

수경재배한 토마토의 품종별 품질특성 비교 및 품질특성간 상관관계

이스람모하메드조히르¹ · 유태종¹ · 정현진¹ · 최인이² · 전신재² ·
원재희² · 이윤석³ · 김영식⁴ · 김일섭¹ · 강호민^{1*}

¹강원대학교 원예학과, ²강원도 농업기술원, ³연세대학교 패키징학과, ⁴상명대학교 식물산업공학과

The Correlation and Comparison of Quality Characters of Several Tomato Cultivars Grown by Hydroponics

Islam Mohammad Zahirul¹ · Tae-Jong Yoo¹ · Hyun Jin Jung¹ · In-Lee Choi² · Shin Jea Jeon² ·
Jae Hee Won² · Youn Suk Lee³ · Young Shik Kim⁴ · Il Seop Kim¹ · Ho-Min Kang^{1*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l. Univ., Chunchon 200-701, Korea

²Gangwon Provincial ARES, Chuncheon 200-150, Korea

³Packaging Department, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

⁴Dept. of Plant Science and Technology, Sangmyung University, Cheonan 330-720, Korea

Abstract. This study was conducted to compare the quality characters of 15 different tomato cultivars ('Dotearang Dia', 'Super Dotearang', 'Super sunroad', 'Hoyong', 'Mirokku', 'Baccuhs', 'Mascara', 'Poseidon', 'Radido', 'Madison', 'Rapsodie', 'Solomon', 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx') and find out the correlation among the quality characters in order to get basic informations for exporting tomato. The a*/b* value of fruit surface showed from 2.8 to 4.8, but there was no significant difference in fruit surface color value, such as a*, b* and a*/b* among the cultivars. The respiration and ethylene production rate also were not shown any significantly difference among cultivars. The firmness of fruit was higher in 'Picasso', 'Tymaxx' and 'Madison' cultivars. The contents of soluble solids was higher in 'Hoyong' and 'Dotearang Dia' cultivars. The vitamin C content was higher in 'Super Sunroad' and 'Dotearang Dia' cultivars. The titratable acidity was higher in 'Hoyong' cultivars. The sugar/acid ratio that depended on soluble contents was lower in 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx' cultivars that showed lower soluble contents. Conclusionally, The firmness that was one of the most important quality character in exporting tomato was higher in European cultivars, but soluble solide and vitamin C content were higher in Japanese cultivars. The significant correlation coefficient values were determined (more than p = 0.05) between a*/b* and other quality characters. The results suggested that surface color was the most suitable character represented tomato qualities. The high coefficient value (r = 0.801) between a*/b* and the contents of soluble solids. The firmness and the contents of soluble solids that is the most important factor for exporting showed significant negative correlation (r = -0.611).

Key words : ethylene production rate, firmness, respiration rate, soluble solids, vitamin C

서 론

토마토는 최근 들어 라이코펜을 비롯한 비타민 C 등 보건의적 영양적 가치가 높다고 알려지면서 국내 생산량이 계속 증가하고 있다. 이러한 국내 생산 기반을

바탕으로 일본 등지로 수출을 시작하였고, 2000년에는 2천 2백만불 대일수출 실적을 내기도 하였다. 그러나 이후 국내 가격 상승과 수입국의 까다로운 수입조건 등으로 수출량이 많이 줄어들어 현재는 방울토마토를 중심으로 수출되고 있으며 2009년에는 2백만불 수준으로 감소하였다(KAFTC, 2009). 현재 토마토는 주로 일본으로 수출되고 있으나 수출대상국의 다변화 등 수출현장의 변화로 기존의 방울토마토 이외에 유럽계와

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received March 17, 2010; Revised April 6, 2010;
Accepted May 7, 2010

대과종의 선발도 요구되고 있다. 특히 그동안 주로 가 공용이나 장기 생산용으로 당도 등 풍미가 다소 떨어 졌던 유럽계 품종들이 이러한 단점을 개선되기 시작하 면서 국내에서 유럽계 대과종 품종의 생산이 증가하였 고, 몇 해 전부터 일본으로 수출되고 있다. 수출 토마 토에서 중요한 품질 요인은 품종이나 계통에 따라 달 라지는데, 생식용으로 이용되는 방울토마토의 경우 당 도가, 조리용으로 주로 이용되는 대과종의 경우는 경도 가 중요시 되고 있다(KAFTC, 2009).

