

## 회전날을 이용한 홍고추의 꼭지 절단 경향 분석

### Analysis of Red Pepper Calyx Cutting Using a Rotational Cutter

송대빈                      이승규                      정의권  
정희원                      정희원  
D. B. Song                S. K. Lee                Y. K. Jung

#### ABSTRACT

Red pepper calyx cutting devices using a impacting force by a rotational cutter were devised and tested to obtain the fundamental data for development of a calyx removal unit. Fresh red peppers with 80~87%(w.b.) of initial moisture contents were used as experimental materials. Square and wire type of rotational cutters were used to cut the red pepper calyx and the fresh red peppers were fed into the device both manually and automatically. Three rotational speeds of 250, 500, 700rpm were selected for a square, and 1000, 1500, 1800rpm for a wire type cutter respectively. Four types of red pepper fixing unit were used in manual feeding.

The cutting rate of the square type cutter was over 50% regardless the shape and specification of the cutter. For the wire type cutter, the copper wire and nylon chord could not be applied to cut the red pepper calyx because of the low cutting rate. But for the fine wire, the cutting rate was higher and the cutting mechanism was more steady than copper wire and nylon chord. The cutting rate of automatic feeding and wire type cutting unit was about 70% for all levels of the rotational speed. The cutting rate was highly related to the impacting point of red pepper in carrier box. To increase the cutting rate using the rotational cutter, a proper device and mechanism was required to keep the impacting point consistently.

**Keywords** : Red pepper, Calyx cutting, Impact force, Rotational cutter.

#### 1. 서    론

고추는 저장·상품성 유지 등의 문제로 대부분 건고추 상태로 유통되고 있다(황재문 등, 1998. 장길수 등, 2000). 그러나 고추의 전체 생산비 중 건조작업이 차지하는 비중이 매우 높고 특히 인력이 많이 소요되는 힘든 작업이다(조광환 등, 2000). 만일 홍고추를 원료한 제품 개발이 가능하다면 고춧가루 중심의 제품생산에서 탈피하여 보다 다양한 제품(고추 액즙, 고추장, 장류, 김치 등 기타 식품 첨가물)의 개발을 촉진할 수 있다. 이는 건조 및 분말 가공 작업에 소요되는 노동력과 에너

지를 절감시켜 고추 생산비 및 제품 가격을 낮추는 효과를 가져올 것이다. 또 홍고추의 가공은 불량식품의 대명사로 인식되어 온 고춧가루와 고춧가루 첨가식품에 대한 소비자의 불안감 해소와 위생상태의 개선에 기여하고 부가가치 창출로 농민의 소득증대에 크게 기여할 것으로 예상된다. 홍고추를 원료로 하여 고추액즙이나 고추장을 생산하고 있는 고추 가공공장에서는 인력으로 꼭지를 제거하고 있기 때문에 처리량의 제약과 인건비 부담 등으로 홍고추 꼭지제거기의 개발을 절실하게 필요로 하고 있다. 그러나 홍고추 꼭지 제거에 관한 국내의 기술 개발이나 연구는 전무한 실정이다.

This article was supported by ARPC, Agricultural R&D Promotion Center and submitted for publication in April 2003; reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in May 2003. The author are D. B. Song, Assistant Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University and S. K. Lee, Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University, The corresponding author is S. K. Lee, Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea. e-mail : <leesngyu@nongae.gsnu.ac.kr>.

따라서 이 연구는 가공용 홍고추의 꼭지 제거 장치 개발에 필요한 기초 자료 수집을 목적으로 회전에 의한 충격력으로 홍고추의 꼭지를 효과적으로 절단할 수 있는지를 알아보고자 수행되었다. 연구의 원활한 수행을 위해 먼저 충격력에 의한 꼭지 절단 가능성을 파악하고 이 중에서 가장 효율적으로 판단되는 방법을 기계장치로 구현하여 꼭지 절단 경향을 분석하였다.

