

습식 마늘박피 시스템 개발 (IV) - 상업용 시스템의 구조와 성능 -

배영환 양규원 백성기 김정호 장영창 이수희

Development of a Garlic Peeling System Using High-Pressure Water Jets (IV) - Structure and performance of a full-scale system in operation -

Y. H. Bae K. W. Yang S. K. Baik J. Kim Y. C. Chang S. H. Lee

Abstract

There are more than three hundred garlic peeling facilities in Korea and most of them use pressurized air for skin peeling operation. One of the major problems of using air for the peeling operation is the occurrence of excessive bruises on the flesh of peeled garlic which causes easy microbial contamination and shortening of the shelf life. To reduce the occurrence of bruises during the peeling operation, a new type of garlic peeling system was developed which use pressurized water. In this system, high pressure water jets were used to separate garlic bulbs and to peel the skin of garlic cloves. Six commercial systems of this type had been developed and installed at several locations in Korea. The design and performance of the latest system according to three pressure levels were described in this paper. Peeling efficiency of the system was as high as 64.7% in one cycle of peeling operation by three chambers installed in series. Incorporation of a sorting system based on machine vision and re-circulation of unpeeled and partially-peeled garlic enhanced peeling efficiency by additional 30%, resulting in total peeling efficiency of the final products of approximately 95%. Peeling capacity of the system was over 400 kg per hour.

Keywords : Garlic, Peeling, Sorting, Washing, Water jet, Drilled nozzles

1. 서론

마늘은 우리나라 4대 채소(고추, 마늘, 배추, 무)의 하나로써 농업에서 큰 비중을 차지하고 있다. 2003년도의 마늘 생산 현황을 살펴보면 전체 재배면적은 3만3천 ha로서 이 중 한지형 마늘이 18.6%, 난지형 마늘이 81.4%를 차지하였으며, 생산량은 전체 37.9만 톤 중 한지형 마늘이 12.6%, 난지형 마늘이 87.4%를 차지하였다. 지역별 마늘 생산량은 한지형 마늘

은 경북(55.1%), 충남(16.8%), 경기(9.6%)의 순서이었으며, 난지형 마늘은 전남(48.9%), 경남(19.2%), 제주(18.0%)의 순서이었다(농림부, 2003).

한지형 마늘은 난지형 마늘에 비해 품질이 우수하고 가격이 높으며 주로 통마늘 상태로 접 단위로 거래되어 가정에서 소비된다. 난지형 마늘은 무안과 남해 지역에서 재배되는 남도마늘(상해조생)과 창녕 지역에서 주로 재배되는 대서(스페인종)계통으로 대별되는데, 생산량의 80~90%가 깎마늘 업

This study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The article was submitted for publication in January 2005, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in February 2005. The authors are Yeong Hwan Bae, KSAM member, Professor, Kyu Won Yang, Former Graduate Student, Dept. of Industrial Machinery Engineering, Suncheon National University, Suncheon, Korea, Seong Ki Baik, President, Hankook Machinery, Daegu, Korea, Jungho Kim, Professor, Dept. of Bio-Environmental Chemistry, Suncheon National University, Suncheon, Korea, Young-Chang Chang, KSAM member, Teaching Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Konkuk University, Chungju, Korea, Soo Hee Lee, KSAM member, Director, Life & Technology Co., Suwon, Korea. The corresponding author is Y. H. Bae, Professor, Dept. of Industrial Machinery Engineering, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea; Email : <yhbae@suncheon.ac.kr>

체에서 박피되어 도매상에서는 19 kg(5관) 단위로, 백화점과 할인점 등 소매상에서는 100 g 단위의 비닐 포장으로 거래된다. 박피 방법에 따른 가공비는 기계박피의 경우에는 kg 당 250원이며, 손박피의 경우에는 500~600원 정도이다(농수산물유통공사, 2003). 국내의 간마늘 업체 수는 300개 이상에 달하며 대부분 압축공기를 이용한 건식박피 방법을 채용하고 있다. 그러나 이러한 박피 방식은 박피과정에서 마늘에 과도한 손상을 유발하여 박피된 마늘의 품질이 저하됨은 물론 상처부위를 통한 오염에 의해 부패와 변질이 촉진되어 유통기간이 단축되는 문제점을 안고 있기 때문에 기계박피 마늘에 대한 선호도가 낮은 실정이다. 기계를 사용하여 마늘을 박피하되 손으로 박피한 것과 같은 품질을 유지할 수 있다면 박피공장의 가동률과 채산성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

