

전개 · 정렬 · 절단 성능에 영향을 미치는 홍고추
형상 요인 분석

Shape Factor Analysis of Fresh Red Pepper Affecting the
Performance of Unfolding, Arranging and Cutting

나우정 이승규 송대빈 김영복 이태곤
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
W. J. La S. K. Lee D. B. Song Y. B. Kim T. K. Lee

SUMMARY

To develop a stalk detaching system the effect of shape factor of red pepper affecting the performance of unfolding, arranging and cutting was analysed. The obtained results are as follows :

By cutting experiment, it was found that the bending of stalk affected the cutting rate of stalk, and that the bending of body increased the amount of peppers that were expelled from the cutting guide by conveying brush.

The ratios, 'bending length of a body/body length' and 'bending length of a stalk/stalk length', could be used as criteria for abnormality of body and stalk of peppers, respectively.

As a result of experiment, it was concluded that mechanical treatment would be difficult for the peppers with indexes greater than 0.4 and 0.3 for body bending and stalk bending, respectively. So, these indexes were used as criteria for distinguishing abnormality from normality of peppers.

In the unfolding unit, conveyance of peppers was impossible for both of normal and abnormal ones at the inclination angle of 10°, especially, at the frequency of 8.3 Hz peppers maintained stationary state. At the inclination angle of 20°, both of normal and abnormal peppers showed similar tendencies, but abnormal ones showed an accumulation trend gradually with increased feeding speed.

In the arranging unit, conveyance of peppers was almost impossible for both of normal and abnormal ones at the inclination angle of 20°, showing almost no difference between the conveyances of normal and abnormal ones. In the case of the inclination angle of 30°, at the condition of the feeding speeds and frequency corresponding 0.06 m/s, 0.08 m/s and 8.3 Hz, respectively, the passing time of the abnormal peppers on the arranging plate increased rapidly.

Keywords : Performance of stalk detaching system, Shape factor, Red pepper.

This study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry. The article was submitted for publication in August 2001; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2001. The authors are W. J. La, S. K. Lee, D. B. Song, Y. B. Kim, Professors, School of Agricultural Engineering and Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, T. K. Lee, Engineer, Chunma Machinery Co. Ltd., Jinju. The corresponding author is W. J. La, Professor, School of Agricultural Engineering and Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongsangnam-Do 660-701, Korea. E-mail: <wojnla @nongae.gsnu.ac.kr>.

1. 서 론

고추는 벼 다음으로 중요한 경제 작물로 농업총생산액의 5.3%, 재배업 총생산액의 7.1%, 채소류 생산액의 25%를 차지하고 있다(농림부, 2000). 1999년 기준으로 재배 면적은 전체 채소류 재배면적의 약 27%에 이르는 80,659 ha이며, 생산량은 436,646 M/T로 생산량의 약 77% 정도가 고추의 주산단지인 충북·경북·전북·전남 지역에서 생산되고 있다(농림부, 2000).

생산된 홍고추는 개별 농가에서 건조된 건고추의 형태로 유통 또는 가공되고 있으며, 현재 국내에는 고추 주산단지를 중심으로 대규모 고춧가루 가공공장이 설치되어 운영되고 있다. 처리량은 농협에서 운영중인 8개의 고춧가루 가공공장의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 620톤(농협대학 연구소 분석자료, 1997)이며, 11개의 민간업체의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 2000톤(가공사업추진평가보고자료, 농협중앙회, 1997)으로, 이를 홍고추 기준으로 환산하면 약 15,000톤으로 전체 생산량의 약 7%를 차지한다.

최근 일부 농협과 민간 업체를 중심으로 고춧가루뿐만 아니라 홍고추를 원료로 하는 고추액즙, 고추장 등의 제품 생산이 시도되고 있으며 향후 홍고추를 원료로 하는 다양한 제품의 개발이 예상된다. 홍고추는 건고추와 비교해 물리적 특성이 다르기 때문에 기존의 건고추용 꼭지 제거장치로는 꼭지 제거가 불가능하다. 따라서 위 농협에서는 현재 인력으로 홍고추의 꼭지를 제거하고 있으나 작업의 어려움으로 인한 처리량의 제약과 인건비 부담 등으로 홍고추의 꼭지 제거장치 개발을 절실하게 요청하고 있다.

