

토마토 과실의 성숙중 경도 및 무기성분의 변화

류복희 · 문광덕* · 김성달 · 손태화*

호성여자대학교 원예학과

*경북대학교 식품공학과

The Changes of Hardness and Mineral Components of Tomato Fruits during Ripening

Bok-Hee Ryu, Kwang-Deog Moon*, Sung-Dal Kim and Tae-Hwa Sohn*

Dept. of Horticulture, Hyosung Women's University, Kyungsan, 713-702, Korea

**Dept. of Food Engineering, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea*

Abstract

This study was conducted to investigate the relation of softening with the mineral components during ripening of tomato fruits. The mineral contents of Ca, K, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu and its existence form, respiratory rate and hardness during ripening were evaluated. The respiratory rate of tomato fruits was decreased until 42 days after anthesis and then increased the climacteric maximum was found on 49 days after anthesis, then decreased. The hardness of tomato fruits during ripening did not change greatly until 45 days after anthesis, then decreased markedly. The major mineral components of tomato fruits were K, Ca and Mg. Zn, Fe, Mn and Cu were the minor components. The contents of soluble Ca, Mg and K increased markedly and those of bound Ca and Mg decreased markedly after 45 days during ripening. However other components were not changed greatly.

서 론

과실의 성숙중 생리적 변화는 수확 후 저장 및 유통과정중 품질에 큰 영향을 미치게 된다. Biale등¹⁾은 과실을 성숙중의 호흡량과 에틸렌 발생의 증가에 따라 climacteric과 nonclimacteric으로 분류하였다. 토마토 과실은 바나나, 사과, 서양배등과 같이 호흡의 climacteric rise를 가지는 과실이며¹⁾ 이러한 climacteric 과실의 성숙과정중에 일어나는 변화들로서는 과실의 향기^{2,3)} 및 색의 변화⁴⁾, 연화현상⁵⁻⁸⁾등이 있으며 이들 중

연화는 유통 및 저장중 부패에 대한 저항력의 감소와 식미의 저하등을 가져와 품질에 큰 영향을 미치는 현상으로 이에선 칼슘이 밀접한 관계를 가지는 것으로 여겨지고 있다⁹⁾.

칼슘은 무기질중 질소, 인, 칼륨에 이어 다량인 식물체내에 존재하며 노화의 지연을 비롯한 세포벽, 세포막, 효소단백질의 구조유지나 이들의 기능을 조절하는 생리적 작용이 있음이 밝혀졌다¹⁰⁾. 또한 과실에 있어서 칼슘은 경도를 높여주어 호흡억제^{11,12)} 및 생리장해의 발생감소와 함께 저장중 과실의 노화방지에 효과가 있으며¹²⁾ 세포

벽의 middle lamella에서 pectin과 결합하여 세포벽을 견고하게 하기도 한다⁶⁾.

연화현상과 칼슘과의 관계에 관한 연구로 Suwaw과 Poovaiah등¹³⁾은 성숙중 토마토 과실에서 칼슘의 존재형태의 변화에 대하여 보고한 바 있으며, Buescher등^{9, 14)}은 침채류 조직의 연화방지에 대한 칼슘의 효과를 보고하였다. 또, 저장중 과실에 처리하여 그 작용을 조사한 보고는 많으나^{11, 12, 15, 16)} 과실의 성숙과 관련하여 조직내에서의 존재형태의 변화와 과실의 성숙과 연화에 있어서 다른 무기성분과의 관련성에 대해서는 거의 조사되지 않고 있다.

따라서 본 연구는 토마토 과실의 성숙중 연화현상에 큰 영향을 미칠 것으로 생각되는 칼슘 및 다른 무기성분의 함량 및 존재형태의 변화를 조사하고 이와함께 과실의 호흡량, 경도변화에 대해 조사한 바를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에서 사용한 토마토는 대구시 동구 지저동 소재 농원에서 노지재배한 토마토 품종 "풍농"을 개화후 미숙기인 30일, 38일, 수확적기인 45일, 식용적기인 50일 그리고 과숙기인 55일의 것을 취하여 공시재료로 하였다.

