

양파 탈피기 개발에 관한 연구

Study on Development of Onion Peeling Machine

박종률* 이영희* 조남홍* 최동수* 양길모* 김재규* 김만수** 오교환***
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

J. R. Park Y. H. Lee N. H. Cho D. S. Choi G. M. Yang J. G. Kim M. S. Kim G. H. Oh

1. 서론

대표적인 양념채소인 양파는 세계적인 수요 증가로 재배면적과 생산량이 계속 늘어나고 있으며, 우리나라 '03년도 양파 재배면적은 12,352ha에 생산량은 745,203톤에 이르고 있다(농림부, 2003). 양파의 국내 소비는 96%가 요식업체를 비롯한 가정용으로 소비되고 나머지 4%정도가 건조양파 등 가공용으로 소비되어 왔으나 앞으로는 가공용의 비율이 증가할 것으로 전망되고 있다(농촌진흥청, 2000). 실제로 채소류 가공실적(농림부, 2004)을 살펴보면 양파분말, 간양파, 건양파, 치킨소스 등 양파 가공제품이 '00년 2,821톤에서 '03년에는 8,070톤으로 크게 증가하였다.

양파가공, 탈피양파 유통을 위한 탈피작업은 즈액에서 분비되는 알리움(Allium)화합물의 자극성 때문에 작업자는 눈에 고통을 심하게 느끼는 고역작업이고 노동력이 많이 필요하여 기계화가 시급한 실정이다.

양파껍질을 기계적인 방법으로 벗기기 위해 민 등(2002)은 양파 박피장치 개발에 관한 연구에서 공기분사식 박피장치 시험요인으로 양파 형상, 롤러 회전속도, 공기분사압 및 시간, 껍질의 칼금내기 유무와 개수 등을 들었으며 이때 최적박피 조건으로 롤러의 원주속도 2.4m/s, 칼금수 4개, 분사공기압 4.0kg/cm², 완전박피 소요시간은 2초라고 보고하였다.

본 연구는 양파 탈피작업에 드는 노력과 비용을 절감하기 위하여 압축공기를 분사하여 양파 껍질을 자동으로 벗기는 양파 탈피기를 개발하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 탈피메커니즘 설계 및 요인시험

1) 탈피부 설계조건 구명시험

탈피에 적합한 노즐직경, 분사공기압, 분사거리를 구명하기 위하여 2002년 무안산 양파를 공시재료로 탈피부 설계조건 구명시험을 실시하였다. 시험장치는 그림 1과 같이 분사노즐, 레귤레이터, 타이머 등으로 구성되어 있으며, 노즐형태에 따라 분사거리 및 분사공기압을 조절할 수 있도록 제작하였으며 주요 제원은 표 1과 같다.

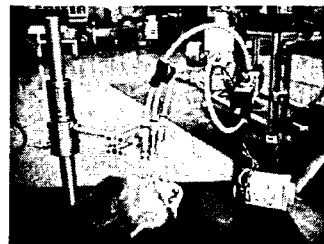


그림 2. 탈피요인시험장치

* 농촌진흥청 농업공학연구소
** 충남대학교 농업생명과학대학 생물산업기계전공
*** 영우엔지니어링

표 3. 탈피요인시험장치 제원

구 분	형 식	사 양
분사공기압조절	정밀레귤레이터	조절압력 : 0.05 ~ 8kgf/cm ²
분사시간조절	타이머	시간조절범위 : 0.5 ~ 10sec
공시노즐	Full cone type	직경 : 0.9, 1.6, 2.3mm(분사각 30°)

탈피부 설계조건을 구명하기 위하여 압축공기 분사시간을 1초로 설정하고, 노즐직경, 분사압력, 분사거리에 따라 탈피정도를 시험한 결과, 직경이 2.3mm이고 분사각이 30°인 풀콘타입 노즐에서 탈피가 잘 이루어졌으며, 표 2에서와 같이 분사압력이 높아질수록, 분사거리가 짧아질수록 탈피가 잘 되는 것으로 나타났으며, 분사압력 4kg/cm², 분사거리 20mm이내에서 90% 이상 탈피가 가능한 것으로 나타났다.