따라서 본 연구는 가공용 홍고추의 꼭지를 효과적으로 제거할 수 있는 꼭지 제거장치 개발을 위한 기초 연구로 수행되었으며, 홍고추의 형상이 전개·정렬·절단 장치에 미치는 영향을 분석하는데 연구의 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 형상 요인 지수화

농산물 가공 기계를 개발하는데 있어 가장 문제가 되는 것은 대상 농산물의 형상이 일정하지 않다는 데 있다. 기계적 처리에 있어 원료의 균일성은 처리 효율을 결정하는 주 요인이 된다. 특히 연속적으로 공급되는 상태로 홍고추의 꼭지와 몸통부를 고정하고 절단날을 이용하여 꼭지를 제거하는 방식의 꼭지 제거 장치에서 홍고추 꼭지부와 몸통부 형상은 꼭지 제거율에 직접적인 영향을 끼치는 중요한 요인으로 예상된다. 따라서 홍고추의 형상 요인을 적절하게 정의하고 실험을 통하여 이를 정량적으로 결정하는 것이 필요하다.

(1) 기하학적 형상 측정

형상 요인을 결정하기 위해 먼저 꼭지 및 몸통의 굽음 정도를 측정하였다. 경남 진주시 인근에서 수확된 대과종인 녹광 총 490 N, 2,789개 홍고추의 몸통길이, 몸통굽음길이, 꼭지길이, 꼭지굽음길이, 꼭지부직선길이를 그림 1과 같이 정의하고 길이를 측정하였다. 형상 요인의 정량화를 위해 측정된 길이를 몸통굽음길이/몸통길이, 꼭지굽음길이/꼭지길이, 꼭지부직선길이/꼭지길이를 지수화하였다. 측정 항목에 대한 상세한 내용은 표 1과 같다.

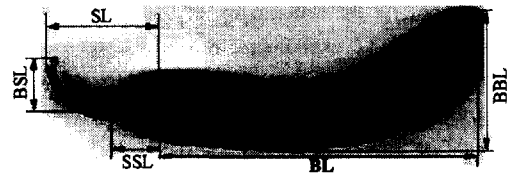


Fig. 1 Symbolic expression of fresh red pepper for a shape factor definition.

Table 1 Description of the symbols

Symbol	Description
BL	Axial body length
BBL	Lateral bending length of a body
SL	Axial stalk length
BSL	Lateral bending length of a stalk
SSL	Axial straight length of a stalk

(2) 꼭지 절단 실험

형상 요인 지수화 실험에 사용된 꼭지 절단 장치는 절단 가이드, 체인 컨베이어, 회전축, 절단 롤러, 구동용 전동기 및 프레임으로 구성되어 있다. 제작된 꼭지 절단 장치의 형상은 그림 2와 같다. 공급벨트컨베이어와 정렬 장치를 거쳐 절단 가이드에 투입된 고추는 체인 컨베이어의 회전에 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 이송된다. 이송 도중 절단 가이드 내의 고추는 상부에 설치된 회전축의 회전력에 꼭지가 절단 가이드 외부로 노출되고 노출된 고추는 회전 롤러 사이에 삽입되면서 인장력에 의해 꼭지가 제거된다. 고추 꼭지의 위치가 절단 가이드의 앞뒤로 위치할 수 있으므로 회전축을 앞 뒤 두 곳에 설치하여 꼭지가 절단 롤러에 삽입되도록 하였다. 절단 장치의 크기는 3.3(L)×1.1(W)×1.5(H) m, 총 소요 동력은 9마력, 90개의 절단가이드로 구성되어 있다.

기하학적 형상을 측정한 2,789개 각 홍고추의 표면에 번호를 기입하고 공급용 벨트 컨베이어에 약 30 cm 간격으로 5~6개씩 홍고추를 손으로 공급하면서 절단 실험을 행하였다. 절단 장치를 통과한 고추를 꼭지가 절단된 것, 절단되지 않은 것, 절단 가이드 밖으로 튀어나온 것의 3종류로 구분하고 표면에 기입된 번호를 참고로 하여 고추 형상이 꼭지 절단 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

나. 형상 요인에 따른 전개 · 정렬 성능

(1) 전개 성능 실험

홍고추 꼭지를 효과적으로 제거하기 위해서는 산물 상태로 공급된 원료를 박층으로 전개시켜주는 전개 장치가 필요하다. 실험에 사용된 전개 장치는 편심캠과 전동기로 구성된 진동 발생부, 진동판, 진동판의 경사를 조절하는 경사각 조절 장치 및 원료 공급용 벨트컨베이어로 구성되어 있다. 벨트컨베이어에 의해 진동판 상부로 공급된 원료는 전동기 회전에 의해 발생하는 진동에 의해 진동판에서 펼쳐지면서 아래쪽으로 이송되도록 되어 있다. 제작된 전개 장치의 측면 형상은 그림 3과 같다.

