

# 마찰식 박피마늘 선별기 개발

## Development of A Friction Type Garlic Separator

박재복\*                      김종태\*  
J. B. Park                    J. T. Kim

### Summary

Both the wet and dry types of garlic peeling machines are being presently used in domestic garlic processing factory, but the dry type is more popular than the wet type because of higher peeling efficiency. The peeling efficiency of these machines is estimated 50 to 80%, depending on the difference in garlic varieties, physical properties and moisture content of garlic samples. If the peeling time is increased in order to improve the peeling efficiency, the damage on the surface of peeled garlic and the consumption of electric power are also increased. This study was carried out to solve these problems in garlic peeling operation and to obtain the optimum design factor for the friction type separator.

The results are summarized as follows :

1. The average friction coefficients of peeled and unpeeled garlic samples were 0.91 and 0.51, respectively, for the acrylic plate, and 0.96 and 0.51, respectively, for the stainless plate.
2. For the inclined acrylic pipe with the pipe length 90 cm, the inclined angle  $39^\circ$  and the pipe diameter 45-55 mm, the falling time of peeled garlic samples was 0.2 sec, faster than unpeeled garlic samples.
3. For the inclined stainless pipe with the pipe length 90 cm, the inclined angle  $34^\circ$ ,  $39^\circ$  and the pipe diameter pipe 35 mm, the falling time of peeled garlic samples was 0.7 sec, slower than that with the pipe diameter 47mm.
4. The stainless pipe with the pipe length 80~90 cm, the inclined angle  $39^\circ$ ~ $40^\circ$  and the pipe diameter 40~50 mm was the most suitable as the material of friction pipe.
5. Experimental garlic peeling machine is composed of garlic sample feeding device, friction stainless pipe and hopper. The peeling efficiency was 81 to 96%, and the separating capacity, 600 gr/min.

---

\* 한국식품개발연구원 산업화 연구부

## 1. 서 론

마늘은 우리 식생활에 없어서는 안될 중요한 조미채소류로서 김치나 양념등의 향신소재로서 널리 사용되어 왔으며 최근에 항암효과등 새로운 기능이 알려져 국내는 물론 일본이나 구미 각국에서도 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 마늘은 고추, 양파등과 함께 우리 농가의 매우 중요한 경제 작물로서 1992년도 기준으로 총재배면적이 43,494ha이며 연간 생산량이 464,649M/T에 달하고 있다.

마늘의 수확시기는 5~6월경이며 수확된 마늘은 풋마늘 상태로 곧바로 시장에 유통되거나 일정한 수분까지 건조한후 저온 저장을 하여 장기 보관하면서 통마늘 상태로 소비지로 유통되고 있다. 마늘은 2-3년전까지는 대부분이 통마늘 상태로 유통되어 가정이나 식당, 김치공장에서 박피한 후 이용되었기 때문에 박피작업에 많은 노동력과 작업시간이 소요되는것이 문제점으로 나타났다. 따라서 최근에는 깎마늘의 유통량이 점차로 증가함에 따라 마늘 박피 가공공장이 마늘 주산지를 중심으로 많이 설립되어 가동되고 있다. 현재 전국에는 20여개 이상의 대형마늘 박피공장이 운영되고 있는것으로 추정되고 있다.

현재 국내 마늘 가공공장에서 많이 이용되고 있는 박피 방법은 습식과 건식 박피 방법이 있다. 습식박피 방법은 박피과정중에 마늘의 품질이 저하되고 손상이 많아 이용도가 떨어지기 때문에 압축공기를 이용한 건식 박피 방법이 많이 이용되고 있다. 최근 국내의 마늘 박피 가공공장에서는 건조한 상태에서 통마늘을 직접 박피함으로써 박피 마늘의 품질이 좋고 박피율이 비교적 높은 건식 박피기가 많이 사용되고 있다. 그러나 성능이 좋은 건식 마늘 박피기라도 1회가공으로 원료마늘의 껍질을 완전히 벗길수는 없다. 마늘의 박피효율을 높이기 위해 건식 박피기의 작동시간을 연장하면 이미 박피된 마늘은 미박피된 마늘 및 마늘 박피기 내면과의 충돌횟수

가 증가하여 박피마늘의 표면에 손상이 생겨 상품적 가치가 떨어지며 압축공기의 소모량이 증가되어 콤푸레셔 구동전력 소모가 증가하게 된다.

