

진공식 탈피양파 포장기 개발

Development of a Vacuum Packaging Machine for Peeled Onions

박종률* 이영희* 조남홍* 최승목** 김재규* 김희대*** 오교환****
정회원 정회원 정회원 정회원
J. R. Park Y. H. Lee N. H. Cho S. M. Choi J. G. Kim H. D. Kim G. H. Oh

1. 서 론

최근 간편함을 추구하는 소비자들의 소비형태 변화로 세척, 박피, 절단 등 가정식 대체식품(HMR)에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히 양파는 껍질을 벗겨야 하는 불편함 때문에 소비촉진에 한계가 있었으나, 최근 백화점, 대형할인점 등에서는 껍질을 벗긴 양파를 2개 또는 3개씩 진공포장한 것이 유통되고 있다.

진공포장기법은 제품의 위생적 보관이나 신선도의 장기간 유지를 위해 식품포장 등에 널리 이용되는 기술로 탈피한 양파를 진공포장하면 포장봉지내에 산소가 거의 없기 때문에 미생물의 발육이 억제되어 유통 중 품질을 유지할 수 있다. 이러한 진공포장에 이용되는 포장기는 포장용기 내부의 공기를 강제로 탈기시키는 방법에 따라 노즐식 진공포장기, 챔버식 진공포장기 등이 있다.

구조가 간단해 탈피양파, 박피더덕 등의 진공포장에 많이 이용되는 노즐식 진공포장기는 제품이 투입된 봉지속으로 노즐을 넣고 봉지입구가 퍼지도록 손으로 잡고 있는 상태에서 스위치를 작동하면 접착바가 봉지입구를 막으면 탈기작업이 진행되므로 다음 작업을 하기 위해서는 포장이 완료될 때까지 기다려야 되며, 포장작업이 완료된 최종 제품은 사람이 상자 등에 담아야 하는 불편함이 있다. 또한 포장이 원활하게 이루어지게 하려면 봉지를 일일이 노즐에 끼워야 하고, 봉지입구에 주름이 발생하지 않으면서 탈기가 제대로 이루어지도록 접착바가 작동하기 전까지 봉지입구를 손으로 펴주어야 하고, 접착바가 작동할 때 봉지를 잡은 손이 접착바에 끼어 다칠 위험이 있다.

따라서 본 연구에서는 노즐을 봉지속에 투입하는 작업과, 봉지입구를 펴주는 작업과, 최종 제품을 상자 등에 담는 작업을 자동화하여 연속작업이 가능하고, 구조가 간단하면서도 작업 능률이 높고 가격이 저렴하여 농가 또는 생산자 단체에서 탈피한 양파를 포장하는 데 쉽게 사용할 수 있는 탈피양파 포장기를 개발하는 데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 탈피양파의 기하학적 특성 조사

탈피한 양파의 봉지크기를 설계하기 위하여 2001년 경남 창녕에서 생산된 양파를 뿌리와

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 농림부 농업기계자재과

*** 경상남도농업기술원 양파시험장

**** 영우엔지니어링

줄기를 절단하고 겉껍질을 벗긴 후 표준출하규격을 기준으로 크기별로 특대 90mm이상, 대 80~90mm, 중 60~80mm, 소 60mm미만으로 구분하여 구경, 구고, 질량, 체적, 구형율을 조사하였다. 구경은 평면상에서 뿌리-줄기와 일직선과 수직인 상태에서의 최대넓이, 구고는 뿌리와 줄기간의 거리를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였으며, 질량은 전자저울을 이용하여 측정하였다. 체적은 아르키메데스의 원리를 이용하여 물에 침지하여 시료의 체적을 측정하는 Plat-form scale method로 측정하였으며, 구형율(S)은 식 (1)과 같이 조사하였다.

$$S = \frac{d_e}{d_c} \times 100 \quad (1)$$

여기서, d_e 는 농산물의 체적과 같은 구의 지름

d_c 는 농산물의 최소 외접원 또는 그 농산물의 최대 지름

나. 봉지 크기설계 및 재질선정

탈피한 양파를 봉지 하나에 2개씩 포장할 수 있도록 탈피양파의 기하학적 특성에 따라 봉지의 길이와 폭을 결정하기 위하여 관행의 방법으로 폭은 그림 1과 식 (2)와 같이 구경최대값과 구고최대값을 더한 값으로 설계하였으며, 길이는 그림 2와 식 (3)과 같이 구경평균값의 2배와 구고평균값 절반의 3배를 더한 값으로 설계하였다.

