

단감 비닐포장기 개발

Development of Sweet Persimmon Packaging Machine

박종률* 최승목* 조남홍* 정성근* 박경규**

정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

J. R. Park S. M. Choi N. H. Cho S. G. Jeong K. K. Park

1. 서론

단감은 식품영양학적으로 비타민 A·C복합체로서 다른 과실에 비해 함유하고 있는 영양 성분이 뛰어나며 기호도가 높고 겨울과실로서 소비자들에게 좋은 반응을 보이고 있어 농가 소득안정에 크게 기여하고 있다. 또한 단감은 회귀성과 맛이 특이하여 가격이 고가로 수익성이 증대되면서 재배면적이 확대되어 '97년에 25,467ha로 '91년 11,300ha보다 2배 이상 재배면적이 급격히 증가하였으며 생산량도 '91년 82,000톤에서 '97년 211,100톤으로 우리나라 5대 과종 중 하나로 매우 중요한 과일이 되었다.

그러나 최근 생산량이 급격히 증가하여 홍수출하에 의한 가격저하를 우려하여, 저온저장으로 출하기를 조절하고 있다.

단감 저장은 폴리에틸렌 필름 두께 0.06mm, 폭 12cm, 길이 45cm 크기의 봉지에 5개씩 넣어 밀봉한 후 0~2℃의 저온저장을 하면 폴리에틸렌 봉지 안의 공기조성이 산소 5%, 이산화탄소 5~10%로 단감 저장에 알맞게 조성되어 4개월을 저장하여도 감량이 1%밖에 되지 않아 환경조절저장(CA)과 같은 효과로 품질을 유지할 수 있다.

단감은 수확후 선별기를 이용해 선별을 한 후 출하를 하거나, 저장을 위하여 플라스틱봉지에 5개씩 넣고 밀봉포장을 한다. 그러나 단감 포장작업은 전적으로 인력에 의존하고 있어 선별기로 선별된 량을 제때 포장하지 못해 결국 선별기 이용효율을 떨어뜨리고 있어 이를 생력화 할 수 있는 포장기계의 개발이 요구되어 왔으나 이에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 수확후 선별·포장작업의 효율성을 높이고, 인력에 의존하고 있는 단감포장작업의 생력화 및 기계화를 위하여 미리 만들어진 봉지를 한 장씩 자동으로 공급하면서 선별된 단감을 봉지에 5개씩 넣고 밀봉하는 자동포장기를 개발하고 성능을 검정하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시스템 구성

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 경북대학교 농업기계공학과

단감을 비닐봉지에 5개씩 포장하는 기계를 개발하기 위하여 그림1과 같이 선별된 단감을 일렬로 정렬하여 개체화시킨 후 단감의 자세를 세운 상태로 봉지에 투입하는 단감공급과 미리 만들어진 봉지를 진공패드로 한 장씩 흡착하여 압축공기를 분사시켜 봉지를 개봉하는 원리를 이용한 비닐공급과 단감을 봉지에 투입한 후 전열접착기로 밀봉하여 1회포장을 완료하는 시스템을 구성하였다.

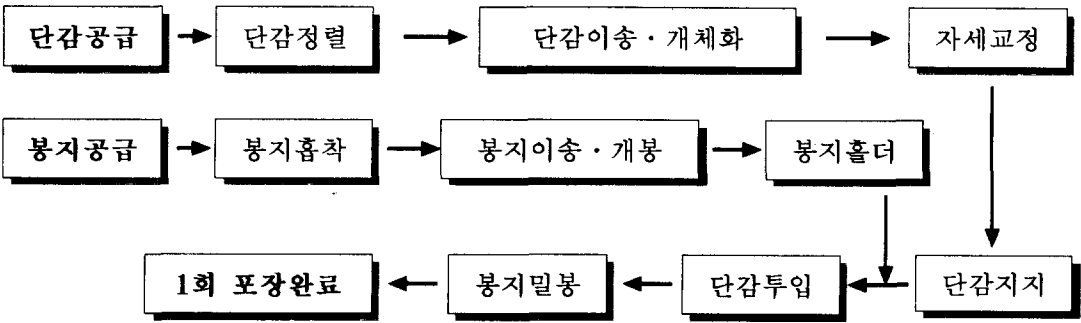


Fig. 1. Block diagram of sweet persimmon packaging system

2.2. 시작기 제작

본 연구로 개발된 시작기는 단감공급부, 봉지공급부, 밀봉부, 제어장치 등으로 구성되어 있으며 구조는 그림 2와 같다.