그러므로 이런 문제점들을 해결하려면 일정한 시간동안 박피 작업을 한 후 일차로 박피된 마늘과 미박피된 마늘 원료를 자동적으로 선별할 수 있는 마늘 선별기가 필요하다. 박피된 마늘 표면과 미박피된 마늘 표면은 물성이 서로 다르므로 최근 농산물의 비파괴 선별에 많이 이용되는 색채 선별기를 이용하면 가능하나 현재 색채 선별기의 국산화가 실현되지 않아 고가의 외국산 제품을 도입하여야 한다. 그러나 국내의 마늘 박피가공공장은 자본이 매우 영세하여 박피 시설도 성능이 떨어지는 장치가 많기 때문에 작업공정이 연속적으로 이루어지지 않고 수작업이 많이 행하여지고 있다. 따라서 이러한 현실에서 보다 간편하고 가격이 저렴하며 국내 제작이 가능한 마늘 박피기의 개발이 필요하다. 본 연구의 목적은 마늘원료의 껍질표면과 박피된 마늘표면의 마찰계수차이를 이용하여 박피마늘을 선별할 수 있는 경사진 원통형 마찰식 선별기를 개발하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험재료

본 연구에 사용된 마늘시료는 93년도 전남무안지역에 재배된 중국 상해 조생종 난지형이며 마늘의 껍질의 평균 함수율은 13% w.b.였다.

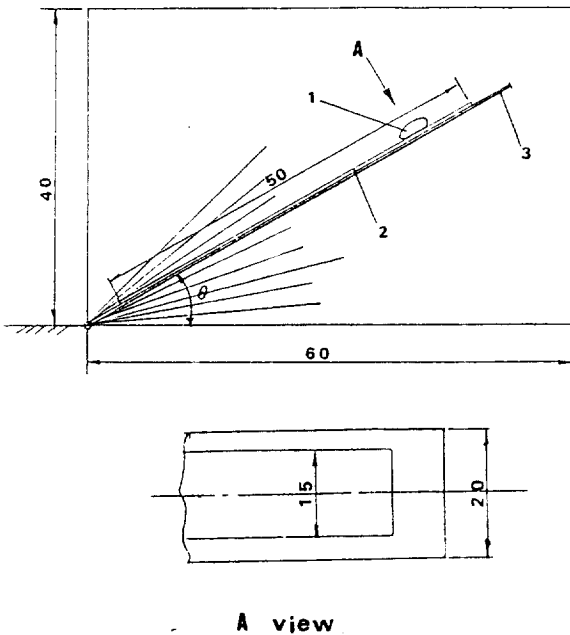
### 나. 실험장치 및 방법

#### 1) 마늘의 마찰계수 측정

마늘시료는 원형상태의 미박피 마늘과 공기식 박피기를 이용하여 박피한 마늘 2종류이며 1회 실험시 10회씩 반복하여 평균치를 구하였다.

마늘시료의 마찰계수 측정은 최대 정지 마찰계수 측정에 많이 사용되는 간이 측정방법을 이

용하였으며 측정장치는 그림1과 같다. 마찰재료는 아크릴 및 스텐레스 2종류였다. 마찰재료의 크기는 폭15Cm 길이 50Cm의 평판을 안내판 위에 설치한후 마늘 시료를 그위에 놓고 일정한 경사도로 안내판을 상부로 이송시킬때 시료마늘이 움직이기 시작하는 지점의 각도  $\theta$ 를 측정하여 마늘시료와 마찰재료 사이의 마찰계수  $\mu(\tan\theta)$ 를 구하였다.



- 1. Garlic sample 2. Friction plate
- 3. Guide plate

Fig. 1 Experimental equipment for measuring the static friction coefficients of garlic samples.

