

# 통마늘의 물리적 특성 연구<sup>1</sup>

## Physical Properties of Garlic

홍지향*	김종현*	고학균*
정희원	정희원	정희원
J.H.Hong	J.H.Kim	H.K.Koh

### 1. 서론

마늘은 고추와 양파와 함께 우리나라 음식의 주요 양념소재로서 1998년도 기준으로 재배면적 37,337ha에서 총 393,904 M/T이 생산되었으며(농림수산부 농산물생산통계, 1999) 주요 품종으로 재래종인 의성과 서산의 육쪽 마늘과 중국 상해의 조생종 및 스페인산 마늘로 세 가지 품종이 있다. 마늘은 5 ~ 6월에 수확하여 건조 후 50개씩 마늘 줄기를 묶어 접단위로 시장으로 바로 유통되거나 저온저장시설에 장기간 보관 후 시장에 유통된다. 접단위로 묶어 유통되는 비포장 통마늘은 도매시장에서 깎 마늘 형태로 가공되어 소비되며, 이 과정에서 절단되어 쓰레기로 배출되는 마늘의 줄기는 비포장 통마늘의 2/3을 차지하며, 발생하는 쓰레기로 인한 환경문제와 처리비용 문제를 발생하고 있다.

선진외국에서는 산지에서 통마늘의 줄기를 절단하고 통마늘을 선별 포장하여 유통시키는 전처리-선별-포장 시스템을 개발하여 줄기를 절단한 통마늘이나 깎 마늘의 형태로 시장에 유통하므로 인건비, 운송비용, 쓰레기 처리비용을 절감하고 환경문제를 해결하였다. 우리나라에서도 비포장마늘로 인한 운송과 쓰레기 처리비용을 절감하기 위하여 가락동 시장을 중심으로 마늘 포장화사업을 벌이고 있으나 시행에 많은 어려움을 겪고 있다. 마늘의 전처리-선별-포장시스템은 마늘의 물리적 특성과 선별등급기준과 같은 이공학적인 특성을 기초로 설계 개발되나 국내에서는 마늘의 이공학적 특성에 관한 자료가 미미한 실정이다. 외국의 경우 마늘의 물성과 선별등급기준이 제시되어 있으나 마늘의 물성은 품종과 생육조건 등에 크게 영향을 받기 때문에 국산마늘의 물성측정과 표준선별기준의 설정이 필요하다.

통마늘의 이공학적 특성에 관한 국내 연구로 노광모 등(1999)이 마늘수확기 설계를 위한 기초연구로 수확시기의 한지형 강화도 마늘을 시료로 사용하여 통마늘, 마늘줄기 및 뿌리의 함수율, 인장·압축강도, 절단속도에 따른 절단강도특성, 통마늘의 형상, 색조특성등을 측정 한 바 있다. 박준걸 등(1999)은 기계시각으로 측정된 통마늘의 투사영상과 통마늘의 무게, 쪽마늘 수, 쪽마늘 균등도 등의 상관관계를 분석하고 마늘 등급판정을 위한 알고리즘을 개발하였다. 이들은 수확직후의 경북의성, 전남고흥, 경남 창녕의 3종의 마늘을 재래시장에서 구입하여 사용하였다.

기타 마늘 특성에 관한 연구는 주로 건조 특성에 관한 것으로서 김정옥(1980)이 마늘 수확 후 열풍건조의 특성과 품질 및 저장성에 미치는 영향에 대한 연구, 이정호(1995)는 쪽마늘의 건조 특성 연구, 최상인(1987)은 건조 중인 마늘의 향기 성분 변화 분석, 그리고 정신고 등(1990)의 건조방법이 분말마늘의 품질에 미치는 영향에 대한 연구가 있다.

<sup>1</sup> 본 연구는 농림수산부 특정연구과제 연구비 지원으로 수행되었음.

\* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

국내에서 재배되는 마늘은 한지형과 난지형으로 분류되며 한지형과 난지형의 총생산량 비율은 3 : 7 이다. 마늘의 주산지인 경상남도, 경상북도, 전라남도, 그리고 충청남도이며 이중 경상남도와 전라남도에서 재배되는 마늘은 난지형에 속하고, 경상북도와 충청남도에 재배되는 마늘은 한지형에 속한다. 마늘은 종자를 수확한 같은 장소에 파종하면 생산량이 떨어지는 연작피해가 있어 멀리서 생산된 마늘 종자(경남에서 전남 또는 전남에서 경남)를 파종하므로 경남이나 전남의 난지형사이에, 경북이나 충남의 한지형 마늘사이에 품질, 형상과 크기가 서로 비슷하다.

통마늘의 재래적 품질등급 평가 방법은 크기, 모양, 알의 크기, 충실도를 기준으로 경험적으로 품질의 등급을 결정하므로 주관적이며 같은 품종간, 같은 품질간에서도 그 변이가 크다. 마늘의 표준선별기준을 설정하기 위하여 기존의 재래적인 경험적 품질분류방법(상급, 중급, 하급)의 정량화가 필요하며, 국산 마늘의 대표적 품종별 등급별 물성측정이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 난지형 마늘의 주산지인 경남의 남해와 전남의 무안, 그리고 한지형 마늘의 주산지인 경북의 의성과 충남의 서산에서 재래등급평가방법으로 분류된 상급, 중급, 하급의 통마늘을 각각 구입하여 등급별, 품종별 이공학적 특성을 구명하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험재료.

실험에 사용된 마늘은 국산 마늘의 대표적 특성을 가진 한지형과 난지형 마늘이며, 재래의 등급기준에 의하여 상급, 중급, 하급의 등급으로 분류된 마늘을 각각 50개씩 구입하였다. 난지형 마늘은 경남의 남해와 전남의 무안에서 생산된 것을 선정하였고, 한지형 마늘은 경북의 의성과 충남의 서산에서 재배된 마늘을 선정하였다.

### 나. 실험 방법

- 1) 통마늘의 부위별 함수율 특성: 마늘의 줄기와 통마늘의 함수율을 품종별, 등급별로 각각 20개씩 무작위로 선택하여 공기오븐 건조기에서 105℃의 온도로 24시간 건조하여 줄기, 통마늘, 뿌리의 부위별 함수율을 측정하였다.
- 2) 부위별 기하학적 특성 측정: 통마늘의 품종별, 등급별 기하학적 특성을 측정하기 위하여 마늘의 줄기의 직경, 통마늘의 장경, 단경, 높이와 단면적을 마늘의 부위별 기하학적 특성의 대표값으로 설정하고 20개의 샘플을 추출하여 버어니어 캘리퍼스 마늘의 부위별 기하학적 특성을 측정하였다.
- 3) 통마늘의 색조특성 측정: 통마늘의 품종별, 등급별 색조 특성을 기계시각을 이용하여 통마늘의 HSI 색조 특성(Hue, Saturation, Intensity)을 측정하였다. 통마늘의 색도를 등급별, 품종별로 각각 20개씩 샘플링하여 기계시각(Machine vision) 장치를 이용하여 측정하였으며 이때 통마늘의 단면적도 동시에 측정하였다. 본 연구에서 사용한 영상입력장치(기계시각장치)는 3가지의 칼라 CCD카메라(GC-305 LG Honeywell)를 사용하였다. 영상처리 장치는 카메라를 통하여 입력되는 아날로그 영상신호를 받아들여 이를 디지털 신호로 변환한 후 그

결과를 모니터에 출력하는 기능을 수행하며 RGB 신호와 composite 신호를 측정할 수 있는 컬러 영상처리보드(MV-Pro Flashbus, USA)를 사용하였다. 영상분석을 위하여 영상분석 소프트웨어 Image-Pro(Ver 3.0)과 IBM PC 호환기종(Pentium III 300MHz)를 사용하였다. 통마늘의 색도 측정을 위하여 이론적인 XYZ 좌표계를 만들었으며 이좌표계를 기준으로 HSI의 좌표계로 변환하여 색성분을 측정하였다.

