

양파박피기 개발 (I)
- 공기분사식 박피장치 -
Development of An Onion Peeler (I)
- Air Injection Type Peeling Equipment -

민영봉* 김성태* 강동현* 최선웅** 유준현**
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
Y. B. Min S. T. Kim D. H. Kang S. W. Choi J. H. Yoo

1. 서 론

양파는 건강식품이며 양념채소로서 우리 나라에서의 연간 총생산량은 약 94만 ton이며, 그 중 약 50%가 식품가공 및 음식점용으로 소비되는 것으로 추정된다. 양파를 이용하기 위해서는 껍질을 벗겨야 하므로 가공공정에서의 박피기(剝皮機)가 필요하여, 최근 외국에서 양파 껍질을 제거하는 기계가 개발되었으나 다양한 양파의 규격에 대한 적용성이 결여되어 실용화가 저조한 실정이다.

본 연구진은 양파박피기의 개발을 성공적으로 수행하였던 바, 本報에서는 설계, 제작한 試作機의 공기분사식 박피장치에 관하여 정리하였다. 즉, 양파의 꼭지와 뿌리를 절단한 후 양파의 껍질을 벗겨내는 공기분사식 박피장치의 최적 작동조건을 구명하기 위하여, 양파의 박피에 영향을 미치는 요인인 롤러의 회전속도, 양파 표면에 작용하는 공기의 분사압과 분사 시간 등의 영향을 究明하고, 양파 최외각 껍질의 칼금내기 유무와 칼금개수 등을 변수로 하여 공기분사식을 겸용한 장치를 개발, 그 성능을 시험함으로써 양파의 완전 박피가 가능한 작동조건을 설정하고 성능이 우수한 기계 생산을 위한 최적 설계자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

1) 시험용 양파

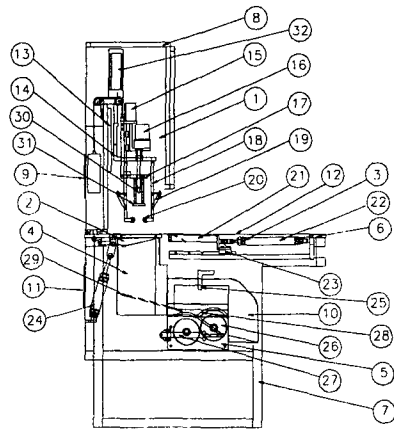
양파 박피작업의 자동화 공정은 양파투입→정렬→날개공급→꼭지와 뿌리제거→박피→양파와 껍질의 분리수거 순으로 이루어진다. 각 공정을 기계화하기 위해 양파의 외형특성과 정렬특성 등을 분석하였는데, 시료로는 진주의 농산물도매시장에서 20포대와 서울의 도매시장에서 35포대 등 55포대의 양파 가운데 포대당 20개씩 임의로 추출하여 약 1100개의 양파를 사용으로 하였다.

* 경상대학교 농과대학 농업시스템공학부 생물산업기계공학전공

** (주) 평화이엔지

2) 시작기

양파박피기 시작기는 양파의 뿌리와 꼭지 절단부, 절단 후 이송부, 박피부, 껍질과 양파분리부 및 이들 장치들을 연결시키는 프레임과 자동작업 제어부로 구성하였는데, 수차의 시행착오 끝에 양파의 최외각 껍질에 몇 개의 칼금(칼집, drug line, cutting line)을 내고 여기에 고압의 공기를 분사시키면 양파의 껍질이 잘 벗어지는 것을 확인하고, 공기압축 및 분사장치를 설치하였다. Fig. 1은 시작기의 조립도이다.



1. Upper cutting part 2. Support plate 3. Horizontal cutting part 4. Guide box 5. Peeling roller 6. Surface plate 7. Lower frame 8. Upper frame 9. Upper cover 10. Peeling room 11. Lower cover 12. Surface cover 13. Slider 14. Upper cutting frame 15. Air cylinder 16. Geared motor 17. Ring holder frame 18. Bar 19. Disc cutter supporter 20. Disc cutter 21. Horizontal cutter 22. Air cylinder 23. Slider 24. Air cylinder 25. Air jet nozzle 26. Roller 27. Air cylinder 28. Pick up 29. Guide plate 30. Rotary cutter 31. Ring holder 32. Air cylinder

Fig. 1. Assemblies of prototype of onion peeler.

