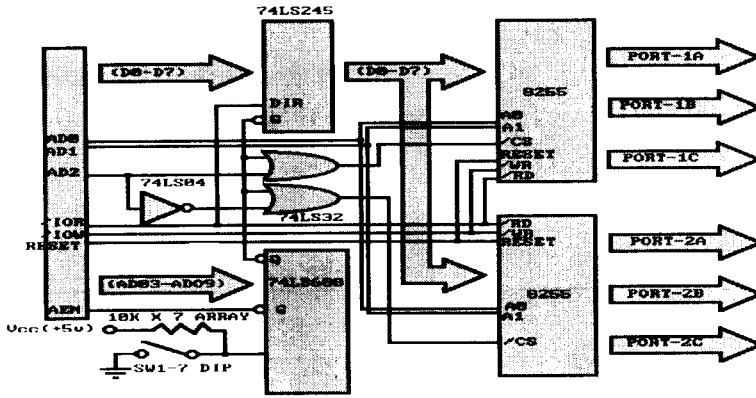


Fig. 5 Block diagram of parallel interface board.

나. 실시간 다채널 동시 분류

(1) 분류 알고리즘

입력간격이 일정치 않고 같은 경로 및 시간상에 다수의 출력물이 입력되는 상태에서 서로 독립되게 배출처리를 하기 위해서는 실시간으로 검출용 광센서의 입력상태를 읽어냄과 동시에 센서에서 검출된 입력물에 대한 배출처리를 해야한다. 이러한 처리는 시간에 대하여 비동기적인 처리가 필요하다. 이것을 구현하기 위한 방법으로는 인터럽트 처리 또는 전체 루틴을 빠른 속도로 반복처리 방법이 있다. 인터럽트에 의한 방법은 인터럽트에 대한 처리시간이 길 경우 전체 시스템의 운영에 문제가 있기 때문에 본 시스템에서는 반복법을 사용하였다.

알고리즘을 간략히 설명하면 등급판정부로부터 보내지는 등급 데이터가 입력되는지 알기 위해 데이터 입력포트의 검사 데이터를 입력받는다. 이때 검사 데이터가 입력이 되고 있으면 등급 선별기로 입력받을 준비가 된 것을 알리고 다시 보내오는 실제 데이터를 읽어 등급 데이터 버퍼에 저장한다. 다음에는 이송버섯 검출용 광센서의 상태를 검사하는데, 이때 버섯이 검출되면 검출되어진 버섯에 대한 버퍼에 저장되어진 데이터를 읽어 검출된 버켓과 해당성을 검사하여 배출시킬 것인지를 판별한다. 만약 배출 대상이면 상태 레지스터의 버섯 검출 스위치를 검출상태로 바꾼다.

그리고 배출루틴이 실행되면 배출루틴은 각 스테이션 별로 상태 레지스터를 검사하여 버섯이 감지되면 해당 호퍼의 공압실린더를 적절한 위치에 있도록 동작시키고 시간지연 레지스터의 값을 읽는다. 여기서 시간지연 루틴은 버섯이 배출되기 전까지 계속해서 광검출 센서에의해서 검출되는 것을 방지하고, 버섯의 위치가 대략 버켓의 1/3지점을 통과할 때 공압

노즐을 작동시키게 한다. 또한 버섯의 형상이 다양하고 크기 및 무게가 다양하므로 버섯이 완전하게 배출호퍼에 들어갈 때까지 고압 공기 분사를 유지하기 위한 시간을 설정해 준다. 이러한 각각의 처리 루틴은 해당 처리작업 때만 수행이 되도록 하여 전체 루틴이 고속으로 반복하게 하였다.

Table 3 Function of output port

No	Function	Port
1	Vdd (+24V)	Internal power
2	Air cylinder solenoid(1-2 Grade)	Port4C-0
3	Air cylinder solenoid(3-4 Grade)	Port4C-1
4	Air cylinder solenoid(5-6 Grade)	Port4C-2
5	Air cylinder solenoid(7-8 Grade)	Port4C-3
6	Air cylinder solenoid(9-10 Grade)	Port4C-4
7	Air cylinder solenoid(11-12 Grade)	Port4C-5
8	Air cylinder solenoid(13-14 Grade)	Port4C-6
9	Air cylinder solenoid(15-16 Grade)	Port4C-7
10	Air cylinder solenoid(17-18 Grade)	Port4B-4
11	Air cylinder solenoid(19-20 Grade)	Port4B-5
12	Air cylinder solenoid(21-22 Grade)	Port4B-6
13	GND	Internal power

