

양파 박피기 개발 (Ⅱ) - 공기분사식 박피장치 -

Development of An Onion Peeler (Ⅱ)

- 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

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the optimum operating conditions of the air injection type onion peeling device which could be attached to a prototype onion peeler. An onion, stem and root was cut and some vertical line was dug in 1 mm depth on the skin, was put on the two parallel rollers. The diameters of the rollers were 105 mm and the ratio of peripheral velocity was 3:2, and moved by a geared motor. Air from the nozzle with high pressure and velocity was jetted to the rotating onion on the revolving rollers, and then the skin of the onion was stripped. On the test, the rolling characteristics of the experimental materials were measured. The effective peeling conditions were, the number of digging line on the skin of the onion was 4, and the air jet pressure was above 392.3 kPa(4.0 kg/cm²) when the peripheral velocity was at 2.4 m/s. On these conditions, time requirement to peel an onion was less than 2 sec.

Keywords : Onion peeling device, Air jet, Digging line.

1. 서 론

양파는 건강식품이면서 양념채소로서 최근 우리나라는 물론이고 세계 각국에서 그 수요가 급증하고 있다. 우리나라의 양파 재배면적은 2000년 통계로 16,000 ha이며, 총생산량은 약 936,000 ton으로 국민 1인당 연간 약 20 kg을 소비하며, 미국, 유럽, 일본, 중국 등 많은 나라에서도 국내에서와 비슷한 양이 소비되고 있는 중요 농산물이다(권, 2001). 우리나라에서는 양파 생산량의 50%는 가정용으로, 50%는 식품가공 및 음식점용으로 소비되는 것으로 추정된다. 양파는 요리나 가공 전에

껍질을 벗겨서 사용하는데 아직까지 우리나라는 칼 등을 이용한 인력작업에 의존하고 있다. 양파 한 개의 무게를 평균 250 g으로 보면 가공용으로 19억개이며, 이를 인력으로 박피할 경우 연인원 165만명이 필요하며 500억원의 인건비가 소요되는 셈이다. 인력으로 양파의 껍질을 벗기는 작업은 그 자극적이며 매운 냄새로 인하여 많은 고통이 따른다. 곧 양파박피기의 개발은 필수적인 것으로 양파가공산업에는 물론, 국내외 수요를 예상해 볼 때 무엇보다 이 기계를 생산하는 기업이 활성화되는데 크게 기여하고, 농가의 수입원인 양파 생산량을 늘리고 안정생산에도 기여할 것으로

This study was supported by ERI and IALS of the Gyeongsang National Univ. The article was submitted for publication in May 2002, reviewed in July 2002, and approved for publication by the editorial board of KSAM in August 2002. The authors are Y. B. Min and S. T. Kim, Professor, and D. H. Kang, Graduate Student, Gyeongsang National University; S. W. Choi and J. H. Yoo, Pyunghwa ENG Co. Ltd. The corresponding author is S. T. Kim, Professor, Major of Bio-Industrial Machinery Engineering, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea. Fax:+82-55-762-0610. E-mail:<kimsung@nongae.gsnu.ac.kr>.

믿어진다. 또 양파의 기계적 박피제거의 이점으로는 가공부산물의 수집처리에 의한 가정의 쓰레기량을 줄여 수거비용이 절약되고, 양파의 수송물류비용도 절감되며, 백화점이나 음식점의 가공납품업종의 창업에도 기여할 것으로 판단된다. 최근 일본에서 양파 껍질을 제거하는 기계가 개발되었으나 다양한 양파의 규격에 대한 적용성이 결여되어 실용화가 저조한 실정이다.

본 연구에서는 제작한 양파박피기 시작기를 이용하여 양파의 꼭지와 뿌리를 절단한 후 양파의 껍질을 제거하는 롤러식 박피장치의 최적 작동조건을 구명하기 위하여 수행하였다. 양파의 박피에 영향을 미치는 요인인 양파의 형상, 롤러의 회전속도, 양파 표면에 작용하는 공기 분사압과 분사시간 및 양파 껍질의 칼금내기 유무와 개수를 변수로 하여 성능시험을 실시하였다.