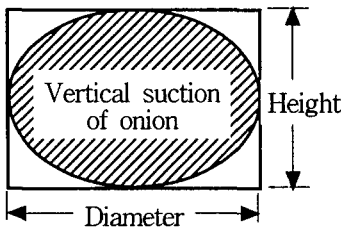


Fig. 1. Design of bag width

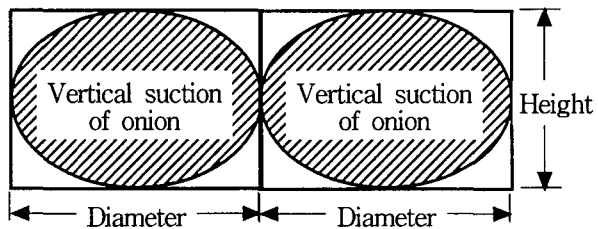


Fig. 2. Design of bag length

$$\text{봉지폭} (W) = \text{구경최대값} + \text{구고최대값} \quad (2)$$

$$\text{봉지길이} (L) = [\text{구경평균값} \times 2] + \left[\frac{\text{구고평균값}}{2} \times 3 \right] \quad (3)$$

봉지 재질은 Nylon과 LDPE를 적층(Lamination)한 필름으로 선정하였다. 나일론 필름은 기계적응용성이 우수해 Lamination등의 가공시 작업성이 뛰어나고 우수한 가스 차단성을 발휘하므로 진공포장 등에 많이 사용된다. 저밀도폴리에틸렌(LDPE) 필름은 가공이 용이하고, 강도, 내약품성, 전기절연성 등이 우수하며, 다른 플라스틱필름에 비해 값이 싸다. 필름별 두께 및 가스투과도(Analytic Gas Permeability Fractometer, GPM 500, 스위스)는 표 1과 같다.

Table 1. Specification of laminated film

Material	Thickness(mm)	Gas permeability(ml/m ² · d · bar)		
		CO ₂	O ₂	N ₂
Lamination of Nylon & LDPE	Nylon : 0.06, LDPE : 0.02	1015.3	1414.6	3176.5

다. 탈기요인시험

정 등(1997)은 양파를 진공포장할 때 봉지속의 공기가 빠지면서 필름에 의해 눌러지는 압력과 양파끼리 맞닿는 부위에 발생하는 약간의 조직손상이 양파의 부패에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 따라서 양파 조직에 손상을 주지 않을 정도의 적정 진공압을 구명하기 위하여 탈기요인시험을 실시하였다.

탈기요인시험용 공시기는 기존의 노즐식 진공포장기(FG-400E-NG, Japan)로 진공펌프의 배기속도가 50 l/min이고, 진공압력 설정은 cmHg 단위로 조절할 수 있으며 조절범위는 -76~0cmHg(-101.3~0kPa)이다. 봉지는 재질이 Nylon/LDPE적층필름으로 270(L)×160(W)mm의 크기로 제작하여 시험에 사용하였다.

포장개수는 봉지의 크기를 고려하여 특대 1개, 대 2개, 중 2개, 소 3개로 하였으며, 상온 및 저온저장 중 양파의 외관을 조사하기 위하여 진공압력별 4수준(-40.0, -53.3, -66.7, -80.0 kPa)으로 포장하여 20℃ 상온과 5℃ 저온저장고에 각각 저장하면서 진공압력별 양파의 외관품질상태를 조사하였다.

라. 시작기 제작

미리 만들어진 봉지에 인력으로 양파를 투입하고 봉지를 공급하면 봉지속에 노즐을 집어 넣고 봉지속의 공기를 빼고 봉지입구를 밀봉할 수 있도록 시작기를 제작하였다. 시작기는 그림 3과 같이 봉지집게, 탈기노즐, 봉지펴춤장치, 밀봉장치, 배출슈트 등으로 구성되어 있으며, 제원은 표 2와 같다.

작업공정은 양파가 투입된 봉지를 봉지집게에 공급한 후 풋트 스위치를 작동시키면 봉지집게가 봉지를 잡고 체인컨베이어에 의해 탈기 및 접착부로 이동한다. 봉지가동이 완료되면 탈기노즐이 봉지속으로 투입되며 봉지펴춤장치가 봉지입구를 펴주고 밀봉장치가 봉지입구를 완전히 막으면 설정된 시간동안 탈기가 이루어진다. 탈기가 끝남과 동시에 탈기노즐이 봉지에서 빠지고 즉시