## 2. 꼭지 절단 가능성 파악

충격력에 의한 홍고추 꼭지 제거 가능성을 알아보기 위한 실험 장치의 개략도는 그림 1과 같다. 유도 전동기(1마력, 3상, 1800rpm)의 회전축에 절단날을 부착하여 전동기의 회전에 의해 절단날이 회전되도록 절단장치를 구성하였다. 고추 고정장치에 홍고추를 고정시키고 손으로 고정장치를 이동시켜 고추꼭지가 회전하는 절단날에 의해 절단되도록 하였다.

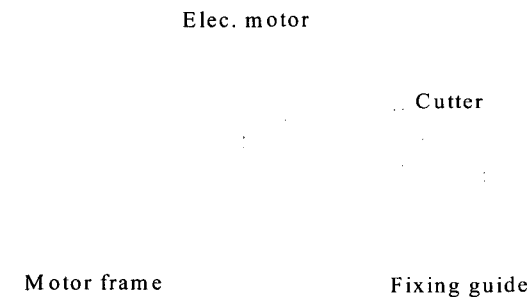


Fig. 1 Schematic diagram of the red pepper calyx cutting device.

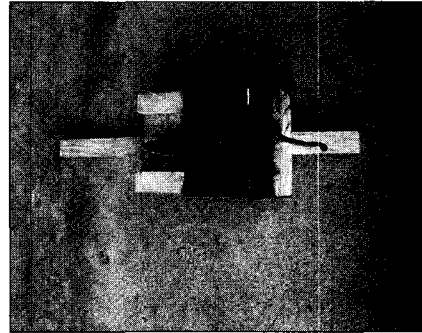
### 가. 재료 및 방법

#### (1) 실험 재료

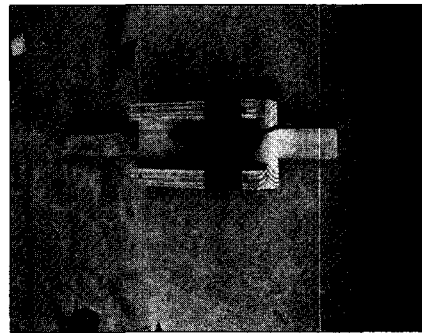
진주시 근교 농가에서 생산된 홍고추(녹광)를 실험 하루 전에 구입하여 향온항습기에 보관한 후 실험에 사용하였다. 실험 재료의 함수율은 오븐법으로 측정하였으며 실험 시 함수율은 80~87%(w.b.)의 분포를 보였다.

#### (2) 고추 고정장치

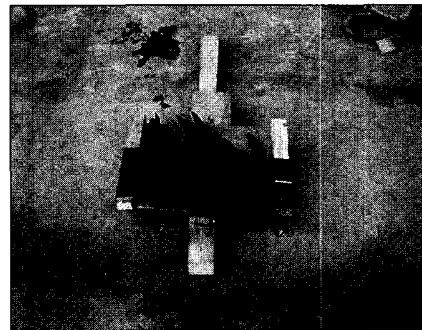
고추 고정 장치는 고정되는 시료의 개수와 고정 정도에 따른 꼭지 절단 경향을 알아보기 위해 4가지로 구분하였다. 시료의 개수는 절단날을 이용하



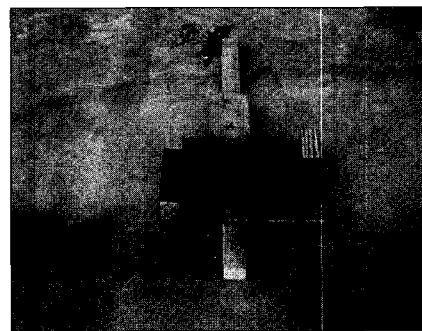
Model 1



Model 2



Model 3



Model 4

Fig. 2 Fixing case of red pepper.

여 한번에 여러개의 꼭지를 절단할 수 있는지를 알아보기 위한 것으로 이 실험에서는 고정되는 시료의 수를 1개와 8개로 구분하였다. 시료의 고정 정도는 절단날과 꼭지부의 충격위치에 따라 절단 경향이 달라지는지를 알아보기 위한 것으로 이 실험에서는 충격 시 꼭지부가 움직이지 않도록 단단하게 고정시킨 것과 충격 방향으로 움직이도록 헐겁게 고정시킨 두 가지로 실험을 하였다. 상세한 고추 고정장치는 그림 2와 같다. 모델 1은 고추 1개를 움직이지 않게 고정시킨 것이며, 모델 2는 고추 1개를 헐겁게 고정시킨 것이다. 모델 3은 8개의 고추를 움직이지 않도록 고정시킨 것이며, 모델 4는 8개의 고추를 헐겁게 고정시킨 것이다.