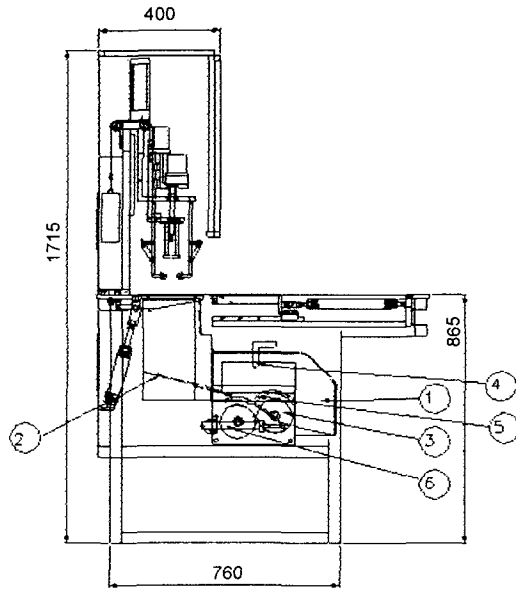
2. 정렬특성

양파를 각도가 각각 60°, 80°, 100°, 180°인 V형 홈으로 만든 나무판을 각각 10°, 15°, 20°의 경사각으로 기울이면서 양파를 축 방향으로 굴렸을 때, 홈각도 80° 이상 또 경사각 15° 이하에서 85% 정도가 구름거리 1.5 m 이내에서 축방향으로 바로 세워지는 것으로 나타났으므로 양파를 일정속도로 회전시키면 원심력에 의해 축방향으로 세울 수 있음을 확인하였다. 또한 이를 물에 띄웠을 때 98% 이상의 양파가 뿌리부가 밑으로 향하는 것으로 나타났으나, 물을 이용한 정렬은 양파의 건조과정이 부가되므로 이 특성은 기계작업에 응용하기가 어려운 것으로 판단하였다. 이상의 결과에서 양파는 구에 가깝고 직경이 높이보다 약간 크며, 직경이나 무게로 양파의 크기를 나타낼 수 있다고 판단된다. 이는 제주 농업기술원(우, 2001)의 인터넷 농업기술 소개에 따르면 극조생종에서 조생종, 중만생종, 만생종으로 갈수록 직경에 비해 높이가 높아지며 중만생종인 경우 직경과 높이가 비슷하다고 보고한 결과와 일치하였다. 양파를 취급하는 기계의 고안과 설계시에는 제1보의 실험결과에서 직경 70~110 mm(평균 80 mm), 무게 130~340 g(평균 230 g)으로 고려하면 양파의 95%를 취급할 수 있으며, 양파의 정렬은 양파에 회전을 가함으로서 축방향으로 정렬할 수 있는 것으로 판단된다.

3. 재료 및 방법

가. 시작기

양파 박피기의 주요 장치부는 양파의 뿌리와 꼭지절단부, 절단후 이송부, 박피부, 껍질과 양파분리부 및 이들 장치부를 상호 연결시키는 프레임과 자동작업 제어부로 구성하였다. 절단장치는 뿌리부를 회전칼날에 의해 원형홈으로 깎아내고, 꼭지부는 직선칼날에 의해 자르며, 절단 후 이송은 자연낙하 방식을 채택하였다. 여러 가지 방법으로 시험한 결과 양파의 최외각 껍질에 칼금을 내고 고압고속의 공기총(air gun)에 의해 공기를 칼금에 분출시키면 양파의 껍질이 잘 벗어지는 것을 발견하였다. 그림 1은 이들 장치부를 설치한 시작기의 조립도이며 그림 2는 시작기로 박피한 양파의 사진이다. 시작기는 양파의 직경이 50~130 mm인 것으로 98% 정도의 양파를 박피할 수 있는 구조로 제작하였다. 시작기의 상세도와 전반적인 작동과정, 제어장치와 제어프로그램(Comfile Technology, 1999)은 제1보에서 밝힌 바와 같다. 그림 1에서 롤러식 박피장치는 박피실(1)내에 설치한



① Peeling room ② Guide plate ③ Roller
④ Air jet nozzle ⑤ Pick up ⑥ Air cylinder

Fig. 1 Assembly drawing of prototype of onion peeler.

