

박피 마늘의 품위판정 기술개발에 관한 기초연구 (I)
— 영상식 마늘 선별기용 반전장치 개발 —

Basic Study on Quality Evaluation Technique for Peeled
Garlics (I)

— Rotation system for vision-based garlic sorter —

이종환 정회원 J. W. Lee	이성범 정회원 S. B. Lee	안청운 C. W. An
-------------------------	-------------------------	-----------------

SUMMARY

Many workers in the garlic peeling factory are separating the sound peeled garlics from the unpeeled and defective ones in a manual way. In order to reduce the seasonal labor requirement and operating cost, the mechanized garlic sorting system such as the vision-based garlic sorter should be developed. This study was conducted as one of basic studies on developing quality evaluation technique for peeled garlics, especially to develop the system for acquiring the whole surface images of garlics with a CCD camera.

The following results were obtained from this study.

1. The belt-type garlic rotation system was devised to apply for the vision-based garlic sorter and was tested to decide the criteria of design and optimum conveying speed.
2. To evaluate the performance of the developed garlic rotation system, feeding rate and rotating rate were measured under the conditions of four experimental factors such as the inclined angle of rotating belt, the inclined angle of feeding belt, the height of plate arrays on feeding belt and the conveying speed of belts. And the capacity of the system according to mixture ratios of peeled garlics and unpeeled garlics was analyzed as a feasibility test.
3. For the inclined angle of rotating belt 20° and height of plate array on feeding belt 22mm, the maximum rotating rate for garlic samples including unpeeled ones was 81.1% at the conveying speed of 4.2 garlic/sec. And under these condition, the maximum feeding rate was 85% at the inclined angle of feeding belt 65°.
4. The capacity of the developed garlic rotation system was almost constant regardless of mixture ratio of peeled garlics and unpeeled garlics and its range was 2.95~3.92 garlic/sec. At the conveying speed of 4.2 garlic/sec, the capacity of the garlic rotation system was calculated as 58~64 kg/hr.
5. To improve performance of the garlic rotation system, it is recommended to develop a device to slide garlics into the feeding belt.

Keywords : Garlic rotation system, Vision-based garlic sorter. Feeding-rotating rate.

This study was conducted by the research fund supported by Hankyong National University and article was submitted for publication in March 2001, reviewed in May 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 2001. The corresponding author is Jong Whan Lee, Assistant Professor, Dept. of Bioresources Machinery, Hankyong National University, Ansong, 456-749, Korea. E-mail: <jwlee@hnu.hankyong.ac.kr>.

1. 서 론

마늘의 유통은 간 마늘 및 분말 마늘 형태로 급격히 변화되고 있으며 조미 소재 및 김치 가공공장 등에서 가공용 마늘의 수요가 늘어나면서 박피 마늘의 수요도 지속적으로 증가할 것이다. 마늘 가공공장에서는 마늘을 박피하기 위해 주로 기계식 마늘 박피기계를 사용하지만, 박피 마늘과 미박피 마늘을 분리하거나 흠집 마늘, 부패 마늘 및 변색 마늘 등을 분리하는 작업은 대부분 인력에 의존하고 있다. 따라서, 처리용량에 비하여 에너지 및 노동력이 과다하게 투입되고 있어 박피와 선별을 연속으로 수행할 수 있는 시스템의 개발이 요구된다.

김 등(1993)은 마늘 선별을 위한 기계식 선별기의 개발과 마늘의 색채 선별을 위한 메커니즘 구명을 시도하였다. 박과 김(1994)은 박피 마늘과 미박피 마늘의 마찰계수 차이를 이용한 마찰식 마늘 선별기를 개발하였는데 선별율은 약 89~97%이고 처리능력은 600g/min이었다. 그러나, 처리능력이 낮고 변색, 변질된 마늘은 선별할 수 없다.

마늘의 개체 공급과 관련된 연구를 살펴보면, 신(1998)은 케도형 방법과 2차 호퍼를 사용하여 종자용 마늘의 정렬장치를 설계, 제작하였고 최덕규 등(1998)은 마늘 파종기용으로 사용하기 위해 체인버킷진동식 배종장치를 개발하였다. 그러나, 박피 마늘의 개체공급 및 반전에 관한 연구는 미미하다.

