

# 사과 자동 개체화 장치 개발

## Development of Automatic machine for Apple stalk-end upstanding system and unit supplier

최승목\*      조남홍\*      박종률\*

정회원      정회원      정회원

S.M.Choi      N.H.Cho      J.R.Park

### 1. 서론

국내의 청과물 관련 종합처리장 또는 포장센터 등은 1980년대 이후 도입되기 시작하여 1992년부터 주로 농협 중심으로 전국 각 지역에 설치되기 시작하였으며, 향후 정부에서는 매년 약 20개소씩 2004년까지 총 160개소의 농산물 포장센터를 설치할 예정으로 있다(농수산물유통공사,1996).

농산물포장센터에서는 주작목으로 사과를 처리하고 있으며, 선별포장센터의 작업공정은 크게 사과공급, 선별, 포장으로 나눌 수 있다. 하지만 영상처리 선별을 위한 사과 공급작업과 포장을 하기 위한 상자담기 작업은 대부분 인력 작업에 의존하고 있어 전체 투입노동력의 33%와 50%를 차지하고 있는 실정으로 이 작업의 기계화가 절실히 요구되고 있다(농업기계화연구소,1997).

특히 우리나라는 포장작업시 사과의 꼭지가 위로 향하게 담는 것이 일반화되어 있기 때문에 인력작업이 불가피하나, 사과 꼭지가 위로 향하게 자세를 교정하는 기계장치에 관한 연구는 지금까지 수행된바 없다.

손 등(1995)은 영상처리에 의하여 사과를 선별하는 시스템은 사과의 영상을 포착할 때 꼭지부분이 항상 위쪽으로 위치해 있어야 투영 단면적비에 의해서 무게의 결정이 가능하고, 색깔 식별시 일관성이 있어 객관적인 기준을 제시할 수 있다고 하였다. 이때 만약 사과 꼭지를 위로 향하게 공급하지 않았을

때는 색채선별오차가 30%이상 발생된다고 하였다('96 농수산물유통공사). 또 사과 상자담기 자동장치를 개발한 최 등(1997)에 따르면 포장작업의 능률을 향상시키기 위해서는 사과 꼭지를 위로 향하게 교정할 수 있는 장치의 개발이 필요하다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 사과의 꼭지가 위로 향하게 공급하기 위하여 소요되는 노력과 비용을 절감하고, 사과 선별포장센터의 이용효율을 극대화시키기 위하여, 사과 꼭지가 위로 향하게 자세를 교정하여 하나씩 공급하는 장치를 개발하고자 연구를 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시작기 제작

사과 꼭지를 위로 향하게 자세를 교정하기 위해서는, 여러 가지 형태로 공급되는 사과의 형태를 어느 한 방향으로 동일하게 교정하는 작업이 필수적이다. 따라서 브러시형 이중 스크루봉식의 편방향 교정장치와 브러시형 원형봉식의 편방향 정렬장치를 설계 제작하여 사과의 형태를 동일하게 교정할 수 있는 방법을 구명한 후 시작기를 설계 제작하였다.

#### (1) 시스템 구성

사과 자동 개체화 장치는 사과를 공급하는 공급장치, 사과를 편방향으로 교정하는 브러시형 이중스크루봉식의 편방향 교정장

\*농촌진흥청 농업기계화연구소

치, 사과를 배꼽쪽으로 정렬하기 위한 브러시형 원형봉식의 편방향 정렬장치, 사과꼭지가 위로 향하도록 교정된 사과를 하나씩 공급할 수 있는 이송컨베이어 시스템으로 구성되어 있으며, 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

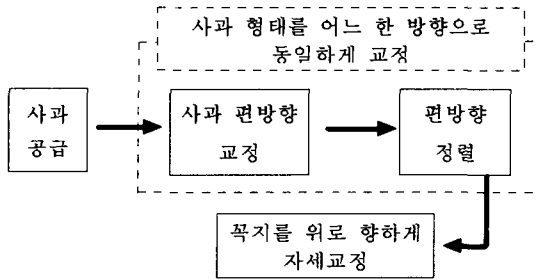


Fig. 1 System block diagram of the prototype

## (2) 시스템 설계 및 제작

공급장치에서 사과가 공급될 수 있는 형태는 사과의 자세가 직립(直立)형태일 경우 사과꼭지가 상방향 또는 하방향의 두가지 형태로 나타날 수 있고, 또 편(偏)방향 형태일 경우 사과의 꼭지가 전, 후, 좌, 우의 4가지 형태로 나타날 수 있다. 이렇게 6가지 형태로 사과가 투입되었을 때, 사과 형태를 어느 한 방향으로 동일하게 교정하여 사과꼭지가 위로 향하게 교정되도록 설계하였다. 시작기의 주요 구조는 다음과 같다.