홍고추 몸통과 꼭지부의 형상을 기준으로 정상 고추와 기형 고추로 각 19.6 N씩 분류하고, 분류

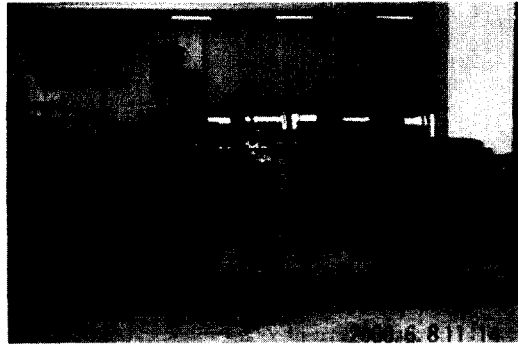


Fig. 2 Experimental apparatus of a cutting unit.

Table 2 Experimental conditions for unfolding unit

Conditions	Levels
Raw materials	2(normal, abnormal)
Inlet speed(m/s)	3~4(0.06~0.11)
Inclination(°)	2(10, 20)
Frequency(Hz)	3(6.7, 7.5, 8.3)

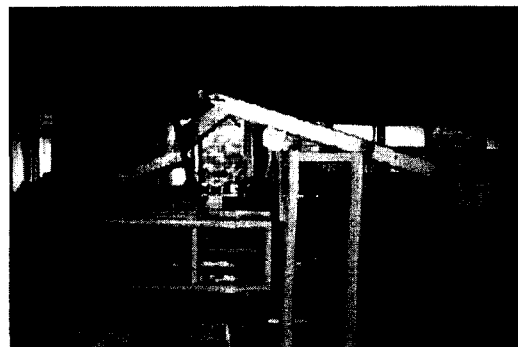


Fig. 3 Experimental apparatus of an unfolding unit.

한 정상 고추와 기형 고추를 공급용 벨트컨베이어로 전개판까지 연속적으로 투입하여 고추가 최초로 전개판에 투입된 시간과 투입된 고추가 완전히 전개판을 통과할 때의 시간을 측정하여 이를 전개판 통과 시간으로 하였다. 원료 공급 속도, 진동판 경사각, 전동기 주파수에 따른 고추의 전개판 통

Table 3 Experimental conditions for arranging unit

Conditions	Levels
Raw materials	2(normal, abnormal)
Inlet speed(m/s)	3(0.06~0.10)
Inclination(°)	2(20, 30)
Frequence(Hz)	3(6.7, 7.5, 8.3)

과 시간과 전개 상태를 측정하여 홍고추의 형상이 전개 성능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 각 실험 조건에서 고추의 상호 운동과 얽힘으로 뭉쳐서 이송되거나 이송이 불가능한 경우는 전개 불량으로 간주하였다. 상세한 실험 조건은 표 2와 같다.

(2) 정렬 성능 실험

정렬 장치는 전개 장치에서 박층 전개된 고추를 길이 방향으로 정렬시켜주는 장치로 홍고추의 꼭지 제거 성능에 직접적인 영향을 끼친다. 실험을 위해 제작된 정렬 장치는 홈 각이 48° 인 2줄의 V자형 정렬판을 사용한 것을 제외하면 앞서 언급된 전개 장치와 동일하게 구성하였다. 즉 전개 장치의 전개판 대신 정렬판을 사용하였다. 벨트컨베이어에 의해 정렬판 상부로 공급된 원료는 전동기 회전력에 의해 발생하는 진동에 의해 정렬판의 끝을 따라 길이 방향으로 정렬되어 아래쪽 절단 장치의 절단 가이드 안으로 이송되도록 되어 있다. 제작된 전개 장치의 정면 형상은 그림 4와 같다.