한편, 이 등(1999a, 1999b)은 광센서와 흑백기계시각장치를 이용한 박피 마늘의 품위 판정 알고리즘을 개발하였는데, 전체적인 선별정도는 90%내외로 나타났으나 실용화를 위해서는 미박피 마늘 및 흠집마늘에 대한 선별오차를 줄이는 것이 필요하다고 하였다.

영상분석에 의해 마늘의 품위를 판정하기 위해서는 마늘 전체면에 대한 영상획득이 요구된다. 이를 위해 여러 대의 카메라를 이용하여 자세가 고정된 마늘에 대한 영상을 여러 방향에서 획득하는 방식이 있으나 조명장치 및 카메라의 설치방법 등이 어려워 실용적이지 못하다. 일부에서는 흠이 있는 롤러가 자전하면서 전진하는 이송장치를 이용하여 마늘에 대한 띠(strip) 형태의 표면 영상을 획득하는 방식을 시도하고 있다. 여기에서는 일정한 간격으로 작은 판(plate)이 여러 개 부착된 벨트를 이용한 반전장치를 제작하여 마늘의 반전 전

과 후의 순차적 영상으로부터 마늘 전체면에 대한 영상 정보를 얻는 방식을 사용하였다.

이 연구에서는 영상식 마늘 품위판정장치 개발에 관한 연구의 일환으로, 마늘 전체면 영상을 획득하기 위한 반전장치를 설계, 제작하고 성능을 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

실험에 사용한 마늘은 남해마늘(한지형)과 단양마늘(난지형)이었는데, 후자가 전자보다 크기가 약간 크다. 시중에서 구입한 통마늘은 수작업에 의해 박피되었으며, 육안에 의해 마늘을 크기별 3단계로 구분한 후 쪽마늘의 길이, 폭, 두께 및 중량을 크기별로 측정하였다. 그리고, 반전장치 개발을 위해 작물인자로서 마늘의 품종, 박피 유무, 박피 마늘과 미박피 마늘의 혼합비 등에 따른 실험을 수행하였다.

나. 마늘 반전장치의 개발

영상식 마늘 선별장치는 기계시각장치(품위판정 및 제어 알고리즘 포함), 개체공급장치, 반전장치, 배출장치 및 시스템 자동화 장치 등으로 구성할 수 있는데, 특히 기계시각장치는 원료의 공급, 반전 및 배출의 방법과 특성에 부합되도록 연구, 개발되어야 한다.

(1) 마늘의 반전 및 공급장치 제작

여러 개의 판으로 구성되는 판열(板列)이 일정한 사이각으로 부착된 반전롤러를 제작하고, 마늘을 판열 위에 놓고 회전시키면서 마늘의 반전 현상을 관찰하였다. 이때, 시중에서 유통되고 있는 마늘의 크기와 형상 등을 고려하여, 각 판열을 구성하는 판의 개수, 높이 및 폭, 이웃한 판과의 간격, 판열간 사이각 등을 검토하였다. 검토 결과를 바탕으로 다양한 형태의 마늘 반전장치를 제작하고, 이를 이용하여 이송 마늘의 반전특성을 파악하였으며, 최종적으로 판열(plate array)을 회전롤러에 의한 회전운동에서 평 벨트에 의한 직선운동이 되도록 고안된 벨트형 마늘 반전장치를 설계, 제작하였다.

Fig. 1은 벨트형 마늘 반전장치를 나타내는데,

판열이 일정한 간격으로 부착된 공급벨트(폭=45mm), 다열(多列)의 평 벨트로 구성된 반전벨트, 마늘을 공급벨트로 투입하기 위한 공급용 호퍼 및 구동부로 구성된다. 공급벨트는 A축, B축 및 C축으로, 반전벨트는 A축, B축, D축 및 E축으로 연결되는데, 공급벨트와 반전벨트가 AB구간에서 겹치는 것이 특징이다. 공급벨트에 개체공급된 마늘은 B를 통과하면서 반전이 시작하여 반전벨트로 이동하면서 반전이 완료되는데 반전벨트는 마늘의 반전상태를 유지시켜 주는 역할을 한다.