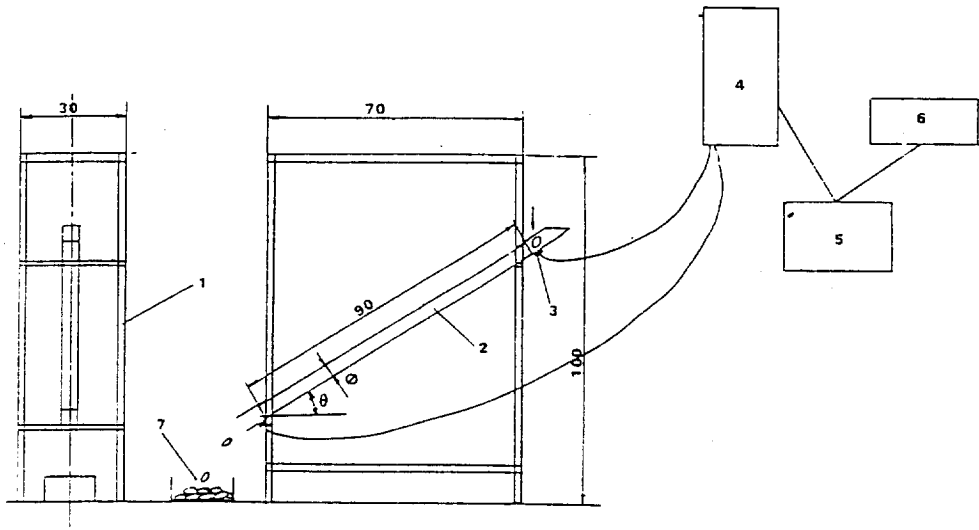
2) 경사진 원통형 마찰관에서의 마늘 시료 낙하시간 측정

마늘시료의 표면 마찰계수를 이용하여 마늘을 선별하려면 일정한 직경의 원통형 마찰관을 경사지게 설치하고 마찰관 출구에서의 박피마늘과 미박피마늘의 마찰관내의 마찰저항으로 인한 배출속도차를 이용하여야 한다. 이러한 배출속도는 시료마늘이 마찰관 입구와 출구를 통과하는 낙하속도와 비례하므로 본 실험에서는 그림2와 같은 경사진 원통형 마찰관의 마늘시료 낙하시간 측정 장치를 제작하였다.

마늘관의 종류는 아크릴관과 스텐레스관 2종류로 하였으며, 아크릴관의 직경은 각각  $\phi 45, 50$  mm이었고 스텐레스관의 직경은  $\phi 35, 47$  mm이었다. 마찰관의 길이는 90Cm이며 마찰관의 경사도는  $34^\circ$ 와  $39^\circ$ 로 하였다. 그리고 마찰관 입구와 출구에 광전 스위치센서(PE2-HIT Hokuyo 사, 일본)를 각각 설치하여 마늘의 낙하시간을 측정하였다. 광전 스위치센서의 입력전원은 12 V이며 마늘이 통과하여 광전스위치가 작동하면 6V이상의 아날로그 신호가 발생하게 되고 이를 자료수집장치(HP3852A, Data Acquisition System, Hewlett-Packard사, 미국)로 분석하고 프린터로 측정 데이터를 출력하였다. 그림3은 실험장치의 설치모습이며 그림4는 마찰관 출구에 설치된 광전 스위치센서이다. 시료마늘의 크기는 대형과 소형으로 구분하고 매회 10개씩 측정하였다. 표1은 아크릴관 및 스텐레스관에 사용한 마늘시료의 크기와 무게를 나타낸 것이다. 아크릴관의 경우 대형 미박피마늘의 무게는 평균 7.55g이며 소형은 4.28g이었으며 스텐레스관의 경우는 대형이 6.98g, 소형은 3.97g이었다.

Table 1. Average size and weight of garlic samples with various cylindrical friction pipes

Pipe Material	Garlic Size	Length	Dimension(mm)		Garlic Weight(g)
			Width	Thickness	
Acrylic	Large	32.9	24.2	22.5	7.55
	Small	31.9	18.9	12.1	4.28
Stainless	Large	30.3	20.3	19.4	6.98
	Small	26.5	15.7	12.5	3.97



- |  |   |
|--|---|
| 1. Frame   | - Packard, USA)                               |
| 2. Cylindrical friction pipe                           | 5. Controller (R/322, Hewlett - Packard, USA) |
| 3. Photometric switch sensor (PE2 - HIT Hokuyo, Japan) | 6. Printer                                    |
| 4. Data acquisition system (HP3852A, Hewlett           | 7. Garlic samples                             |

Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus for measuring the falling time of garlic samples along the inclined cylindrical friction pipe.