### (3) 절단날

절단날은 사각 형태의 3종과 선 형태의 3종 모두 6가지 종류를 사용하였다. 충격에 의한 절단 경향을 분석하기 위해 사용한 사각 형태 절단날의 제원은 표 1과 같다. II형의 절단날은 I형의 절단날의 단면을 칼날처럼 예리하게 연마한 것으로 충격과 동시에 칼날에 의한 절단 효과를 높이기 위한 것이다. III형의 절단날은 I형의 절단날보다 두께는 2배, 질량은 약 3배정도 무겁게 하여 충격량을 높인 것이다. 선 형태의 절단날은 유연성을 가지고 있어 고추꼭지를 타격할 때 충격력과 동시에 감아채는 효과를 기대하여 표 2와 같은 제원의 것을 사용하였다. IV형의 절단날은 지름 0.2mm의 가는 강선 수십 가닥으로 엮어진 것을 사용하였

Table 1 Specifications of the square type cutter

Type	Mass(g)	Length(mm)	Thickness(mm)	Width(mm)
I	96.5	200.0	3.0	25.0
II	96.2	200.0	3.0	25.0
III	268.5	200.0	6.0	32.0

Table 2 Specifications of the wire type cutter

Type	Mass(g)	Length(mm)	Diameter(mm)
IV	3.6	14.5	2.2
V	1.1	14.5	2.2
VI	3.3	14.5	1.1

고, V형의 절단날은 제초기에 사용되는 나일론 끈을 사용하였다. VI형의 절단날은 일반 전선의 피복을 벗긴 것을 사용하였다.

### (4) 실험방법

절단날의 충격에 의한 절단경향을 비교 분석하기 위해 홍고추를 대상으로 하여 수동으로 고추를 공급한 실험조건은 표 3과 같다. 사각 형태의 절단날에 관한 예비 절단 실험 결과 고정장치 2, 3, 4의 경우는 절단날 회전수, 절단날 종류에 관계없이 꼭지 절단이 불가능하였다. 따라서 모델 1의 고추 고정장치에 대해서만 절단 실험을 행하였다. 절단날 회전수는 250, 500, 750rpm의 3 수준으로 하였으며 각 시험구별로 30개 시료를 절단 실험하여 꼭지 절단 상태와 꼭지 절단률을 조사하였다. 3종의 선 형태의 절단날에 대한 시험에서는 절단날 회전수를 1000, 1500, 1800rpm의 3수준으로 하였으며, 고추 고정장치는 모델 1, 2, 3, 4의 4수준으로 하였다. 모델 1, 2의 고추 고정장치의 경우 30개의 고추를 사용하여 실험하였으며, 모델 3, 4의 경우는 1회에 8개씩 반복 실험하여 꼭지 절단 상태와 꼭지 절단률을 조사하였다.

꼭지 절단률은 총 투입고추 수에 대하여 꼭지가 5mm 이하만 남고 절단 또는 완전히 제거된 고추 수의 백분율로 나타내었다.

Table 3 Experimental conditions

Item	Levels	
	Square type cutter	Wire type cutter
Cutter type	Type I, II, III	Type IV, V, VI
Rotational speed(rpm)	250, 500, 750	1000, 1500, 1800
Types of fixing case	Model 1	Model 1, 2, 3, 4

## 나. 결과 및 고찰

### (1) 사각 형태의 절단날

사각 형태의 절단날은 충격량을 이용한 고추꼭지 절단 방식으로서 절단경향은 절단날의 형태, 질량, 회전속도, 고추의 공급속도, 타격위치 등과 밀접한 관계가 있을 것으로 예상된다. 사각 형태의 절단날을 이용한 고추 꼭지 절단률 결과는 표 4와 같다. I형의 절단날을 사용했을 경우 꼭지 절단률이 다른 절단날에 비해 가장 낮게 나타났으