### (가) 사과 공급장치

공급장치는 호퍼에 사과가 공급되면, 60° 경사로 장착된 원판이 회전하면서 사과를 하나씩 편방향 교정장치로 투입되도록 제작하였다. 원판이 회전하면서 사과가 공급될 수 있도록 직경 120mm크기의 구멍을 내어서 사과를 하나씩만 투입되도록 하였다.

공급속도조절이 가능한 180W Speed control motor를 장착하였으며, 구조는 그림2와 같다.

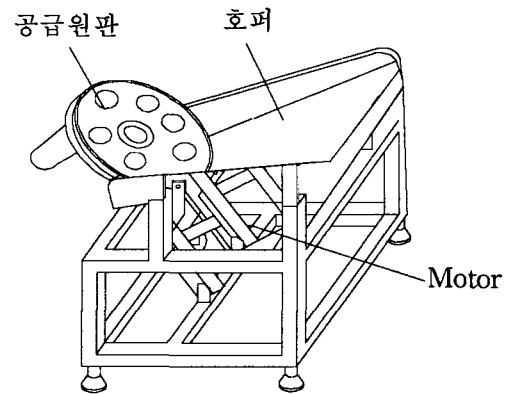


Fig. 2. Supplier for apple

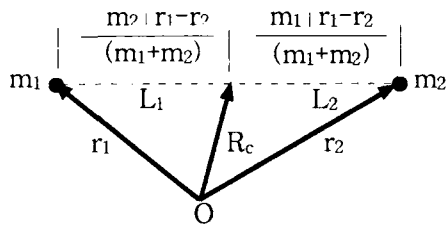
### (나) 사과 편방향 교정장치

공급장치에서 편방향 교정장치로 투입될 수 있는 사과의 형태는 6가지인데, 1차적으로 사과를 좌·우 편방향 2가지형태로 교정하기 위해, 그림3에서 보는바와 같이 스크루외경 D1 174mm, D2 138mm 스크루피치 75mm의 브러시형 이중 스크루봉식의 편방향 교정장치를 설계 제작하였다. 편방향 교정봉은 사과가 손상 받는 것을 방지하기 위해, 0.07mm (압축력 0.72 kg/mm<sup>2</sup>)의 豚毛를 사용하였으며, 봉의 형상은 두 개의 봉이 각각 바깥쪽으로 회전하면서 사과의 자세를 편방향으로 교정할 수 있도록 하기 위하여 A-1상세도와 같이 이중 스크루 형상으로 설계 제작하였다. 브러시봉 회전속도는 조절이 가능하도록 180W Speed control motor를 장착하였다.

### (다) 편방향 정렬장치

사과는 편방향 자세교정 장치를 통과하면서 꼭지가 좌 또는 우측방향의 2가지 형태로 교정하게 된다. 최종적으로 사과 꼭지를 위로 향하게 세우기 위해서는 2가지 형태의 사과를 1가지 형태로 정렬(사과 배꼽쪽으로 분리)시켜야 한다. 사과를 배꼽쪽으로 정렬하기 위하여 사과의 질량중심을 이용하였으며 그 원리는 다음과 같다.

그림과 같이 물체의 질량 중심은 원점 O로부터 위치벡터가 각각  $r_1$ ,  $r_2$ 이며, 질량이 각각  $m_1$ ,  $m_2$ 일 때, 질량 중심  $R_c = (m_1 r_1 + m_2 r_2) \div (m_1 + m_2)$ 이다. 질량 중심  $R_c$ 는 두 입자 중에서 질량이 큰 쪽에 가깝기 때문에 사과와 배의 경우 가운데를



기준으로 꼭지쪽에 질량중심이 위치해 있다. 만약 사과를 편방향인 상태에서 회전시킬 때 질량 중심의 평형을 이루기 위하여 위치벡터

$r_1$  과  $r_2$ 는 이동하게 되며, 사과와 배의 경우 배꼽 쪽으로 이동하는 현상이 발생한다. 이 원리를 이용하여 사과를 배꼽쪽으로 정렬시키기 위해 직경 118mm, 길이 1,160mm의 브러시형 원형봉을 이용한 편방향 정렬장치를 설계 제작하였다. 편방향 정렬봉은 사과가 손상 받는 것을 방지하기 위해, 0.01mm(압축력0.32kg/mm<sup>2</sup>)의 豚毛를 사용하였으며, 봉의 형상은 두 개의 봉이 같은 방향으로 회전하면서 사과를 1가지 형태로 정렬(사과 배꼽쪽으로 분리)시키기 위해 브러시의 형태를 그림 4의 A-1상세도와 같이 빗살무늬 형상으로 제작하였다. 브러시봉 회전속도 조절이 가능한 180W Speed control motor를 장착하였다.