본 연구는 간마늘의 품질을 크게 향상시킬 수 있는 새로운 방식의 박피 시스템을 개발하기 위한 연구(백 등, 2003)의 일환으로 수행되었다. 기존의 압축공기 분사방식과는 달리 수중에서 분사되는 물의 작용에 의해 마늘의 쪽분리와 박피가 동시에 일어나도록 설계된 습식 박피기(Yang 등, 2004b)를 이용하여 박피 시스템을 구성하였다. 제작된 시스템은 이동식 빈에 담긴 통마늘 원료를 지게차를 이용하여 공급대에 거치하면 통마늘의 정량 투입, 쪽분리, 박피, 부산물 제거, 영상처리에 의한 마늘 선별, 마늘의 세척 및 크기 선별 공정이 연속적으로 진행되도록 하였다. 백 등(2003)은 습식 마늘박피 시스템을 개발하는 과정에서 2001년부터 2003년까지 총 6기의 시제품을 제작하여 현장에 설치하였으며, 이 논문에서는 2003년 7월에 경기도 P시의 H식품에 설치한 6호기를 중심으로 시스템의 구성과 성능에 대하여 기술하였다.

2. 재료 및 방법

가. 박피 시스템의 구성

1) 박피 공정

하루(8시간)에 3~4 톤의 박피 마늘 생산을 기준으로 시스템을 설계하였다. 통마늘은 약 24 시간의 열풍건조 과정을 거친 후 정량공급 컨베이어에 투입된다. 투입된 통마늘은 연속적으로 배치된 3대의 박피기를 통과하는 과정에서 쪽이 분리되고 껍질이 박피된다. 박피기를 통과한 마늘은 영상처리 방식의 선별장치에 의해 박피 마늘과 미박피 마늘로 분류된다. 선별기에 의해 미박피로 분류된 마늘은 별도로 수집되어 박피기에 재투입되며, 박피로 분류된 마늘에 포함된 미박피 마늘이나 상품성이 없는 마늘은 최종 인력선별 과정에서 제거된다. 상품성이 있는 박피 마늘은 오존수에 의한 세척 과정과

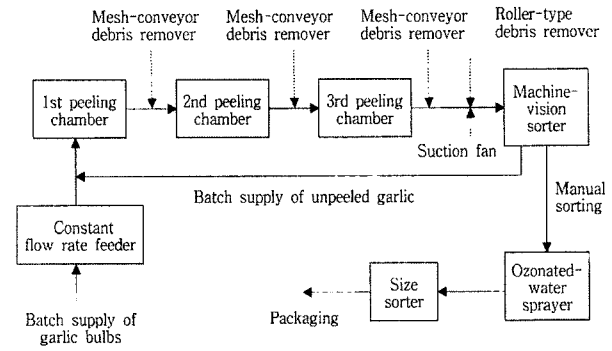


Fig. 1 Schematic diagram of the main components of the garlic-peeling system. Arrows on solid lines indicate the flow of garlic.

진동 스크린에 의한 크기 선별 과정을 거쳐 인력으로 비닐 백에 포장된다. Fig. 1은 본 연구에서 개발한 습식 마늘박피 시스템의 주요 장치와 시스템 내에서 마늘의 흐름을 나타낸 것이다.

2) 통마늘 투입

저온 저장고에서 출고된 통마늘은 건조실에서 열풍 건조된 후 용적 1.16 m³, 용량 0.6 톤의 이동식 빈에 담겨 공급대에 거치된다(Fig. 2). 빈의 하부에 장착된 개폐문을 열면 통마늘이 정량공급을 위한 벨트 컨베이어에 공급된다. 정량공급장치를 통과한 마늘은 편심 모터에 의해 작동되는 진동체를 거치게 되는데, 이 과정에서 통마늘에 부착되어 있는 흙과 같은 이물질이 제거되어 박피과정에서 간마늘의 상처와 물의 오염을 줄이도록 하였다. 진동체를 거친 통마늘은 경사 컨베이어를 통해 박피부로 이송된다. 정량공급용 컨베이어 벨트의 선속도는 0.8 m/min이며, 통마늘 이송용 경사 컨베이어의 선속도는 6.6 m/min이다.