며 꼭지 절단상태는 꼭지가 꺾이는 경우가 많았고 깨끗하게 잘려나가지 않았다. II형의 절단날을 사용하였을 경우는 대부분 깨끗하게 절단되었으며, 특히 회전수가 750rpm에서는 꼭지가 모두 절단되었으며 꽃받침까지 제거된 것이 전체의 40%였다. 그러나 꼭지가 충격량에 의해 절단되기보다는 절단날에 여러 번 타격을 받아 꺾어져 절단되는 경향을 보였다. III형의 절단날을 사용하였을 경우 모든 회전속도에서 100%의 꼭지 절단율을 나타내었으며 절단 상태도 매우 깨끗하게 나타나 3가지 절단날 중에서 가장 양호한 절단 성능을 나타냈다. 그러나 3가지 절단날 모두 타격점이 고추 꽃받침 부분에 정확하게 맞아야 꼭지부가 깨끗하게 절단·제거되었고, 타격점이 약간만 꼭지 쪽으로 벗어나도 충격량이 충분하게 전달되지 못하여 꼭지가 꺾이기만 하는 현상을 보였다. 따라서 타격 위치를 꽃받침과 과피의 경계선에 맞추어야 하는 기술적 문제가 선결되어야만 고추 꼭지를 효율적으로 절단할 수 있을 것으로 판단되었다. 또 고추 고정장치는 꼭지 끝과 과피를 동시에 지지할 수 있는 양단지지형으로 고정하여야 과피로부터 꼭지와 꽃받침까지 완전 제거할 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 4 Calyx cutting rate using the square type cutter

Rotational speed(rpm)	Cutting rate(%)		
	Type I	Type II	Type III
250	50	70	100
500	50	90	100
750	90	100	100

(2) 선 형태의 절단날

선 형태의 절단날은 꼭지부를 타격 할 때 충격량과 함께 충격 시 강선의 유연성을 이용하여 꼭지를 잡아채는 효과를 기대한 것이다. IV, V, VI 형태의 3가지 절단날에 대한 꼭지 절단률은 표 5와 같다.

가는 강선이 여러 가닥으로 구성된 IV형 절단날은 강선이 고추꼭지를 가격하면서 잡아 채는 효과가 있어 VI형과 V형의 절단날보다 훨씬 높은 꼭지 절단률을 나타냈다. 그림 3, 4, 5는 회전속도와 고추 고정장치에 따른 고추 꼭지 절단 상태를 나타낸 것이다. 회전수 1000 rpm의 저속에서는 충격

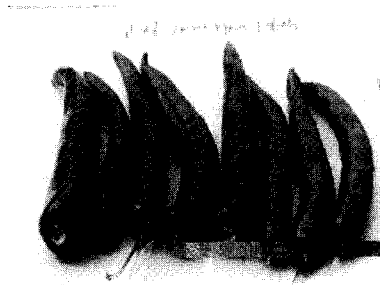
Table 5 Calyx cutting rate using the wire type cutter

Type	Rotational speed (rpm)	Cutting rate(%)			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
IV	1000	40.0	0.0	50.0	18.8
	1500	100.0	100.0	100.0	37.5
	1800	100.0	100.0	87.5	0.0
V	1000	0.0	0.0	0.0	0.0
	1500	0.0	0.0	18.8	0.0
	1800	20.0	20.0	56.3	12.5
VI	1000	0.0	0.0	0.0	0.0
	1500	0.0	0.0	0.0	0.0
	1800	0.0	0.0	37.5	6.3