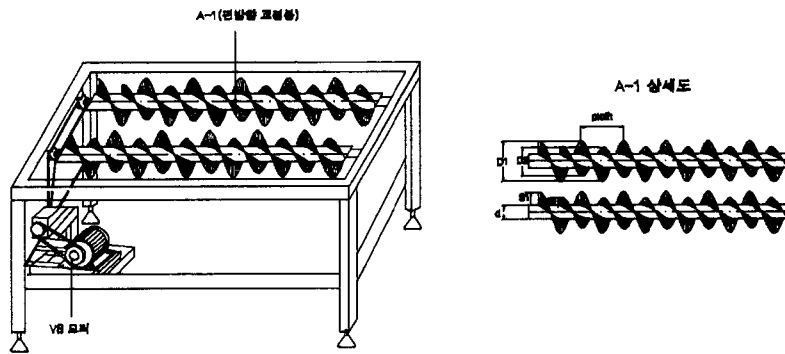


Fig. 3. Device for change to a side of apple

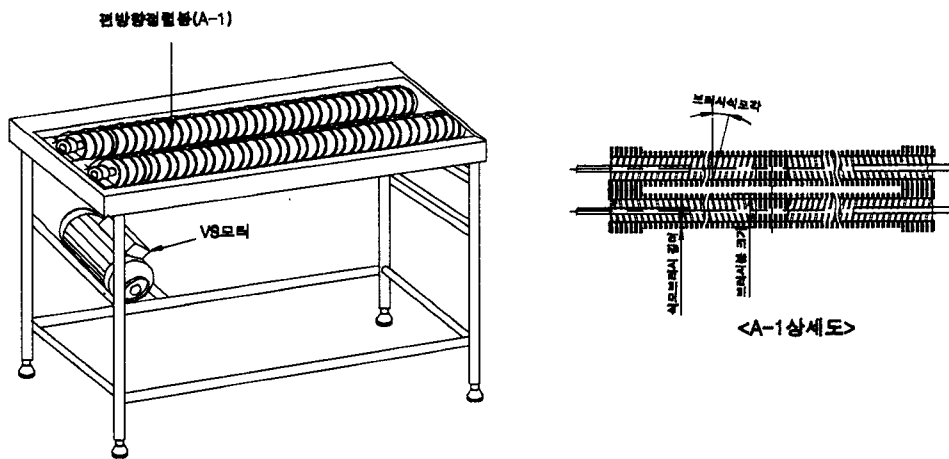


Fig. 4. Device for sort to the calyx-end of apple

(라) 사과 자동 개체화 장치 구성

각 단위 기계장치를 설계 제작하여, 자세교정 트레이 자동 탑재방식의 사과 자동 개체화 장치를 구성하였으며, 시작기의 개략도는 그림 5와 같다.

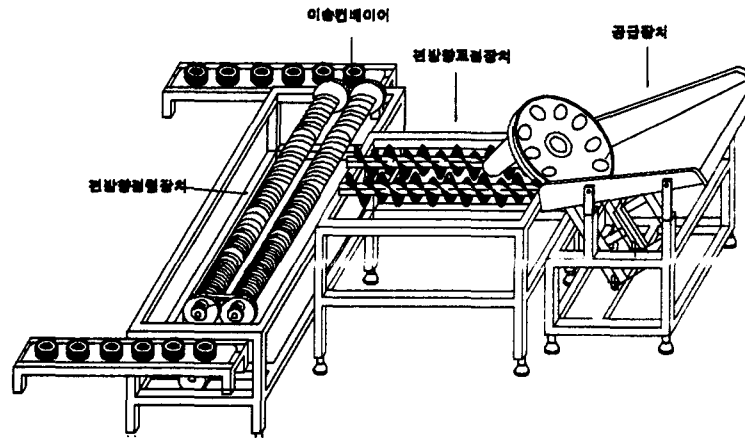


Fig. 5. Schematic diagram of Automatic machine for Apple stalk-end upstanding system and unit supplier

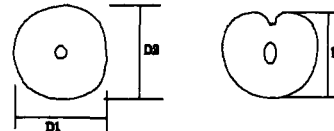
나. 성능시험

(1) 공시재료

실험에 사용된 사과는 1999년 10월 경북 능금조합에서 구입하여 표1에서 보는바와 같이 사과의 형상 및 무게에 따라 5등급으로 분류한 다음 사용하였다.