(2) 입력데이터 버퍼

이송 표고의 다채널 동시선별을 위해서는 개개의 이송버섯이 배출되기 직전 개별적으로 직접 등급을 부여하는 방식이 아니라 순차적으로 입력되는 등급판정 데이터를 별도의 등급 데이터 버퍼에 저장하는 방식을 사용하여야 하므로 장시간 작업이 이루어 졌을 경우 매우 큰 데이터 버퍼가 필요하다. 따라서 이러한 버퍼 초과 상태를 방지하기 위해 입력데이터 버퍼의 내용을 일정 처리가 종료되었을 때 처리한 버퍼를 지우고 전체 입력데이터를 재 지정하는 방법을 통하여 데이터 버퍼의 크기를 줄였다.

3. 결과 및 고찰

등급판정에 따른 건표고 선별 시스템의 성능 시험은 크기 및 형상이 실제 버섯과 유사하도록 다양한 형태로 제작한 종이 성형 버섯을 이용하여 1차적으로 수행하였다. 성능 시험 전에 각 버켓 상단에 설치한 고압 공기 노즐의 위치와 분사각을 적정 상태가 되도록 조절하여 공기 분사각에 따른 동작 불량을 배제하였다. 시험 방법은 무작위 등급 데이터를 50개 발생시켰으며, 이것을 10회 반복하였다. 컨베이어 속도는 스테이션 간격 250mm를 0.5초에 이동 할 수 있도록 500mm/sec로 설정하였다.

성능시험 결과 시스템의 처리 동작은 정확하게 이루어졌으나, 동시에 다수의 노즐이 작동 될 경우 공기의 분사량이 많아 공기압 부족으로 배출이 원활히 이루어지지 않는 경우가 발생하였다. 하지만 이러한 문제는 대 용량의 공압펌프를 사용하면 손쉽게 해결할 수 있다.

2차 성능 시험으로는 실제 버섯을 사용하고 1차 시험과 동일한 방법으로 시험을 하였고 등급별 배출버킷에 따라 배출 버섯의 크기가 달라지므로 이에 따라 분사 공기유량을 적절히 조절하였다. 성능시험 결과 배출기능은 완벽하게 작동함을 알 수 있었다.

4. 요약 및 결론

일반적으로 농산물의 선별 시스템은 직접적인 등급 데이터 부여가 용이한 홀더를 장착한 이송기구부로 구성하는 경우 대상체의 이송상태를 검출하는 센서 및 센서신호의 검사과정이 필요없이 대상체의 이송상태를 타이머 기능을 이용하여 처리하는 것이 가능하다. 때로는 1세트의 검출센서를 이용하여 각 홀더의 위치를 손쉽게 알 수 있다. 하지만 대상 농산물의 형상에 따라 홀더 장치 및 이송기구부가 매우 복잡해지는 단점이 있다.

본 논문에서 제안한 건표고 선별시스템은 이송 컨베이어를 이용하여 적정 간격으로 무작위로 공급되는 형상의 크기는 다양하나 비교적 가벼운 건표고를 투과형 광센서를 이용하여 이송상태를 검출한 후 고압의 공기를 통하여 해당 버킷으로 자동배출하는 시스템이다. 컨베이어 이송방향 양쪽으로 마주보도록 2 세트의 이중채널 버킷을 일렬로 장착시켜 배출수에 따른 선별시스템의 크기와 시스템의 복잡도를 최소화하였다.

성능 시험결과 전체 시스템은 원활하게 동작하였다. 하지만 공압의 부족 또는 특이한 버섯형상으로 인하여 해당 버섯이 배출버킷으로 배출되지 않는 경우 후속으로 이송되는 버섯이 등급판정 결과와는 상이한 버킷으로 배출이 잘못되게 된다. 향후, 이러한 문제점은 버킷으로의 배출 여부를 검사할 수 있는 센서를 설치하여 보완할 예정이다.

본 논문에서 제안한 선별시스템은 표고와 같이 크기와 형상이 균일하지 않으며 경량의 농산물 선별에 성공적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 송 춘중. 1995. 채소 수확후 기계화 유형 개발, 농업기계화 연구소 연구보고서.
2. 노 상하, 이 종환, 이 승훈. 1992. 흑백영상처리를 이용한 과일 선별기 개발에 관한 연구-크기 및 선택판정, 한국농업기계학회지, Vol.17 No.4 pp 354-363.
3. 황 현, 이 충호, 이 내원, 최 창현. 1995. 컨베이어 이송버섯에 대한 실시간 등급판정 기술 개발 및 선별 자동화 시스템 연구, RDA J. of Agricultural Science Vol. 37, pp 199-208.