량이 작아 꼭지 일부만이 절단되어 절단률이 가장 낮게 나타났다. 특히 느슨하게 고정된 모델 2, 4에서는 고추가 밀려나는 현상으로 절단률이 더욱 낮게 나타났다. 회전수 1500rpm의 중속에서는 4종류의 고추 고정장치 모두 저속이나 고속보다 높은 꼭지 절단률을 나타냈다. 즉 고추 고정장치 모델 1, 2, 3에서 절단률이 모두 100%를 나타냈으며, 모델 4에서만 충격으로 고추가 고정장치에서 이탈되는 현상을 보였다. 회전수 1800rpm의 고속에서는 고추 고정장치 모델 1, 2에서 꼭지 절단률 100%, 모델 3에서는 앞부분 고추 타격 후 절단날의 변형으로 뒷부분 고추의 타격점이 일정하게 유지되지 못해 1500rpm 보다 감소한 87.5%의 절단률을 나타냈다. 모델 4에서는 헐겁게 고정된 고추가 밀려나가 꼭지 일부에 상처만 주었을 뿐 꼭지를 5mm 이하로 남기고 절단된 경우는 없었다. 따라서 IV형 절단날은 고추를 확실하게 고정하여 공급한다면 회전수 1500 rpm 정도에서는 100%에 가까운 꼭지 절단률을 보일 것으로 추정된다. 고추 고정장치의 경우 한 개의 고추를 움직이지 않게 고정한 모델 1의 경우 꼭지 절단률이 가장 높게 나타났고 헐겁게 한 모델 2, 4의 경우 가장 낮게 나타났다. 따라서 절단부에 고추를 공급할 때 고추가 움직이지 않게 고정하는 것이 필요하고 공급되는 고추의 개수도 한 두 개 정도로 조절을 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

