

사과 상자담기 자동장치 개발

Development of Automatic System for Packing Apple in Box

최승묵* 정성근* 박종률* 이원옥*

정회원 정회원 정회원 정회원

S.M.Choi S.G.Chung J.R.Park W.O.Lee

1. 서 론

국내의 청과물 관련 종합처리장 또는 포장센터 등이 1980년대 이후 도입되기 시작하여 1992년부터 농협의 주도로 전국 각 지역에 설치되기 시작하였으며, 향후 정부에서는 매년 약 20개소씩 2004년까지 총 160개소의 농산물 포장센터를 설치할 예정으로 있다. 1996년 현재 전국에 74개소가 설치 가동 중에 있으며, 포장센터의 주작목으로 사과를 처리하고 있다. 사과 선별포장센터의 작업공정은 크게 사과공급, 선별, 포장으로 나눌 수 있는데, 이중에서 사과공급 및 포장을 하기 위한 상자담기 작업은 대부분 인력에 의존하고 있으며, 전체 투입 노동력의 각각 33%, 50%로서 이 작업에 노동력이 집중되고 있어 작업병목현상으로 선별포장센터의 이용효율이 저하된다는 문제점이 있다.

지금까지 사과를 자동으로 상자에 담는 국내 연구는 수행된 바 없으며, 외국의 경우 일본과 네덜란드에서 공압식 상자담기장치에 관한 연구를 수행하였으며, “'91과실일본”은 공압식 상자담기장치 성능은 약 40sec/상자로서 인력의 2~3배 능률적이라고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 상자담기 작업에 소요되는 노력을 절감하고 사과 선별포장센터의 이용효율을 극대화시키기 위하여 사과꼭지가 위로 향하도록 상자에 자동으로 담을 수 있는 사과 상자담기 자동장치를 개발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 제작

본 연구에서 제작한 시작기의 작동순서는 먼저, 영상처리식 사과 선별기가 등급 판정한 결과를 사과가 이송되는 순서대로 PLC(Programmable Logic Controller)의 입력부로 전송한다. PLC프로그램에 의하여 등급분배장치로 등급분배 후 각 등급정렬 컨베이어에 정렬하고, 진공흡인식 사과담기장치로 Pick Up하여 상자에 자동으로 담게 된다. 상자에 들어가는 난좌판의 형상에 따라 상자위치를 보정해 줌으로써 난좌판의 반원형 홈에 사과가 정확히 담기게 되는 일관시스템 장치이다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

시작기의 주요구조는 주 컨베이어, 등급분배장치, 사과 정렬 컨베이어, 사과 담기장치, 상자위치 보정장치, 컨트롤러 등으로 구성되어 있다. 이송중인 사과를 감지할 수 있는 직접반사식 광센서는 그림 1과 같이 주컨베이어와 등급정렬컨베이어에 장착하였으며, 사과가 상자안의 난좌판에 놓이는 위치를 정확히 알 수 있도록 위치센서를 부착하였다. 이상의 장치 이외에 각 장치의 작동을 조절하는 각종 릴레이 스위치와 솔레노이드밸브 등이 설치되어있다. 시작기의 개략도는 그림1에 나타내었다.