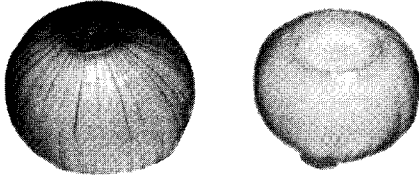


Fig. 2 Peeled onion by prototype peeler.

것인데, 이 박피실의 좌상부의 모든 장치는 양파의 꼭지와 뿌리를 절단하고 박피실로 보내는 기능을 수행한다. 양파의 꼭지와 뿌리부가 절단되고 양파의 최외각 껍질에 칼금을 주어 박피실로 보낸 후 박피과정을 거친다.

양파가 경사안내판(2)을 통하여 굴러내려 박피실의 회전하는 2개의 롤러(3)위에 놓이게 됨과 동시에 회전력을 받는다. 약간의 시간이 지나면 양파는 회전에 의해 축방향으로 정렬되며 이때 상부에 설치된 고압의 공기분사노즐(4)로부터 고속기류를 양파에 가하게 하여 양파의 껍질을 벗긴다. 그 다음 양파집어내기 레버(5)가 공기압실린더(6)에 의해 작동하여 박피된 양파를 집어내어 박피통(1) 안내판을 통해 기계의 오른쪽 수거통에 떨어지게 된다. 절단한 양파꼭지와 뿌리부 및 박피된 껍질은 박피실에 모여 롤러회전과 공기분사에 의해 박피실 밑으로 떨어지며 바닥에 설치한 수거 자루에 모이게 하였다.

나. 시험장치

그림 3은 그림 1의 박피실(1) 내에 설치되어 있는 롤러식 박피장치를 나타낸 것이다. 좌측 상부의 가이드판을 통해 양파가 회전하고 있는 롤러의 상부에 오면 양파가 회전력을 받아 구르게 되고 이때 상부의 공기 노즐에서 고압의 공기를 양파의 표면에 분사하면 양파의 최외곽 껍질을 박피한다. 양파의 박피에 영향을 미치는 요인은 롤러 회전속도, 공기압, 양파껍질에 높이방향으로 그은 칼금의 유무 및 개수인 것으로 판단된다. 따라서 양파를 박피시 최단시간에 최소에너지 투입과 완전박피를 할 수 있는 이들 요인의 최적치를 찾아내는 데 필요한 시험을 실시하여야 한다. 롤러의 회전속도는 롤러구동용 감속모터의 전원에 인버터(220V 10A, 입력 주파수 60 Hz, 출력 주파수 0~120 Hz)를 연결하여 주파수를 변화시켜 조절하였다. 공기노즐

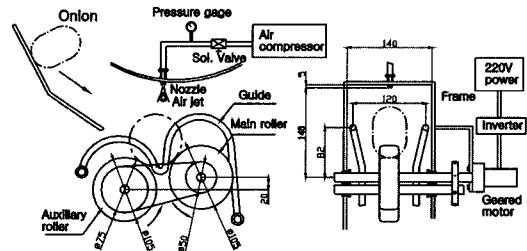


Fig. 3 Experimental equipment of the air injection type peeling device.