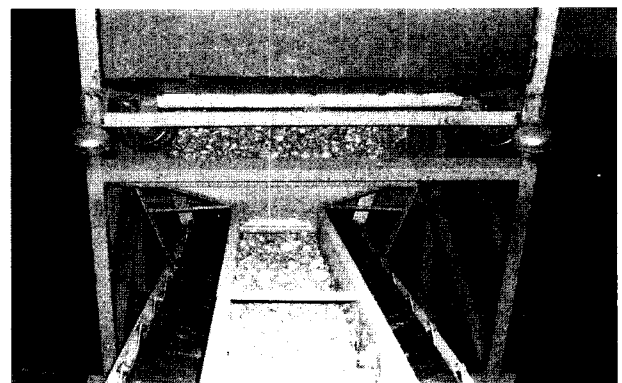


Fig. 2 Garlic feeding system consisted of a 1.16 m³ bin, a constant flow rate feeder, a shaking sieve, and an inclined feed conveyor.

3) 박피부

박피율을 증가시키되 마늘 표면의 과도한 상처를 방지하기 위하여 마늘 박피부를 3단으로 구성하였다. 통마늘이 투입되는 1차 박피기에는 내경이 126 mm인 원통형 가공기가 사용되었으며, 쪽이 분리된 마늘이 주로 투입되는 2차 및 3차 박피기로는 내경이 100 mm인 박피기를 사용하였다. 원통형 박

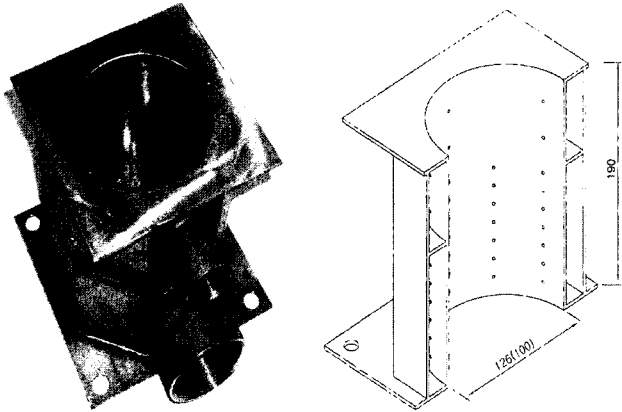


Fig. 3 Galic peeling chamber with drilled nozzles at inside wall. Three chambers of similar design were utilized in the system (Yang et al., 2004b).



Fig. 4 Supply of garlic bulbs to the first peeling chamber.

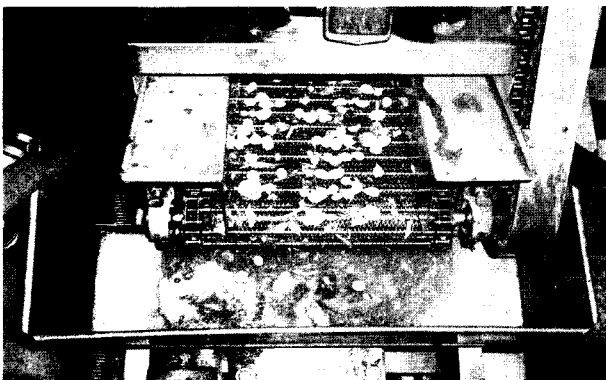


Fig. 5 Supply of garlic cloves to the second and third peeling chambers. Chambers having smaller inside diameter were utilized.

피기를 상부와 하부로 분리 제작하여 각각에 서로 다른 압력의 물을 공급할 수 있도록 하였다(Fig. 3). 스테인리스로 제작된 박피기의 내벽에 지름 2.5 mm의 노즐을 상부와 하부에 다수 배치하였는데, 상부에서 분사되는 물줄기는 마늘을 강제로 아래로 밀어 내리는 역할을 하고, 하부에서는 마늘의 쪽분리와 박피가 일어나도록 하였다. 박피기의 상부로 공급되는 물은 3 열로 배열된 노즐에서 분사되며, 하부에서는 7 열의 노즐에서 분사된다(Yang 등, 2004b). 밸브를 이용하여 박피기 상부와 하부의 작동 압력을 별도로 조절할 수 있도록 설계하였다. 1차 박피기(Fig. 4)는 주로 통마늘의 쪽을 분리하는 기능을 수행하며, 2차 및 3차 박피기(Fig. 5)는 박피율을 점차적으로 증가시키는 것을 목적으로 한다.

