

날개 수확을 위한 고추 수확용 엔드이펙터 개발

An End-effector for Being Cut a Hot Pepper One by One

김동우* 민병로* 서광욱* 김해성* 홍준택* 이민영* 이대원*
정희원 정희원 정희원

D. W. Kim B. R. Min K. W. Seo H. S. Kim J. T. Hong M. Y. Lee D. W. Lee

1. 서론

우리나라의 농업은 고령화에 따른 탈농 및 전출 등으로 인한 농업 노동력의 감소, 생산성 저하, 생산비 상승, 그리고 WTO체제에 따른 수입 개방으로 큰 어려움을 겪고 있다.

우리나라 작물별 수확농가는 논벼, 고추, 김장배추 순으로 채소류에서는 고추의 수확농가가 가장 많았다(국립농산물품질관리원, 2004). 고추의 작업단계별 노동시간은 수확, 이식, 병충방제 순으로 수확작업에서 가장 많이 소요된다. 현재 농가에서 고추의 수확작업은 5~7회 정도로 이루어지고 있으며, 생산비와 노동투하시간에서 높은 비중을 차지하는 고추의 수확작업을 자동화하여 힘든 작업 및 부족한 노동력을 대체하고 생산성을 향상시키기 위한 현장 적용성을 고려한 자동화 기계를 요구하고 있다.

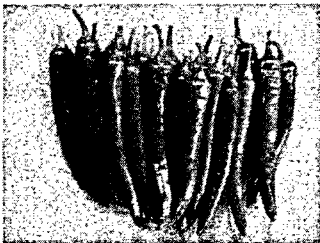
본 연구는 고추의 수확작업을 자동화하기 위해 재배 현장에 적용 가능한 소형·경량인 날개 수확을 위한 고추 수확용 엔드이펙터를 개발하는데 있다.

2. 재료 및 방법

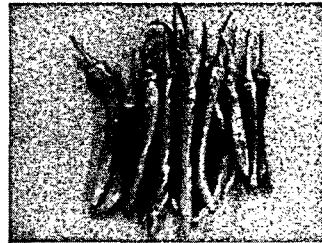
가. 실험재료

(1) 공시재료

엔드이펙터 설계를 위해 본 연구에서 사용된 고추는 생식용으로 사용되는 고추로 상품을 구입하여 홍고추와 풋고추를 대상으로 외형을 측정하였다(Fig. 1).



(a) Red pepper

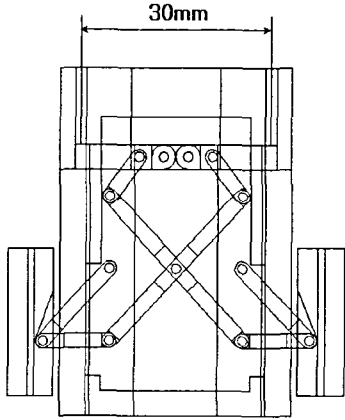


(b) Green pepper

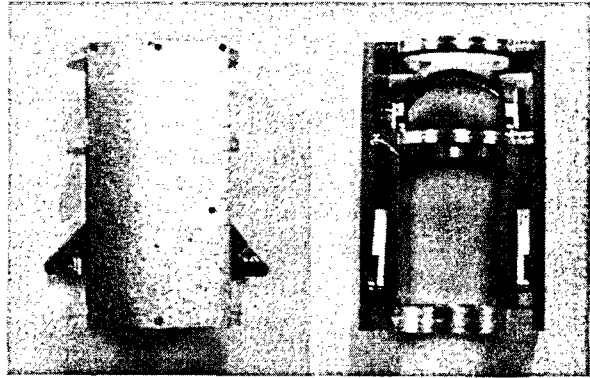
Fig. 1 Materials

* 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉스학과

고추의 외형 측정을 기초로 고추 수확용 엔드이펙터를 설계하였다. 엔드이펙터의 절단날의 직경은 고추의 외형 측정을 기초로 30mm로 설계하였으며, 3차원설계 프로그램 (Autodesk Inventor)을 이용하여 CNC로 제작하였다(Fig. 2). 실험을 위해 고추를 부착하고 엔드이펙터를 상승시킬 수 있도록 스탠드를 사용하였다.



(a) Design of the end-effector



(b) Picture of the end-effector

Fig. 2 The end-effector

나. 실험방법

(1) 고추 외형 측정

공시재료인 홍고추 20개와 풋고추 20개를 대상으로 엔드이펙터 설계를 위해 고추 과병의 최대직경(a), 꼭지의 직경(b), 과병의 휨 정도에 따른 최대직경(c), 과병의 길이(d) 4개 지점에 대해 버니어캘리퍼스와 모눈종이를 이용하여 고추의 외형을 측정하였다(Fig. 3).