시작기는 1인이 걸상에 앉아서 작업하기 편하게 하고, 상부에는 가공전의 양파를 적재할 수 있는 공간을, 또 하부에는 분리수거 상자 설치를 위한 공간을 확보하였으며, 기계의 운반과 조작의 편리성 및 상품성 있는 외관의 디자인을 고려하여 바로 실용화가 가능하도록 설계하였다. 제어장치는 PLC(programmable logic controller)를 이용하였고, 공압실린더 작동용 솔레노이드밸브와 리미트, 모터작동용 릴레이 및 접점 그리고 가동-정지, 자동-수동 스위치를 입출력회로로 구성하였다. 제어프로그램은 전용의 프로그램작성 소프트웨어를 이용하여 PC에서 작성하고 RS232통신에 TPC32모듈로 전송하여 사용하였다.

3) 박피장치

Fig. 2는 Fig. 1의 박피실(peeling room)내에 설치되어 있는 롤러식 박피장치이다. 롤러의 회전속도는 구동용 전동기의 전원에 인버터(220V 10A, 입력 주파수 60Hz, 출력 주파수 0~120 Hz)를 연결하여 주파수를 변화시켜 조절하였으며, 고압공기분사장치는 공기압은 밸브의 개폐조작에 의하여 3 kg/cm²에서 5 kg/cm²까지 0.5 kg/cm²씩 증가시키며 제어하였다.

칼금의 수(이하 칼금수)는 한 개에서 네 개까지 4구간으로 시험하였으며, 칼금의 깊이는 약 1 mm로 하여 최외곽 껍질만 잘리게 하였다. 칼금수 결정을 위한 시험에 사용한 양파는 무게별로 150 ± 30 g, 250 ± 30 g, 350 ± 30 g의 것을 각각 대, 중, 소로 구분하여 사용하였다.

이때 각 구간별 시험 양파의 총수에 대한 5초 이내에 완전히 박피된 양파의 수로 박피율을 산출하였고, 완전히 박피된 양파에 소요된 공기분사 후 경과시간을 박피시간으로 산정하였다.

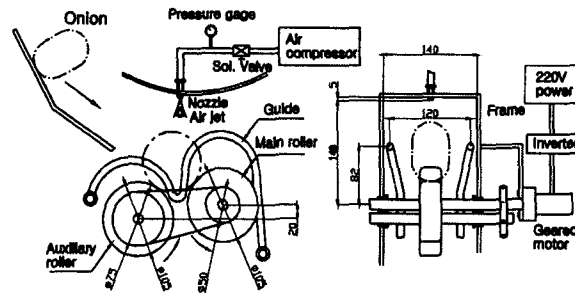


Fig. 2 Air injection peeling equipment.

4) 양파의 구름특성

롤러 위에 하나씩 올려놓은 양파가 롤러의 회전에 따라 임의로 구르다 중심축이 롤러의 회전축방향과 같아져 다음 공정으로의 이동이 가능한 시간을 측정하여 구름소요시간으로 하였다. 또 이때 시간이 5초 미만인 경우의 양파 개수를 산정하고 이를 시료의 총수로 나누어 무게별 구름율(이하 구름율)로 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 양파의 외형 및 정렬특성

Fig. 3은 양파의 직경별 분포를 나타낸 것으로, 양파의 평균직경은 80 mm로 나타났고,

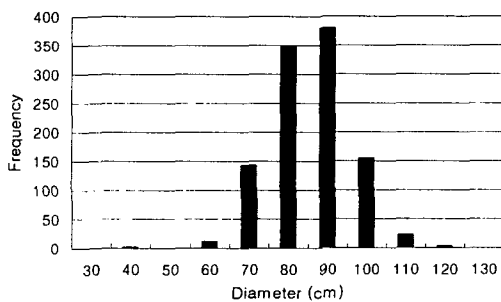


Fig. 3. Size distribution of onion.

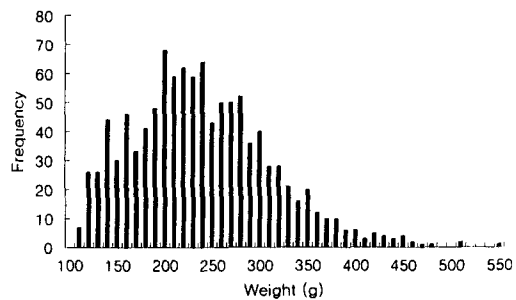


Fig. 4 Weight distribution of onion.

95%의 양파가 직경 70~110 mm 사이에 있는 것으로 나타났다. Fig. 4는 양파의 무게별 분포를 히스토그램으로 나타낸 것이다. 양파의 평균무게는 228.4g이었고, 전체 시료의 95%의 무게가 130~340 g사이로 나타났다.