4) 통마늘의 기계적 특성측정: 통마늘 수확의 기계화 및 줄기절단 장치의 설계에 필요한 마늘의 기계적 특성자료를 측정하기 위하여, Stable Micro Systems사의 TA-HDi 만능시험기(Universal testing machine)을 이용하여 등급별, 산지별로 통마늘을 각각 20개씩 샘플링하여 부위별 전단력 특성을 1.0mm/sec의 절단속도로 측정하였다. 이를 위하여 마늘에 전단력을 가할 수 있는 장치를 그림 1과 같이 설계 제작하였다.

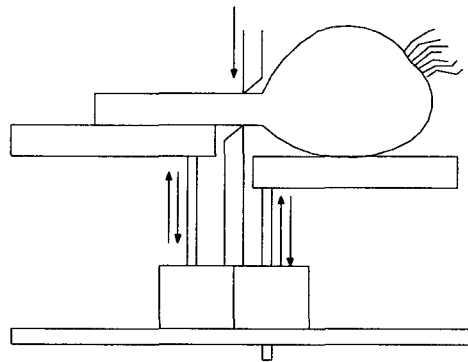


Figure 1. Schematic diagram for shear cutting test device.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 통마늘의 함수율 특성

통마늘의 부위별 함수율 특성 측정결과는 표 1과 같다. 난지형인 경북 의성산 쪽마늘의 함수율이 가장 높은 것으로 나타났다. 함수율 측정에 사용한 마늘의 줄기 및 껍데기의 함수율이 10%으로 본 실험에서 사용한 마늘은 충분히 건조된 상태의 마늘이었다.

#### 나. 통마늘의 산지별 등급별 기하학적 특성

표 2에서 보는 바와 같이 난지형 마늘의 줄기의 직경이 한지형 마늘의 줄기보다 두꺼운 것으로 나타났으며, 난지형 통마늘이 한지형 마늘보다 중량이 큰 경향을 보였다. 충남 서산에서 재배된 상품의 한지형 마늘이 가장 큰 통마늘으로 나타났으며, 반면에 줄기는 난지형 마늘보다 가는 것으로 나타났다. 일반적으로 등급이 높을수록 중량이 큰 것으로 나타났으나 산지별 등급별 무게에 대한 공통적인 기준이 없는 것으로 보인다. 따라서 중량을 기준으로 마늘의 등급을 결정할 경우 각 마늘의 품종이나 산지에 따라서 등급이 차등화 되어야 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

다. 통마늘의 색조특성

통마늘의 색도를 등급별, 품종별로 각각 20개씩 샘플링하여 기계시각(Machine vision) 장치를 이용하여 측정하였으며 이때 통마늘의 단면적도 동시에 측정하였다. Hue값은 품종별, 등급별에 관계없이 20~23의 값을 보였으며, Saturation값은 28~42, Intensity값은 300~322로 품종별, 등급별로 차이가 없었다.

라. 통마늘의 산지별 등급별 기계적 특성

산지별, 등급별로 분류된 마늘을 20개씩 선정하여 마늘의 줄기와 뿌리의 절단에 필요한 힘과 에너지를 통마늘의 기계적 특성으로 측정하였으며 마늘 줄기를 15cm의 길이로 일정하게 자른 뒤 통마늘의 줄기와 뿌리를 절단하였으며 기계적 특성 측정 결과는 표 3과 같다.

줄기 절단력은 일반적으로 등급이 높을수록 큰 것으로 나타났으며 이는 등급이 높을수록 마늘줄기의 직경이 큰 것과 연관된 것으로 판단된다. 경북 의성의 마늘 줄기는 난지형 마늘의 줄기보다 직경이 작음에도 불구하고 절단력이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 줄기의 직경보다 줄기의 재질이 절단력에 더 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.