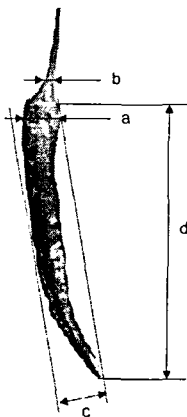


Fig. 3 External dimensions of a hot pepper

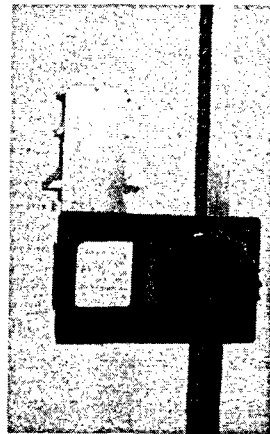


Fig. 4 Equipment of the end-effector

(2) 엔드이펙터

외형 측정에 사용했던 공시재료를 스탠드에 부착하고 엔드이펙터를 상승시켜 고추의 절단에 의한 수확성능 실험을 하였다(Fig. 4).

3. 결과 및 고찰

날개 수확을 위한 고추 수확용 엔드이펙터 설계를 위해 공시재료인 홍고추 20개와 풋고추 20개를 대상으로 고추 과병의 최대직경, 꼭지의 직경, 과병의 휨정도에 따른 최대직경, 과병의 길이 4개 지점에 대해 고추의 외형을 측정하였다. 이를 기초로 엔드이펙터를 설계·제작하고, 고추의 절단에 의한 수확성능 실험을 하였다.

가. 고추 외형 측정

엔드이펙터 설계를 위하여 홍고추와 풋고추를 대상으로 외형 측정 결과는 Table. 1과 같이 나타났다.

Table. 1 Results of a hot pepper's external dimensions (Unit : mm)

Pepper type Measured point	Red pepper				Green pepper			
	a	b	c	d	a	b	c	d
1	19.6	3.1	26.6	122.9	20.8	5.0	36.7	130.0
2	21.8	4.8	27.7	144.7	18.4	4.8	21.6	130.9
3	16.2	2.4	20.3	123.3	17.5	5.1	20.2	142.4
4	23.0	4.8	23.3	132.9	19.6	4.9	24.8	134.6
5	24.1	3.3	24.3	128.1	18.7	4.9	20.4	131.4
6	22.3	5.6	22.8	133.7	19.6	5.2	33.4	134.8
7	19.1	4.1	24.9	129.2	21.9	5.4	26.1	158.7
8	18.1	4.2	18.1	123.9	18.3	4.9	20.7	137.7
9	19.0	4.4	19.8	133.4	16.8	4.8	18.2	102.0
10	19.3	3.8	21.8	126.7	17.6	4.7	17.2	120.0
11	20.2	4.2	21.6	122.1	21.0	5.0	41.7	129.9
12	22.3	5.6	31.1	127.1	19.7	4.9	27.2	106.7
13	15.0	4.0	18.6	122.2	17.5	4.1	20.9	116.9
14	15.2	3.6	15.6	109.5	16.6	4.4	27.0	105.4
15	20.1	4.4	17.8	125.6	19.7	4.8	24.9	127.6
16	21.0	4.6	24.3	118.3	23.4	5.5	23.0	124.1
17	16.5	4.1	24.1	131.2	18.1	4.7	20.4	110.5
18	19.7	4.6	26.5	141.7	17.3	4.8	19.6	112.0
19	18.6	4.4	21.7	124.9	19.7	4.9	22.6	110.2
20	19.7	5.2	17.8	130.1	17.0	4.7	22.3	101.1
Mean	19.5	4.3	22.4	127.6	19.0	4.9	24.4	123.3
Max.	24.1	5.6	31.1	144.7	23.4	5.5	41.7	158.7
Min.	15.0	2.4	15.6	109.5	16.6	4.1	17.2	101.1

고추 과병의 최대직경은 최소 15.0mm에서 최대 24.1mm로 나타났으며, 꼭지의 직경은 최소 2.4mm에서 최대 5.6mm, 과병의 휨정도에 따른 최대직경은 최소 15.6mm에서 최대 41.7mm, 과병의 길이는 최소 101.1mm에서 최대 158.7mm로 나타났다.

고추의 외형치수 중 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 평균 23.4mm, 고추 과병의 최대 직경은 평균 19.5mm로 엔드이펙터의 절단날의 직경을 30mm로 설계·제작하였다.

나. 엔드이펙터

외형 측정을 기초로 설계·제작된 엔드이펙터의 절단에 의한 수확성능 실험을 위하여 홍고추와 풋고추를 대상으로 실험한 결과는 Table. 2와 같이 나타났다.