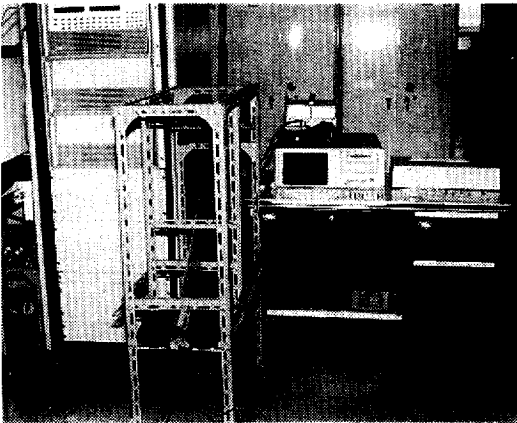


Fig. 3 Experimental apparatus for measuring the falling time of garlic samples along the inclined cylindrical friction pipe.

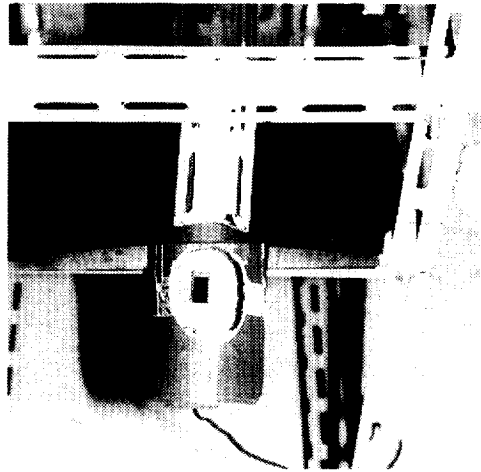
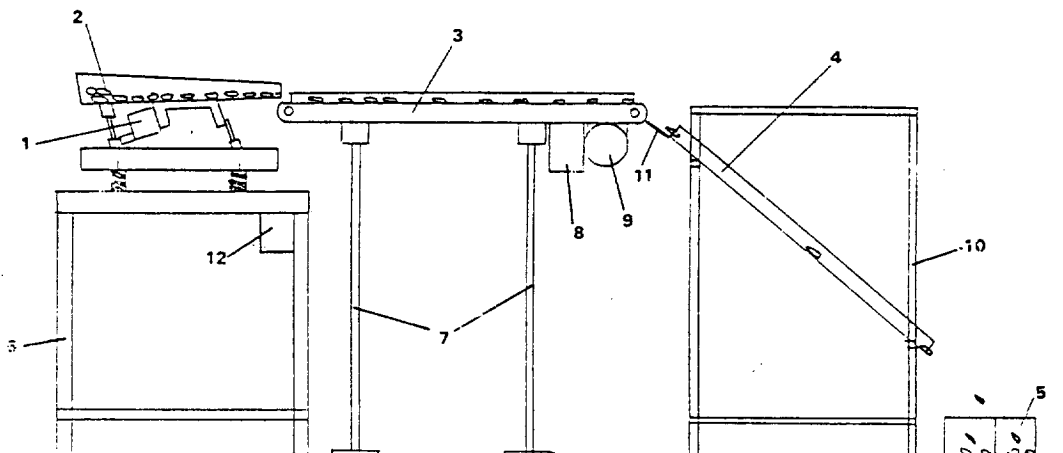


Fig. 4 Photometric switch sensor (PE2 - HIT Hokuyo, Japan) on the outlet of the inclined cylindrical friction pipe.

3) 마찰식 박피마늘 선별 장치

마늘시료의 마찰계수 차이를 이용한 박피마늘 마찰식 선별기를 제작하였다. 이것은 마늘 공급 장치, 마늘 이송장치, 경사진 원통형 스텐레스 마찰관, 마늘용기등으로 구성되어 있다. 그림5는 선별장치의 개략도이며 그림6은 시작품의 외형이다. 진동공급기를 이용한 마늘 공급장치는 1초당 1개의 마늘을 2열로 일정하게 공급하도록 설계되어 있다. 이송벨트는 변송장치가 부착된 DC모니터로 구동되어 벨트의 속도를 조절할 수 있어 공급되는 마늘사이의 간격을 조절할 수 있다. 이송벨트의 출구부분에 마늘을 마찰관속으로 안내하는 안내판이 설치되어 있으며 마찰관