표 4. 노즐직경, 분사압력, 분사거리별 탈피정도

노즐직경(mm)	분사압력(kg/cm ²)	분사거리별 탈피비율(%)		
		30mm	20mm	10mm
0.9	4	0	0	0
	5	0	10	20
	6	10	0	10
1.6	4	50	60	60
	5	30	40	80
	6	40	60	70
2.3	4	70	90	90
	5	70	90	90
	6	80	90	90

2) 탈피부 설계 및 제작

탈피부 구명조건 시험결과를 토대로 표 3과 같은 조건으로 탈피부를 설계하였다. 압축공기 분사로 양파를 탈피할 때 표피 한 곳에 집중 분사하는 것보다 양파표면 여러 곳에 분사가 되도록 하면 탈피가 잘 이루어진다. 이러한 원리를 이용해 양파를 반전하면서 이송시키면 연속적으로 탈피작업을 할 수 있다. 따라서 반전과 동시에 이송이 가능하도록 롤러를 나선형태로 가공하여 탈피장치를 제작하였다. 양파는 나선롤러 회전에 의해 구르면서 이송을 하며 이때 양파의 구름원주속도는 2.4m/s인 것으로 나타났다.

표 5. 탈피부 설계 조건

구 분	형식 및 설계 조건
이송 및 반전	나선스크루에 의한 이송 및 반전, 양파 구름원주속도 : 2.4m/s 이상
노즐 형태 및 직경	노즐형태 : Full cone type, 분사각 30°, 노즐직경 : 2.3mm
분사 공기압 및 유량	4kg/cm ² , 0.128 ℓ/s이상,
압축공기 분사위치	20mm 이내, 조절형(양파 크기에 따라 조절가능)

양파 탈피부는 그림 2에서와 같이 양파를 이송하면서 회전 반전시키는 이송반전 스크루, 같은 간격으로 배치한 5개의 분사노즐, 분사시기 조절용 캠, 공기압 탱크로 구성되어 있다. 분사노즐은 상하 또는 좌우로 분사위치를 조절할 수 있도록 설치하였다. 양파가 스크루를 따라 반전과 이송을 할 때 노즐에서 압축공기가 분사되어 껍질이 벗겨지므로 노즐이 있는 위치

에 양파가 있을 때 압축공기가 분사되어야 효과적으로 탈피를 할 수 있다. 즉 노즐에서 압축공기가 분사되는 곳에 양파가 있어야 한다. 이를 위해 노즐아래 이송스크루 양쪽에 포토센서를 설치하였다. 노즐은 압력조절용 레귤레이터와 솔레노이드밸브로 연결되어 양파가 도달했다는 신호를 솔레노이드밸브에 보내 압축공기가 분사되도록 제작하였다. 따라서 양파가 감지되었을 때만 압축공기를 분사하므로 분사시기와 분사압력을 쉽게 조절할 수 있고 분사되는 공기량을 줄일 수 있다. 양파가 연속적으로 공급되면 압축공기 소비가 많아져 분사압력과 분사량이 점차 떨어져 탈피가 이루어지지 않는다. 따라서 분사압력과 분사량이 일정하게 유지되도록 공기탱크를 설치하여야 한다. 공기탱크 크기를 설계하기 위해서는 노즐에서 소비되는 이론공기량을 산출하여야 한다. 먼저 식 1을 이용하여 구한 노즐의 유효단면적은 3.7mm²이다.

$$S = 0.9 \times \frac{\pi \times D^2}{4} [mm^2] = 3.7mm^2 \dots\dots\dots \text{식 1.}$$