제조기의 예취날로 사용되는 나일론 끈인 V형

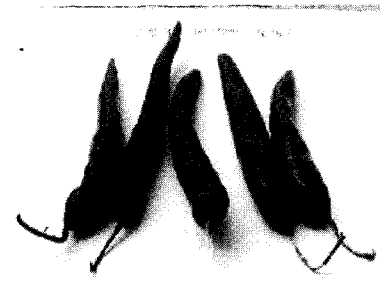
회전날을 이용한 홍고추의 꼭지 절단 경향 분석



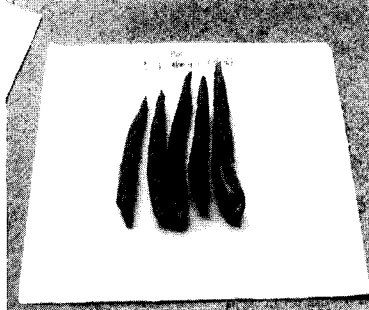
Model 1



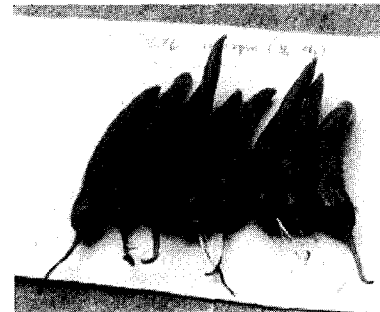
Model 1



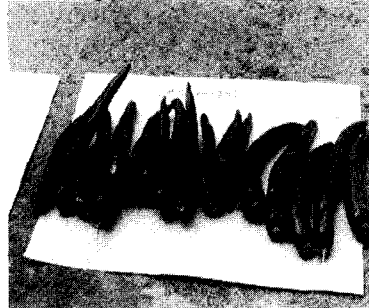
Model 2



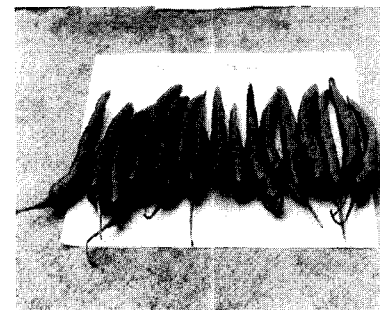
Model 2



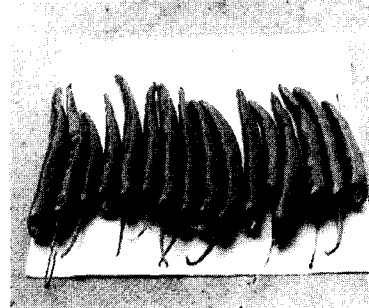
Model 3



Model 3



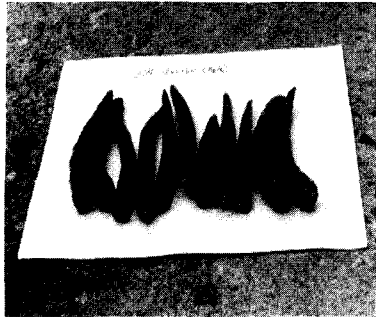
Model 4



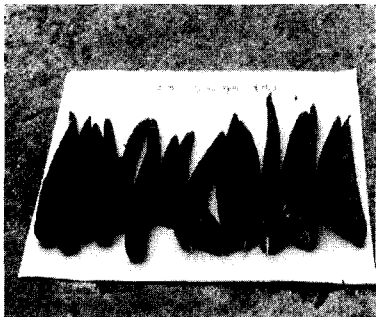
Model 4

Fig. 3 Shape of calyx cutting using the type IV(1000rpm).

Fig. 4 Shape of calyx cutting using the type IV(1500rpm).



Model 1



Model 3

Fig. 5 Shape of calyx cutting using the type IV(1800rpm).

의 절단날은 질량이 가벼워 충격량이 작기 때문에 충격회수를 늘리기 위해 양쪽에 날을 달았으나 저속에서는 날이 밀리는 경향을 보였으며, 고속에서는 날 자체가 통기는 경향을 보였다. 즉 회전수 1000rpm에서는 4종류의 고정장치 모두에서 꼭지 절단이 불가능하였다. 1500rpm에서는 꼭지 일부분에 상처를 내거나 절단하는 정도로서 날이 통기는 현상을 보였다. 회전수 1800rpm에서는 고정장치 모델 1, 2의 경우 꼭지 절단률은 20% 정도였고 나머지는 꼭지 일부분만 절단되었다. 또 모델 3에서는 꼭지 절단률이 56.3%, 모델 4에서는 날의 충격에 의해 고추가 밀려나 꼭지 절단률이 12.5%에 불과하였다. 또 날의 훼손이 심하여 날을 자주 교환하여야 하는 등의 문제점이 있었다. 따라서 V형 절단날의 경우도 고추 꼭지 절단에 사용하기에는 부적합한 것으로 판단된다.

VI형 절단날의 경우 고추꼭지와 충돌하는 순간 날이 휘어져버리는 현상이 발생하여 회전수 1000, 1500rpm에서는 꼭지가 전혀 절단되지 않았다. 1800rpm에서는 모델 1, 2 고정장치의 경우 꼭지 끝 부분만 일부 잘려나갔고, 모델 3, 4 고정장치의 경우

가해진 충격량이 고추 꼭지를 절단시키기보다는 고정장치로부터 고추를 밀어내는 현상이 관찰되었다. 따라서 VI형 절단날은 고추꼭지 절단에 이용하기에는 부적합한 것으로 판명되었다.

### 3. 기계 장치에 의한 꼭지 절단 경향 분석

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 실험 재료

꼭지 절단 가능성 파악에 사용된 홍고추와 동일한 재료를 실험에 사용하였다.

##### (2) 공급장치

전동기(2마력, 3상, 1800rpm)로 구동되는 체인 위에 다수의 고추 고정틀을 설치하고 고정틀에 투입된 고추가 자동 이송되어 양 측면에 설치된 꼭지 절단부를 지나가도록 하는 자동 공급 고추 이송장치를 설계·제작하였다. 실험 장치의 개략도는 그림 6과 같고 그림 7은 조립된 실험장치의 사진이다. 고추 고정틀은 꼭지 절단부에 도달하면 좌우 45°씩 자동적으로 기울어지게 하여 고추가 꼭지 절단부에 연속적으로 자동 공급되도록 그림 8과 같이 설계·제작하였다. 고정틀 속에 투입된 고추는 고정틀의 이동에 따라 이송되어 꼭지 절단부에 도달하고, 여기서 고정틀이 45° 경사지게 되면 고추는 자중에 의하여 고정틀의 틈새부에 도달하게 된다. 몸통부와 꼭지부의 직경이 다른 것을 이용하여 꼭지는 고정틀에 설치된 틈새로 빠져 나오게 하고 몸통부는 틈새로 빠져 나오지