호흡량

토마토 과실의 호흡량은 gas chromatography (GC, Pye Unicam series 304)로 분석하였다. 즉, 과육을 직경 1.2cm, 두께 2mm 정도의 disc로 하여 약 2g을 취해 30ml flask에 넣고 밀봉하여 30°C에서 일정시간 방치한 후 기체 1ml를 syringe로 취하여 Table 1과 같은 조건으로 GC분석을 실시하였다.

중 량

토마토 과실의 중량은 성숙단계별로 과실 15개를 취하여 측정하였으며 평균값으로 나타내었다.

과실의 경도

토마토 과실의 경도는 texturemeter(J. J. Instrument model T5K)를 이용하여 측정하였다. 시료는 임의적으로 15개를 취하여 puncture test를 행하여 얻어진 texture profile analysis(TPA) curve로부터 경도를 구하였으며 평균값과 표준편차로 나타내고 유의성을 검정하였다. 경도의 측정조건은 Table 2와 같다.

무기성분의 분석

동결건조한 시료 일정량을 취해 증류수 50ml를 가하여 상온에서 1시간동안 진탕추출하고 5,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상정액을 soluble fraction, 잔사를 bound fraction으로 하였다¹³⁾. 각 fraction을 450°C에서 회화시키고 0.1% lanthanum chloride를 함유한 0.5N-HNO₃에 녹이고 정량여지로 여과한 것을 시험용액으로 하여 원자흡광분석기로 Ca, Mg, K, Zn, Fe, Mn 및 Cu함량을 분석하였으며 이때의 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 1. The operating conditions of GC for CO₂ analysis

Items	Conditions
Column	4mm×2.7m glass column with 80~100 mesh of Porapak
Detector	T.C.D.
Carrier gas	Helium, 30ml/min.
Column Temp.	40°C
Injector Temp.	60°C
Detector Temp.	150°C
Chart speed	0.25cm/min.
Intergrator	Pye Unicam PU 4810

Table 2. The operating conditions of texturemeter for texture analysis

Items	Conditions
Crosshead speed	200mm/min.
Plunger size	φ 6.4mm
Chart speed	200mm/min.
Clearance	1cm
Temperature	25°C

Table 3. Operating conditions of Perkin Elmer model 3030 atomic absorption spectrophotometer

	Elements						
	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Zn
Wave length(nm)	422.7	324.8	248.3	766.5	285.2	279.5	213.9
Lamp current(mA)	20	15	30	12	15	20	15
Slit width(nm)	0.7	0.7	0.2	1.4	0.7	0.2	0.7
Air flow rate(ℓ /min.)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Acetylene flow rate(ℓ /min.)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4

결과 및 고찰

호흡량의 변화

성숙중 토마토 과실의 호흡량의 변화는 Fig. 1과 같다. 호흡량은 성숙에 따라 감소하다가 개화후 42일경부터 증가하여 49일경에는 52mg/kg · hr.로 climacteric maximum에 도달하였으며 그 후 감소하는 경향을 나타내었다.

중량변화

성숙중 토마토 과실의 중량변화는 Fig. 2와 같다. 개화후 15일에서 25일경까지 중량은 빠르게 증가하다가 그 이후 다소 둔화되었으며 개화후 43일경까지 다시 크게 증가한 후 착색이 시작되는 climacteric rise onset시기부터는 큰 변화가 없었다.

경도의 변화

성숙중 토마토 과실의 경도를 측정하기 위해 puncture test를 행한 결과 대표적인 TPA curve는 Fig. 3과 같다.

각각의 TPA curve로부터 구한 경도의 변화는 Table 4와 같다. 개화후 45일까지는 큰 변화를 나타내지 않았으며 호흡의 climacteric maximum 시기를 지남에 따라 급격히 감소하여 개화후 55일의 경도는 38일의 16%정도에 해당하는 7.87N을 나타내었다. 경도의 감소가 가장 크게 나타난 시기는 개화후 45일과 50일 사이였다.