에 작용시키는 공기압은 조절밸브의 개폐조작에 의하여 조절하였다. 사용 노즐은 몸체 내경 5 mm, 팁 내경 2 mm인 것을 내경 5 mm의 비닐호스에 연결하였다. 사용한 공기압축기는 3PS로서 시험동안 노즐 내 압력변화가 없는 충분한 용량의 것을 사용하였다. 롤러는 직경 100 mm, 폭 32 mm의 알루미늄 몸체 위에 PE비닐로 두께 2.5 mm로 코팅을 하여 양파회전시 미끄럼을 방지하였다. 롤러는 주동측 주롤러 한 개와 중동측 보조롤러 한 개를 타이밍벨트로 연결하여 구동하였고, 폴리의 경을 달리하여 속도비가 3:2가 되게 하였다. 두 롤러의 회전 방향은 반시계방향으로, 두 롤러사이 위에 있는 양파를 회전시킴과 동시에 두 롤러의 회전 속도차에 의해 양파의 박피를 촉진하도록 하였다. 노즐 끝의 위치는 두 롤러의 중심에서 수직위쪽에 주롤러 중심축과 148 mm 만큼 떨어지게 설치하여 직경 140 mm의 양파도 투입할 수 있도록 하였다. 두 롤러 양측에 PE피복한 직경 8 mm의 철제가이드를 롤러 외경과 30 mm 떨어지게 곡선으로 장치하여 양파가 롤러 외측으로 끼는 것을 방지하였다. 또한 이 가이드는 롤러 축에 슬리브로 체결하여 양파의 대소에 적합하게 폭을 조정토록 하였다. 시간 측정에는 0.01초 단위의 스톱워치를 사용하였다.

다. 시험방법

(1) 양파의 구름특성 시험

본 시험은 두 개의 회전하는 롤러 위에 양파를 올려놓을 때 양파가 회전력을 받아 회전하면서 축방향으로 구르는 특성을 알아보기 위하여 실시하였다. 이때 공기는 분출하지 않은 상태를 유지하였다. 롤러의 속도는 인버터로 35 Hz로부터 70 Hz까지 5 Hz씩 증가시켜 조절하여 롤러의 회전속도

가 1.5~3.1 m/s까지 변화시켰다. 시험에 사용된 양파는 무게별로 각각 150 g, 200 g, 250 g, 300 g, 350 g, (편차±10 g)의 5단계 나누고 각 단계별로 5개, 양파의 평균무게에 가장 가까운 250 g의 양파는 10개로 하여 총 30개의 양파를 1회 시험에 사용하였고, 총 4회씩 시험하였다. 양파를 회전하는 롤러 위에 올려놓고 난 후 5초 동안에 양파가 완전히 축방향으로 구르는 비율을 축방향 구름율로 조사하였다. 그리고 양파가 축방향으로 구르는 것에 한하여 축방향으로 구르기 시작하는데 걸리는 시간을 축방향 구름 소요시간으로 측정하였다.

(2) 박피성능 시험

본 시험은 양파를 박피시 최단시간에 최소에너지 투입과 완전박피를 할 수 있는 박피장치의 작동조건을 찾아내기 위하여 양파의 박피에 영향을 미치는 요인인 롤러회전속도, 공기압, 양파겉질에 그은 칼금의 개수(이하 칼금 수)를 변화시키는 것이다. 롤러의 회전속도는 양파의 구름특성시험을 통하여 최적의 속도로 선정된 것으로 고정하였다. 공기압은 조절밸브에 의해 3 kg/cm²에서 5 kg/cm²까지 0.5 kg/cm²씩 증가시키며 시험하였다. 칼금 수는 한 개에서 네 개까지로 시험하였는데 이때의 칼금의 깊이는 약 1 mm로 하여 최외곽 겉질만 잘라게 하였다. 시험에 사용한 양파는 대, 중, 소 3가지로 구분하여 150±30 g, 250±30 g, 350±30 g의 크기로 분류하여 사용하였다. 각 시험용 양파는 박피 시험 전에 최외곽 겉질이 완전히 꼭지와 뿌리부에 연결되지 않도록 꼭지와 뿌리부를 칼을 이용하여 직선으로 절단하였다. 시험 단계별 사용 양파는 각각 5개씩으로 하여 총 4회 시험하였다. 조사 내용은 완전박피율과 완전박피시간이었는데, 완전박피율은 각 조건별로 5초 이내에 완전박피한 양파의 개수와 전체시험 양파 개수의 비로 구하였고, 완전박피 시간은 완전박피된 양파에 한하여 공기분사 후 경과시간으로 하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 양파의 구름 특성