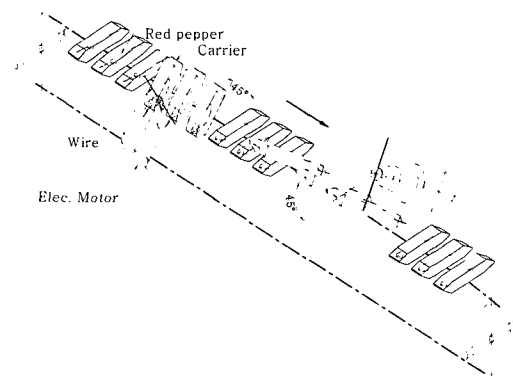


Fig. 6 Schematic diagram of automatic inclined feeding apparatus.

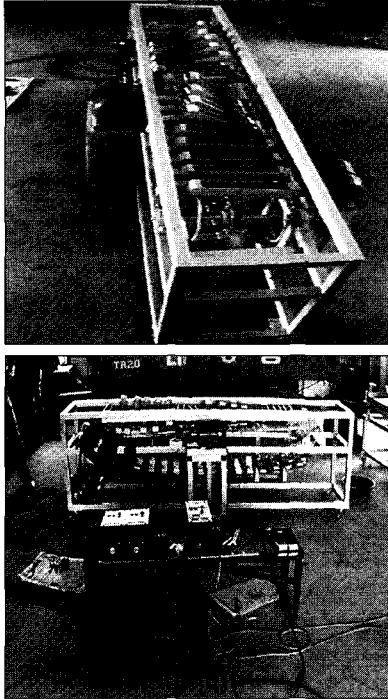


Fig. 7 Photograph of automatic inclined feeding apparatus.

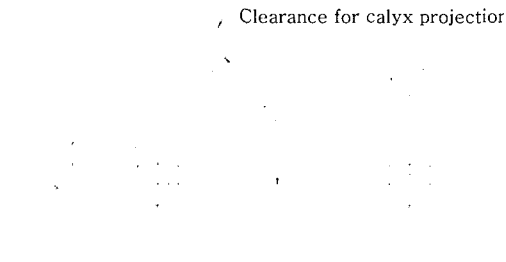


Fig. 8 Automatic inclined feeding carrier.

못하게 틈새를 설계하였다. 따라서 고추의 몸통부 끝이 꼭지 절단부를 지날 때에는 그냥 지나가게 되고 꼭지부가 빠져 나와 물리면 절단부 속으로 들어가게 하여 고정틀 양측에서 꼭지가 절단될 수 있도록 하였다.

(3) 꼭지 절단 장치

선형 절단날을 이용한 고추꼭지 절단장치의 구조는 그림 9와 같다. 전동기(1마력, 3상, 1800rpm)에 선형 절단날을 장착하고 고추꼭지와 절단날의 운동경로가 수직이 되도록 고추 고정틀과 전동기

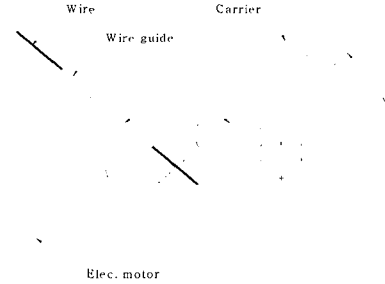


Fig. 9 Calyx cutting unit by wire type cutter.

의 경사각도를 동일하게 하였다. 절단날은 동관 가이드 속에 설치하여 가능한 절단날이 고추 꽃받침 부분을 타격 할 수 있도록 하였으며, 고추 공급방향과 절단날 회전방향은 반대가 되도록 하였다.

(4) 실험방법

기계장치에 의한 꼭지 절단 실험 조건은 표 6과 같다. 꼭지 절단 가능성 실험 결과 절단 성능이 가장 양호한 IV형의 선형 절단날을 사용하였다. 회전수는 1000, 1500, 1800rpm의 3수준으로 하였고 각 회전속도별로 홍고추 1개씩을 공급하여 30개 시료를 실험하였다. 고추 공급속도는 체인 컨베이어 구동용 전동기의 회전속도를 120rpm으로 일정하게 하여 초당 3개의 고추가 일정하게 공급 되도록 하였다. 꼭지 절단률은 총 투입고추 수에 대하여 꼭지가 5mm 이하만 남고 절단 또는 완전히 제거된 고추 수의 백분율로 나타내었다.