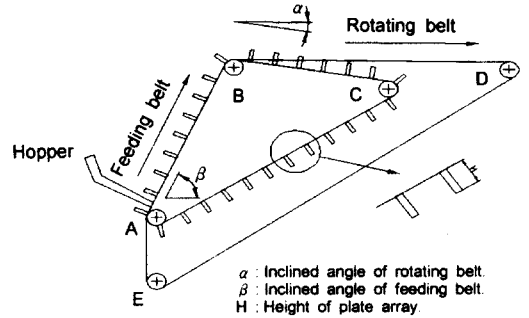


Fig. 1 Schematic diagram of belt-type garlic rotation system.

(2) 설계 및 작동인자

(가) 이송속도

영상식 마늘 선별장치의 선별능률을 10인의 인력을 대체하는 것으로 가정하면, 인력에 의한 선별능률(약 40kg/hr)과 마늘의 평균중량(5.5g)을 고려하면 초당 20개로 계산된다. 또한, 마늘의 품위 판정을 위한 영상분석에서 한 프레임(One frame)으로 처리하는데 적합한 마늘의 이송열(移送列)의 개수를 4열로 가정하면 반전장치의 작업능률은 5개/초가 된다. 이 연구에서는 이송속도에 대한 실험수준을 4.2개/초, 5.2개/초 및 6.4개/초로 하였다.

(나) 공급벨트의 판열 높이

마늘의 크기와 형상은 공급 및 반전 현상에 영향을 미치므로, Fig. 1에 나타난 공급벨트에 부착된 판열의 높이(H)는 마늘 반전장치의 중요한 설계인자 중 하나가 된다. 이 연구에서는 판열의 높이를 18mm와 22mm로 하고 각각에 대한 마늘의 공급 및 반전 특성을 분석하였다.

(다) 반전벨트 경사각

공급된 마늘은 B축 부근에서 반전하면서 반전벨트 쪽으로 이동하는데, 이때 Fig. 1에 표시한 반전벨트 경사각(α)은 마늘의 반전현상에 중요한 인자로 나타났다. 이 연구에서는 반전벨트 경사각, 0°, 10°, 20° 및 30°에 대한 품종, 박피 유무 및 크기에 따른 반전특성을 이송속도별로 조사하였다.

(라) 공급벨트 경사각

마늘이 공급벨트의 판열과 판열사이에 투입되어 경사를 따라 상방향으로 이송되는 과정에서 일부 마늘은 하방향으로 떨어지는 현상이 발생하는데, Fig. 1에 나타난 공급벨트 경사각(β)은 그러한 현상에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 따라서, 마늘의 개체공급에 적합한 공급벨트 경사각을 구명하기 위해, 공급벨트 경사각을 60°, 65°, 70° 및 75°로 하여 품종, 박피 유무 및 크기에 따른 공급

율을 이송속도별로 측정하였다.

(3) 성능평가

(가) 반전을 및 공급율

반전율은 마늘 반전장치의 성능을 좌우하는 중요한 인자이다. 마늘을 하나씩 공급시키면서 반전여부를 육안으로 조사하고, 식(1)을 이용하여 반전율을 계산하였다.

$$\text{반전율} = \frac{\text{반전된 마늘의 총 개수}}{\text{개체 공급된 마늘의 총 개수}} \times 100[\%] \quad (1)$$

한편, 육안에 의해 공급벨트에 부착된 판열과 판열 사이에 마늘이 한 개씩 공급된 회수를 측정하고 식(2)에 의해 공급율을 산출하였다. 이 때, 2개 이상이 공급되거나 빈 상태인 경우는 식(2)의 분자에는 포함되지 않는다.

$$\text{공급율} = \frac{\text{개체 공급된 마늘의 총 개수}}{\text{공급벨트 판열의 이송개수}} \times 100[\%] \quad (2)$$

(나) 반전장치의 성능인자

마늘 반전장치의 성능은 식(3)과 식(4)에 나타난 공급반전을 및 작업능률로 평가하였다.