이상의 분석에서 양파를 취급하는 기계의 설계에는 직경 70~110 mm (평균 80 mm), 무게 130~340 g, 평균 230 g으로 계산하면 95%의 양파를 취급할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 양파의 구름특성

Fig. 5는 주롤러의 회전수에 따른 양파의 무게별 직경방향 구름율을 나타낸 것이다. 양파의 직경방향 구름율은 주롤러의 원주속도가 증가할수록 증가하다가 원주 속도가 2.6 % 이상으로 증가하면 오히려 감소하는 경향으로 나타났다. 또한 양파의 무게가 가벼운 경우에는 저속에서, 무거운 경우에는 고속에서 직경방향 구름율이 높은 것으로 나타났으며, 직경방향 구름율이 가장 높은 주롤러의 원주속도는 2.4m/s일 때로 거의 모든 양파가 직경방향으로 구르게 되는 것으로 나타났다.

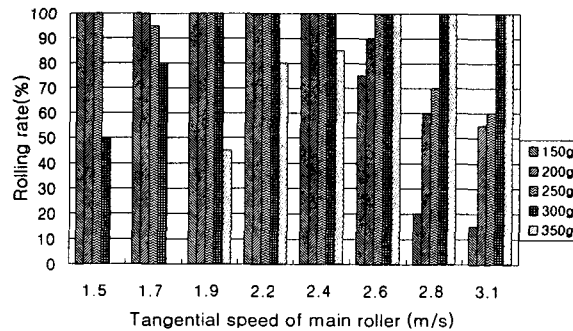


Fig. 5 Rolling rate of onion

주롤러의 원주속도에 따른 무게별 양파의 직경방향 구름소요시간을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 무게 300 g 이하이며 원주속도가 2 % 이상이면 소요시간이 1.3초 이하로 나타났다. 그러나 양파의 무게가 350 g인 경우는 원주속도가 1.9 % 이하일 때는 구름현상이 전혀 일어나지 않았고 그 이상 속도에서의 구름 소요시간이 3초 이하로 나타났다.

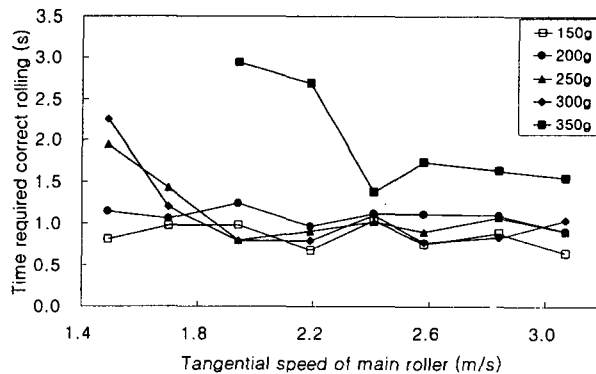


Fig. 6 Time required onion rolls on axis through stem.

직경방향 구름율이 가장 높은 원주속도인 2.4 ㎥에서는 350 g의 양과도 임의 방향의 구름이 일어나는 것이 확인되었다. 따라서 직경방향 구름 소요시간과 직경방향 구름율을 고려할 때 가장 적합한 주롤러 원주 속도는 2.4 ㎥인 것으로 판단된다

3) 박피성능

Fig. 7은 롤러의 원주속도를 2.4 ㎥로 고정하고, 양과의 무게와 칼금수에 따른 분사공기압별 박피율을 나타낸 것으로, 양과의 무게와 분사공기압이 증가할수록 박피율이 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 동일 시험조건에서 칼금수가 증가할수록 박피율은 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 분사공기압의 상승에는 제약 요건이 있으므로 가능한 한 낮은 분사공기압을 채택하고 칼금수를 늘이는 것이 바람직한 것으로 보인다. 따라서 양과의 완전박피를 위한 최적조건은 칼금수가 4개, 분사공기압은 3.5 kg/cm² 이상인 것으로 판단된다.

Fig. 8은 양과의 무게와 칼금수에 따른 분사공기압별 박피소요시간을 나타낸 것이다. 박피소요시간은 양과의 무게에는 그다지 영향이 없고 칼금수가 많을수록, 분사공기압이 높을수록 줄어드는 것으로 나타났다.