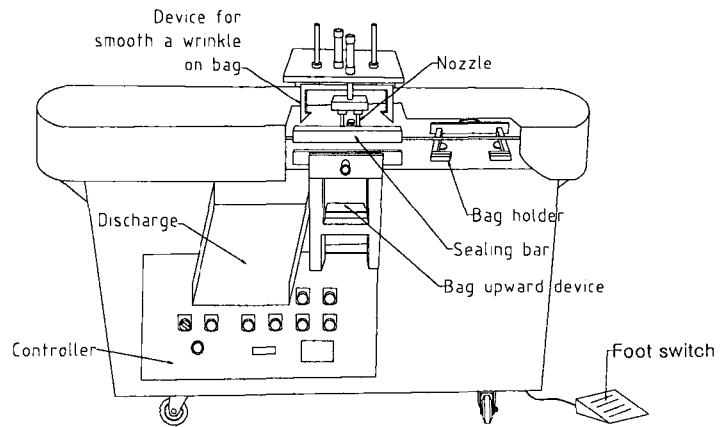


Fig. 3. Schematic diagram of the prototype

밀봉장치에 전기를 흘려 봉지입구를 접착하면 봉지집게가 배출부로 이동하고 봉지집게가 벌어져 배출하면서 포장이 완료된다. 시작기는 기존의 노즐식 진공포장기와 달리 봉지입구를 펴주는 장치가 있어 탈기 및 접착시 별도로 봉지입구를 펴줄 필요가 없으며, 제품이 담긴 봉지를 잡은 봉지집게가 회전하므로 연속작업이 가능하다. 탈기 및 접착장치 아래쪽은 봉지올림장치가 설치되어 탈기가 이루어지는 동안 봉지를 위로 올려 주기 때문에 탈기가 원활하게 이루어진다. 또한 진공이젝터를 이용하여 탈기하므로 별도의 진공펌프가 필요없다.

Table 2. Specification of the prototype

(Unit : mm)

Items		Specification
Full size		1900(L)×870(W)×1350(H)
Feeding and discharge	Bag holder	175(L)×275(W)×12Ea.
	Distant of holder	Initial 115, Expand 155, Pitch 261
	Width of bag	180~230
Driving motor		AC 220V, 60W
Vacuum part	Air ejector	Built in suction filter, Max pressure -85kPa
	Nozzle	60(L)×10.5(W)×2Ea
	Vacuum gauge	Range 0~-100kPa(-75cmHg)
	Bag upward height	70
Sealing ribbon		230(L)×5(W)×0.9(t)

마. 성능시험

(1) 공시양과

성능시험에 사용한 양과의 품종은 만생종인 천주종고황으로 2002년 전남 해남에서 생산된 것으로 줄기와 뿌리를 절단한 후 껍질을 벗기고 크기별로 분류하여 시험에 이용하였으며, 구경, 구고 및 질량은 표 3과 같다.

구경이 60mm미만인 것은 크기가 작아 상품성이 떨어져 소포장하지 않고 벌크상태로 식자재용으로 이용되고 있기 때문에 본 연구에서는 시험에서 제외하였다.

Table 3. Size and mass of peeled onion used in performance test

Onion size	Diameter(mm)	Height(mm)	Mass(g)	Remark
LL	95.2	71.6	304.1	Over dia. 90mm
L	84.8	67.4	233.5	Dia. 80~90
M	74.8	66.2	180.4	Dia. 60~80

(2) 시험방법

성능시험에 사용한 봉지는 본 연구에서 설계한 봉지크기를 기준으로 공시양과의 크기를 감안해서 표 4와 같이 2가지 크기로 제작하고, 봉지와 양과크기에 따라 포장개수를 달리하였다.

Table 4. Number of packaged onion according to bag and onion size

Bag size(W×L)	LL	L	M	Remark
200×300mm	2	2	4	Bag material and thickness : Nylon/LDPE lamination, 0.08mm
180×280mm	-	2	3	

LL : over dia. 90, L : dia. 90~80, M : dia. : 80~60, S : less than dia. 60 mm

시작기의 포장성능을 시험하기 전에 작업자가 일정한 속도로 작업을 할 수 있도록 충분한 연습을 한 후 실시하였다. 작업성능은 봉지에 양과를 투입할 때부터 포장이 완료될 때까지 소요된 시간을 측정하여 평균한 값을 1시간 작업량으로 환산하였다.