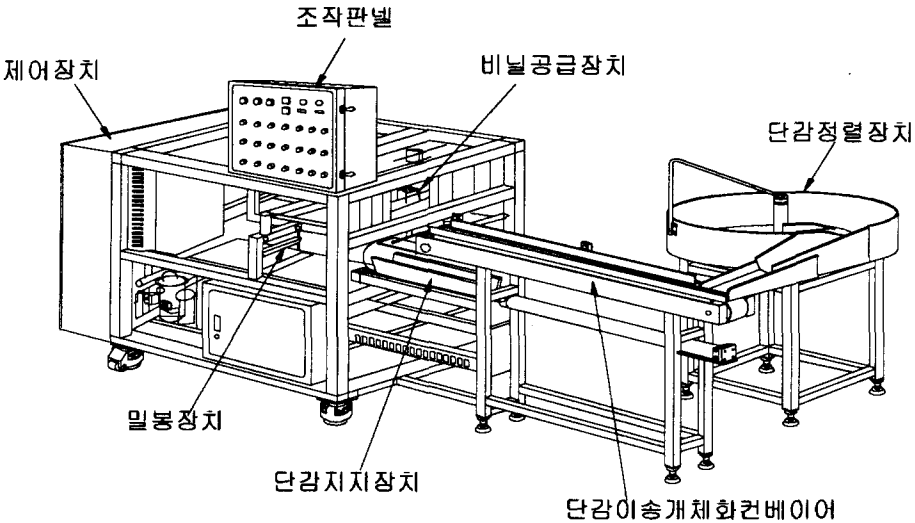


Fig. 2. Schematic diagram of the prototype

2.2.1. 단감공급부

단감 공급부는 단감을 봉지에 투입하여 밀봉하기 전 단계까지로 단감정렬장치, 단

감이송·개체화컨베이어, 자세교정슈트, 단감지지 및 투입장치 등으로 구성되어 있다. 작동 순서는 선별된 단감을 단감정렬장치의 회전원판에 투입하면 단감이 일렬로 정렬되어 단감이 송·개체화컨베이어로 배출된다. 배출된 단감은 회전속도가 서로 다른 두 개의 컨베이어로 제작된 단감이송·개체화컨베이어에서 개체화된다. 개체화된 단감은 광센서에 감지되면서 카운터 되고 자세교정슈트를 통해 세워진 상태로 단감지지장치에 채워진다. 단감지지장치는 단감이 하나씩 채워질 때마다 밀봉장치 쪽으로 단감 종경크기 만큼 이동하여 5개의 단감이 모두 채워지게 된다. 이때 봉지홀더가 봉지공급장치로부터 봉지를 공급받아 단감지지장치 쪽으로 이동하면 단감투입장치가 단감을 봉지안으로 밀어 넣는다.

2.2.2. 비닐공급부

비닐공급부는 비닐공급장치, 봉지적재장치, 봉지홀더 및 이송장치 등으로 구성되어 있다. 봉지공급은 봉지적재장치에 쌓아 둔 봉지를 비닐공급장치에 부착된 진공흡인패드가 봉지를 흡착하여 두 개의 클램프로 봉지입구 가장자리를 잡는다. 비닐공급장치가 봉지를 봉지홀더방향으로 이송하면서 오므려 줄 때 압축공기를 분사하여 봉지를 완전히 벌려주고 봉지를 봉지홀더에 끼울 수 있게 한다. 봉지홀더에 봉지가 끼워지게 되면 원형실린더에 의해 홀더를 벌려주게 되어 봉지를 단단히 물고 밀봉장치 쪽으로 이동하여 단감이 투입될 수 있도록 대기한다.