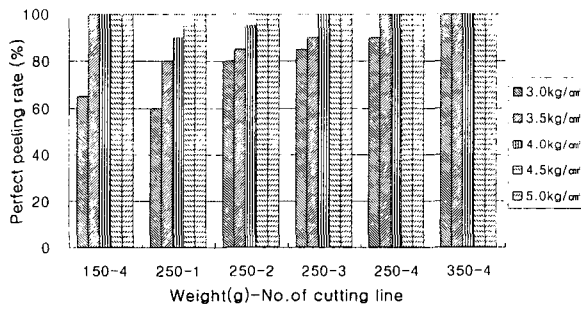


Fig. 7 Variations of the peeling rate.

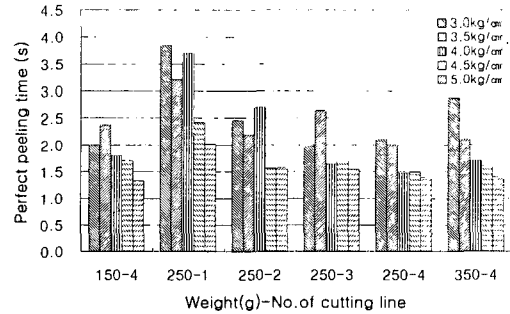


Fig 8. Variations of the peeling time.

Fig. 7에서 분사공기량을 최소화한 완전박피를 위해서는 분사공기압을 3.5 kg/cm² 이상으로 하여도 무방하지만 Fig. 8에서와 같이 분사공기압 3.5 kg/cm²에서의 박피소요시간은 칼금수를 4개로 하여도 2.4초가 소요되었다. 따라서 양과박피기의 박피작업능률을 향상시키기 위해서는 칼금수를 4개로 하고 분사공기압을 4.0 kg/cm² 이상으로 하여 박피소요시간, 즉 공기분사시간을 2초 이하로 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

그런데 본 시험에는 수확 후 5개월 지난 양과를 사용한 것이므로, 이 결과가 저장조건에 의 표피의 성상이 다른 양과에는 부합되지 않을 수도 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 분사공기압을 4.0 kg/cm² 이상으로 하고 박피실에서의 공기분사시간을 2초에서 5초까지 조절할 수 있는 장치를 부착하는 것이 좋을 것이다. 또 시험에 사용된 양과의 무게는 150~350±30 g으로 이를 직경으로 추정하면 60~120 mm, 평균 80 mm가 되므로 본 양과박피기는 우리 나라에서 생산되는 양과의 98%에 적용 가능할 것으로 생각된다.

4. 요약 및 결론

양파의 껍질에 칼금을 내고 꼭지와 뿌리를 절단한 후 회전하는 두 개의 롤러 위에 양파를 낙하시켜 구르게 하면서 그 위에 고압공기를 분사시켜 양파의 외각 껍질을 제거하는 공기분사식 박피장치의 최적 작동조건을 구명하기 위하여 수행한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 박피장치에 고압공기를 분사하지 않았을 때, 롤러의 원주속도가 빠를수록, 양파의 무게가 가벼울수록 구름소요시간은 줄어들었고 직경방향 구름율이 가장 높았는데, 직경방향 구름소요시간이 가장 짧게 나타나는 주롤러의 원주속도는 2.4 %이었다.
2. 주롤러의 원주속도 2.4 %일 때 양파의 무게, 분사공기압 및 칼금수가 증가할수록 박피율은 증가하였으며, 박피율이 가장 높은 조건은 칼금수 4개, 분사공기압 3.5 kg/cm² 이상이었다.
3. 박피소요시간은 칼금수가 많을수록, 분사공기압이 높을수록 짧아지는 것으로 나타났고, 칼금수를 4개로 하고 분사공기압을 4.0 kg/cm² 이상으로 하면 박피소요시간을 2초 이하로 유지할 수 있었다.
4. 양파의 껍질강도는 저장기일과 조건에 따라 다르므로 모든 양파의 박피를 위해서는 분사공기압을 4.0 kg/cm² 이상으로 하고 공기분사시간을 2초에서 5초까지 조절할 수 있는 장치를 부착하는 것이 좋을 것으로 판단된다
5. 시험에 사용된 양파는 무게는 150~350±30 g, 직경 60~120 mm의 크기로 우리 나라에서 생산되는 양파의 98%에 적용이 가능할 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

1. 권은오. 2001. 양파의 안정적 수급, 유통 시책방향, 양파 상품수율 향상 방안(심포지움), 경상남도 농업기술원, 진주, p.5~24.
2. 우종규. 2001. 농업정보-채소-양파. 제주농업기술원, Internet site : www. agri. cheju.kr.
3. Comfile Technology. 1999. Programmable logic controller tiny PLC. User's Manual, Korea Comfile Technology, Seoul.
4. Mohsenin Nuri N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York, p.79~127.