표 1. 통마늘의 부위별, 품종별, 등급별 함수율 특성

품 종	등 급	줄 기	쪽마늘	껍데기	전 체
경남 남해 (난지형)	상 품 (Std.dev.)	10.8* 2.36*	55.4* 6.07*	12.5* 3.47*	50.5 6.23
	중 품 (Std.dev.)	11.1 1.91	43.8 13.43	13.6 3.10	40.0 11.97
	하 품 (Std.dev.)	10.6 2.77	52.3 7.35	14.1 5.46	49.3 11.13
전남 무안 (난지형)	상 품 (Std.dev.)	9.6 1.96	60.5 5.58	12.5 5.37	55.6 5.53
	중 품 (Std.dev.)	10.1 2.42	61.3 3.71	11.6 3.36	54.7 4.45
	하 품 (Std.dev.)	9.9 2.56	58.5 10.68	12.6 6.28	54.1 6.37
경북 의성 (한지형)	상 품 (Std.dev.)	12.1 2.49	55.2 8.09	14.0 3.27	51.1 7.98
	중 품 (Std.dev.)	13.0 3.59	54.7 6.34	15.4 4.38	50.9 6.06
	하 품 (Std.dev.)	11.8 3.78	43.6 10.23	16.5 9.98	37.1 9.67
충남 서산 (한지형)	상 품 (Std.dev.)	10.3 1.91	55.8 6.16	15.0 3.94	49.4 8.52
	중 품 (Std.dev.)	13.3 5.43	44.6 10.59	13.2 2.52	43.0 8.68
	하 품 (Std.dev.)	11.9 4.11	60.4 6.48	13.9 4.56	52.0 11.71

\* 20개 샘플의 평균 측정값

#### 4. 요약 및 결론

통마늘의 함수율과 등급사이에 일정한 상관관계가 보이지 않았으나 일반적으로 모든 품종에서 높은 등급일수록 통마늘의 크기가 큰 것으로 나타났으나 상등급으로 판정된 경북 의성의 한지형마늘의 경우 다른 품종의 중등급에 해당하는 중량 및 크기 특성을 보였다. 따라서 품종간 등급기준에 차이가 있는 것을 알 수 있다. 산지별 등급별 통마늘의 색조 특성은 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 내부 쪽마늘의 색조 특성이 통마늘의 껍질에 가려서 잘 나타나지 않기 때문인 것으로 사료된다. 같은 품종 내에서 통마늘의 등급이 높을수록 절단력이 큰 것으로 나타났으며 이는 등급이 높은 마늘일수록 그 줄기의 두께가 두껍기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 경북 의성의 한지형 마늘의 경우 난지형 마늘의 줄기보다 직경이 작음에도 불구하고 보다 큰 절단력을 보였다. 따라서 한지형과 난지형 간에 등급별, 품종별 절단력간에 차이가 있음을 보여주는 것이다.

이와 같이 이공학적 특성과 마늘의 품질인자와의 구멍을 통해 선별 및 포장시스템의 자동화 기술이 보급되어 마늘 생산비의 절감과 농가 소득의 증대를 가져 올 것으로 기대된다.

표 2. 통마늘의 기하학적 특성( 높이, 최장경, 최단경, 줄기, 무게)