은 2개이며 직경 50mm, 경사도 39°로 설치되어 있다. 수거용 마늘용기는 마찰관 출구에서 박피마늘과 미박피 마늘의 낙하거리를 실험한 후 적정위치에 설치하였다. 실험용으로 제작된 박피마늘의 마찰식 선별기의 성능실험을 위해 공기식 마늘 박피기를 사용하여 마늘시료를 박피한 후 박피마늘과 미박피마늘을 선별한후 이들을 일정량으로 혼합한 마늘시료를 만들었다. 시료수량은 100개이며 박피마늘과 미박피마늘의 혼합비율은 40 : 50, 50 : 50, 60 : 40, 70 : 30등의 4 수준으로 하였으며 1처리당 3반복으로 측정하고 이들의 평균선별율을 구하였다.



- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Vibrating feeder          | 8. DC motor controller          |
| 2. Garlic samples            | 9. DC motor                     |
| 3. Conveying belt            | 10. Frame                       |
| 4. Cylindrical friction pipe | 11. Guide plate                 |
| 5. Hopper                    | 12. Vibrating feeder controller |
| 6. Frame                     |                                 |
| 7. Frame(steel bar)          |                                 |

Fig. 5 Schematic diagram of friction type garlic separator.

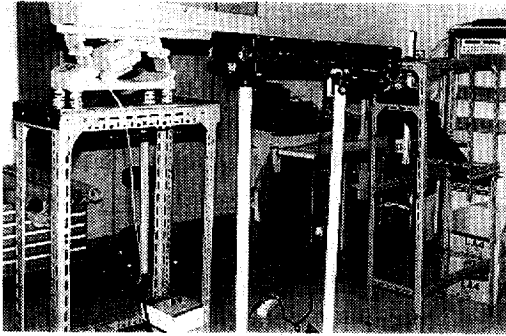


Fig. 6 Friction type garlic separator tested.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 마늘의 마찰계수

표 2는 박피마늘과 미박피마늘을 기준으로 아크릴판과 스텐레스판 사이의 마찰계수를 측정한 결과이다. 아크릴판의 경우 박피마늘의 평균 마찰계수는 0.91, 미박피마늘은 0.51로 박피마늘의 마찰계수가 1.8배 정도 높았다. 스텐레스판의 경우 박피마늘의 마찰계수는 0.96, 미박피마늘의 마찰계수는 0.33으로 박피마늘의 마찰계수가 2.9배 정도 높아 스텐레스판이 아크릴판보다도 마찰계수 차이가 크게 나타났다. 따라서 박피마늘의 마찰식 선별기를 개발할때 마찰관의 재료는 재료구입이 용이하며 마찰계수차가 큰 한 스텐레스판이 유리한 것으로 판단되었다.

을 마늘시료의 종류, 경사도, 마찰관 직경 및 마늘 크기별로 측정된 결과이다. 박피마늘의 경우 경사도가 39°인 경우가 34°인 경우보다 마찰관의 직경 및 마늘의 크기에 관계없이 낙하시간이 0.2 sec 정도 적은 것으로 나타났다. 경사도가 39°인 경우 박피마늘의 낙하시간은 관의 직경에 따라 큰 차이가 없이 0.87sec 정도였다. 또한 경사도 34°인 경우는 1.15sec였다. 미박피마늘의 경우는 경사도의 영향은 박피마늘보다 적었으며 마찰관의 직경에 따른 낙하시간의 차이는 없었다. 미박피마늘의 경우 낙하시간은 경사도 39°에서 0.45~0.54sec, 경사도 34°에서 0.46~0.51sec였다.