양파를 탈피할 때 노즐에서 대기중으로 분사하므로 1차측 압력(P1)은 노즐 분사압력이 4kgf/cm²이 되고 2차측 압력(P2)은 대기압 이므로 압축공기의 흐름은 P1>1.893P2인 음속영역이다. 음속영역일 때 노즐 하나의 공기소비량은 식 2에 적용하여 산출하면 3.2ℓ/sec가 된다. 따라서 공기탱크의 크기는 796.8ℓ보다 커야 연속적인 탈피작업이 이루어질 수 있다.

$$Q = 0.1854 \times S(P_1 + 1.033) \sqrt{\frac{273}{T}} = 3.32 \ell/s \dots\dots\dots \text{식 2}$$

여기서, Q : 대기압 환산의 체적 유량 [ℓ/s], P1 : 1차측 압력 [kgf/cm²G]
 P2 : 2차측 압력 [kgf/cm²G], S : 노즐의 유효 단면적 [mm²]
 T : 공기의 절대 온도 [K],

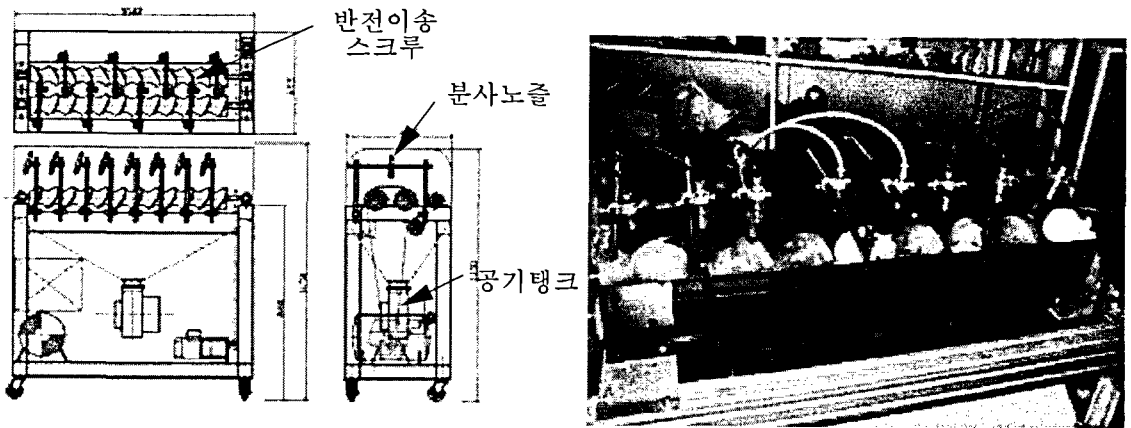


그림 3. 양파 탈피부 구조

3) 탈피시험

압축공기를 분사하여 양파를 탈피할 때 압축공기의 분사압력과 양파의 반전·이송속도는 탈피상태에 영향을 주는 중요한 요인이다. 따라서 스크루 회전속도별 2수준(80, 90rpm)과 분사압력별 4수준(4.5, 5.0, 5.5, 6.0kgf/cm²)으로 탈피율, 내피박피율, 감모율을 조사하였다. 탈피율은 전체 투입개수에 대한 탈피된 개수의 비로 조사하였는데 외피가 양파로부터 완전히 분리된 것만 탈피된 것으로 간주하였다. 내피박피율은 탈피된 것 중 내피가 벗겨진 양파의 비율로 하였으며, 감모율은 탈피전 무게에 대한 탈피후 무게의 비율을 조사하였다. 탈피시험

에 사용한 양파는 크기별로 선별하지 않고 줄기와 뿌리를 절단하지 않은 상태로 시험하였다.

