

홍고추의 물리적 특성

Physical Properties of Red Pepper

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

1. 서론

고추는 국내 농업생산액의 4.5%, 채소류 생산액의 30%를 차지하는 벼 다음으로 중요한 경제작물이다. 현재 국내에는 고추주산단지를 중심으로 대규모의 고춧가루 가공공장이 설치되어 있으며 농가에서 생산된 건고추를 원료로 사용하여 건고추용 꼭지제거기를 이용, 고춧가루를 생산하고 있다. 현재 고춧가루 가공공장에 보급되어있는 건고추용 꼭지제거기의 원리는 고추가 건조되었을 때 꼭지와 몸통부의 압축현상에 대한 물리적 특성차를 이용한 것으로 회전속도가 다른 롤러사이에 고추를 통과시켜 꼭지를 제거하는 구조로 되어있다. 그러나 일부 농협에서는 고춧가루뿐만 아니라 홍고추를 원료로 하는 고추장용 고춧가루도 생산하고 있다.

홍고추는 건고추와 비교해서 평균함수율이 85%(wb) 정도로 높기 때문에 물리적 특성이 달라 꼭지부와 몸통부를 기존의 건고추용 꼭지제거기의 방식으로 분리시킨다는 것은 매우 비효율적이다. 따라서 홍고추의 꼭지를 제거시키는 데에는 건고추의 경우와는 다른 방식의 기술개발이 필요하다.

본 연구에서는 홍고추의 가공시 각 단위공정의 개발에 필요한 물리적 특성들 중 기하학적 형상과 꼭지부와 몸통부 사이의 인장강도 및 절단저항, 그리고 각 표면의 정마찰계수, 함수율 등을 측정하고 이를 기초로 시작기의 성능 및 가공공장용 꼭지제거기의 성능을 최대화 하기 위한 설계방안을 확립하는데 그 목적을 두었다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

본 실험에 사용된 홍고추는 경상남도 진주시 대곡면 일대에서 1999년 2월에서 동년 9월까지 수확된 품종은 대과종에 속하는 녹광이다. 실험은 구입 후 3일 이내에 시작하였으며 함수율은 구입 즉시 건조기를 이용, 105℃, 24시간 동안 건조하여 측정하였다.

* 경상대학교 농과대학 농업공학부 농업기계공학전공

나. 방법

1) 기하학적 특성

고추의 기하학적인 특성을 나타내는 측정항목을 꼭지부를 기준으로 그림 1과 같이 규정하였으며 각 항목의 명칭과 측정방법은 표 1에 나타내었다. 각 시료는 약 8개월 동안 6회에 걸쳐 총 145개를 무작위로 채취, 측정하였으며 평균함수율은 85.2%였다.

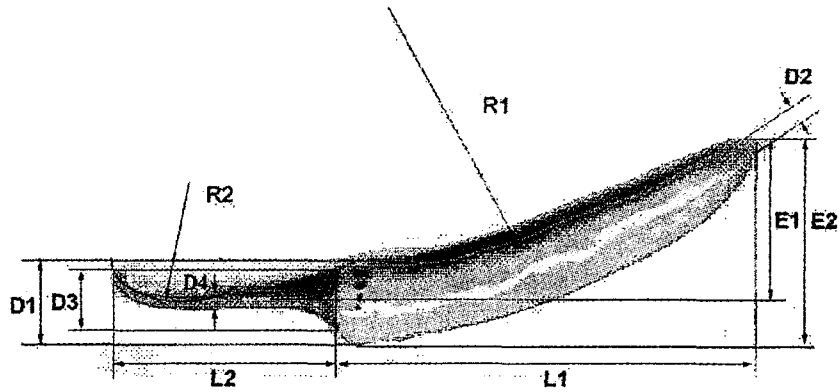


Fig. 1. Geometrical properties of red pepper

Table 1. The terms for geometrical properties of red pepper and the measuring method used

Items	Name of each part	Measuring method
L ₁	Length of body	Graph paper and rule
L ₂	Length of calyx	Graph paper and rule
D ₁	Maximum diameter of body	Vernier calipers
D ₂	Minimum diameter of body	Vernier calipers, 5 mm from tip
D ₃	Maximum diameter of tip cap	Vernier calipers
D ₄	Diameter of calyx	Vernier calipers, 1 cm from tip cap
E ₁	Distance from the center of D ₁ to the remotest of body	Vernier calipers
E ₂	Distance between both edges of body measured perpendicularly to the axis of calyx	Graph paper and rule
R ₁	Curvature of body	Graph paper and AutoCAD program
R ₂	Curvature of calyx	Graph paper and AutoCAD program
W	Weight	Electronic balance

2) 기계적 특성

인장 및 절단강도를 측정하기 위해 사용한 인장압축시험기(TA-XT2i)의 그 제원은 표 2에 나타내었다.