성숙에 따른 경도변화의 유의성을 검정해 본 결과는 Table 5와 같다. 개화후 30일, 38일, 45일의 시료사이에서는 서로 유의성이 인정되지

않았으나 이들과 그 이후의 시료와는 1% 수준에서 유의성이 인정되었고 개화후 50일과 55일 사이에서는 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 이러한 결과는 성숙중 토마토 과실의 연화현상이 주로 개화후 45일과 50일 사이에서 일어남을 보여준다 하겠으며 개화후 50일과 55일 사이에서는 연화현상이 진행되기는 하지만 통계적으로 그 유의성은 인정되지 않음을 알 수 있다.

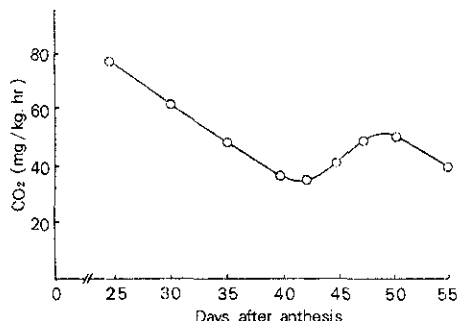


Fig. 1. Changes in CO₂ evolution rate of tomato fruits during ripening.

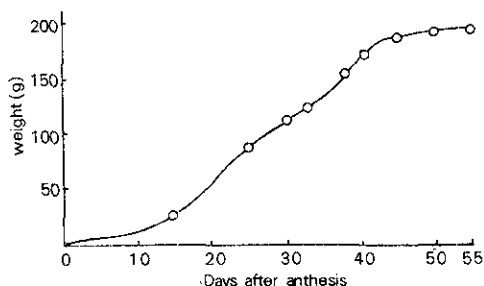


Fig. 2. Changes in fresh weight of tomato fruits during ripening.

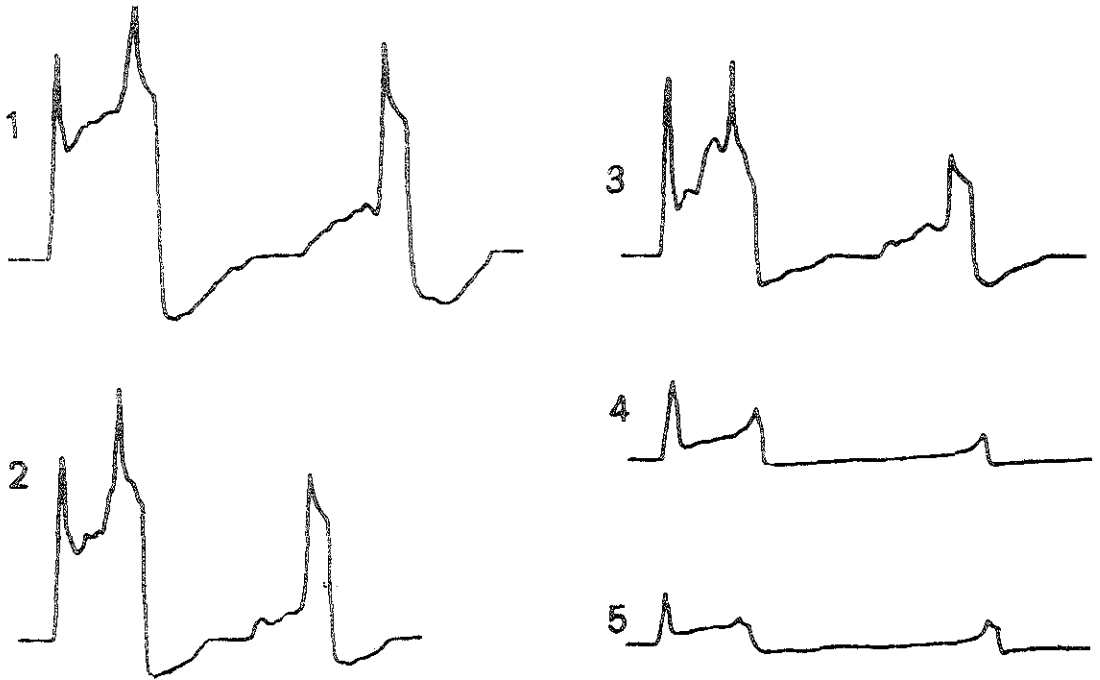


Fig. 3. Texture profile analysis(TPA) curve of tomato fruits during ripening. 1, 2, 3, 4 and 5 : at 30, 38, 45, 50 and 55 days after anthesis, respectively.

