

**양파박피기 개발 (Ⅱ)**  
- 양파뿌리부 절단장치 -  
**Development of An Onion Peeler (Ⅱ)**  
- Root Cutting Equipment -

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

### 1. 서 론

양파 과실의 구형도는 94.4%로 구에 가까우나 무게중심은 과실과 뿌리를 경계로 높이의 46% 부근, 즉 약간 아래로 치우쳐 있다. 또 꼭지와 뿌리가 달린 상태에서 양파의 정렬과 껍질의 제거는 거의 불가능하므로 꼭지와 뿌리의 제거는 양파 가공의 기계화 및 자동화에 필수적이다.

본 연구는 양파박피기 개발에 관한 연구의 일환으로 양파의 뿌리를 절단하고 제거하는 데 적합한 칼날의 종류, 회전속도 및 절단이송속도에 따른 절단가능성, 절단면 거칠기 및 소요동력 등 제 특성을 구명하여 적절한 회전칼날을 제작 사용함으로써 능률 높은 양파박피기를 개발하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

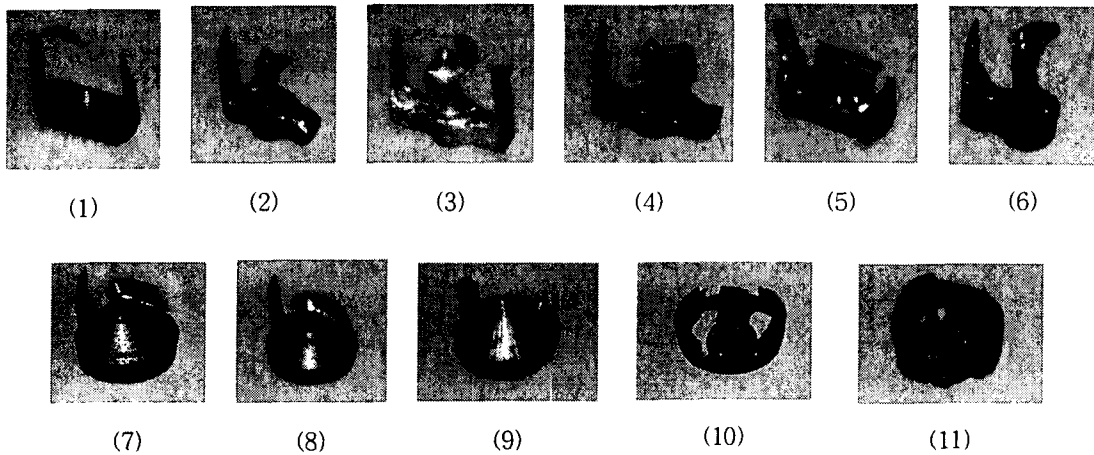
양파박피기에 사용할 칼날별 뿌리절단 시 회전속도와 이송속도에 따른 뿌리부의 절단상태, 칼날 고정축의 최대토크 및 절단면의 거칠기를 조사 분석하여 최적의 칼날형태를 찾아내고, 칼날구동모터의 용량을 구명하여, 뿌리절단용 회전칼날의 최적형태를 결정하기 위하여 Fig. 1과 같이 11종류의 칼날을 고안, 제작하여 박피기시작기의 회전칼날 부착부에 장착하고 시험을 실시하였다. 시험에 사용한 칼날은 편의상 양날형(1), 축날형(2, 3, 4, 5, 6), 원추형(7, 8, 9) 및 원통형(10, 11) 등으로 형태에 부합하는 이름을 붙였다. 칼날은 SUS420의 스텐칼날 재질로 두께는 1.5 mm이었으며 칼날각은 20°로 하였다. 양파의 뿌리절단시의 소요동력은 Fig. 4의 박피기 상부장치를 이용하였다. 시험용 양파는 베어링 받침 위에 설치된 3개의 편에 중심을 일치시켜 꽂아 놓고 자동제어장치의 시작버튼을 누름으로서 절단이 이루어지게 하였다. 절단시험 중 회전칼날이 양파의 뿌리부를 10 mm 깊이로 일정하게 자르도록 하기 위하여 멈춤장치(stopper)를 설치하였다. Fig. 2는 뿌리를 자르기 위한 양파를 고정하는 것이며,