그림 4는 주롤러의 회전수에 따른 양파의 무게별 축방향 구름율을 나타낸 것이다. 양파의 축방향 구름율은 주롤러의 원주속도가 증가할수록 증가하다가 원주속도가 2.6 m/s 이상으로 증가하면

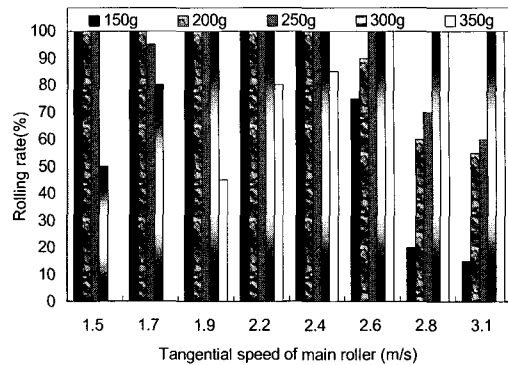


Fig. 4 Rolling rate of onion between rotating rollers, rolls on axis through stem, according to the peripheral velocity of main roller and the weight of onion.

오히려 감소하는 경향으로 나타났다.

또한 양파의 무게가 가벼운 경우에는 저속에서, 무거운 경우에는 고속에서 축방향 구름율이 높은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 양파의 무게가 가벼운 경우에는 원주속도가 어느 정도 이상이 되면 롤러 표면으로부터 튀어오르는 현상 때문이며, 반대로 무게가 무거운 경우에는 저속에서 회전자 속력을 적게 받기 때문인 것으로 사료된다.

양파가 회전력을 받기 시작하는 초기에는 구름 방향이 일정하지 않다가 어느 정도 구름속도가 증가하면 대부분 축방향으로 구르는 경향이 있는 것을 확인하였다. 따라서 양파의 무게에 따라 주롤러의 회전속도를 다르게 하여야 축방향 구름율을 향상시킬 수 있지만 실제 박피기계에서 회전속도를 조절하는 것은 장치비가 많이 들고 그 효과는 그렇게 크지 않을 것으로 판단된다. 축방향 구름율이 가장 높은 주롤러의 원주속도는 2.4 m/s일 때로 거의 모든 양파가 축방향으로 구르게 되는 것으로 나타났다. 실제 양파의 박피시 상부에서 공기를 분출시킬 경우 양파와 롤러의 접촉압이 증가되어 시험했던 모든 양파가 축방향으로 구르는 것을 확인하였기 때문에 가장 적합한 주롤러의 원주속도는 2.4 m/s이었는데, 이 때의 회전수는 439 rpm이었다.

그림 5는 주롤러의 원주속도에 따른 무게별 양파의 축방향 구름 소요시간을 나타낸 것이다. 전반적으로 원주속도가 빠를수록, 양파의 무게가 가벼울수록 소요시간은 줄어드는 것으로 나타났다.

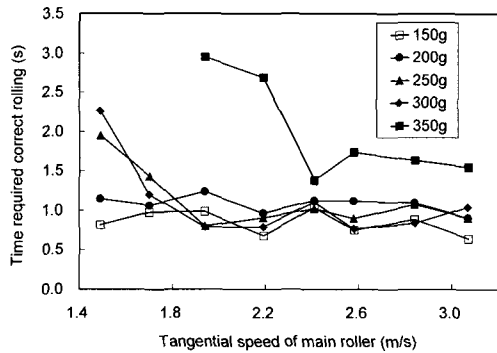


Fig. 5 Time required onion rolls on axis through stem, according to the peripheral velocity of main roller and the weight of onion.