Table 6 Experimental conditions for an automatic inclined feeding apparatus

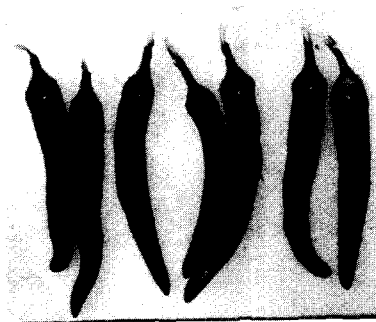
Item	Levels
Cutter type	Type IV
Rotational speed (rpm)	1000, 1500, 1800

나. 결과 및 고찰

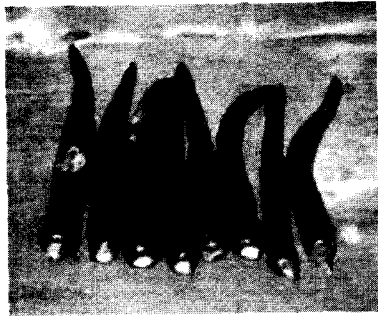
표 7은 꼭지 절단율을 나타낸 것이고 그림 10은 고추꼭지의 절단형상을 나타낸 것이다. 꼭지 절단률은 73~77%로서 절단날의 회전수에 의한 차이는 크지 않았다. 또 꼭지 절단 상태를 보면 정확한 타격 시에는 꽃받침까지 완전히 제거하는 효과를 보였지만 타격점이 조금만 빗나가도 꼭지 끝만

Table 7 Calyx cutting rate by wire type cutter

Rotational speed(rpm)	Cutting rate(%)
1000	77
1500	73
1800	77



Partly cut



cut or removal

Fig. 10 State of calyx cutting by wire type cutter.

약간 절단되는 경향을 보였다. 정확한 타격점을 맞추기 위해 절단날에 동관 가이드를 설치하였지만 별 효과를 거두지 못했다. 절단날의 유연성 때문에 일단 타격점이 빗나가는 경우 연속적으로 고

추가이드 옆면을 타격하여 절단날의 훼손이 급격하게 진행되는 문제점도 발생하였다.

#### 4. 요약 및 결론

가공용 홍고추의 꼭지 절단 장치를 개발하기 위하여 회전날을 이용한 꼭지 절단 장치를 설계·제작하고 꼭지 절단 성능을 비교 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 꼭지 절단 가능성 파악을 위한 실험 결과, 사각 형태의 절단날 중에서는 III형의 절단날, 선 형태의 절단날 중에서는 IV형의 절단날이 가장 높은 꼭지 절단률을 보였다. 그러나 회전날을 이용하여 꼭지를 절단하려면 고추가 단단히 고정된 상태로 공급되어야 하고, 동시에 타격위치를 꽃받침과 과육이 연결된 지점에 정확히 맞추어야 하는 기술적 제약이 있었다.

2) 선형 절단날을 이용한 기계 장치에 의한 꼭지 절단 실험 결과, 꼭지 절단율은 73~77%로 나타났으나 정확한 타격점을 유지하기가 어렵고 절단날의 심한 마모가 문제점으로 판단되었다.

3) 이상의 실험 결과 회전에 의한 충격량을 이용하여 홍고추의 꼭지를 제거하기 위해서는 절단날과 고추 꼭지부의 타격점 유지를 위한 적절한 고추 고정 장치의 개발이 선결되어야 할 것으로 판단되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 장길수, 최동진, 배도함, 윤재탁, 이순구. 2000. 고추의 생육 및 과실품질에 미치는 재배지대의 영향. 한국원예학회지. 41(5): 485-489.
2. 조광환, 김유호, 김영민, 조영길. 2000. 고추의 수확 후 처리상태에 관한 조사 연구. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회 논문집 5(1): 278-284.
3. 황재문, 정구민. 1998. 안동에서 출하되는 건고추의 유통과정 품질조사. 한국원예학회지. 39(6): 702-706.