Table. 2 Success ratio of cutting of the end-effector

Parameter Pepper	Success of cutting(EA)	Success ratio of cutting(%)
Red pepper	20	100
Green pepper	19	95

절단에 의한 수확 성공율은 홍고추의 경우 100%로 나타났으며, 풋고추의 경우 95%로 나타났다.

홍고추의 경우 과병의 휨정도에 따른 최대직경과 고추 과병의 최대직경이 30mm 미만으로 엔드이펙터의 절단날 직경에 만족하여 절단에 의한 수확이 모두 가능하였다.

풋고추의 경우 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 30mm 이상인 고추가 3개가 있었으며, 고추 과병의 최대직경은 모두 30mm 미만으로 엔드이펙터의 절단날 직경에 만족하여 절단에 의한 수확이 가능하였으나, 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 41.7mm인 고추에 대해서는 고추의 휨정도가 심하여 엔드이펙터를 통과하지 못하여 수확하지 못하였다.

본 연구에서 2종류의 고추에 대해 절단에 의한 수확성능 실험에서 휨정도가 심한 고추를 제외한 모든 고추에서 우수한 성공률을 나타내었으며, 고추의 외형측정을 기초로 설계·제작된 엔드이펙터가 낱개 수확을 위한 수확작업에 적용 가능하다고 사료된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 고추의 수확작업을 자동화하기 위해 재배 현장에 적용 가능한 소형·경량인 낱개 수확을 위한 고추 수확용 엔드이펙터를 개발하는데 있다.

본 연구에서 낱개 수확을 위한 고추 수확용 엔드이펙터 개발을 위해 고추의 외형을 측정하고 외형측정을 기초로 재배 현장에 적용 가능한 소형·경량인 고추 수확용 엔드이펙터를 개발하였으며, 절단에 의한 수확성능 실험을 하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

1. 공시재료인 홍고추 20개와 풋고추 20개를 대상으로 고추 과병의 최대직경, 꼭지의 직경, 과병의 휨정도에 따른 최대직경, 과병의 길이 4개 지점에 대해 고추의 외형을 측정하였다.
2. 엔드이펙터 설계를 위해 고추의 외형을 측정한 결과, 고추 과병의 최대직경은 최소 15.0mm에서 최대 24.1mm, 꼭지의 직경은 최소 2.4mm에서 최대 5.6mm, 과병의 휨정도에

- 따른 최대직경은 최소 15.6mm에서 최대 41.7mm, 과병의 길이는 최소 101.1mm에서 최대 158.7mm로 나타났다.
3. 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 평균 23.4mm, 고추 과병의 최대직경은 평균 19.5mm로 엔드이펙터의 절단날 직경을 30mm로 설계하였다.
 4. 홍고추의 경우 절단에 의한 수확율이 100%로 과병의 휨정도에 따른 최대직경과 고추 과병의 최대직경이 30mm 미만으로 엔드이펙터의 절단날 직경에 만족하여 수확이 모두 가능하였다.
 5. 풋고추의 경우 절단에 의한 수확율이 95%로 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 30mm 이상인 고추가 3개가 있었으며, 고추 과병의 최대직경은 모두 30mm 미만으로 엔드이펙터의 절단날 직경에 만족하여 절단에 의한 수확이 가능하였으나, 과병의 휨정도에 따른 최대직경이 41.7mm인 고추에 대해서는 고추의 휨정도가 심하여 엔드이펙터를 통과하지 못하여 수확하지 못하였다.
 6. 본 연구에서 2종류의 고추에 대해 절단에 의한 수확성능 실험에서 휨정도가 심한 고추를 제외한 모든 고추에서 우수한 성공률을 나타내었으며, 고추의 외형측정을 기초로 설계·제작된 엔드이펙터가 낱개 수확을 위한 수확작업에 적용 가능하다고 사료된다.

5. 참고문헌

1. 민병로, 이대원. 2004. 오이 로봇 수확기의 엔드이펙터. 한국농업기계학회지. 29(3):281-287
2. 이종호, 박승제, 김철수, 이중용, 김용현. 1993. 고추수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회지. 18(2):110-122
3. 이종호, 박승제, 이중용. 1997. 고추수확기의 탈실장치 개발 (I) - 탈실장치의 소형화와 회수율의 제고. 한국농업기계학회지. 22(2):177-188
4. Han, K. S., C. H. Kang, J. H. Yun and Y. K. Lee. 2001. Development of grafting system for tomato. Proceeding of the KSAM 2001 Summer Conference 6(2):153-158.(In Korea)
5. Hoy and R. Michael. 1986. A unique hollow finger gripper designed for agricultural robots, M.S. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC. 12-40