전개 장치와 마찬가지로 홍고추 몸통과 꼭지부의 형상을 기준으로 정상 고추와 기형 고추로 각 19.6 N씩 분류하고, 분류한 정상 고추와 기형 고추를 공급용 벨트컨베이어로 정렬판까지 연속적으로 투입하여 고추가 최초로 정렬판에 투입된 시간과 투입된 고추가 완전히 정렬판을 통과할 때의 시간을 측정하여 이를 정렬판 통과 시간으로 하였다. 원료 공급 속도, 정렬판 경사각, 전동기 주파수에 따른 고추의 정렬판 통과 시간과 정렬 상태를 측정하여 홍고추의 형상이 정렬 성능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 각 실험 조건에서 고추의 상호 운동과 얽힘으로 뭉쳐서 이송되거나 이

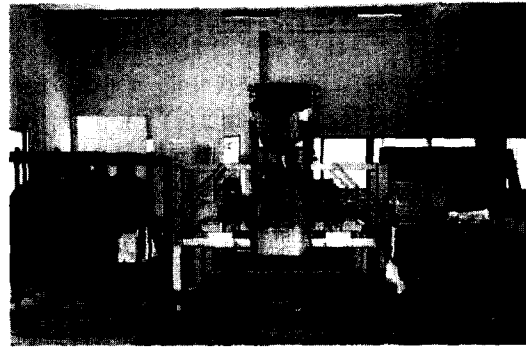


Fig. 4 Experimental apparatus of an arranging unit.

송이 불가능한 경우는 정렬 불량으로 간주하였다. 상세한 실험 조건은 표 3과 같다.

3. 결과 및 고찰

가. 형상 요인 지수화

절단 장치는 꼭지의 굽음 상태가 심해 절단 롤러에 꼭지가 물리지 못하거나 혹은 절단 가이드의 안쪽 벽면에 걸려 밖으로 꼭지가 나오지 못하는 꼭지 굽음의 문제와, 몸통의 굽음이 심해 고속으로 회전하는 이송 솔에 의해 절단 가이드 밖으로 튀어나거나 절단 가이드 내에 홍고추가 바닥에 안정되게 놓이지 못하고 측벽에 걸쳐있는 경우와 같은 몸통굽음의 문제 등으로 인해 많은 영향을 받는다.

홍고추 절단 실험 결과 꼭지가 잘린 것, 꼭지가 잘리지 않은 것, 이송 솔에 의해 절단 가이드 밖으로 튀어나온 것의 기하학적 형상을 나타낸 것은 표 4와 같다. 꼭지가 절단되지 않은 경우의 꼭지 길이와 꼭지 직선부 길이는 절단된 경우에 비하여 각각 6.4 mm, 4.9 mm 짧게 나타났으며, 꼭지 굽음 정도를 나타내는 꼭지굽음길이/꼭지길이 비는 절단되지 않은 경우가 절단된 경우보다 0.16 더 크게 나타났다. 이는 절단 가이드에 투입된 고추의 꼭지 길이와 기형 정도가 꼭지 절단율에 많은 영향을 끼친다는 사실을 나타내는 것이다. 반면에 몸통 굽음 정도를 나타내는 몸통굽음길이/몸통길이 비는 두 경우가 큰 차이가 없는 것으로 나타

Table 4 Shape factors of fresh red pepper classified into 3 categories

Category		BL (mm)	SL (mm)	BBL (mm)	BSL (mm)	SSL (mm)	BBL/BL	BSL/SL
Stalk, cut	Avg.	108.9	50.2	38.5	10.5	24.8	0.40	0.22
	S.D.	21.8	3.7	5.9	2.5	3.8	0.18	0.07
Stalk, uncut	Avg.	108.4	43.8	42.6	14.9	19.9	0.42	0.38
	S.D.	16.8	2.5	5.2	2.5	2.2	0.07	0.05
Pepper, expelled	Avg.	98.8	47.7	52.0	15.7	20.6	0.58	0.37
	S.D.	18.0	3.0	6.0	3.3	1.6	0.14	0.07

나, 몸통 기형은 꼭지 절단에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

절단 가이드 밖으로 튀어나간 경우의 몸통 굽음 정도를 나타내는 몸통굽음길이/몸통길이 비는 튀어나간 것과 절단된 것과의 차이가 0.18로 나타나 절단 가이드에 투입된 고추가 밖으로 튀어나가는 현상은 꼭지 굽음 정도보다는 몸통 굽음 정도에 의해 더 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

이상 형상 요인 정의 및 형상 요인 지수화를 위한 절단 실험 결과를 정리 해보면, ‘몸통 굽음길이/몸통길이’와 ‘꼭지 굽음길이/꼭지길이’는 각각 홍고추의 몸통부 굽음과 꼭지부 굽음을 판별하는 지수로 사용할 수 있으며, 실험 결과 몸통 굽음 지수는 0.4, 꼭지 굽음 지수는 0.3을 본 연구에 적용된 꼭지 제거장치의 성능에 영향을 끼치는 형상 요인의 한계 지수로 정량화 할 수 있었다.