2.2.3. 밀봉부

밀봉장치는 니크롬 리본판에 순간적으로 전기적 흐름을 주어 필름의 표면을 연화시킨 후 접착하는 임펄스 접착(Impulse Sealing)방법을 이용하였으며, 필름과 니크롬 리본판이 접촉하는 면에 테프론테이프를 붙여 봉지와 접착면이 달라붙지 않게 하였고, 면이 일정하게 밀착되도록 밀봉장치의 중심부에 에어실린더를 부착하여 압력을 가하도록 제작되었으며, 단감이 봉지에 투입되면 실린더가 하강하여 봉지를 밀봉시키는 구조로 이루어져 있다.

2.2.4. 제어장치부

제어장치는 내부에 PLC(Programmable Logic Controller)가 장착되어 모든 작동을 순차적으로 제어하도록 했으며 자동과 수동을 병행할 수 있도록 구성하였고, 작업속도를 조절할 수 있으며, 포장된 개수를 알 수 있도록 카운터를 설치하였다. 이상작동 등으로 비상정지시에는 부저를 울리도록 제작하였다.

2.3. 공시재료

성능시험에 사용된 단감의 품종은 부유(富有)로 수원시 농수산물 도매시장에서 구입하여, 70개 15kg를 A등급, 80개 15kg를 B등급으로 하였으며 자세한 물성은 표 1과 같다.

비닐봉지는 기계적응성을 높이고 자동화를 위하여 PE+OPP 0.9mm 진공포장용 필름을 이용하여 420×130mm의 크기로 제작하였다.

Table 1. Characteristic of sweet persimmon 'Fuyu' used for experiment

Grade	Variety	Width(mm)	Height(mm)	Remark
A (70ea./15kg · box)	Max.	82.0	60.2	Weight range : 180.1~201.7g
	Min.	76.8	54.0	
	Avg.	79.3	56.7	
	Stdev.	1.22	1.22	
	C.V.	1.53	2.15	
B (80ea./15kg · box)	Max.	78.1	59.0	Weight range : 154.6~179.0g
	Min.	72.3	53.0	
	Avg.	75.9	55.4	
	Stdev.	1.35	1.26	
	C.V.	1.78	2.28	

2.4. 시험방법

비닐봉지를 개봉하는데 필요한 공기분사압력을 조사하기 위하여 공기분사압력을 1.5, 2.5, 3.5, 4.5kg/cm² 4수준으로 변화시키면서 봉지공급 요인시험을 수행하였다. 그리고 수동작업상태에서 봉지흡착, 홀더삽입, 홀더이송의 비닐공급공정, 단감이송, 개체화, 자세교정, 충전의 단감공급공정, 단감을 봉지안으로 밀어넣는 단감투입공정, 봉지밀봉공정 등 주요 공정에 대하여 공정별 작업소요시간을 조사하여 개발된 시작기 성능향상에 미치는 요인을 분석하였다.

작업성능은 자동운전상태에서 5분간 연속운전을 하면서 공급속도를 0.09, 0.11, 0.13, 0.15m/sec 4수준으로 변화시키면서 A, B등급별로 포장된 수량, 포장정밀도, 손상률을 조사하였다. 공급속도는 단감이송·개체화컨베이어의 주속도로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 공기분사압력별 봉지공급 요인시험

봉지개봉에 필요한 공기분사압력을 설정하기 위해 분사압력을 1.5~4.5kg/cm²로 변화시키면서 봉지집적장치에 쌓여 있는 비닐봉지 한장을 진공패드가 흡착, 이송, 개구하여 봉지홀더에 완전히 삽입한 경우를 시험한 결과는 그림 3과 같이 분사압력이 3.5kg/cm²일 때 99.5%로 가장 좋았으며, 4.5kg/cm²로 높였을 때는 오히려 공급성공율이 99.3%로 낮게 나타났다. 이는 분출된 공기가 봉지속을 되돌아 나오면서 생기는 와류현상 때문인 것으로 판단된다.