Table 2. Specification of TA-XT2i

Items	Specification
Size of test bed	280×395(mm)
Height of test bed	660 mm
Weight	20 kg
Distance capacity	250~0.1 mm
Distance resolution	0.0025 mm
Speed capacity	10~0.1 mm/s
Delay capacity	999999s ~ 0.1 s

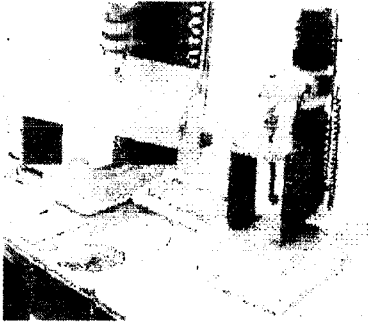


Fig. 2.

The experimental equipment for tension test.

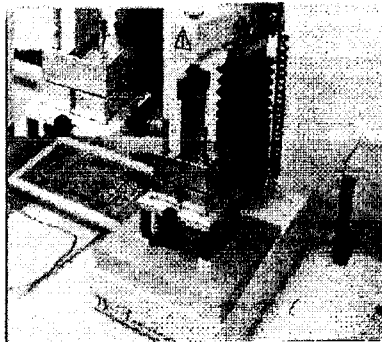


Fig. 3.

The experimental equipment for cutting test.

① 인장강도

고추의 꼭지부와 몸통부를 고정시키기 위해 각각 공작기계용 척(chuck)과 자체제작한 몸통부 고정장치를 사용하였으며 30 mm/min(ASAE S368.3)의 재하속도로 꼭지부와 몸통부를 분리시켰다. 매회 20개씩 2회 동안 실험하였으며 평균합수율은 84.9%이었다.

인장실험장치는 그림 2에 나타내었다.

② 절단저항

꼭지부와 몸통부로 구분하여 실험하였으며 고정용 볼력을 이용하여 고추를 고정시키고 20개의 시료를 사용, 2회 측정하였다. 이 때 칼날의 두께는 3 mm, 칼날각은 80°, 칼날이 통과하는 슬릿의 폭은 3.3 mm이었다.

재하속도는 5 mm/min(ASAE S459)로 하였으며 평균합수율은 85.4%이었다.

절단저항 측정장치는 그림 3에 나타내었다.

③ 정마찰계수

경사각 조절과 각도측정이 가능한 경사판을 제작하여 경사판 위에 합석판, 고무판, 합판, 아크릴판 등 4개의 마찰표면을 설치한 후 그 위에 고추를 올려놓고 천천히 각도를 증가시켜 최초로 미끄러지는 시점에서의 경사판의 각도(θ)를 각 25회씩 측정, 이때의 $\tan \theta$ 값을 정마찰계수로 하였다. 측정시 평균합수율은 85%이었다.

④ 함수율

자연순환식 오븐과 전자저울을 이용, 105°C에서 24시간 동안 건조하여 함수율을 측정했다..

3. 결과 및 고찰

가. 기하학적 특성

홍고추의 기하학적 특성을 표 3에 정리하였다. 표 3을 보면 각 측정값의 편차가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이는 동일 품종, 동일 재배지역에서 생산된 고추간에도 형상의 차이가 크며, 생산시기에 따라서도 그 차이가 크다는 것을 나타내고 있다. 형상측정치의 최대값을 살펴보면 몸통길이는 158.0 mm, 최대직경은 26.9 mm, 꽃받침 최대지름은 22.0 mm, 몸통부 중심선에서 최원점까지 거리는 89.0 mm, 중량은 31.9 g 등이었다.

Table 3. Size of red pepper

Part Item	L1(mm)	L2(mm)	D1(mm)	D2(mm)	D3(mm)	D4(mm)	E1(mm)	E2(mm)	R1(mm)	R2(mm)	W(g)
Max.	158.0	74.0	26.9	9.7	22.0	5.1	89.0	99.0	775.7	102.8	31.9
Min.	63.0	12.0	11.3	3.0	8.6	1.8	6.0	15.0	34.0	2.0	6.7
Average	118.2	43.6	18.9	4.9	15.0	3.0	41.0	51.1	166.3	19.3	17.6
Standard deviation	18.7	10.9	2.3	1.0	1.9	0.71	20.8	20.4	113.5	17.6	4.2

몸통부와 꼭지부 간의 길이 비를 살펴보면 표 4와 같다. 대체적으로 몸통부와 꼭지부는 각각 전체길이(L1+L2)의 약 70%와 30%를 차지했다. 전체길이는 150~200 mm 사이에서 많이 나타났으며 최대값은 205 mm를 나타냈다.