양파의 무게가 300g 이하인 경우 원주속도가 2 m/s 이상이면 소요시간이 1.3초 이하로 나타났다. 그러나 양파의 무게가 350 g인 경우는 원주속도가 1.9 m/s 이하일 때는 양파구름이 전혀 일어나지 않았고 그 이상의 속도에서는 축방향 구름 소요시간이 3초 이하로 나타났다. 그림 7에서 축방향 구름율이 가장 높은 원주속도인 2.4 m/s에서는 350 g의 양파일지라도 임의 방향의 구름이 일어나는 것으로 확인되었다. 따라서 축방향 구름 소요시간과 축방향 구름율을 고려할 때 가장 적합한 주롤러 원주속도는 2.4 m/s인 것으로 판단된다

나. 박피성능

박피성능 시험에서는 주롤러의 원주속도를 양파의 축방향 정렬이 가장 잘 되는 2.4 m/s로 고정하여 시험하였다. 그림 9는 양파의 무게와 칼금 수에 따른 분사공기압별 완전박피율을 나타낸 것이다. 양파의 무게와 분사공기압이 증가할수록 완전박피율은 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 동일 시험조건에서 칼금 수가 증가할수록 완전박피율은 증가하는 것으로 나타났다. 양파의 무게가 150 g 일 때와 350 g일 때는 칼금 수가 4개인 경우만 도 표화하였는데 이들의 박피경향은 양파의 평균무게인 250 g의 경우와 거의 동일한 경향임을 확인하였다. 분사공기압을 높이면 박피율은 증가하나 공기압축기의 용량이 커야하고 또 실제 박피기에서는 다른 장치의 작동을 위해서 공압실린더를 사용해야 하므로 되도록 낮은 분사공기압을 채택하고

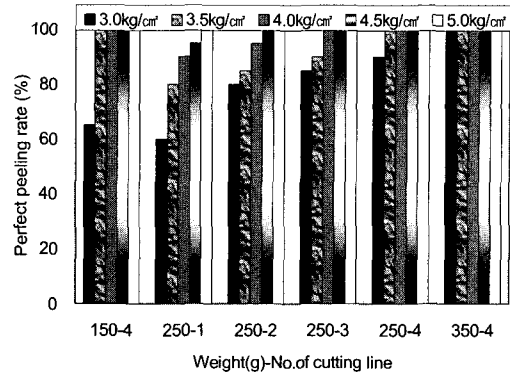


Fig. 6 Perfect peeling rate during 5 second after air injecting according to the weight of onion, number of digging line on skin and air pressure in nozzle when the peripheral velocity of main roller was 2.4 m/s.

대신에 칼금 수를 4개로 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 따라서 양파의 완전박피를 위한 최적조건은 칼금 수가 4개, 분사공기압이 294.2 kPa (3.5 kg/cm²) 이상인 것으로 판단된다.

그림 6은 양파의 무게와 칼금 수에 따른 분사공기압별 노즐로부터 공기분사 후 양파의 껍질이 완전히 벗겨지는 데 걸리는 완전박피 소요시간을 나타낸 것이다. 완전박피 소요시간은 양파의 무게에는 그다지 영향이 없고 칼금 수가 많을수록, 분사공기압이 높을수록 줄어드는 것으로 나타났다. 분사공기압을 높이면 완전박피 소요시간은 줄어드나 공기압축기의 용량이 커져야 하기 때문에 분사공기압을 높이기 보다는 칼금 수를 4개로 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

그림 6에서 소요공기량을 최소화하고 완전박피를 위해서는 분사공기압을 294.2 kPa 이상으로 하여도 무방하지만 그림 7에서보면 이 압력에서의 완전박피 소요시간은 칼금개 수를 4개로 하여도 2.4초가 소요되었다. 따라서 양파박피기의 박피작업능률을 향상시키기 위해서는 칼금개 수를 4개로 하고 분사공기압을 392.3 kPa (4.0 kg/cm²) 이상으로 하여 완전박피소요시간, 즉 공기분사시간을 2초 이하로 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

이상의 시험을 종합해 보면 축방향 구름 소요시간과 축방향 구름율을 고려할 때 가장 적합한 주롤러 원주 속도는 2.4 m/s이며 양파박피기의 소요 에너지 최소화 및 최대의 작업능률을 유지하면서

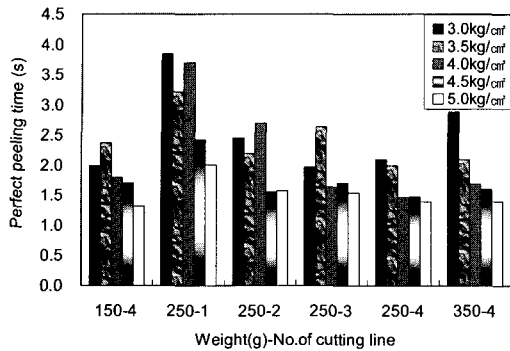


Fig. 7 Perfect peeling time after air injecting according to the weight of onion, number of digging line on skin and air pressure in nozzle when the peripheral velocity of main roller was 2.4 m/s.