---

\* 경상대학교 농과대학 농업시스템공학부 생물산업기계공학전공

\*\* (주) 평화엔지니어링

Fig. 3은 회전칼날이 작동하는 상태를 나타낸 것으로, 그뿌리가 절삭될 때 절삭력은 양과의 회전반력으로 전달되고, 이 반력은 베어링 중심에서 2 cm 반경에 설치한 편과 연결한 끈에 인장력을 유발하는데, 이 인장력을 로드셀을 통해 검출하고 스트레인증폭기(System 10 K7, Daytronic, U.S.A)를 사용하여 증폭시켰다. 스트레인증폭기의 아날로그 전압출력은 데이터계측장치의 전압입력카드에 연결하여 컴퓨터로 뿌리부 절단시의 부하토크변화를 측정할 수 있게 하였다. 회전칼날의 회전수 조절은 인버터(220V 10A, 60Hz 입력, 0~120Hz 출력)를 이용하여 1:3 변속기어가 붙은 25W정격 모터의 입력전원의 주파수를 조절하므로써 가능하게 하였다. 그리고 뿌리부 절단시의 회전수 변화를 측정하기 위하여 픽업(pick-up)과 Fig. 3의 펄스신호 발생회로를 이용하여 증폭하고 이 펄스신호를 데이터계측장치의 카운터카드에 입력하여 회전수를 측정하였다.



(1) Wing blade type, (2)~(6) wing and center blade type (7)~(9) conical body type, (10)~(11) cylindrical type

Fig. 1 Experimental rotary root cutters of the onion peeler.

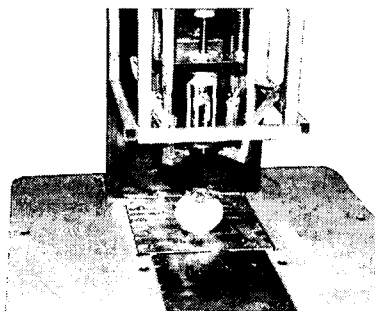


Fig. 2 Onion on the fixing plate

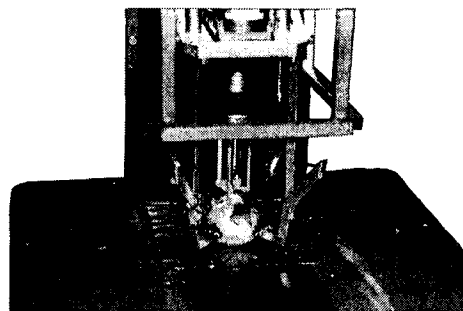


Fig. 3 Operating of a cutter blade.

시험에 사용한 양파는 6월에 수확, 저장한 것이며 직경은 6~11 cm이었으며, 시험은 11월

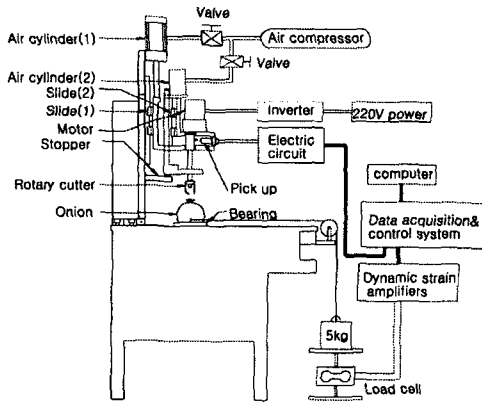


Fig. 4 Schematic of onion peeler.

에 수행하였으므로 건조가 상당히 진행된 것이었다. 회전칼날의 회전속도는 무부하시 각각 480 rpm, 530 rpm, 580 rpm, 630 rpm, 680 rpm으로 조정하였으며, 이송속도는 박피기의 회전칼날 이송용 공압실린더의 공기유입조절밸브를 이용하여 각각 0.069 m/s, 0.074 m/s, 0.08 m/s, 0.087 m/s, 0.096 m/s로 조정하였다. 공기압축기와 각 실린더는 비닐호스로 연결하였으며, 작동 중 공기압강하가 발생하지 않음을 확인하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 칼날의 선정