표 4는 경사진 스텐레스판의 마늘 낙하시간을 분석한 것이다. 일반적으로 스텐레스판인 경우 경사도 39°, 34°에서는 낙하속도가 마늘의 박피 상태에 따라 큰 차이가 없다. 그러나 마찰관의 직경이  $\phi 35\text{mm}$ 일 때의 박피마늘 낙하시간은 직경이  $\phi 45\text{mm}$ 일 때 보다 0.7sec 정도 늦어 마찰관의 직경이 35mm보다 작으면 낙하속도에 영향이 있을 것으로 사료된다. 미박피마늘의 경우 마찰관 직경이 47mm인 경우 평균 낙하속도는 1.0sec 정도이나 미박피마늘의 경우 0.5sec 정도로 2배 정도 차이가 있었다. 이상과 같은 분석결과를 토대로 박피마늘 마찰식 선별기의 설계조건을 고려해보면 마찰관의 재질은 실용성이 높고 마찰계수가 적은 스텐레스판이 좋으며 관의 직경은 45~50mm, 경사도는 39°~40°가 적합한 것으로

Table 2. Friction coefficients of garlic samples on the two kinds of various friction materials

Friction material	Garlic sample	Friction coefficient
Acrylic	Peeled	0.91
	Unpeeled	0.51
Stainless	Peeled	0.96
	Unpeeled	0.33

#### 나. 경사진 원통형 마찰관에서의 마늘시료 낙하시간

표 3은 경사진 아크릴판에서의 마늘 낙하시간

판단되었다. 또한 관의 길이는 마늘의 투입시간 간격을 0.5~1.0sec로 고려할때 80~90cm로 하는 것이 바람직하며 마늘의 크기는 선별성능에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

Table 3. Falling time of garlic samples in the inclined cylindrical acrylic pipe(pipe length : 90cm)

Sample	Slope (°)	Diameter of Friction Pipe(mm)	Garlic Size	Falling Time			
				Minimum	Maximum	Mean	Std.
Peeled Garlic	39	50	L S	0.56 0.56	1.21 1.38	0.854 0.874	0.221 0.261
		45	L S	0.49 0.78	1.04 1.49	0.745 1.080	0.187 0.265
	34	50	L S	0.63 0.93	1.36 1.50	1.050 1.210	0.225 0.189
		45	L S	0.80 0.83	1.42 1.67	1.156 1.258	0.209 0.289
Unpeeled Garlic	39	50	L S	0.45 0.46	0.54 0.53	0.497 0.496	0.084 0.078
		45	L S	0.47 0.45	0.51 0.51	0.501 0.502	0.088 0.035
	34	50	L S	0.46 0.45	0.63 0.58	0.503 0.508	0.082 0.057
		45	L S	0.47 0.49	0.51 0.51	0.501 0.505	0.070 0.074

\* L : Large S : Small

Table 4. Falling time of garlic samples in the inclined cylindrical stainless pipe(pipe length : 90cm)

Sample	Slope (°)	Diameter of Friction Pipe(mm)	Garlic Size	Falling Time			
				Minimum	Maximum	Mean	Std.
Peeled Garlic	39	47	L S	0.69 0.86	1.34 1.39	1.107 1.061	0.205 0.154
		35	L S	1.42 1.57	2.17 1.80	1.764 1.719	0.237 0.074
	34	47	L S	0.66 0.86	1.49 1.40	1.009 1.079	0.237 0.173
		35	L S	1.18 1.60	2.25 2.02	1.797 1.773	0.324 0.125
Unpeeled Garlic	39	47	L S	0.49 0.49	0.52 0.53	0.498 0.499	0.011 0.011
		35	L S	0.49 0.50	0.51 0.64	0.498 0.518	0.009 0.043
	34	47	L S	0.49 0.49	0.68 0.54	0.524 0.501	0.057 0.015
		35	L S	0.50 0.49	0.60 0.65	0.526 0.512	0.037 0.489

\* L : Large S : Small S.D. : Standard Deviation

다. 마찰식 박피마늘 선별기 성능실험

표 5는 박피마늘의 마찰식 선별기의 성능실험 결과를 나타낸 것이다. 박피마늘의 혼합율이 50%일 때가 선별능력이 96%로 가장 높았으며 혼합율이 70%일 때가 86%로 가장 낮았다. 시작품의 마늘원료의 처리능률을 2개/sec로 하고 마늘1개의 평균무게를 5g으로 가정할때 처리능력

은 600g/min정도라고 할 수 있다. 따라서 이러한 시작품을 기본 모델로 하여 10개의 스테레스 마찰관을 가진 박피마늘 선별기를 제작한다면 분당 처리용량 6Kg/min, 선별능률 90%이상의 성능을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 1일(8시간 기준) 처리능력은 약 2.8톤 정도가 될 것으로 판단된다.