4) 압력수의 공급과 순환

3대의 박피기에 압력수를 공급하기 위하여 3개의 동일한 규격의 터빈 펌프(LG pump, 모델 MT37111GAB)를 사용하였다(Fig. 6). 각 펌프의 소요동력은 30 kW이며, 토출량은 0.8 m³/min, 전양정은 104 m이다. 한 대의 펌프는 1차 박피부에 압력수를 공급하고, 나머지 두 대의 펌프는 2차 및 3차 박피부에 압력수를 공급한다. 마늘 박피 시스템 본체의 하부에 스테인리스 수조가 위치해 있으며, 수조의 상부에 3개의 박피기를 직렬로 설치하되 1차 박피기부터 3차 박피기까지 박피기의 위치가 점차 낮아지게 배치함으로써 중력에 의해 마늘이 각 박피기를 순차적으로 통과하고 박피에 사용된 물이 수조와 박피기 사이에 설치된 여과망을 통과하여 수조로 순환되도록 설계하였다. 여과망에 쌓인 부산물은 브러시를 작동하여 별도로 수거하도록 하였다. 또한 유량 1,040 l/min, 송풍량 540 m³/min의 냉각탑을 설치하여 박피에 사용되는 물의 온도가 노즐과 펌프를 통과하는 과정에서 마찰열에 의해 과도하게 상승하는 것을 방지하였다. 박피에 사용되는 물은 하루(8 시

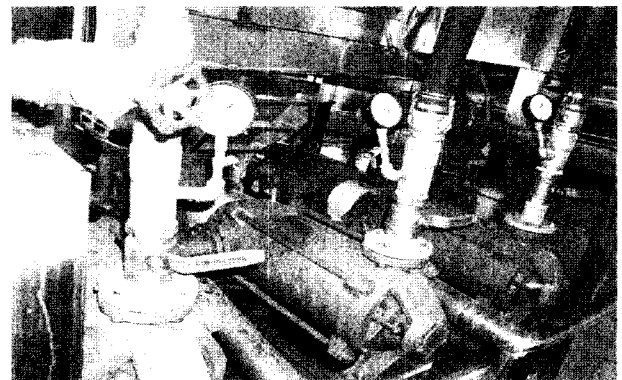


Fig. 6 Three turbine pumps were utilized to supply pressurized water to the peeling chambers.

간)에 1.5 톤 정도이다.

5) 껍질, 뿌리 등의 부산물 제거

박피과정에서 발생하는 부산물인 마늘 껍질과 뿌리 및 줄기 등을 제거하기 위하여 두 가지 형태의 부산물 제거기를 사용하였다. 각 박피기의 출구 측에 철망형(mesh-type) 부산물 제거기(Fig. 7)를 설치하여 박피기를 통과하여 흐르는 물에 포함된 부산물을 제거하였으며, 영상처리식 선별기의 투입 컨베이어 입구 측에 롤러형 컨베이어(Fig. 8)를 설치하고 롤러 사이에서 흡입 팬을 이용하여 껍질 등의 부산물을 최종적으로 제거하도록 하였다. 철망형 컨베이어는 0.25 PS의 DC 모터에 의해 29.6 rpm으로 회전하며, 롤러형 컨베이어는 동일한 규격의 모터에 의해 8.9 rpm으로 회전하도록 설계하였다. 흡입 팬의 평균 유속은 9.4 m/s이었다.

6) 마늘 선별

박피된 마늘을 선별하기 위하여 영상처리에 의한 기계선별과 인력선별의 두 단계를 적용하였다. 영상처리식 선별장치는 마늘을 60개의 채널을 통해 공급하며 5 대의 칼라 CCD

카메라를 장착하여 각 카메라가 12 채널을 감시하도록 하였다. 한 개의 프레임 그래버를 사용하여 5 대의 카메라를 스위칭 방식으로 검사하여 각각의 쪽마늘을 박피 마늘과 미박피 마늘로 판정하였다. 마늘의 배출을 위하여 컴퓨터에서 4 대의 원 칩 컨트롤러(PIC16F877)에 RS232 방식으로 배출 신호를 전달하면 DC SSR을 통하여 DC 24 V 공압 솔레노이드가 구동되도록 하였다. 영상처리식 선별장치를 통과한 박피 마늘은 최종 인력선별 라인으로 이송되며, 미박피 마늘은 별도로 수거되어 박피기에 재투입된다(Fig. 9). 영상처리식 선별장치는 공기압축기 등의 구동을 위해 약 7 kW의 전력을 소비한다. 최종 인력선별 라인에서는 길이 5 m의 벨트 컨베이어를 통해 이송되는 마늘 중에 포함된 미박피 마늘과 상품성이 없는 마늘을 2~4 명의 인부가 육안으로 골라내도록 하였다.