$$\text{공급반전율} = \text{공급율} \times \text{반전율} \div 100[\%] \quad (3)$$

$$\text{작업능률} = (\text{공급반전율} \div 100) \times \text{이송속도}[\text{개/초}] \quad (4)$$

(다) 박피 마늘과 미박피 마늘의 혼합비에 따른 성능시험

벨트형 마늘 반전장치의 실용성을 확인하기 위해 원료의 구성비, 즉 박피 마늘과 미박피 마늘의

Table 1 Physical properties of garlic samples by the size

Variety	Size	Property	Max. value	Min. value	Mean	Std. dev.
Namhae garlics	Large	length [mm]	36.3* / 36.4**	25.4 / 28.7	30.6 / 32.2	2.14 / 1.89
		width [mm]	24.5 / 27.1	16.9 / 20.2	21.0 / 23.3	1.82 / 1.52
		thickness [mm]	28.3 / 30.2	14.2 / 16.8	19.2 / 22.1	2.50 / 2.71
		weight [gr]	8.1 / 9.2	5.1 / 5.4	6.2 / 7.0	0.71 / 0.97
	Medium	length [mm]	32.2 / 34.0	16.6 / 25.2	28.0 / 30.1	2.72 / 1.93
		width [mm]	22.0 / 24.1	16.2 / 19.1	19.3 / 21.4	1.37 / 1.12
		thickness [mm]	19.9 / 22.4	13.0 / 14.5	16.5 / 18.1	1.65 / 1.96
		weight [gr]	6.2 / 7.6	4.4 / 4.6	4.6 / 5.5	0.60 / 0.61
	Small	length [mm]	28.9 / 31.1	18.9 / 22.3	25.1 / 26.4	1.45 / 2.05
		width [mm]	19.6 / 23.1	12.4 / 12.8	16.1 / 17.4	1.37 / 2.22
		thickness [mm]	16.9 / 19.7	8.6 / 9.8	13.2 / 14.0	1.74 / 2.44
		weight [gr]	4.1 / 4.3	2.1 / 2.5	2.6 / 3.0	0.54 / 0.49
Danyang garlics	Large	length [mm]	36.9 / 42.3	25.8 / 28.7	32.1 / 34.0	1.68 / 2.84
		width [mm]	28.1 / 29.1	19.8 / 20.0	23.1 / 24.1	1.34 / 1.69
		thickness [mm]	30.0 / 32.1	14.2 / 18.2	21.1 / 23.9	2.77 / 2.67
		weight [gr]	8.2 / 9.1	5.2 / 5.5	6.1 / 7.4	0.74 / 1.10
	Medium	length [mm]	33.3 / 35.6	21.5 / 23.8	29.5 / 31.5	1.77 / 2.07
		width [mm]	23.9 / 29.7	17.4 / 17.7	21.1 / 22.0	1.27 / 2.01
		thickness [mm]	23.3 / 27.3	11.2 / 12.5	18.7 / 20.1	2.28 / 2.71
		weight [gr]	6.3 / 8.1	3.3 / 4.5	5.0 / 5.5	0.52 / 0.72
	Small	length [mm]	31.7 / 36.0	22.2 / 25.1	26.2 / 29.0	1.99 / 2.22
		width [mm]	22.5 / 26.9	11.4 / 13.2	16.6 / 18.3	1.80 / 2.36
		thickness [mm]	19.9 / 21.1	9.2 / 10.4	15.6 / 16.5	2.02 / 2.19
		weight [gr]	5.2 / 5.4	2.1 / 2.4	3.6 / 3.9	0.72 / 0.71

Note: * and ** are for groups of peeled and unpeeled garlics, respectively.