Table 4. Changes in hardness of tomato fruits during ripening

Days after anthesis	Hardness (Newton)
30	40.40± 4.68
38	46.70± 6.02
45	37.80± 6.48
50	15.18± 3.55
55	7.87± 2.58

Table 5. Significant test of hardness of tomato fruits during ripening

Days after anthesis	30	38	45	50	55
30	—	0.96	0.39	4.39**	6.11**
38		—	1.26	5.08**	6.60**
45			—	3.56**	4.96**
50				—	1.47
55					—

*Significant at the 5% level

**Significant at the 1% level

무기성분의 변화

성숙중 토마토 과실의 무기성분의 함량변화를 측정 한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 무기성분중 K의 함량이 2% 정도로 가장 높았으며 Ca, Mg, Zn등의 순이었다.

Total Ca의 함량은 전반적으로 다소 감소하는 경향이였으며 soluble형태의 Ca은 개화후 45일까지는 큰 변화가 나타나지 않았으나 그 이후 경도의 감소에 따라 크게 증가하였으며 이와 반대로 bound Ca은 개화후 45일 이후에 크게 감소하는 경향을 나타내었다. Ca의 이러한 증감의 변화는 경도에서와 마찬가지로 개화후 45일과 50일 사이에서 크게 나타났으며 이러한 결과는 Suwwan¹³⁾, Minamide¹⁷⁾등의 연구결과와 유사한 결과로서 bound 상태의 Ca이 연화가 진행됨에 따라 soluble 상태로 그 존재형태가 변화되었기 때문이며 이러한 Ca의 존재형태의 변화는 토마토 과실의 성숙중 연화와 밀접한 관련이 있음을 보여준다.

Soluble K은 성숙기간에 따라 대체적으로 증가하는 경향이였으나 bound K은 큰 변화를 나

Table 6. Changes in the contents of mineral components of tomato fruits during ripening
($\mu\text{g} / \text{g}$ - dry wt. basis)

Mineral	Fraction	Days after anthesis				
		30	38	45	50	55
Ca	Soluble	352	297	396	510	558
	Bound	1,930	2,020	1,910	1,400	1,160
K	Soluble	420	510	860	1,400	1,160
	Bound	19,000	18,500	19,350	20,950	20,400
Mg	Soluble	600	580	642	850	900
	Bound	500	400	550	340	380
Zn	Soluble	270	350	320	370	490
	Bound	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	Soluble	ND	ND	ND	ND	15
	Bound	63	98	43	50	24
Mn	Soluble	5	4	6	5	8
	Bound	8	7	12	10	7
Cu	Soluble	ND	ND	ND	ND	3
	Bound	6	7	3	5	3

ND : Non-detected

타내지 않았다. 또한 Mg은 Ca의 변화경향과 유사하여 soluble Mg은 개화후 45일 이후에 감소하는 경향을 나타내었다. Mg의 이러한 결과는 Suwwan과 Poovaiah¹³⁾의 연구결과와 유사하며 토마토 과실의 성숙중 큰 변화를 보여 연화와 어떠한 관련성을 가지는 듯하나 이에 대한 보고는 거의 없으므로 더 많은 연구가 필요하다 하겠다. 그리고 Zn, Fe, Mn, Cu등은 비교적 소량으로 함유되어 있었으며 Zn은 주로 soluble 상태로 Fe은 bound 상태로 존재하고 있었다. 또한 이들은 성숙에 따른 뚜렷한 함량변화나 존재형태의 변화가 관찰되지 않아 성숙중 토마토 과실의 연화와는 뚜렷한 관련이 없는 것으로 여겨진다. Suwwan 및 Poovaiah¹³⁾ 역시 성숙중 연화가 진행되지 않는 변이주(Rin)와 정상적으로 연화하는 토마토(Rutgers) 두 품종 사이에서 Co, Cu, Zn함량은 유의적 차이가 없음을 보고한 바 있다.