각 칼날별 양파의 뿌리부 절단이 가능한가를 알아보기 위하여 Fig. 1의 각 칼날들을 Fig. 2와 Fig. 3에서와 같이 Fig. 4의 시작기에 부착하여 양파 절단시험을 하였다. 이 시험에서는 칼날 회전수를 무부하에서 580 rpm으로, 이송속도를 0.08 m/s로 일정하게 하였으며, 전체 시험구간에 대한 뿌리부 절단시 칼날이 멈추지 않고 절단부가 매끈하게 절삭된 구간의 백분율을 절단성공률이라 정의하였다. Fig. 5는 각 칼날별 10번씩의 반복시험을 통하여 얻어진 절단성공률을 나타낸 것으로, 양날형(1)과 축날형(2~6) 칼날의 절단성공률은 약 60% 이상으로 나타났으나, 원추형(7~9)과 원통형(10~11)의 경우 뿌리부 절단이 불가능하였다. 따라서 본 실험에서는 양날형과 축날형 칼날을 이용하여 절단토크 측정시험을 실시하였던 바, 그 결과는 Fig. 6과 같이 나타났다. 양날형 칼날의 경우 최대토크가 가장 낮았고 절단면도 깨끗하였으나, 축날형 칼날의 경우는 절삭은 가능하였으나 회전토크가 컸고 절삭면도 깨끗하지 않았다. 최대토크가 제일 낮은 것은 양날형 칼날의 최대토크 5.25 kg·cm이었으며, 각 칼날의 평균토크는 4.8~8.9 kg·cm로 나타났다. 따라서 양파의 뿌리절단에는 양날형과 같이 칼날이 예리하며 파내기와 수직날로 금구기도 동시에 실행할 수 있는 하는 형태가 좋은 것으로 판단된다.

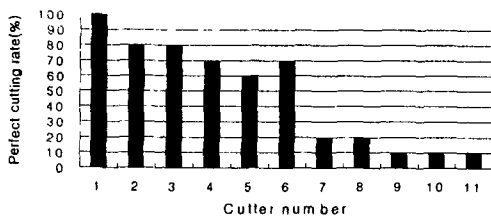


Fig. 5 Root cutting rate at 580 rpm and 0.08 m/s.

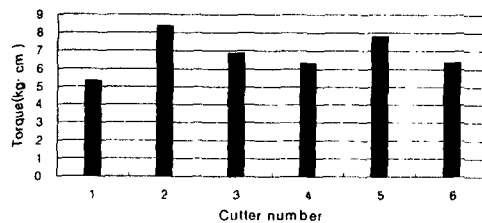


Fig. 6 Maximum shaft torque of rotary cutter.

## 2) 최적작동조건

본 시험에서는 뿌리부 절단성공률이 가장 높고, 최대토크가 가장 낮았던 양날형 칼날을 이용하여 소요동력이 최소로 되는 칼날회전수와 이송속도를 구명하고자 하였다. Fig. 7은 회전칼날이 뿌리부를 절삭하는 동안의 축의 회전수, 부하토크 및 소요동력의 변화를 타나낸 것이다.

회전칼날이 초기 무부하에서 584 rpm으로 회전하다가 양과의 뿌리부를 파고 들어가는 시작점에서 약 0.6초 후에는 547 rpm까지 급격히 떨어지다가 제일 딱딱한 부분인 뿌리부가 제거된 후부터는 회전수가 다시 증가하였다. 부하토크는 뿌리부 절삭시 최대값으로 증가하여 뿌리 부를 제거 한 후에도 계속 양과를 파고 들어가기 때문에 약 1초간 최대토크인 약 4 kg·cm를 유지하였다. 소요동력은 토크가 거의 일정한 동안 회전수의 증가로 뿌리부 절삭의 끝지점에서 최대값을 나타내었다.