혼합비에 따른 작업성능을 분석하였다. 마늘 박피 기계의 박피율이 70% 정도임을 감안하여 박피 마늘과 미박피 마늘의 혼합비가 각각 8:2, 7:3 및 6:4일 때, 마늘 반전장치의 공급반전을 및 작업능률을 품종별로 분석하였다. 이를 위해, 반전율과 공급율이 우수하게 나타난 설계 및 작동조건을 중심으로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 마늘의 크기별 기하학적 특성

마늘의 품위판정 기술을 개발하기 위한 기초자료로 사용하기 위해, 마늘의 크기별 기하학적 특성을 측정하였다. 박피 마늘 및 미박피 마늘을 대상으로 육안에 의해 크기에 따라 상, 중, 하로 분류하고, 길이, 폭, 높이 및 중량을 실측하였으며 그 결과는 Table 1과 같았다.

나. 마늘 반전장치의 개발

(1) 마늘 반전장치 제작

Fig. 2와 Table 2는 실험을 위해 제작한 벨트형 마늘 반전장치에 대한 사진과 재원이다. 마늘을 공급벨트로 투입하기 위한 별도의 투입장치는 사용하지 않고, 수작업에 의해 2~4개의 마늘이 공급용 호퍼에서 투입되도록 조절하였다. 이송 중 마늘이 낙하하는 것을 방지하기 위해 각 벨트 양 측면에 안내판을 부착하였다.

(2) 설계 및 작동인자의 분석

(가) 실험인자에 대한 유의성 검증

설계인자로 사용한 공급벨트의 판열 높이, 반전 벨트의 경사각 및 공급벨트의 경사각과 작동인자인 공급벨트의 이송속도가 반전율 및 공급율에 미치는 영향을 알아보기 위해 요인분석을 수행하였다. Table 3은 SAS(Ver. 6.12)를 이용하여 수행한

Table 2 Specifications of belt-type garlic rotation system

Item		Specification	Remark
Size		710×750×140mm	L×H×W
Feeding belt	Inclined angle	60° ~ 75°	
	Number of plate for each array	3	No. of plate array = 20
	Size of plate	3×18 mm 3×22 mm	W×H
	Space between each plate array	35 mm	
Rotating belt	Inclined angle	0~30°	
	Width	5 mm	
	Space between each belt	5 mm	No. of belt = 4
Conveying speed		0~14 m/min	

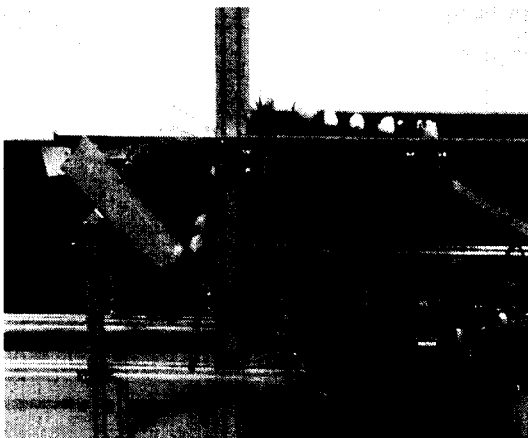


Fig. 2 Belt-type garlic rotation system used in this experiment.

분산분석의 결과인데, 실험변수로 사용한 각종 설계 및 작동인자가 마늘 반전장치의 반전을 및 공급율에 미치는 주효과(main effect)는 마늘의 품종, 박피 유무 및 크기에 관계없이 유의수준 1%에서 유의성을 보였으며, 인자간 상호작용효과는 인정되지 않았다.

분산분석의 결과를 바탕으로, 다음과 같이 공급벨트의 판열 높이 및 이송속도에 따른 반전벨트 경사각 및 공급벨트 경사각이 각각 반전을 및 공급율에 미치는 영향을 살펴보았다.

(나) 반전벨트 경사각

Table 4는 반전벨트 경사각에 따른 반전율을 이송속도별로 나타낸 것으로, 시료마늘의 품종, 박피

유무 및 크기를 구분하지 않고 평균하였다.

반전율은 반전벨트 경사각이 0° 일 때 가장 낮았으며 경사각이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 그러나, 공급벨트 판열의 높이와 이송속도에 관계없이 20° 와 30° 간에는 평균간 차이에 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 반전벨트의 경사각이 너무 크면 마늘이 반전 이상으로 회전하면서 벨트를 이탈하거나 마늘이 공급벨트에서 반전벨트로 이송되는 순간 급격한 각도 변화로 인해 불안정한 이송상태를 보이는 경우가 간혹 발생하였는데, 공급벨트의 판열이 이를 억제시키는 효과가 있었다.