Table 1. Characteristic of Fuji apple used for experiment

Variety	Item	Size				
		A	B	C	D	E
Fuji apple	D1(mm)	96~101	88~92	77~86	75~83	69~74
	D2(mm)	93~98	87~91	78~84	74~82	67~73
	H(mm)	82~96	75~81	66~74	68~70	65~69
	W(g)	369~421	297~349	246~283	230~245	210~225



(2) 시험 방법

(가) 사과 편방향 교정시험

공급장치에서 6가지 형태로 사과가 투입되었을 때 1차적으로 사과를 좌·우 편방향 2가지형태로 교정하기 위해 필요한 브러시형 이중스크루봉의 적정요인을 찾기 위해 스크루 외경 65, 75, 85 mm 3수준에 대하여 편방향 자세 교정시험을 하였으며, 각각의 요인에 대하여 편방향 자세 교정률을 조사하였다.

(나) 사과 편방향 정렬시험

사과 꼭지를 위로 향하게 세우기 위해서는 2가지 형태의 사과를 1가지 형태로 정렬(사과 배꼽쪽으로 정렬)시켜야 한다. 사과는 질량 중심에 의하여 배꼽쪽으로 정렬되는 현상이 있기 때문에 이 원리를 이용하기 위한 적정요인을 찾기 위하여 브러시 봉 직경 112, 118, 124mm 3수준, 식모 형태 A, B, C형 3수준에 대하여 편방향

정렬시험을 하였으며, 각각의 요인에 대하여 편방향 정렬율을 조사하였다.

(다) 사과 자동 개체화 장치 성능시험

각각의 단위기계장치를 조합하여 시스템을 구성한 다음, 공급장치에서 사과가 무작위 형태로 공급되어 편방향 교정장치와 정렬장치를 통과하면서 자세교정된 후, 이송 컨베이어의 트레이에 최종적으로 사과꼭지가 위로 향하게 투입되는 작업정도와 작업성능을 알기 위하여 사과 공급속도 0.75, 1.00, 1.25, 1.50m/sec 4수준에 대하여 자세교정률, 작업성능을 조사하였다.

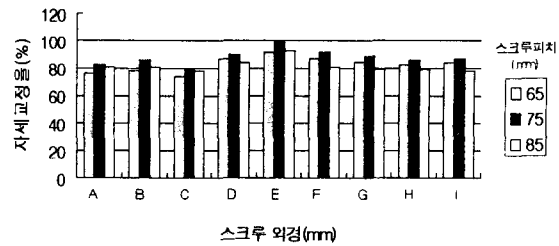
(라) 사과 손상을 시험

자세 교정시 브러시에 의한 사과 손상여부를 알기 위하여, 사과 공급속도 0.75, 1.00, 1.25, 1.50m/sec 4수준에서 시험한 사과 100개와 시험하지 않은 사과20개를 3℃의 저장고에 31일간 저장한 후 경도를 측정하였다. 경도 측정은 Texture Analyser(TA-HD, England)를 이용하여 Probe Diameter 5mm, Pre-Test Speed 10.00mm/sec, Post-Test speed 10.00mm/sec, Test Speed : 0.42mm/sec, Distance : 10mm의 조건에서 각각의 사과에 대해서 경도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 사과 편방향 교정 시험

공급장치에서 6가지 형태로 사과가 투입되었을 때 사과를 좌·우 편방향 2가지형태로 교정 시험한 결과 스크루외경 D1 174mm, D2 138mm 스크루피치 75mm일 때 사과편방향 교정율이 98%로 가장 좋게 나타났다(그림6).



구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I
외경 (mm) D1	170	170	170	174	174	174	178	178	178
D2	134	138	142	134	138	142	134	138	142

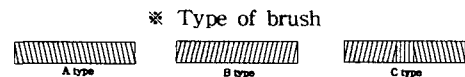
Fig. 6. Changing rate of a side of apple by diameter and pitch of screw

나. 사과 편방향 정렬 시험

편방향 교정장치에서 2가지형태로 편방향 교정한 사과를 1가지 형태로 정렬(사과 배꼽쪽으로 정렬)시키기 위한 시험 결과 브러시봉의 직경 크기 118mm, 식모 형태 C-Type에서 편방향 정렬율이 95.2%로 나타났다.(표2).