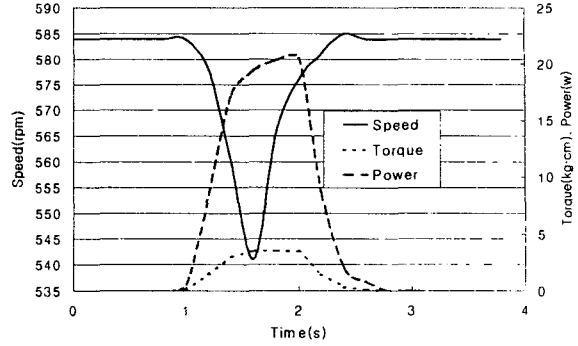


Fig. 7 Load variations of root cutting.

Fig. 8은 양날형 칼날의 회전속도와 이송속도에 따른 절단성공률을 나타낸 것이다. 절단성공률이 100% 이하인 경우는 뿌리부 절단 시 부하토크가 25W모터의 최대토크보다 큰 경우로서, 회전칼날이 뿌리부에 낚혀 정지되어 절단이 진행되지 않은 경우이다. 회전속도가 빠를수록, 또 이송속도가 느릴수록 절단성공률이 높은 것으로 나타났다. 이것은 1회전 당 이송량이 작을수록 칼날에 걸리는 저항이 적고 절단면이 매끈하게 되는 것으로 판단된다.

절단시간을 단축하려면 이송속도와 회전속도를 높여야 되는데 과도한 절삭속도는 칼날의 수명을 단축하는 원인이 되고 절삭동력도 많이 소모되므로 회전속도는 630 rpm, 이송속도는 0.08 %가 적당한 것으로 판단된다.

Fig. 9는 양날형 칼날로 양과의 뿌리부를 절단할 때 칼날의 회전속도와 이송속도에 따른 최대토크의 범위를 나타낸 그림이다. 전반적으로 회전속도가 증가함에 따라 부하토크는 약

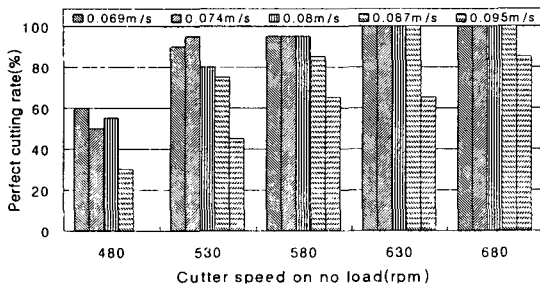


Fig. 8 Cutting rate of the wing type blade.

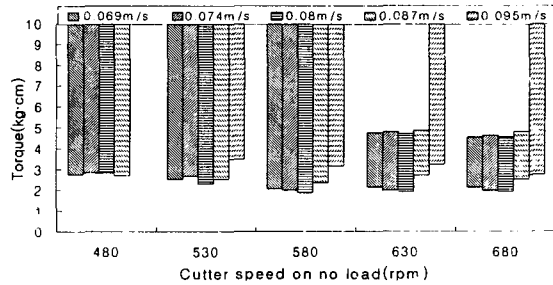


Fig. 9 Max. torque of the wing type blade.

간씩 감소하였으나, 이송속도에 따른 부하토크의 차이는 나타나지 않았다. 최대토크가 10 kg·cm 이상인 경우에는 뿌리부 절단 시 칼날이 정지하여 완전절단이 이루어지지 않았으며, 부하토크의 측정한계를 넘는 경우가 나타나는 경우이었다. 그리고 이송속도 0.095 m/s에서는 부하토크가 10 kg·cm를 넘는 경우가 약 40% 이상 있었다. Fig. 10은 인버터를 이용하여 모터의 무부하 회전수를 조정한 후 양파뿌리부를 절단할 때 감소한 회전수의 최대값과 최소값의 범위를 나타낸 것이다. 무부하 회전수가 580 rpm 이하에서는 양파의 뿌리부 절단 시 칼날의 회전수가 멈추는(0 rpm) 것으로 나타났는데, 이것은 부하토크가 모터의 최대토크보다 높아져서 회전칼날이 정지한 때문으로 보인다. 무부하 회전수가 630 rpm 이상이고 이송속도가 0.087 m/s 이하에서는 뿌리부 절단 시 회전수감소는 약 40 rpm 전후로 나타났다. 이송속도에 따른 각 회전수의 변화는 부하의 크기에 따라 감소되는 양의 차이는 별로 없는 것으로 나타났다. Fig. 11은 뿌리부를 절단할 때의 최대소요동력의 범위를 나타낸 것으로, 초기 무부하 회전수가 높을수록 최대소요동력의 편차가 적었고, 소요동력은 약간씩 높아지는 것으로 나타났다. 소요동력은 토크와 속도의 곱으로, 회전속도가 높을수록 소요동력이 높게되므로 회전속도는 뿌리부가 완전히 절단이 되는 최저의 속도로 제한하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