반전이 잘 되지 않는 마늘의 특징을 보면, 마늘의 길이방향이 판열의 높이 방향으로 놓이거나 마늘의 형상이 2개의 평면과 1개의 곡면으로 이루어지는 마늘의 일반적인 형상을 크게 벗어난 기형인 경우 등이었다.

공급벨트 판열의 높이를 22mm, 반전벨트의 경사각을 20° 그리고 이송속도를 6개/초 이하로 할 경우 반전율은 80% 정도를 나타낸다. 마늘 품위 판정을 위해 영상식 마늘선별장치를 이용할 경우, 모든 마늘이 반드시 반전되어야 하는 것은 아닐 뿐 아니라 반전되지 않은 마늘이라도 평균적으로 50% 이상의 표면을 관찰할 수 있다. 또한, 인력을 대체할 수 있는 작업성능을 보인다는 것을 감안하면 벨트형 반전장치의 실용적 가능성은 높다고 사료된다.

(다) 공급벨트 경사각

시료의 종류(품종, 박피 유무 및 크기)에 관계없이 평균하여 계산한 공급율은 Table 5에 나타낸

Table 3 Analysis of variance table for effects of treatments on rotating rate and feeding rate of garlics

Dependent variable	Source	DF	F value	Prob > F
Rotating rate	Treatment	23	6.34	0.0001
	Height of plate array on feeding belt (A)	1	21.25	0.0001
	Inclined angle of rotating belt (B)	3	34.86	0.0001
	Conveying speed of rotating belt (C)	2	4.01	0.0192
	A×B	3	2.08	0.1033
	A×C	2	1.35	0.2602
	B×C	6	0.43	0.8557
	A×B×C	6	0.06	0.9991
	Error	264		
Total	287			
Feeding rate	Treatment	23	5.66	0.0001
	Height of plate array on feeding belt (A)	1	7.22	0.0077
	Inclined angle of feeding belt (B)	3	30.96	0.0001
	Conveying speed of feeding belt (C)	2	9.08	0.0002
	A×B	3	1.05	0.3723
	A×C	2	0.15	0.8590
	B×C	6	1.02	0.4140
	A×B×C	6	0.42	0.8688
	Error	264		
Total	287			

Table 4 Results of the Duncan's multiple range test for the rotating rate of garlics at each inclined angles of rotating belt

[unit : %]

Height of plate array on feeding belt		18mm				22mm			
Inclined angle of rotating belt		0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°
Conveying speed of rotating belt	4.2 garlic/sec	56.7b	72.1a	78.1a	73.3a	65.4b	75.4a	81.0a	73.3ab
	5.2 garlic/sec	55.0c	66.7b	76.3a	75.0ab	65.8b	75.6ab	81.0a	76.7ab
	6.4 garlic/sec	45.4b	63.3a	72.1a	69.8a	61.3b	74.2a	78.8a	74.6a

a, b, c : mean separation within the rows at each height of plate array on feeding belt by DMRT at 5% level.

바와 같이, 공급벨트 경사각이 65° 일 때 가장 높았다. 즉, 공급벨트 경사각이 75° 에서 65° 로 작아질수록 높은 공급율을 보이다가 60° 에서 오히려 공급율이 낮아지는 경향을 보였다. 이는 공급벨트 경사각이 어느 각도 이하로 완만해지면, 하나의 판열에 마늘이 2개 이상씩 투입되기 쉬운 반면에 공급벨트를 따라 상방향으로 이송되면서 2개 마늘 중 1개의 마늘이 하방향으로 낙하하여 다른

판열로 이동하는 현상이 감소하기 때문이다. 한편, 이송속도가 6.4개/초일 때는 낮은 공급율을 보였는데 미박피 마늘보다 박피 마늘에서 공급율이 더욱 낮게 나타났다.