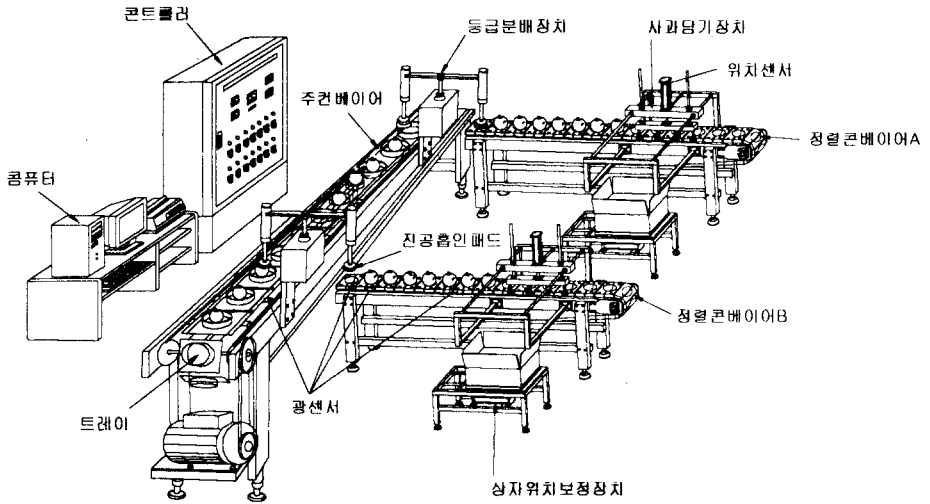


Fig. 1. Schematic diagram of automatic system for packing apple in box

제어는 PLC를 이용하여 수동과 자동으로 작동이 가능하도록 하였다. 작업속도는 인버터를 장착하여 조절할 수 있도록 하고, 사과를 상자에 넣은 작업량은 카운터를 장착하여 알 수 있도록 하였다. 이와 같은 제어프로그램의 개략적인 순서도는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는 바와 같이 먼저 영상처리식 사과 선별기가 이송되는 순서대로 사과를 선별하여, 선별결과를 PLC의 입력부로 전송하게 되며, 각 장치에 장착된 등급 감지센서에 의하여 이송되는 사과의 등급을 감지한다. 사과 상자담기 작업은 등급분배장치를 이용하여 등급별 정렬 컨베이어에 등급별로 분배하고, 정렬 컨베이어에 정렬된 사과는 사과담기 장치에 의하여 진공흡인 되어 상자에 담는 순서로 프로그램을 작성하였다.

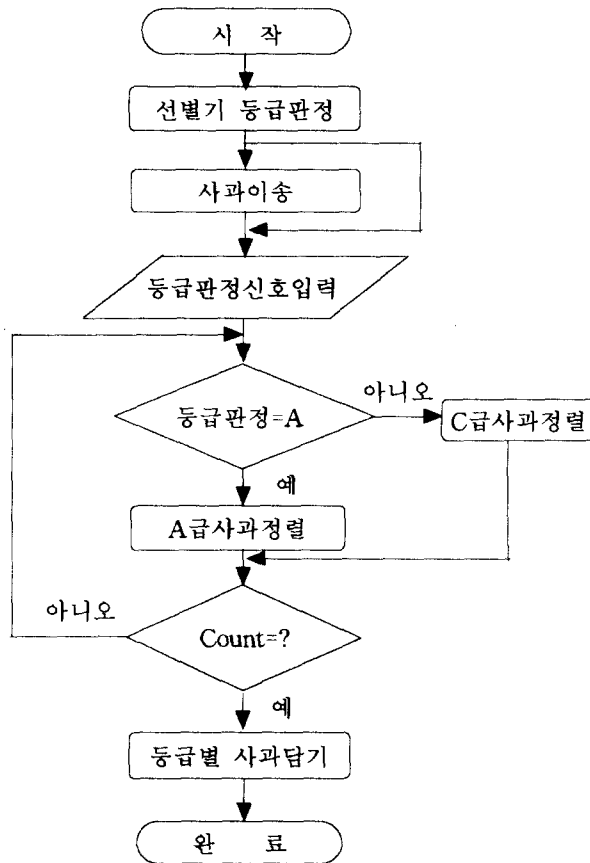


Fig. 2. Flowchart of the automatic system for packing apple in box

나. 공시재료

공시재료는 충북원협에서 출하한 사과를 크기별로 구입하여 시험을 하였으며 공시재료의 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Characteristic of Fuji apple used for experiment

Variety	Weight(g)				Diameter(mm)				Length(mm)				Remark
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Fuji apple	330	320	245	225	90	81	75	74	76	75	72	69	A: Excellent B: Good C: Medium D: Poor
	~ 390	~ 290	~ 235	~ 210	~ 94	~ 89	~ 80	~ 69	~ 78	~ 73	~ 70	~ 65	

다. 시험방법

사과를 Pick Up할 수 있는 적정 진공압과 패드직경을 구명하기 위해 진공흡인식 Pick

Up장치를 제작하여 진공압 3수준(-400, -500, -600mmHg)과 패드직경 3수준(Φ40, 50, 60mm)에 대해서 A, B, C, D등급의 사과를 사용하여 각각 3반복(108회)의 Pick Up시험을 수행하였다.