Table 5. Test result of experimental friction type separator

Sample No.	Number of Garlic Samples		Number of Peeled Garlic Separated (C)	Separating Efficiency (C/A * 100)	Average Separating Efficiency (%)
	Peeled (A)	Unpeeled (B)			
I	40	60	39	97.5	94.2
			39	97.5	
			35	87.5	
II	50	50	48	96.0	96.7
			49	98.0	
			48	96.0	
III	60	40	57	95.0	96.0
			57	95.0	
			59	98.0	
IV	70	30	63	90.0	89.0
			62	88.5	
			62	88.5	

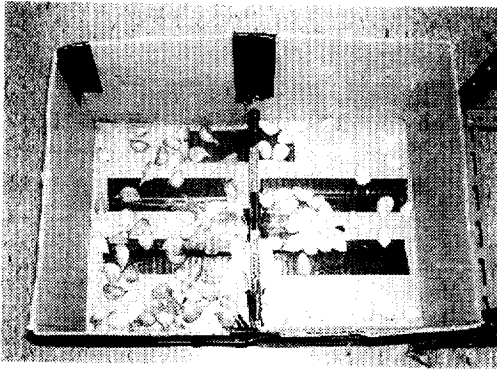


Fig. 7 Peeled and unpeeled garlic samples separated by frictional garlic separator.

#### 4. 결론

현재 국내에서 사용되고 있는 마늘 박피기의 형태는 크게 습식과 건식으로 구분되며 최근에는 물을 이용한 습식보다는 압축공기를 이용한 건식형태의 마늘 박피기가 마늘 가공공장에 많이 공급되어 있다. 그러나 마늘의 종류가 다양하고 물성과 건조상태가 차이가 있어 마늘 박피기의 박피효율은 50~80% 정도로 추정되고 있다. 이들 박피효율을 증가하기 위하여 박피시간을 길게 하면 박피된 마늘표면에 손상이 생기며 동력소모가 많아 박피가공의 비용이 증가하는 요

인이 발생한다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 박피된 마늘의 표면과 원료상태의 미박피된 마늘 표면의 마찰계수 차이를 이용한 박피마늘의 마찰식 선별기 시작품을 개발하였으며 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 아크릴판의 경우 박피마늘과 미박피마늘의 평균마찰계수는 각각 0.91, 0.51이었다. 스텔레스판의 경우 박피마늘과 미박피마늘의 평균마찰계수는 각각 0.96, 0.33으로 나타났다. 따라서 박피마늘의 마찰식 선별기의 마찰판 재료는 마찰계수의 차이가 큰 스텔레스판이 적합한 것으로 파악되었다.

나. 경사진 아크릴판(길이 : 90Cm)의 마늘시료의 낙하시간은 박피마늘의 경우 경사도 39°가 34°보다 마늘의 크기에 관계없이 0.2초 빨라서 마찰판의 직경이 45~50mm이내 일때 낙하시간이 경사도에 따라 차이가 있으나 미박피마늘의 경우 차이가 없었다.

다. 경사진 스텔레스판(길이 : 90Cm)의 마늘 낙하시간은 일정한 경사도 39°, 34°에서 마찰판의 직경이 35mm이하인 경우 직경이 47mm인때보다 낙하시간이 0.7초 정도 늦었다.



라. 선별성능을 향상시키기 위해서는 관의 직경은  $\phi 45\sim 50\text{mm}$ , 경사도는  $39^\circ\sim 40^\circ$ , 관의 길이는  $80\sim 90\text{cm}$ 로 하는 것이 바람직하다고 사료된다.

마. 박피마늘의 마찰식 선별기 시작품은 마늘 공급장치, 스텐레스마찰관, 흡퍼등으로 구성되었으며 박피마늘의 선별효율은  $89.0\sim 96.7\%$ , 처리능력은  $600\text{gr}/\text{min}$ 이었다.

## 참 고 문 헌

1. 김철진 등 1993. 마늘의 박피시스템 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원
2. Nuri N. Mohsenin. 1978. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers : 556-642.