공급율은 마늘이 공급벨트의 판열에 위치하는 상태에 의해 결정되었는데, 판열의 이송속도가 고속이고 판열의 높이가 낮으며 공급벨트의 경사각이 클수록, 안정된 자세로 공급벨트의 판열에 안

Table 5 Results of the Duncan's multiple range test for the feeding rate of garlics at each inclined angles of feeding belt

[unit : %]

Height of plate array on feeding belt		18mm				22mm			
Inclined angle of feeding belt		60°	65°	70°	75°	60°	65°	70°	75°
Conveying speed of feeding belt	4.2 garlic/sec	62.3b	76.0a	77.3a	65.4b	65.6b	85.0a	77.3a	69.2b
	5.2 garlic/sec	62.1b	77.3a	70.0ab	64.6b	66.0b	81.9a	73.5b	66.9b
	6.4 garlic/sec	64.2ab	68.5a	68.1a	58.1b	61.3b	76.3a	71.9a	59.2b

a, b : mean separation within the rows at each height of plate array on feeding belt by DMRT at 5% level.

Table 6 Performance of belt-type garlic rotation system according to garlic mixture ratio (Height of plate array on feeding belt, the inclined angles of feeding belt and rotating belt were 22mm, 65° and 20°, respectively.)

Variety	Conveying speed [garlic/sec]	Mixture ratio (peeled garlics : unpeeled garlics)	Feeding rate [%]	Rotating rate [%]	Feeding-rotating rate [%]	Capacity [garlic/sec]
Namhae garlics	4.2	6 : 4	85.7	88.9	76.1	3.20
		7 : 3	86.7	88.3	76.5	3.21
		8 : 2	87.7	87.7	76.9	3.23
	5.2	6 : 4	80.8	90.1	72.8	3.79
		7 : 3	81.2	89.7	72.9	3.79
		8 : 2	81.7	89.3	72.9	3.79
Danyang garlics	4.2	6 : 4	81.1	86.6	70.2	2.95
		7 : 3	82.2	86.5	71.1	2.99
		8 : 2	83.3	86.4	72.0	3.02
	5.2	6 : 4	81.7	87.6	71.5	3.72
		7 : 3	83.6	87.9	73.4	3.82
		8 : 2	85.5	88.2	75.3	3.92

착될 확률이 떨어졌다. 실험 결과에 의하면, 공급 벨트의 경사각은 65°로 하고, 이송속도는 6개/초 이하로 하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

다. 마늘 반전장치의 성능평가

공급율과 반전율이 우수한 것으로 나타난 설계 및 작동인자를 바탕으로, 마늘 반전장치의 성능을 평가하였다 이를 위해 박피 마늘 및 미박피 마늘의 혼합비를 8:2, 7:3 및 6:4로 변화시키면서 공급 반전율과 작업능률을 분석하였는데, 원료의 조성은 마늘크기에 따른 편의(偏倚)를 최소화하기 위해 크기별 분포를 대:중:소 = 2:7:1이 되도록 하였다.

마늘 2품종(남해마늘과 단양마늘)에 대해, 공급 벨트 관열의 높이, 공급벨트와 반전벨트 경사각의 수준을 각각 22mm, 65° 및 20°로 하고, 이송속도 2수준(4.2개/초와 5.2개/초)에 대해 실험하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

공급반전율은 원료 혼합비에 따른 영향을 받지 않았으며 70~77%의 범위로 나타났다. 작업능률은 이송속도에 비례하는데, 4.2개/초 및 5.2개/초의 이송속도에서 각각 2.95~3.23개/초 및 3.72~3.92개/초의 범위로 나타났다. 반전장치의 내구성 등을 고려하여 이송속도를 4.2개/초로 하고 그 때의 작업능률을 시간당 처리중량으로 환산하면(개체 중량을 5.5g로 함.) 58~64kg/hr이다. 이는 인력에 의한 마늘의 선별능률이 40kg/hr 정도이므로 개발된

반전장치의 1조당 작업능률은 1일 8시간 기준으로 11.6~12.8인/일에 해당한다.