품 종	등 급	최장경(mm)	최단경(mm)	높 이(mm)	줄 기(mm)	무게 (g)
경남 남해 (난지형)	상 품 (Std.dev.)	52.7* 3.54*	49.0* 3.33*	32.3* 1.08*	10.8* 0.98*	42.2* 5.87*
	중 품 (Std.dev.)	49.4 4.93	44.7 4.49	32.6 2.75	9.9 1.59	35.2 9.29
	하 품 (Std.dev.)	39.7 4.48	36.2 4.76	28.2 2.64	7.3 0.91	21.1 4.99
전남 무안 (난지형)	상 품 (Std.dev.)	51.3 4.44	45.9 3.24	31.8 2.54	10.0 1.11	35.2 7.58
	중 품 (Std.dev.)	45.4 4.29	39.4 3.88	29.3 2.86	9.3 1.22	24.2 4.73
	하 품 (Std.dev.)	40.3 2.32	35.0 2.86	29.4 2.38	8.5 1.69	19.0 2.95
경북 의성 (한지형)	상 품 (Std.dev.)	45.6 4.16	38.0 3.84	29.4 1.59	7.9 1.31	26.8 5.12
	중 품 (Std.dev.)	38.2 4.11	31.0 3.53	26.1 1.76	5.9 0.94	16.8 4.25
	하 품 (Std.dev.)	28.3 2.12	22.5 1.95	21.2 1.99	5.3 0.95	8.5 1.83
충남 서산 (한지형)	상 품 (Std.dev.)	54.5 4.15	47.8 3.98	32.1 1.63	8.0 0.94	41.0 9.49
	중 품 (Std.dev.)	46.7 3.34	43.8 3.38	31.5 1.69	6.5 1.45	29.5 6.88
	하 품 (Std.dev.)	33.3 2.08	28.3 1.99	22.7 1.44	4.6 0.95	11.4 2.77

\* 20개 샘플의 평균 측정값

표 3. 통마늘의 부위별 기계적 특성

품종	등급	절단력* (N)		절단에너지* (N·m)	
		줄 기	뿌 리	줄 기	뿌 리
경남 남해	상	131.0 ± 41.07	114.7 ± 37.71	0.48 ± 0.150	0.71 ± 0.361
	중	142.6 ± 21.80	111.5 ± 42.99	0.50 ± 0.089	0.69 ± 0.298
	하	111.8 ± 26.69	89.2 ± 25.52	0.39 ± 0.110	0.45 ± 0.208
전남 무안	상	151.9 ± 47.30	172.4 ± 42.08	0.35 ± 0.118	0.86 ± 0.268
	중	111.7 ± 35.68	92.7 ± 32.64	0.32 ± 0.100	0.49 ± 0.246
	하	85.1 ± 29.26	83.4 ± 25.98	0.25 ± 0.070	0.37 ± 0.196
충남 서산	상	90.7 ± 30.19	136.9 ± 59.81	0.31 ± 0.121	0.85 ± 0.452
	중	74.4 ± 28.13	150.6 ± 60.91	0.22 ± 0.090	0.82 ± 0.432
	하	58.1 ± 21.87	78.4 ± 27.83	0.15 ± 0.061	0.35 ± 0.149
경북 의성	상	145.6 ± 40.52	162.5 ± 64.96	0.37 ± 0.108	0.71 ± 0.252
	중	118.5 ± 26.89	117.4 ± 48.76	0.24 ± 0.071	0.36 ± 0.147
	하	127.6 ± 30.62	53.4 ± 17.98	0.27 ± 0.078	0.21 ± 0.096

\*20개 샘플의 평균 측정값

## 5 참고문헌

1. 김정옥. 1980. 마늘의 수확후 열풍건조의 특성과 품질 및 저장성에 미치는 영향에 대하여. 고려대학교 석사학위 논문.
2. 노광모, 장영창, 박준걸. 1999. 마늘수확기 개발을 위한 기초연구(I) 한국농업기계학회지 24(1):1-8
3. 박준걸, 장영창, 노광모, 이충효. 1999. 수확기 통마늘의 물리적 및 형상적 특성에 기초한 마늘품질분석. 한국농업기계학회지 24(3): 225-234.
4. 이정호. 1995. 마늘의 건조특성에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
5. 정신교, 최정옥. 1990. 건조방법이 분말마늘의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 89:50-55.
6. 최상인. 1987. 마늘 건조중의 향기성분의 변화. 경북대학교 석사학위논문.