양파의 완전박피를 할 수 있는 최적조건은 칼금 수가 4개, 분사공기압이 392.3 kPa 이상인 것으로 나타났다. 본 시험의 최적작동조건은 양파수확 후 5개월 지난 양파를 대상으로 한 것이고, 양파 저장기간이 5개월 이상이 지나 껍질부의 강도가 높아진 양파, 시들은 양파, 2중 표피가 형성된 양파 등은 본 실험에서의 최적작동조건에 부합되지 않을 수도 있을 것으로 사료된다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 분사공기압을 392.3 kPa 이상으로 하고 박피실에서의 공기분사시간을 2초에서 5초까지 조절할 수 있는 장치를 부착하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 본 시험에 사용된 양파의 무게는 150~350±30 g으로 그림 2와 그림 3을 참고하여 양파의 직경으로 추정하면 60~120 mm(평균 80 mm)가 되므로 고안된 양파 박피장치는 우리나라에서 생산되는 양파의 98%에 적용 가능할 것으로 생각된다.

5. 결 론

본 연구는 양파의 꼭지와 뿌리를 절단한 다음 주속도비 3:2로 회전하는 직경 105 mm인 두 개의 PE코팅 롤러 위에 올려놓고 구르게 하면서 양파의 상측에 고압고속의 공기를 분사시켜 양파의 외각 껍질을 제거하는 롤러식 박피장치의 최적작동조건을 구명하기 위하여 수행하였다. 제작한 양파 박피기에 장착되어 있는 롤러식 박피장치를 이용

하여 양파의 구름 특성시험과 박피성능시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 롤러식 박피장치에 고압공기를 분사하지 않은 상태에서 양파의 구름 특성을 시험한 결과 롤러의 원주속도가 빠를수록, 양파의 무게가 가벼울수록 소요시간은 줄어드는 것으로 나타났다. 축방향 구름율이 가장 높고 축방향 구름 소요시간이 가장 짧게 나타나는 주롤러의 원주속도는 2.4 m/s 이었다.

2) 주롤러의 원주속도를 2.4 m/s로 고정하고 양파의 박피시험을 실시한 결과 양파의 무게, 분사공기압 및 칼금 수가 증가할수록 완전박피율은 증가하였다. 양파의 완전박피율이 가장 높은 조건은 칼금 수 4개, 분사공기압 294.2 kPa(3.5 kg/cm²) 이상인 것으로 나타났다.

3) 완전박피 소요시간은 양파의 무게와는 그다지 영향이 없었으며, 칼금 수가 많을수록, 분사공기압이 높을수록 짧아지는 것으로 나타났다. 칼금 수를 4개로 하고 분사공기압을 392.3 kPa(4.0 kg/cm²) 이상으로 하면 완전박피 소요시간을 2초 이하로 유지할 수 있었다.

4) 양파의 껍질강도는 저장기간 및 환경에 따라 차이가 예상되므로 거의 모든 양파의 완전박피를 위해서는 분사공기압을 392.3 kPa 이상으로 하고 공기 분사시간을 2초에서 5초까지 조절할 수 있는 장치를 부착하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

5) 시험에 사용된 양파의 무게는 150~350±30 g, 직경 60~120 mm(평균 80 mm)이었으며, 본 시작기로 우리나라에서 생산되는 양파의 98%에 적용 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 권은오. 2001. 양파의 안정적 수급·유통 시책 방향. 양파 상품수출 향상방안(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 TinyPLC", 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.