7) 마늘 세척

박피된 마늘을 2단계로 세척하였다. 1차 세척은 마늘이 영상처리식 선별장치에 투입되기 전에 박피를 위한 물과는 별도로 분리되어 순환하는 세척수에 의해 마늘이 롤러형 부산물 제거기를 통과하는 과정에서 수행되며, 오전과 오후에 각각 100ℓ 정도의 지하수가 사용된다. 2차 세척은 최종 인력선



Fig. 7 Mesh-type conveyor to pick up debris such as peeled skins, stems and roots from the water stream.



Fig. 9 Machine-vision sorting system and manual sorting line.

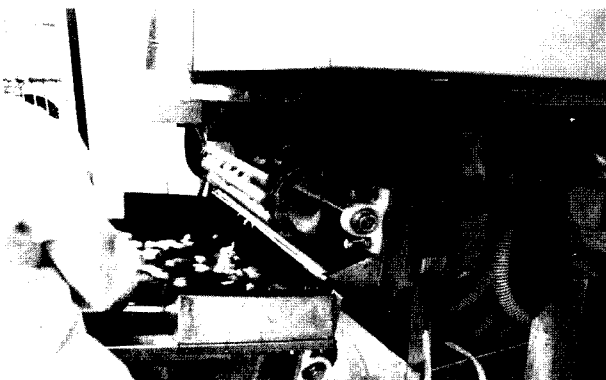


Fig. 8 Roller-type conveyor to remove debris by suction fan.

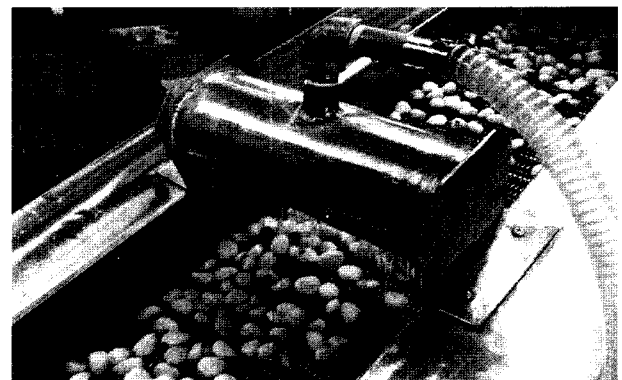


Fig. 10 Cleaning peeled garlic by ozonated water.

별 라인을 통과한 마늘을 오존수로 세척함으로써 마늘에 부착된 미생물의 사멸을 통하여 마늘의 품질을 향상시키고 유통기간을 연장시킬 수 있도록 하였다(Fig. 10). 오존수의 용존 오존 농도는 0.4 ppm으로, 유량은 13.3 ℓ/min으로 설정하였다. 세척된 마늘은 철망형 컨베이어를 통해 크기 선별기로 이송되는 동안 흡입 팬에 의해 습기가 제거되도록 하였다.

나. 시스템의 성능 평가

1) 성능 시험

박피 시스템의 성능을 평가하기 위하여 시간당 375~500 kg의 처리 조건에서 박피 실험을 실시하였다. 마늘은 품종과 산지 및 박피 시기에 따라 물성에 차이가 있으므로 박피기의 작동 압력을 다르게 설정하여야 한다. 본 실험에 사용된 박피 시스템이 설치된 H식품에서 시운전을 통해 설정한 압력은 충남 서산에서 생산한 난지형 스페인종 마늘의 경우 1차-2차-3차 박피기 하부의 압력이 각각 784-686-490 kPa로 가장 낮았으며, 제주산 난지형 마늘의 경우에는 931-882-784 kPa로 가장 높았다. 한편 마늘이 원활하게 투입되도록 보조하는 기능을 수행하는 각 박피기 상부의 작동압력은 539 kPa 정도가 적합한 것으로 나타났다.

본 실험에 사용된 마늘은 2003년도에 생산된 전남 해남산 대만종 난지형 마늘이었으며, 시운전을 통해 설정한 적정 압력을 기준으로 Table 1에서 보는 바와 같이 압력을 저, 중, 고의 3단계로 설정하였다. 각 압력 조건에 대하여 3개의 박피기를 통과하는 수류에 포함된 마늘과 부산물 전량을 10초간 수거하였으며, 3회 반복 시행하였다. 마늘 시료를 건조실에서 38℃의 열풍으로 24시간 건조한 후 2003년 7월 22일에 박피 실험을 실시하였다. 각 박피기의 작동 압력은 압력계의 눈금을 육안으로 확인하며 밸브를 조절하여 설정하였다.