포장상태는 포장이 완료된 후 탈기상태, 접착상태, 밀봉상태를 조사하여 모두가 양호한 경우

포장상태가 양호한 것으로 판정하였다. 탈기상태는 측정된 진공압력이 -40kPa이상이고, 봉지가 양파에 밀착되어 봉지속의 양파가 움직이지 않으면 양호로 판정하였으며, 접착상태는 육안검사로 접착면이 울지 않고 고르게 접착된 상태일 경우 양호, 밀봉상태는 탈기된 상태가 유지되거나, 공기가 내부로 스며들지 않으면 양호로 판정하였다. 탈기압력은 시작기에 부착된 진공압계 이지를 이용하여 측정하였으며, 모든 시험은 봉지크기 및 포장개수별로 3회 반복하였다. 포장이 완료된 후 진공압력에 의해 양파표면이 함몰되었거나, 포장작업 중 노즐이 봉지속에 삽입될 때 노즐에 의해 양파 표면에 상처가 발생한 경우를 모두 손상된 것으로 판정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 탈피양파의 기하학적 특성

뿌리와 줄기를 절단하고 겉껍질을 벗긴 양파는 표 5에서와 같이 크기별 구경과 구고의 표준편차는 1.4~6.5, 2.5~8.4로 나타났으며, 중 크기의 질량 및 체적의 표준편차는 각각 42.2, 45.0으로 나타났다. 구형율은 91.8~99.3%로, 크기가 작을수록 구형율이 높게 나타났다.

Table 5. Geometrical characteristic of peeled onion

Items	Diameter(mm)	Height(mm)	Mass(g)	Volume(cm ³)	Sphericity rate(%)	
LL	Mean	96.6	73.9	343.5	367.1	91.8
	Max.	115.7	92.4	483.0	519.7	98.3
	Min.	90.0	53.0	224.7	243.8	85.1
	Stdv.	5.3	7.9	50.7	56.6	2.7
L	Mean	85.3	72.4	255.6	272.1	94.2
	Max.	89.9	85.1	327.6	350.6	98.8
	Min.	80.0	56.2	206.2	228.0	87.4
	Stdv.	2.7	6.1	24.3	26.0	2.6
M	Mean	69.1	59.6	140.9	149.3	94.4
	Max.	79.3	77.6	218.5	231.2	101.5
	Min.	60.0	33.6	93.3	97.7	89.5
	Stdv.	6.5	8.4	42.2	45.0	2.7
S	Mean	58.3	57.9	97.4	101.7	99.3
	Max.	59.5	60.0	107.1	111.3	101.8
	Min.	56.0	55.0	90.7	96.1	96.3
	Stdv.	1.4	2.5	6.3	6.2	2.3

LL : over dia. 90, L : dia. 90~80, M : dia. : 80~60, S : less than dia. 60 mm

나. 양파크기별 봉지크기

본 연구에서 조사한 탈피양파의 기하학적 특성을 기준으로 설계한 양파크기별 봉지크기는 표 6과 같다. 그러나 양파크기는 품종, 재배환경, 작황 등에 따라 차이가 있으며, 본 연구에서 조사된 양파의 크기만을 기준으로 설계한 봉지크기는 좀 더 많은 자료를 축적하여 검증을 하여야 할 것으로 판단되었다.

Table 6. Bag size according to onion size

(Unit : mm)

Bag size	LL	L	M	S
Length × Width	310×210	280×180	230×160	210×120

LL : over dia. 90, L : dia. 90~80, M : dia. : 80~60, S : less than dia. 60

다. 진공압력별 포장상태 및 저장 중 외관상태

진공압력별 포장상태는 압력에 관계없이 양호하였으며, 진공압 -66.7~-40.0kPa에서는 저온저장 15일 동안 상품성을 유지하였으나, 저온저장 23일 후에는 모두 부패하였다. 상온저장한 것은 6일만에 모두 부패하였다.

그림 4는 진공압력이 -80.0kPa, 특대 1개를 포장한 것으로 저온저장 6일 후 줄기부위가 함몰된 것을 나타낸 것이다. 진공압력이 -80.0kPa일 경우 저온저장을 하더라도 과도한 진공압력에 의해 줄기부가 함몰되거나, 양과끼리 접촉하는 부위가 함몰되어 상품성을 상실하는 것으로 나타났다. 따라서 탈피한 양파를 진공포장할 경우 진공압력은 -80.0kPa(60cmHg) 이내로 하고, 유통시 5℃정도의 저온에서 보관하여 유통기간을 15일 이내로 하면 외관품질을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

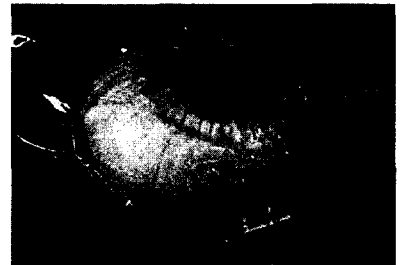


Fig. 4. Collapse of stem (cold storage 6days)

라. 봉지크기 및 포장개수별 작업성능

탈기시간을 길게 할수록 진공압력은 높아지지만 작업에 소요되는 총 시간이 길어지므로 탈기상태가 양호한 최소 시간동안만 탈기를 할 필요가 있다. 따라서 시작기의 성능시험 시 탈기시간은 3초로 고정하였으며, 봉지크기와 포장개수에 따라 각각 3회 반복하면서 시험한 결과 1봉지를 포장하는데 봉지크기와 포장개수에 관계없이 평균 11.3초가 소요되었다. 이를 1시간 작업량으로 환산할 경우 300봉지를 포장할 수 있다.