이 지수를 이용하여 분석한 결과 실험에 사용한 전체 홍고추 중 47.0% 및 40.0%가 각각 몸통부 기형과 꼭지부 기형으로 나타났으며 꼭지와 몸통 모두 기형인 것은 20.0%로 나타났다. ‘꼭지부직선길이/꼭지길이’는 절단 롤러에 투입되어 절단될 수 있는 꼭지부 길이 특성을 나타내는 지수로 이 값이 크면 롤러에 투입이 용이할 것으로 예상되었으나 실험의 결과 절단율은 꼭지부직선길이와는 관계없이 꼭지 끝 부분의 휨이나 형상에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

나. 형상 요인에 따른 전개·정렬 성능

(1) 전개 성능

홍고추를 각 실험 조건하에서 전개 장치에 투입하여 소요 시간을 측정해 본 결과는 표 5와 같다. 표에서 나타난 정상과 기형 구분은 절단 실험에서 구한 꼭지 및 몸통 굽음 지수를 이용하여 분류하였다. 공급속도는 컨베이어의 이송속도를 의미하며, 투입 시간은 고추가 공급 벨트컨베이어에서 전개 장치 전개판에 최초로 떨어지기 시작한 시점부터 마지막 고추가 전개판에 떨어지는 시점까지의 시간을 나타낸다. 즉 공급된 고추가 전개판에 모두 공급될 때까지의 시간을 의미한다. 배출 시간은 고추가 처음 전개판에 떨어지는 시점에서부터 마지막 고추가 전개판을 벗어날 때까지 걸린 시간을 나타낸다. 즉 고추가 전개판을 통과하는데 소요된 시간은 투입 시간과 배출 시간의 차이가 됨을 의미한다.

전개 장치에서의 홍고추의 처리 상태는 경사각 10°에서는 정상고추와 기형고추 모두 거의 이송이 불가능했다. 특히 모든 이송 속도에서 전개판 진동수 8.3 Hz에서는 고추가 정지 상태를 유지했다. 이는 전개판의 고유진동수가 7.5 Hz보다 약간 작은 값에 해당했기 때문일 것으로 추측된다. 경사각 20°에서는 정상고추와 기형고추 거의 대부분 전개판의 투입에서 배출까지 2~4초 정도의 소요 시간을 나타냈으며, 정상과 기형에 있어서의

Table 5 Passing time of an unfolding unit

Inclination (°)	Inlet speed (m/s)	Frequency (Hz)	Normal			Abnormal		
			Inlet (s)	Outlet (s)	Passing time(s)	Inlet (s)	Outlet (s)	Passing time(s)
10°	0.06	6.7	Poor			Poor		
		7.5	92	105	13	84	170	86
		8.3	Poor			Poor		
	0.08	6.7	Poor			Poor		
		7.5	73	133	60	Poor		
		8.3	Poor			Poor		
	0.1	6.7	Poor			Poor		
		7.5	48	77	29	Poor		
		8.3	Poor			Poor		
20°	0.06	6.7	115	118	3	Poor		
		7.5	106	110	4	94	96	2
		8.3	106	109	3	93	96	3
	0.08	6.7	73	77	4	71	79	8
		7.5	81	83	2	78	118	40
		8.3	75	78	3	82	86	4
	0.1	6.7	63	67	4	67	70	3
		7.5	59	62	3	63	66	3
		8.3	61	65	4	72	79	7
	0.11	6.7	52	55	3	55	60	5
		7.5	51	54	3	54	60	6
		8.3	52	55	3	57	78	21

별다른 차이점은 없었다. 또 공급속도가 빨라질수록 조금씩 적체되는 경향이 보였으나 배출에는 문제가 없었다.