Table 1 Pressure settings for the lower section of each peeling chamber. (unit: kPa)

Pressure level	1st chamber	2nd chamber	3rd chamber
Low	784	686	588
Medium	882	862	755
High	980	882	882

2) 성능 평가

각 처리별로 수거된 마늘을 육안으로 판정하여 1) 미쪽분리, 2) 미박피, 3) 부분박피, 4) 완전박피, 5) 상처, 6) 부패의 여섯 그룹으로 구분하고 각각의 수와 무게를 측정하였다. 각 그룹에 해당하는 마늘의 정의는 다음과 같다(Yang 등, 2004b).

- 미쪽분리 - 마늘쪽에 종대 및 뿌리가 부착되어 있거나 두 쪽 이상이 붙어 있는 경우
- 미박피 - 쪽은 분리되었으나 전혀 박피되지 않은 경우
- 부분박피 - 쪽분리된 마늘이 부분적으로 박피된 경우
- 완전박피 - 완전히 박피되었으며 상처나 멍이 없는 온전한 깎마늘
- 상처 - 쪽분리되거나 완전히 박피된 마늘의 육질에 멍이 든 경우
- 부패 - 마늘의 육질이 부패한 경우

부패한 마늘은 생육과정에서 발생한 것으로서 박피기의 성능과는 무관하기 때문에 시료에서 제외한 후에 나머지 다섯 그룹에 해당하는 쪽마늘의 수를 전체 쪽마늘의 수로 나누어 각각의 비율을 산출하였다. 각 그룹에 해당하는 마늘의 비율을 미쪽분리율(unseparated, US), 미박피율(unpeeled, UP), 부분박피율(partially peeled, PP), 완전박피율(completely peeled, CP) 및 상처율(bruised, BR)로 나타내었다(Yang 등, 2004a, 2004b).

박피기의 성능을 나타내는 지표로서 박피율(peeling efficiency)과 박피성능(peeling capacity)을 계산하였으며(Cho와 Kim, 1993; Srivastava 등, 1997), 각각의 정의는 다음 식과 같다.

$$\eta_p = \frac{\text{'완전박피' 쪽마늘의 수} + \text{'상처' 쪽마늘의 수}}{\text{'부패'를 제외한 전체 쪽마늘의 수}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, η_p = 박피율(peeling efficiency), %

$$C_p = W \times 360 \quad (2)$$

여기서, C_p = 박피성능(peeling capacity), kg/h

W = 10초간 수거된 마늘의 무게, kg

박피율의 계산식에 상처가 있는 마늘을 포함시킨 것은 이 그룹에 속하는 것들도 대부분 상품으로 출하하기에 충분하였기 때문이다. 박피성능은 부패한 마늘을 포함하여 시간당 생산되는 깎마늘의 무게로 나타내었다.

다. 영상처리식 선별장치의 정확도

영상처리식 선별장치의 성능을 평가하기 위하여 쪽으로 분리된 박피 마늘 200쪽과 미박피 마늘 200쪽을 선별기에 투입하고 그 결과를 분석하였다. 선별의 정확도는 박피 마늘을 박피 마늘로 인식한 비율과 미박피 마늘을 미박피 마늘로 인식한 비율의 평균으로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

가. 박피율

각 처리 조건에 대한 그룹별 마늘의 비율과 박피성능의 평균은 Table 2와 같다.