평균 탈기압력은 표 7에서와 같이 -52.3~-56.9kPa범위인 것으로 나타났다. 이때 포장상태는 양호하였으며, 손상은 발생하지 않았다.

Table 7. Working performance according to bag size and number of onion

Items		Performance (bags/hour)	Packaging appearance			Mean vacuum pressure (kPa)	Damage (%)
Bag size	No. of onion		Sealing	Closing	Vacuum		
200×300	LL 2	300	Good	Good	Good	-56.3	-
	L 2	300	Good	Good	Good	-56.9	-
	M 4	300	Good	Good	Good	-52.3	-
180×280	L 2	300	Good	Good	Good	-54.5	-
	M 3	300	Good	Good	Good	-56.6	-

LL : over dia. 90, L : dia. 90~80, M : dia. : 80~60, S : less than dia. 60 mm

4. 요약 및 결론

구조가 간단하면서도 작업능률이 높고 가격이 저렴하여 농가 또는 생산자 단체에서 탈피한 양파를 포장하는 데 쉽게 사용할 수 있는 탈피양파 포장기를 개발하기 위하여 수행한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 2001년 경남 창녕에서 생산된 양파를 뿌리와 줄기를 절단하여 겉껍질을 벗긴 후 표준출하 규격을 기준으로 특대, 대, 중, 소로 구분하여 구경, 구고, 질량, 체적, 구형율을 조사하였다.

나. 탈피양파 2개를 포장하기 위한 봉지의 길이와 폭은 특대 310×210, 대 280×180, 중 230×160, 소 210×120mm로 하였으며, 재질은 Nylon/LDPE적층필름, 두께는 0.08(0.06/0.02)mm로 설계하였으며, 양파크기는 품종, 재배환경, 작황 등에 따라 차이가 있으므로 좀 더 많은 자료를 축적하여 검증을 하여야 할 것으로 판단되었다.

다. 기존의 노즐식 진공포장기로 크기가 270(L)×160(W)mm인 봉지에 특대 1개, 대와 중 2개, 소 3개씩 넣고 진공압력별 4수준으로 탈기요인시험 한 결과 포장상태는 모두 양호하였다. 진공압 -66.7~-40.0kPa에서는 저온저장 15일 동안 상품성을 유지하였으나, -80.0kPa에서는 줄기부위와 양파끼리 접촉하는 부위가 함몰되어 상품성을 상실하였으며, 양파의 진공포장시 압력은 -80.0kPa 이내로 해야 할 것으로 판단되었다.

라. 탈피한 양파를 봉지에 넣은 후 진공이젝터를 이용하여 봉지속의 공기를 빼고, 임펄스 실링방식으로 봉지입구를 밀봉하여 자동으로 배출하는 탈기, 접착, 밀봉, 배출 일관작업형의 시작기를 설계 제작하였다.

마. 크기가 200(W)×300(L)인 봉지에 특대 2, 대 2, 중 3개, 크기가 180(W)×280(L)인 봉지에 대 2, 중 3개씩을 각각 넣고 시험한 결과, 봉지와 양파크기 및 포장개수에 관계없이 시간당 300봉지를 포장할 수 있었으며, 접착 및 밀봉상태, 탈기상태가 모두 양호하였으며, 손상은 발생하지 않았다. 이 때의 평균탈기압력은 -52.3~-56.9kPa범위인 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 고학균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1993. 농산가공기계학. 향문사
2. 김청, 박근실. 1999. 식품포장의 기초와 응용. 도서출판(주) 포장산업
3. 농촌진흥청. 2000. 표준영농교본-96 양파재배
4. 이종각. 2001. 연포장을 위한 포장기계강좌. 도서출판(주)포장산업
5. 정순경, 조성환. 1997. 박피양파의 선도유지를 위한 포장조건. 한국농산물저장유통학회지 Vol. 4. No. 3. pp. 259~264
6. FG-E Series Operating Instructions, 1997, FUJI IMPULSE CO.,LTD