공급용 호퍼에서 마늘이 공급용 벨트로 미끄러지면서 투입되도록 하는 투입장치를 개발하여 이용한다면 벨트형 마늘 반전장치의 공급율 및 반전율을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, 마늘을 등급별로 배출하기 위한 배출장치의 개발을 위한 지속적인 연구가 요청된다.

4. 결 론

마늘 가공공장에서 마늘의 품위판정 및 선별은 전적으로 인력에 의존하고 있기 때문에 과다한 인건비가 지출되고 있다. 이 연구에서는 마늘 박피 기계에 의해 배출된 마늘의 품위판정 및 선별을 위한 영상식 마늘 선별장치 개발에 관한 기초연구로서, 마늘 전체면에 대한 영상을 획득하기 위한 반전장치를 개발하고 그 성능을 분석하고자 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 반전롤러와 다양한 형태의 반전장치를 제작하여 마늘의 반전현상을 검토하고, 그 결과를 바탕으로 마늘의 개채공급 및 반전을 수행하는 벨트형 마늘 반전장치를 설계, 제작하였다.

2) 박피 유무 및 크기별로 분류한 두 품종(난지형과 한지형)의 마늘을 대상으로, 벨트형 마늘 반전장치의 공급벨트 경사각(60°, 65°, 70° 및 75°), 반전벨트 경사각(0°, 10°, 20° 및 30°), 공급벨트에 부착된 판열의 높이(18mm 및 22mm) 및 이송속도(4.2개/초, 5.2개/초 및 6.4개/초)에 따른 반전장치의 성능을 측정, 분석하였다.

3) 반전벨트의 경사각이 0° 일 때는 반전이 잘 이루어지지 않았다. 반전벨트 경사각을 20°, 공급벨트의 판열 높이를 22mm, 이송속도를 4.2개/초로 할 때, 미박피 마늘을 포함한 시료 마늘에 대한 평균 반전율이 81.1%로 나타났다. 그리고, 동일한 조건에서 공급벨트 경사각을 65°로 할 때 마늘의 평균 공급율은 85.0%이었다. 공급율은 공급벨트 경사각이 75°에서 65°로 작아질수록 높은 공급율을 보이다가 60°에서 오히려 공급율이 낮아지는 경향을 보였다.

4) 박피 마늘과 미박피 마늘을 혼합한 원료의 혼합비를 3수준(8:2, 7:3 및 6:4)으로 하여, 가장 우수한 성능을 나타낸 반전벨트 경사각(20°), 공급벨트 경사각(65°), 공급벨트의 판열 높이(22mm)에서의 작업능률을 분석한 결과, 2.95~3.92개/초로 나타났다. 이송속도를 4.2개/초로 작동할 경우, 개발 마늘 반전장치의 1조당 처리중량은 약 58~64kg/hr으로 추정되었다.

5) 마늘을 공급용 호퍼로부터 미끄럼 운동에 의해 공급벨트로 투입시키기 위한 장치를 개발하여 이용한다면, 벨트형 마늘 반전장치의 성능을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 김철진 외 9인. 1993. 마늘의 박피시스템 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원.
2. Choi, D. G., S. H. Park and J. Y. Kim. 1998. Development of Garlic Planter(1) - Development of Metering Device -. Proc. of the KSAM '98 summer conference 3(2):27-34. (In Korean)
3. Lee, S. Y., J. W. Lee, Y. H. Bae and S. H. Noh. 1999a. Study on Sorting Peeled Garlic using Photo-sensor. Proc. of the KSAM '99 winter conference 4(1):321-326. (In Korean)
4. Lee, S. Y., S. H. Lee, S. H. Noh and Y. H. Bae. 1999b. Development of Algorithms for Sorting Peeled garlic Using Machine Vision(1) - Comparison of sorting accuracy between Bayes discriminant function and neural network -. Journal of the KSAM 24(4):325-334. (In Korean)
5. Park, J. B. and C. T. Kim. 1994. Development of a Friction Type Garlic Separator. Journal of the KSAM 19(3):185-193. (In Korean)
6. Shin, E. H. 1998. Development of Precision Garlic Planter for Upright Seeding Position. Master Thesis, Sung Kyun Kwan Univ., Suwon, Korea. (In Korean)