이상에서 양파의 뿌리부가 완전히 절단되고 소요동력이 낮으면서 절단시간을 단축할 수 있는 최적의 작동조건은 칼날의 무부하 회전수 630 rpm, 이송속도 0.08 m/s인 것으로 나타났고, 그때의 최대토크는 5.25 kg·cm이었으며 최대소요동력은 33W로 나타났다.

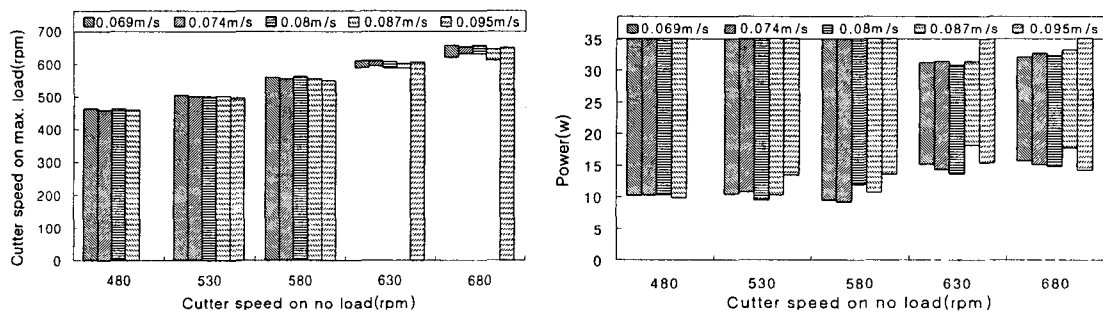


Fig. 10 Reduction of the rotational speed. Fig. 11 Maximum power requirement.

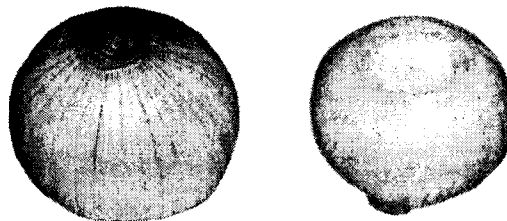


Fig. 12. Peeled onions with developed peeler.

Fig. 12는 본 연구진이 개발한 박피기로 껍질을 벗긴 양파로 왼쪽은 꼭지를 절단한 것이고, 오른쪽은 뿌리를 절단한 것이다.

## 5. 요약 및 결론

양파박피기 개발을 목적으로 수행된 본 연구에서는 공정상 필요한 뿌리절단장치에 관하여 시험 분석하였다. 뿌리를 절단, 제거하는 데 적합한 칼날의 종류, 회전속도와 이송속도, 및 소요동력 등 제 특성을 구명하여 적절한 회전칼날을 제작 사용함으로써 능률 높은 양파박피기를 개발하고자 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 양날형, 축날형, 원추형, 및 원통형 등 직경 30 mm의 칼날을 제작하여 실험하였던 바, 양파의 뿌리절단에는 구부린 칼날로 파내기를 하고 수직칼날로 금긋기를 동시에 할 수 있는 양날형이 가장 좋은 것으로 나타났다.
2. 양파의 뿌리부가 100% 절단이 되고 소요동력이 낮으면서 절단시간을 단축할 수 있는 최적의 작동조건은 칼날의 무부하 회전수 630 rpm, 이송속도 0.08 %인 것으로 나타났고, 그때의 최대토크는 5.25 kg·cm이었으며 최대소요동력은 33W로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. 권은오. 2001. 양파의 안정적 수급, 유통 시책방향, 양파 상품수출 향상 방안(심포지움), 경상남도 농업기술원, 진주, p.5~24.
2. 우종규. 2001. 농업정보-채소-양파. 제주농업기술원, Internet site : [www.agri.cheju.kr](http://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.