박피기를 통과하는 횟수가 증가할수록, 즉, 같은 압력 조건에서 1차 박피기에서 3차 박피기로 갈수록 미쪽분리율(US), 미박피율(UP) 및 부분박피율(PP)은 감소하는 반면 완전박피율(CP)과 상처율(BR)은 증가하는 경향을 보였다. 3차 박피기를 통과한 후의 미쪽분리율은 세 가지 압력조건에서 모두 1% 미만으로 조사되어 거의 모든 마늘이 쪽으로 분리됨을 알 수 있었으며, 미박피율은 저압 조건에서는 46.1%이었으나, 중압 및 고압 조건에서는 각각 36.1%와 33.6%이었다. 3차 박피기를 통과한 후의 부분박피율은 압력 조건에 따라 1.5~4.1%로 그 비율이 낮아서 3개의 박피기를 1차 통과한 후에는 대부분의 마늘이 완전히 박피되거나 또는 미박피 상태로 남아 있는 것으로 나타났다. 한편, 완전박피율은 적정 압력인 중압에서는 53.0%, 저압에서는 45.4%, 고압에서는 47.3%로 조사되었다. 상처율은 저압, 중압, 고압 조건에서 각각 3.5, 7.0 및 17.4%로 조사되어 압력이 적정 압력보다 높게 설정될 경우에는 상처율이 급격히 증가한다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 저압 조건에서는 미박피율이 높은 반면 고압 조건에서는 상처율이 높기 때문에 완전박피율이 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 H식품에서 시운전을 통해 설정한 박피 압력이 적정하다는 것을 알 수 있었다. 3개의 박피기를 각각 한번씩 순차적으로 통과했을 때 완전박피율과 상처율을 합하여 계산한 박피율은 중압 조건에서는 60.0%, 고압 조건에서는 64.7%로 나타났다.

기존의 박피방식인 압축공기를 사용하는 건식박피의 경우에는 박피된 마늘의 대부분에서 육질에 많은 상처가 발생한 것을 확인할 수 있다. 그러나 본 연구에서 개발한 습식박피 시스템의 경우에는 완전박피로 구분된 것은 마늘의 육질에 육안으로 확인할 수 있는 상처가 전혀 없어서 손으로 박피한 마늘에 견줄 수 있는 경우이며, 상처로 구분된 것도 기존의 건식박피기로 처리한 것에 비하면 그 정도가 매우 미약한 것으로 조사되었다.

나. 박피성능

Table 2에서 보는 바와 같이 박피성능은 시간당 253~397 kg인 것으로 나타났다. 본 실험이 수행된 시점에서는 영상처리식 선별장치의 처리 능력이 상대적으로 부족하여 병목현상이 자주 발생하였기 때문에 통마늘의 공급율을 충분히 높이지 못하였다. 이를 감안하면 박피부의 처리 능력은 시간당 400 kg 이상으로서, 하루 8시간 작업을 통해서 3.2 톤 이상의 깎마늘을 생산할 수 있는 것으로 평가할 수 있다.

다. 영상처리식 선별장치의 정확도

마늘 선별장치의 정확도는 박피공장의 채산성에 큰 영향을 미친다. 선별의 정확도가 낮으면 최종 인력선별 라인에 많은 인력이 필요하게 되어 인건비 상승의 요인이 된다. 박피 마늘과 미박피 마늘 각각 200쪽을 투입하여 영상처리 선별기의 정확도를 평가한 결과는 Table 3과 같다.

박피 마늘의 경우에는 200쪽 중 191개를 올바르게 인식하여 95.5%의 정확도를 나타내었으며, 미박피 마늘의 경우에는 200쪽 중 197개를 올바르게 인식하여 98.5%의 정확도를 나타내었다. 따라서 정확도의 평균은 97.0%이었다. 판정의 오류

Table 2 Averages of the peeling test data.

Pressure level	Peeling chamber	Proportion of garlic (%)					Capacity (kg/h)
		US	UP	PP	CP	BR	
Low	1st chamber	6.1 a	68.6 a	7.1 b	17.2 f	1.1 d	397
	2nd chamber	1.2 c	58.7 b	4.8 bc	33.6 d	1.7 d	300
	3rd chamber	0.9 c	46.1 c	4.1 cd	45.4 bc	3.5 cd	341
Medium	1st chamber	2.8 b	56.7 b	12.2 a	25.6 e	2.7 cd	301
	2nd chamber	0.6 c	44.8 c	5.5 bc	43.5 bc	5.7 bc	309
	3rd chamber	0.1 c	36.1 d	3.7 cd	53.0 a	7.0 b	335
High	1st chamber	2.9 b	62.8 ab	7.4 b	23.7 e	3.2 cd	349
	2nd chamber	0.4 c	45.7 c	6.1 bc	40.5 c	7.3 b	253
	3rd chamber	0.1 c	33.6 d	1.5 d	47.3 ab	17.4 a	326

US = unseparated, UP = unpeeled, PP = partially peeled, CP = completely peeled, BR = bruised

* Averages with different letters are statistically different at 95% level.

Table 3 Results of machine vision classification of garlic cloves.