(2) 정렬 성능

홍고추를 각 실험 조건하에서 정렬판에 투입하여 정렬 상태와 소요 시간을 측정해 본 결과는 표 6과 같다. 홍고추의 소요 시간을 살펴보면 경사도

20°에서는 정상과 기형 모두 이송이 거의 불가능했으며 정상과 기형의 차이점을 발견하기가 어려웠다. 경사도 30°의 경우 정상과 기형 모두 이송에는 문제가 없었고 대체적으로 비슷한 소요 시간을 보였으나, 공급 속도 0.06 m/s와 0.08 m/s에서 진동수 8.3 Hz인 구간에서는 기형 고추의 정렬판 소요 시간이 급격히 증가했다. 그리고 공급 속도 0.1 m/s 진동수 6.7 Hz에서도 기형 고추의 소요

Table 6 Passing time of an arranging unit

Inclination (°)	Inlet speed (m/s)	Frequency (Hz)	Normal			Abnormal		
			Inlet time (s)	Outlet time (s)	Passing time (s)	Inlet time (s)	Outlet time (s)	Passing time (s)
20°	0.06	6.7	Poor			112	197	85
		7.5	109	197	88	Poor		
		8.3	Poor			Poor		
	0.08	6.7	71	208	137	60	206	146
		7.5	74	185	111	Poor		
		8.3	Poor			Poor		
	0.1	6.7	Poor			77	132	55
		7.5	60	190	130	67	208	141
		8.3	Poor			Poor		
30°	0.06	6.7	85	95	10	90	98	8
		7.5	88	98	10	91	98	7
		8.3	85	90	5	94	114	20
	0.08	6.7	58	67	9	55	69	14
		7.5	57	70	13	58	69	11
		8.3	58	65	7	59	84	25
	0.1	6.7	53	60	7	44	64	20
		7.5	51	64	13	58	68	10
		8.3	54	72	18	53	74	21

시간이 더 긴 것으로 나타났는데 이는 많은 공급량으로 인해 고추가 엉켜 적체가 되었으나 낮은 진동수에서는 높은 진동수일 때에 비해 기형 고추의 엉킴을 풀어내는데 좀더 많은 시간이 소요되는 것 때문으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

홍고추 꼭지 제거장치 개발을 위해 홍고추의 형상이 전개·정렬·절단 장치에 미치는 영향을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 절단 실험을 통해 꼭지 굽음 정도는 꼭지 절단율에 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 몸통 굽음 정도는 이송술에 의해 절단가이드 밖으로 튀어나가는데 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

2) '몸통굽음길이/몸통길이'와 '꼭지굽음길이/꼭지길이'는 각각 홍고추의 몸통부 기형과 꼭지부 기형을 판별하는 지수로 사용할 수 있으며, 실험 결과 기계적 처리가 어려울 것으로 판단된 몸통 굽음 지수는 0.4 이상, 꼭지 굽음 지수는 0.3 이상으로 이들 지수 이상의 것을 '기형'으로, 지수 이하의 것을 '정상'으로 정의하였다.

3) 전개 장치에서의 홍고추의 처리상태는 경사각 10°에서는 정상 고추와 기형 고추 모두 거의 이송이 불가능했고, 특히 진동수 8.3 Hz에서는 고추가 정지 상태를 유지했다. 경사각 20°에서는 정상과 기형 모두 비슷한 경향을 보였으나, 기형 고추의 경우 공급속도가 빨라질수록 조금씩 적체되는 경향이 보였다.

4) 정렬 장치에 있어서 경사도 20°에서는 정상과 기형 모두 이송이 거의 불가능했으며 정상과 기형의 차이점을 발견하기가 어려웠다. 경사도 30°의 경우 공급 속도 0.06 m/s와 0.08 m/s에서 진동수 8.3 Hz인 구간에서는 기형고추의 정렬판 내 소요 시간이 급격히 증가했다.

참 고 문 헌

1. Ministry of Agriculture & Forestry. 2000. Selected Statics in Agriculture and Forestry (2000)(In Korean).
2. Ministry of Agriculture & Forestry. 2000. Calculated Data of Production Index and Amount in Agriculture and Forestry in 1999(In Korean).
3. National Agricultural Cooperative Federation. 1997. Analysis on agricultural processing industry. Institute of Agricultural Cooperative College(In Korean).
4. National Agricultural Cooperative Federation. 1997. Evaluation of processing project drive (In Korean).