요 약

성숙중 토마토 과실의 연화현상과 관련된 무기성분들의 함량 및 존재형태의 변화와 호흡량, 정도의 변화를 측정하였다. 성숙에 따라 토마토 과실의 호흡량은 감소하다가 개화후 42일경부터 증가하여 49일경에 climacteric maximum에 도달하였으며 그후 감소하였다. 토마토 과실의 정도 변화는 개화후 45일까지는 큰 변화가 없었으나 그후 급격히 감소하였다. 토마토 과실의 무기성분으로 K, Ca, Mg의 함량은 높았으나 Zn, Fe, Mn, Cu 등은 소량으로 함유되어 있었다. 개화후 45일 이후 soluble Ca, Mg 및 K은 성숙에 따라 증가하였고 bound Ca, Mg은 크게 감소하였으며 그 밖의 다른 무기성분은 성숙중에 큰 변화를 나타내지 않았다.

문헌

1. Biale, J. B. : Respiration of fruits. *Encycl. Plant Physiol.*, 12, 536(1960)
2. 천성호 : 저장중 토마토 과실의 향기성분 및 지질함량의 변화. 경북대 박사학위 논문(1987)
3. Nursten, H. E. : Volatile compounds : The aroma of fruits. The biochemistry of fruit and their products, Vol. I. Edited by Hulme, A. C., Academic Press, New York, 239(1970)
4. Rhodes, M.J.C. and Wooltorton, L.S.C. : The respiration climacteric in apple fruits : The action of hydrolytic enzymes in peel tissue during the climacteric period in fruit detached from the tree. *Phytochemistry*, 6, 1(1967)
5. Brady, C. J., McGlasson, W. B., Pearson, J. A., Medurn, S. K. and Kopeliovitch, E. : Interactions between the amount and molecular forms polygalacturonase, calcium and firmness in tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(2), 254(1985)
6. Jarvis, M. C. : The proportion of calcium-bound pectin in plant cell walls. *Planta*, 154, 344(1982)
7. Malis-Arad, S., Dibi, S. and Mizrahi, Y. : Pectic substances changes in soft and firm tomato cultivars and in nonripening mutants. *J. Hort. Sci.*, 58(1), 111(1983)
8. Sacher, J. A. : Senescence and postharvest physiology. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24, 197(1973)
9. Buescher, R. W., Hudson, J. M. and Adams, J. R. : Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *J. Food Sci.*, 44, 1786(1979)
10. Jones, R. G. W. and Lunt, O. R. : The function of calcium in plants. *Bot. Rev.*, 33, 407(1967)
11. Faust, M. and Shear, C. B. : The effect of calcium on respiration of apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 97(4), 437(1972)
12. Tingwa, P. O and Young, R. E. : The effect of calcium on the ripening of avocado fruits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 99(6), 540(1974)
13. Suwwan, M. A. and Poovaiah, B. W. : Association between elemental content and fruit ripening in rin and normal tomatoes. *Plant Physiol.*, 61, 883(1978)
14. Buescher, R. W. and Hudson, J. M. : Softening of cucumber by Cx-cellulase and its inhibition by calcium. *J. Food Sci.*, 49, 954(1984)
15. Poovaiah, B. W. : Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.*, 86(1986)
16. Wills, R. B. H., Tirmazi, S.I.H. and Scott, K. J. : Use of calcium to delay ripening of tomatoes. *Hort. Science*, 12(6), 551(1977)
17. Minamide, T., Ueda, Y. and Iwata, T. : Changes in form of calcium in tomato fruit during ripening. *J. Japan Soc. Hort. Soc.*, 56(1), 39(1987)

(1990년 1월 17일 접수)