나. 시작기 제작

양파 공급은 원판회전식으로 하였으며, 공급된 양파는 공기분사식 탈피장치로 자동으로 투입되도록 그림 3과 같은 구조로 제작하였다. 탈피부 설계요인시험 결과에 따라 반전이송 스크루는 길이 1,170mm, 피치 135mm, 산 직경 100mm, 골 직경 85mm로 하고, 재질은 MC 나일론으로 제작하였다. 양파가 투입되는 부분의 스크루에 2mm 핀을 3개씩 박아 양파가 반전이송될 때 표피에 흠을 내도록 하여 탈피가 잘 이루어지도록 하였다. 반전이송 스크루는 40W 스피드컨트롤 모터로 구동되고 동력전달은 체인으로 하였다. 공기분사 노즐은 반전이송스크루 위에 8개를 일정한 간격으로 설치하고, 높이는 스크루 외경 상부에서 130mm가 되도록 하였다. 이송스크루에서 반전하면서 이송하는 양파 감지는 Photo 센서를 이용하여 제작하였다. 각 노즐마다 공기압을 단속(斷續)하는 솔레노이드 밸브는 노즐과 최대한 근접한 위치가 되도록 제작하였다. 레귤레이터는 압력조절범위가 0~9.9kgf/cm²으로 양파 상태 또는 탈피 상태에 따라 압력을 조절할 수 있도록 하였다. 일시적으로 많은 양의 압축 공기를 사용하게 되더라도 공기압력의 저하를 최소한으로 줄이기 위해 공기압 탱크를 설치하였다.



그림 4. 시작기 구조

다. 성능시험

탈피시험은 크기별 선별과 줄기와 뿌리를 자르지 않고 자동공급하면서 탈피성능, 탈피율, 감모율, 내피박피율을 조사하였다. 탈피성능은 3반복으로 20kg 탈피시 소요된 시간을 평균하여 1시간 작업량(개수)으로 환산하였으며, 탈피율은 투입된 개수에 대한 탈피된 개수의 비율로 조사하였다. 감모율은 탈피전의 무게에 대한 탈피후의 무게 비율로 하였으며, 내피박피율은 탈피된 것 중 내피가 벗겨진 개수의 비율로 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 양파 탈피시험 결과

양파 탈피시험에 사용한 양파는 수원시내 농수산물도매시장에서 구입한 것으로 표 4에서와 같이 양파 크기와 무게가 스크루 회전속도별 탈피시험에 영향을 않도록 하였다.

표 6. 탈피시험에 사용한 양파 크기 및 무게 ()는 표준편차

구분	구경(mm)	구고(mm)	무게(g)	중경/횡경
회전속도 80rpm	84.5(8.0)	94.5(12.1)	291.0(69.7)	1.12(0.16)
회전속도 90rpm	84.5(9.6)	91.3(12.0)	286.8(78.7)	1.09(0.16)

양파크기를 선별하지 않고 줄기와 뿌리를 절단하지 않은 상태에서 스크루 회전속도에 따라 탈피시험을 한 결과, 그림 4에서와 같이 스크루 회전속도 80rpm에서 분사압력이 높아질수록

탈피율, 내피박피율이 높아졌지만 탈피율은 60%이하로 낮게 나타났다. 스크루 회전속도 90rpm에서는 그림 5에서와 같이 분사압력 4.5, 5.0, 5.5, 6.0kgf/cm²에 따라 탈피율은 각각 68.0, 81.0, 86.0, 89.0%로 높게 나타났으며, 내피박피율도 11.0~37.6%로 높게 나타났다. 스크루 회전속도를 90rpm이상으로 시험한 결과 오히려 탈피가 거의 이루어지지 않았다. 이는 양파가 빠르게 이송함에 따라 압축공기 분사시간이 짧아져 탈피가 이루어지지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 압축공기 분사압력과 스크루 회전속도를 각각 5.5kgf/cm², 90rpm으로 해야 할 것으로 판단되었다. 내피가 박피된 것은 감모율은 다소 높았지만 상품성에는 이상이 없었다.