True class	Assigned class by machine vision		Total	Accuracy (%)
	Peeled	Unpeeled		
Peeled	191	9	200	95.5
Unpeeled	3	197	200	98.5

를 유발하는 요인으로서는 박피 마늘의 경우에는 마늘의 꼭지 또는 상처 부위를 미박피로 인식하는 경우가 있었으며, 미박피 마늘의 경우에는 외피가 밝은 경우에 박피 마늘로 인식하는 경우가 발생하는 것으로 조사되었다. 영상처리식 선별장치를 통해 미박피 마늘을 분류하여 박피기에 재투입함으로써 최종 인력선별 라인에 공급되는 마늘의 박피율은 95% 이상을 유지할 수 있는 것으로 평가되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 깎마늘의 품질을 향상시킬 수 있는 새로운 방식의 박피 시스템을 개발하기 위한 연구의 일환으로 수행되었다. 기존의 압축공기 분사방식과는 달리 수중에서 분사되는 물의 작용에 의해 마늘의 쪽분리와 박피가 동시에 일어나도록 설계된 습식 박피기를 이용하여 박피 시스템을 구성하였다. 제작된 시스템은 통마늘의 정량 공급, 쪽분리 및 박피, 부산물 제거, 영상처리에 의한 마늘 선별, 마늘의 세척 및 크기 선별을 위한 장치로 구성되었다. 본 논문에서는 개발된 시스템의 구성과 성능에 대하여 기술하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 박피기를 3단으로 구성하였다. 통마늘이 투입되는 1차 박피기에는 내경이 126 mm인 원통형 가공기를 사용하였으며, 쪽이 분리된 마늘이 주로 투입되는 2차 및 3차 박피기로는 내경이 100 mm인 박피기를 사용하였다. 스테인리스로 제작된 박피기의 내벽에 지름 2.5 mm의 노즐을 상부와 하부에 다수 배치하였는데, 상부에서 분사되는 물줄기는 마늘을 강제로 아래로 밀어 내리는 역할을 하고, 하부에서는 마늘의 쪽분리와 박피가 일어나도록 하였다.
- (2) 전남 해남산 대만종 난지형 마늘을 재료로 사용하여 세 수

준의 작동 압력에 대하여 박피 실험을 실시하였다. 3개의 박피기를 각각 한번씩 통과했을 때 적정 압력 조건에서 미쪽분리율, 미박피율, 부분박피율, 완전박피율 및 상처율은 각각 0.1, 36.1, 3.7, 53.0 및 7.0%로 조사되었다. 완전 박피율과 상처율을 합하여 계산한 박피율은 적정 압력에서는 60.0%, 고압에서는 64.7%로 나타났다.

- (3) 박피부의 처리 능력은 시간당 400 kg 이상으로서, 하루 8시간 작업을 통해서 3.2 톤 이상의 깎마늘을 생산할 수 있는 것으로 평가되었다.
- (4) 영상처리 방식 선별장치의 판정 정확도는 평균 97.0%이었으며, 영상처리식 선별장치를 통해 미박피 마늘을 분류하여 박피기에 재투입함으로써 최종 인력선별 라인에 공급되는 마늘의 박피율은 95% 이상을 유지할 수 있는 것으로 평가되었다.



1. Cho, Y. J. and C. J. Kim. 1993. Analysis of performance of an air-type garlic peeler for its optimum design. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery. 18(4):351-357. (In Korean)
2. Srivastava, A., G. VanEe, R. Ledebuhr, D. Welch and L. Wang. 1997. Design and development of an onion-peeling machine. Applied Engineering in Agriculture. 13(2):167-173.
3. Yang, K. W., Y. H., Bae and S. K. Baik. 2004a. Development of a garlic peeling system using high-pressure water jets (I) - peeling tests with high-pressure plunger pumps and flat-spray nozzles. J. of Biosystems Engr. 29(3): 217-224. (In Korean)
4. Yang, K. W., Y. H., Bae and S. K. Baik. 2004b. Development of a garlic peeling system using high-pressure water jets (II) - garlic peeling by cylindrical chamber with drilled nozzles. J. of Biosystems Engr. 29(3):225-232. (In Korean)
5. 농림부. 2003. 주요작물 생산동향(마늘, 양파). 행정간행물발간 등록번호 11-1380729-000016-10.
6. 농수산물유통공사. 2003. 농산물 품목별 유통실태(난지형마늘, 한지형마늘). <http://www.kamis.co.kr>
7. 백성기, 배영환, 김정호. 2003. 습식 마늘박피 시스템 개발. 농림부 농림기술개발사업 연구보고서. 247 p.