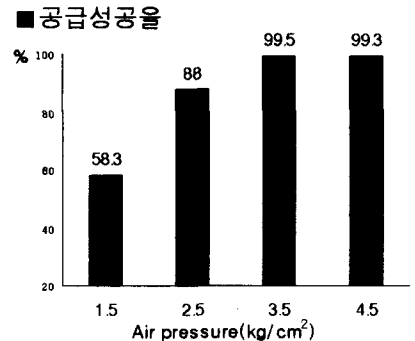


Fig. 3. Relationship of bag open rate and air pressure

3.2. 작업공정별 소요시간

수동 작업상태에서 비닐공급, 단감공급, 단감투입, 봉지밀봉 등 공정별 시험결과는 표 2와 같이 비닐공급 시간이 5.2초, 단감투입 시간이 5.6초로 나타나 비닐공급 및 단감투입공정이 시작기의 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

Table 2. Require time for work processing

Work processing	Require time(sec)	Remark
Bag feeding	5.2	Bag open→insertion at holder→holder moving
Persimmon providing	3.8	Filling of five persimmon in Basker
Persimmon pushing	5.6	Moving forward & backward of pusher
Bag sealing	3.8	-

3.3. 단감공급속도별 작업성능

단감의 공급속도를 4수준으로 변화시키면서 A, B등급별로 시험한 결과, 공급속도 0.13m/sec에서 A등급은 시간당 298봉지, B등급은 시간당 303봉지였으며, 공급속도가 높아질수록 작업성능은 증가하였으나, 공급속도가 증가할수록 손상이 발생한 단감이 많았으며, 공급속도 0.13m/sec, B등급에서 작업정도가 높고 손상도 없는 것으로 나타났다. 공급속도별 작업정도 손상을, 및 작업성능은 표 3과 같다.

Table 3. Working performance, accuracy and rate of damage

Speed of conveyor (m/sec)	Grade	Working accuracy (%)	Rate of damage (%)	Working performance (bag/hr)
0.09	A	65.3	1.3	211
	B	69.4	0	214
0.11	A	63.2	1.4	261
	B	68.3	0	269
0.13	A	65.2	1.6	298
	B	68.4	0	303
0.15	A	53.2	10.4	359
	B	55.3	0	362

3.4. 경제성 분석

개발된 시작기의 경제성을 인력에 의존하는 관행방법과 비교하여 분석한 결과 표 4에

나타낸 것과 같이 시작기에 의한 포장작업이 인력에 비해 3.4배 능률적이었으며, 소요경비도 100상자당 41,010원이 소요되어 인력에 의한 포장비용 53,070원에 비해 23% 절감되는 것으로 나타났다.

Table 4. Working performance and cost

Item	Prototype	Conventional method (Manual)
Working performance(bag/hr)	303	90
Cost requirement(Won/100box)	41,010	53,070

4. 요약 및 결론

단감의 장기저장을 위하여 전적으로 인력에 의존하는 단감 포장작업의 생력화를 위하여 선별된 단감을 자동으로 포장할 수 있는 포장기를 개발하여 성능시험과 경제성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 단감정렬장치, 단감이송·개체화장치, 자세교정장치, 단감지지장치로 구성된 단감공급장치와 급대식 비닐공급장치, 그리고 전열접착식 봉지밀봉장치를 조합하여 PLC에 의해 제어되는 일관 포장기를 개발하였다.
- 나. 봉지개봉에 필요한 공기분사압력은 3.5kg/cm²일 때 99.5%로 가장 좋았으며, 수동 작업상태에서 비닐공급, 단감공급, 단감투입, 봉지밀봉 등 공정별 작업소요 시간은 5.2, 3.8, 5.6, 3.8sec로 비닐공급과 단감공급 공정이 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 다. 성능시험결과 단감공급속도가 0.13m/sec일 때 B등급의 포장작업성능이 시간당 303봉지로 나타났으며, 작업정밀도는 68.3%이었으며, 단감에 손상은 발생하지 않았으며, 경제성 분석 결과 소요경비가 100상자당 41,010원이 소요되어 인력에 의한 포장비용 53,070원에 비해 23%절감되는 것으로 분석되었다.
- 라. 개발된 시작기를 농가현장에 보급하기 위해서는 0.06mm P.E 필름으로 제작한 봉지를 이용하여 작업성능과 포장정밀도에 대한 개선연구가 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 박무현, 이동선, 이광호. 식품포장학. 1995. 형설출판사
2. 김성봉. 단감재배 신기술. 1997. 오성출판사
3. 김원희. PLC를 중심으로 한 종합 시퀀스 제어. 1997. 성안당
4. 포장기술편람. 1988. 한국디자인포장센터
5. 표준영농교본 감재배기술. 1992. 농촌진흥청