Table 4. The ratios of body and calyx to the total length

Ratio Item	L1+L2(mm)	L1/(L1+L2)	L2/(L1+L2)	L2/L1
Max.	205.0	0.9	0.5	1.0
Min.	92.0	0.5	0.1	0.1
Average	161.8	0.7	0.3	0.4
Standard deviation	20.0	0.1	0.1	0.1

나. 기계적 특성

1) 인장강도

꼭지부와 몸통부 사이의 인장강도 측정결과를 표 5에 나타냈다. 인장강도 역시 측정값의 편차가 크게 나타났다.

꼭지부와 몸통부를 분리시키기 위해서는 최대 8.98 kgf의 인장력이 필요했다.

Table 5. Tensile force of red pepper

Item	Tensile force (kgf)
Max.	8.98
Min.	3.28
Average	5.17
Standard deviation	1.26

2) 절단저항

홍고추의 절단강도는 표 6에 나타난 것과 같다. 인장강도와 마찬가지로 측정값의 편차가 크게 나타났으며 몸통부가 꼭지부에 비해 높은 절단강도를 나타냈다. 홍고추의 꼭지부 절단력은 최대 9.39 kgf, 몸통부 절단력은 최대 9.67 kgf로 나타났다.

Table 6. Cutting force of red pepper

Item	Cutting resistance(kgf)	
	Calyx	Body
Max.	9.39	9.67
Min.	1.84	4.17
Average	4.40	6.17
Standard deviation	1.61	1.18

3) 정마찰계수

각 마찰표면에서의 홍고추의 정마찰계수 측정결과를 표 7에 나타내었다. 표 7을 살펴보면 마찰계수는 고무판에서 제일 큰 값을 나타냈고, 합판에서 제일 작은 값을 나타냈다. 각 표면에서의 평균 정마찰계수를 살펴보면 합석판에서는 0.62, 합판에서는 0.3, 그리고 고무판에서는 0.99로 나타났으며 아크릴판에서는 0.59를 나타냈다.

Table 7. Coefficient of static friction of red pepper

Plate Items	Galvanized steel	Plywood	Rubber	Acryl
Max.	0.78	0.40	1.19	0.75
Min.	0.49	0.21	0.81	0.49
Average	0.62	0.30	0.99	0.59
Standard deviation	0.07	0.04	0.10	0.06

4. 요약 및 결론

경남 진주시 일대에서 1999년 2월에서 9월 사이에 수확한 품종이 녹광인 홍고추의 기하학적 및 기계적 특성을 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 동일 품종, 동일 재배지역에서 생산된 고추간에도 형상 및 기계적 특성의 차이가 크게 나타났으며 수확시기에 따라서도 차이가 컸다.

나. 형상 최대 측정치를 살펴보면 몸통길이의 경우 158.0 mm, 최대직경의 경우 26.9 mm, 꽃받침 최대지름의 경우 22 mm, 몸통부 중심선에서 최원점까지의 거리는 89.0 mm, 무게는 31.9 gf 으로 나타났다.

다. 꼭지부와 몸통부를 분리시키기 위한 최대 인장력은 8.98 kgf 가 필요하였다.

라. 꼭지부 및 몸통부의 최대 절단저항력은 꼭지부의 경우 9.39 kgf, 몸통부의 경우 9.67 kgf 로 나타났다.

마. 평균 정마찰계수는 고무판에서는 0.99, 합석판에서는 0.62, 아크릴판에서는 0.59, 합판에서는 0.30으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 이종호, 박승제. 1993. 고추수확기 개발을 위한 기초연구. 1993년 한국농업기계학회지 18(2) : 110~121.
2. 정현모. 1999. 청과물의 기계적 특성에 관한 연구. 충남대학교 석사학위 논문.
3. ASAE. 1996. ASAE Standards. S368.3 MAR95.
4. ASAE. 1996. ASAE Standards. S459 FEB93.
5. Gupta, R. K. and Das S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. J. agric. Engng Res. 66 : 1-8
6. Mohsenin, Nuri N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach science publishers, N. Y.
7. Sitkei, György. 1986. Mechanics of agricultural materials. Elsevier science publishers.