진공압과 진공패드와 진공흡인시 사과에 미치는 영향을 구명하기 위하여 사과를 1℃의 저온저장고에 31일간 저장 후 산도계(PH METER- HM40V)로 Pick Up한 사과와 Pick Up하지 않은 사과의 pH값을 조사하였다. 충격에 의한 사과의 변색여부를 알기 위하여 3요인(Pick Up한 사과, Pick Up하지 않은 사과, 임의로 충격을 가한 사과)으로 시험을 한 후 진공패드 접촉면의 껍질을 벗기고 색채 색차계(CR200)로 L(Lightness, Black(0)→White(+100)), a(Green(-80)→Red(+100))를 측정하여 각각의 조건에 대하여 단순 비교하였다.

시작기의 작업정도를 알기 위하여 사과 선별포장센터에서 가장 많이 나오는 2개(A, C)등급의 사과에 대해 콘베이어속도를 4수준(0.06, 0.08, 0.10, 0.12m/s)으로 변화시켜며 각각에 대하여 3반복 시험을 수행하여 조사하였다. 상자담기장치의 작업성능은 작업정도가 가장 양호한 콘베이어 이송속도(0.06, 0.08m/sec)에 대하여 3반복 수행하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 등급별 적정 진공 흡인패드 직경 및 진공압 구명시험

사과 등급별 사과를 Pick Up하기 위한 적정 패드직경과 진공압을 알기 위하여 시험한 결과 표2에서 보는 바와 같이 패드직경은 A등급 60mm, B등급 50~ 60mm, C·D등급일 때 40~50mm가 적당한 것으로 나타났으며, 진공압은 -400mmHg 이상일 때 사과의 Pick Up이 가능한 것으로 나타났다.

Table 2. Suitable pad diameter and vacuum pressure at each grade of apple

시험요인	등급	진공압 (mmHg)	A			B			C			D		
			반복횟수			반복횟수			반복횟수			반복횟수		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
패 드 직 경	40φ	-400	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
		-500	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
		-600	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
	50φ	-400	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		-500	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		-600	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	60φ	-400	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
		-500	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
		-600	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×

나. 사과 손상시험

진공압(-400~-600mmHg)과 진공패드(φ40, 50, 60)가 진공흡인시 사과에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Pick Up한 사과와 Pick Up하지 않은 사과를 1℃의 저온저장고에 31일간 저장 후 산도계로 사과의 pH값을 조사하고, 충격에 의한 사과의 손상에 따른 변색여부를 알기 위하여 3요인(Pick Up한 사과, Pick Up하지 않은 사과, 임의로 충격을 가한 사과)으로 시험을 하여 진공패드 접촉면의 껍질을 벗기고 색채 색차계로 L과 a를 측정하였다.

그 결과, 그림3에 나타낸 것과 같이 사과의 pH값은 Pick Up하지 않았을 때 pH3.77~3.89이었고, Pick Up 했을 때 pH3.59~3.95로 Pick Up 수행이 사과의 pH값에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

사과의 L과 a값은 그림4에 나타낸 것과 같이 Pick Up하지 않은 사과의 L, a값은 각각 68.88~74.66, -0.03~-3.80이었고, 각각의 시료에 대하여 1, 2, 3회 Pick Up한 사과의 L, a값은 1회 Pick Up했을 때 65.14~73.89, 0.06~-3.40, 2회 Pick Up했을 때 68.31~73.21, 0.60~-3.96, 3회 Pick Up했을 때 68.74~72.48, -0.03~-3.62이었으며, 임의로 충격을 가한 사과의 L, a값은 49.60~61.37, 2.99~9.70으로 Pick Up을 수행하는 과정은 사과에 손상을 주지 않는 것으로 나타났다.