Table 2. Sorting rate of the contrary stalk of apple by type of brush and diameter of pipe

Type	diameter(mm)	Sorting rate(%)
A-Type	112	75.6
	118	77.9
	124	43.5
B-Type	112	66.3
	118	68.3
	124	78.3
C-Type	112	92.3
	118	95.2
	124	53.3



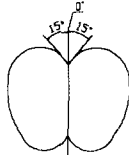
다. 사과 자동 개체화 장치 성능시험

각각의 단위 기계를 조합하여 시작기를 구성한 다음, 사과 공급속도별 시험한 결과 공급속도 0.75~1.0m/sec일 때 작업정도는 90~92%, 작업성능은 1,620~2,160개/시간으로 나타났다(표 3).

Table 3. Working accuracy and performance of prototype

Speed of supply (m/sec)	Working performance (ea/hr)	Working accuracy(%)	
		Good	Bad
0.75	1,620	92	8
1.0	2,160	90	10
1.25	2,700	85	15
1.50	3,240	80	20

※ 0 ~ 15° : Good,  
±15° over bias : Bad



#### 라. 사과 손상 시험

브러시에 의한 사과 손상여부를 알기 위하여, 경도를 측정된 결과 시험하지 않은 사과의 경도는 2.70~3.60Ns, 공급속도 0.75m/sec일 때 경도는 2.99~3.90Ns, 1.00m/sec일 때 2.80~3.92Ns, 1.25m/sec일 때 2.78~3.50Ns, 1.50m/sec일 때 2.73~3.20Ns으로 손상이 없는 것으로 판단된다(그림 7).

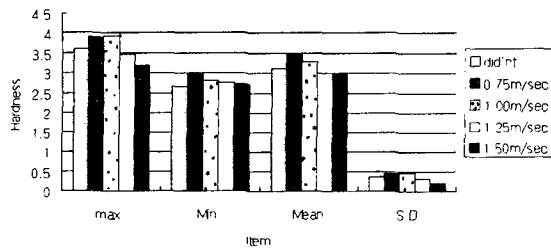


Fig. 7. Relation of hardness and supplying speed

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 사과 선별포장센터에서 사과꼭지를 위로 향하도록 하나씩 공급하는 작업에 소요되는 노력과 비용을 절감하고, 영상처리식 선별기의 이용효율을 극대화시키기 위하여 연구를 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 공급장치에서 6가지 형태로 사과가 투입되었을 때 사과를 좌·우 편방향 2가지형태로 교정하기 위하여 이중 스크루봉식의 편방향 교정장치를 제작하여 시험한 결과 이중 스크루봉의 외경은 D1 174mm, D2 138mm, 스크루피치

75mm일 때 사과의 편방향 교정율이 98%로 가장 좋은 것으로 나타났다

나. 편방향 교정장치에서 2가지형태로 편방향 교정한 사과를 1가지 형태로 정렬시키기 위하여 브러시형 원형봉식의 편방향 정렬장치를 제작하여 시험한 결과 브러시봉의 직경 크기는 118mm, 식모 형태 C-Type일 때 편방향 정렬율이 95.2%로 가장 좋은 것으로 나타났다.

다. 자세 교정을 위하여 사용된 브러시에 의한 사과 손상여부를 알기 위하여, 경도를 측정된 결과, 시험하지 않은 사과의 경도는 2.70~3.60Ns이었으며, 공급속도 0.75m/sec일 때 경도는 2.99~3.90Ns, 1.00m/sec일 때 2.80~3.92Ns, 1.25m/sec일 때 2.78~3.50Ns, 1.50m/sec일 때 2.73~3.20Ns으로 조사되어 브러시에 의한 손상은 없는 것으로 사료된다.

라. 각각의 단위 기계를 조합하여 사과 자동 개체화 장치를 구성한 다음, 공급속도에 따른 자세교정정도와 작업성능을 알기 위해 시험한 결과 공급속도 0.75~1.0m/sec일 때 작업정도는 90~92%, 작업성능은 1,620~2,160개/시간로 나타났다. 급후 작업정도와 작업성능 향상 및 영상처리 선별기와 사과 포장작업공정에 투입 적응성을 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 인용문헌

1. 조병하, 1985, 대학물리학. p 142~143. 교문사
2. 川村登 외 9인, 1986, 農産機械學. p90~92. 文永堂
3. 손재룡, 1995. 영상처리식 사과선별기 개발. p 13. 경북대학교 대학원
4. 노상하, 조성인, 배영환, 박윤문, 1996. 농산물 포장센터 시설 기본모델 개발에 관한 연구. p 57. 서울대학교
5. 최승묵, 1997. 농업기계화 시험연구 보고서. p 407~420. 농업기계화 연구소