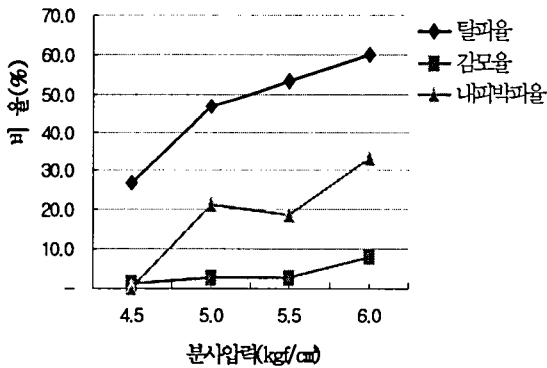


그림 5. 스크루 회전속도 : 80rpm

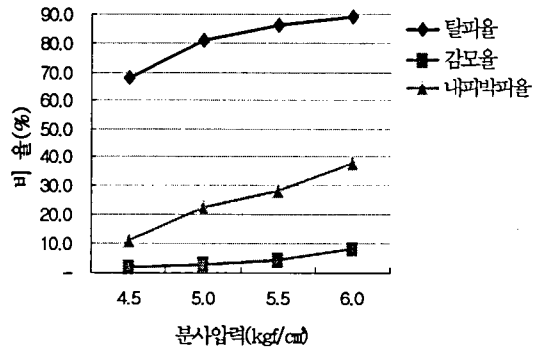


그림 6. 스크루 회전속도 : 90rpm

나. 성능시험

양파 탈피 성능시험에 사용한 양파는 수원시내 농수산물 도매시장에서 구입한 것으로 크기 및 무게는 표 5와 같다.

표 7. 성능시험에 사용한 양파 크기와 무게

구분	구경(mm)	구고(mm)	무게(g)	중경/횡경
평균	87.2	80.6	294.3	0.9
최대	109.8	105.0	580.1	1.4
최소	65.5	65.0	142.5	0.7
표준편차	10.6	9.3	87.9	0.1

양파를 크기별로 선별하지 않고 원판회전식 자동공급장치로 양파를 자동공급하면서 탈피성능 시험결과, 작업성능은 1,380개/시간이었다. 이때 탈피율, 감모율, 내피박피율은 각각 88.5, 4.6, 32.5%이었다. 내피가 탈피된 것을 제외한 감모율 즉 껍질만 탈피된 것의 감모율은 2.0%이었고, 내피가 탈피된 것만 조사한 감모율은 9.5%이었다. 그림 6은 양파가 탈피된 상태를 나타낸 것이다.



그림 7. 탈피상태

4. 요약 및 결론

양파 탈피작업에 드는 노력과 비용을 절감하기 위하여 압축공기분사식 양파 탈피기를 개발한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 정밀 레귤레이터로 분사압력을 조절하고 분사시간은 타이머로 제어하는 장치를 제작

- 하여 압축공기 분사로 탈피장치 설계조건을 구명하여 탈피장치를 제작하였다.
- 나. 탈피장치에 대하여 양파크기를 선별하지 않고 줄기와 뿌리를 절단하지 않은 상태에서 스크루 회전속도 2수준, 분사압력별 4수준으로 시험한 결과 분사압력과 스크루 회전속도를 각각 5.5kgf/cm², 90rpm으로 했을 때 탈피율은 89.0%이었다.
- 다. 탈피장치 시험결과를 토대로 반전이송스크루, 분사노즐, 양파감지센서, 레귤레이터, 공기탱크 등으로 구성된 시작기를 제작하여 성능시험 한 결과 양파 탈피장치의 작업성능은 1,380개/시간이었으며, 탈피율과 감모율은 각각 88.5, 4.6%이었다.

5. 인용문헌

- 고학균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1993. 농산가공기계학. 향문사
- 농림부. 2003. 농림통계연보
- 농림부. 2004. 2003 채소류 가공현황
- 농촌진흥청. 2000. 표준영농교본-96 양파재배
- 민영봉, 김성태, 강동현, 최선웅, 유준현. 2002. 양파 박피기 개발(Ⅱ) -공기분사식 박피장치-. 한국농업기계학회지 27(4). pp. 311~316