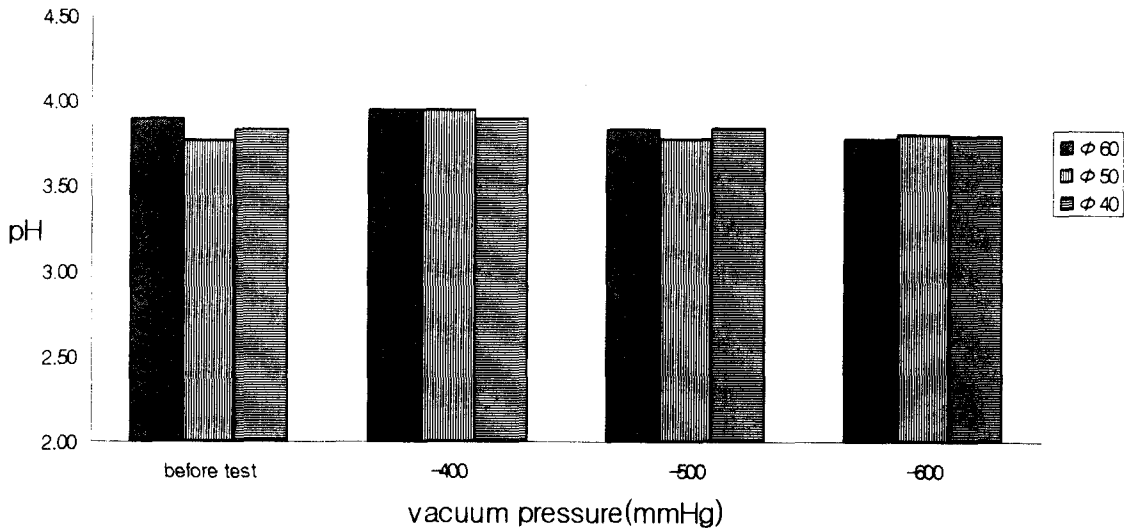


Fig. 3. Relationship of pH value and vacuum pressure

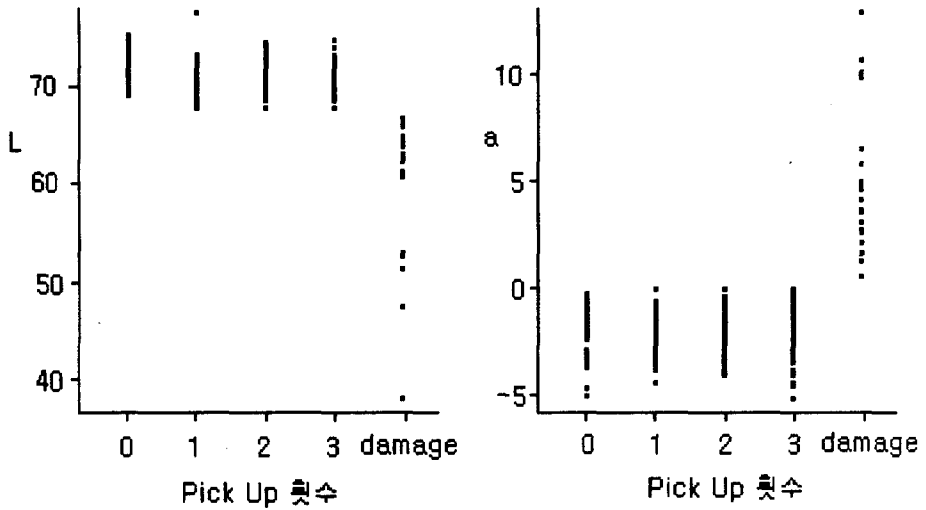


Fig. 4. Distribution of value of L and a

다. 작업정도

사과선별포장센터에서 가장 많이 나오는 A, C등급의 사과에 대하여 이송속도별 4수준에 대하여 골판지상자의 난좌관에 사과꼭지가 위로 향하도록 정확히 담을 수 있는 작업정도는 표 3에서 보는 바와 같이 이송속도가 0.06~0.08m/sec일 때 91~94%로 나타났다.

Table 3. Working accuracy of apple placement in box by speed of C/B

Speed of conveyor (m/s)	Working accuracy (%)				Remark
	Grade A		Grade C		
	Good	Bad	Good	Bad	
0.06	92	8	94	6	* Good : Bias below 30 ° Bad : Bias above 30 °
0.08	91	9	93	7	
0.10	89	11	91	9	
0.12	50	50	49	51	

라. 작업성능 및 경제성

상자담기 장치의 작업성능과 경제성은 사과 선별포장센터에서 인력에 의존하는 관행방법과 비교 시험하였다. 표 4에서 보는 바와 같이 상자담기 장치의 작업성능은 작업정도가 가장 양호한 이송속도(0.06~0.08 m/sec)에서 사과 10,000개를 담는데 소요되는 시간이 6.25시간으로 동일 작업을 인력에 의존하는 관행방법으로 수행할 경우 14.29시간으로 56%의 노력절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 경제성 분석은 본 연구에서 개발한 시작기를 이용하

여 사과 10,000개를 상자에 담는데 40,200원이 소요되었으며 동일 작업을 관행방법으로 수행할 경우 50,043원으로 19.7%의 경비절감효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Working performance and cost analysis

Item	Prototype	Manual
Working performance(hr/10,000EA)	6.25	14.29
Cost requiment(won/10,000EA)	40,200	50,043

4. 결론 및 요약

본 연구는 사과 선별포장센터에서 인력에 의존하는 상자담기 작업을 사과꼭지가 위로 향하도록 자동으로 상자에 담을 수 있는 장치를 개발하기 위하여 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 영상처리식 사과 선별기에서 선별된 사과를 이송, 등급분배, 정렬, 상자담기, 상자위치보정등을 일관적으로 수행할 수 있는 시작기를 제작하였다.

나. 사과 등급별 사과를 Pick Up하기 위한 패드직경과 진공압에 대한 시험 결과 패드직경은 A등급 60mm, B등급 50~60mm, C·D 등급의 사과는 40~50mm가 적당한 것으로 나타났다으며, 진공압은 -400mmHg 이상일 때 사과의 Pick Up이 가능한 것으로 나타났다.

다. 진공압과 진공패드와 진공흡인시 사과에 미치는 영향을 구명하기 위해 pH값과 L, a를 측정할 결과, Pick Up을 수행하는 과정은 사과에 손상을 주지 않는 것으로 나타났다.

라. 이송속도별로 골판지상자의 난좌판에 사과꼭지가 위로 향하도록 정확히 담을 수 있는 작업정도를 시험한 결과 콘베이어속도가 0.06~0.08m/sec일 때 작업정도는 91~94%로 나타났다.

마. 시작기의 상자담기 작업성능은 사과 10,000개를 담는데 소요되는 시간이 6.25시간으로 관행방법에 비해 56%의 노력절감 효과가 있는 것으로 나타났으며, 경제성은 사과 10,000개를 상자에 담는데 40,200원이 소요되어 관행방법에 비해 19.7%의 경비절감효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 노상하, 조성인, 배영환, 박윤문. 1996. 농산물 포장센터 시설 기본모델 개발에 관한 연구. 서울대학교 농업생명과학대학 농업개발연구소
2. 橋本明, 藤本磐雄. 기전연구사편집부역. 1993. 공기압기술과 전기제어. 기전연구사
3. 太聖吉, 金原會, 南大鏞. 1994. 공압제어기술. 성안당
4. 李根喆, 朴仁政, 朴仁甲. 1988. 프로그래머블콘트롤러활용기술[1]. 기전연구사