토마토는 전 세계에서 재배되고 있어 국내외에서 연 구가 활발하게 진행되어 왔는데, 국내에서도, 품종간 비교의 경우 수량 등 재배관련 보고(Yun 등, 1998; Hwang 등, 2000; Lee 등, 1997)는 있었으나 여러 품종을 대상으로 토마토의 품질 요소간의 상관관계를 분석한 보고는 없었다. 이에 본 연구는 대과종 토마토 의 품종별 품질 요인을 비교하고 이들간 상관관계를 조사하여, 토마토 수출 시장의 다변화와 원활한 유통 및 수출을 위한 수확후 관리 분야의 연구의 기초 자 료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

15개의 일반 토마토 품종('Dotearang Dia', 'Super Dotearang'(이상 다끼이종묘), 'Super sunroad', 'Hoyong', 'Mirokku'(이상 사카다종묘), 'Baccuhs', 'Poseidon'(이상 세미니스), 'Mascara'(부농종묘), 'Madison', 'Rapsodie'(신첸타), 'Radido(디루이터)', 'Solomon(피피에스)', 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx'(이상 엔자))를 암면배지에서 화란 PBG 배양액($\text{NO}_3\text{-N} : \text{NH}_4\text{-N} : \text{P} : \text{K} : \text{Ca} : \text{Mg} = 16 : 1.2 : 4.5 : 9.5 : 10.8 : 4.8 \text{me} \cdot \text{L}^{-1}$, EC $2.0 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.5)으로 수경재배하 였다. 모든 품종은 pink(60% 미만 착색) 단계에서 수확 하여 호흡률, 에틸렌 발생률과 과색, 경도, 당도, 산도, 비타민 C 함량을 조사하였다. 과실의 수확후 생리로 호흡속도와 에틸렌 발생량을 측정하기 위해 과실을 25°C 상온에서 500mL 밀폐용기에 넣고 일정시간 후 CO_2/O_2 analyzer(CheckMate® 9900, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 이산화탄소 발생량으로 호흡속도 를 측정하였고, 에틸렌발생량은 gas chromatography (GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측 정하였다. 과피색은 colorimeter(CR-400, Minolta,

Japan) 과실의 경도는 rheometer(compac-100II, Sun scientific, Japan)로, 당도는 굴절당도계(ATAGO NI, Japan)로 산도는 과실산도계(GMK-835F, G-won, Korea), 그리고 비타민 C 함량은 RQ flex reflectometer (Merck RQ flex 2, Darmstadt, Germany)를 이용하 여 측정하였다(Arvanitoyannis 등, 2005). 모든 실험은 4반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다. 각 각 품질 요인간의 상관관계를 피어슨 상관계수 (Pearson correlation coefficient)로 조사하였다(Healey, 1993).

결과 및 고찰

색차계(CR-400, Minolta, Japan)로 측정한 15가지 품종의 과피색은 품종별이나 유럽계와 일본계별로 일 정한 경향을 나타내지 않았는데 a*값은 5에서 12, b* 값은 22에서 35, 그리고 a*/b* 값은 2.8에서 4.8 범 위안에 있었다. 또한 토마토 과실의 착색 정도를 나타 내는 a*/b*값(Kim 등, 1996)은 대체로 2내지 3수준 으로 품종간 큰차이를 보이지 않았다(Fig. 1).

15가지 품종의 토마토의 호흡률은 품종간 큰차이는 없이 $20 \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 수준으로 기존의 보고(Suslow 와 Cantwell 1996)와 유사하였으며, 에틸렌 발생률도 품종간 큰 차이 없이 $10 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 내외였는데 기 존의 보고(Hardenberg 등, 1990; Suslow와 Cantwell, 1996)에 의하면 완숙과는 $1\sim 10 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 를 노란색 을 띄기 시작한 변색과는 $20\sim 40 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 를 발생 한다고 하였다(Fig. 2).

내적 품질 중 경도는 유럽계가 동양계에 비해 높았 으며 품종 중에서는 'Picasso', 'Tymaxx', 'Madison' 에서 가장 높았다. 당도의 경우 대체로 6 °Brix 수준 을 나타내었는데 대체로 일본계가 유럽계보다 높은 당 도를 보였으며, 품종 중 'Hoyong'과 'Dotearang Dia' 가 높았다. 비타민 C 함량도 대체로 동양계가 유럽계 에 비해 높았는데 'Super Sunroad'와 'Dotearang Dia'가 가장 높았다. 미국 농무성 발표자료에서 나타난 $22 \text{mg}/100 \text{gfw}$ 수준(USDA database, 2007)과 유사하였 다. 산도는 품종별 큰 차이 없이 'Hoyong'이 가장 높 았으며, 이 때문에 당산비는 당도와 유사한 양상으로 유 럽계 중 당도가 낮았던 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx'

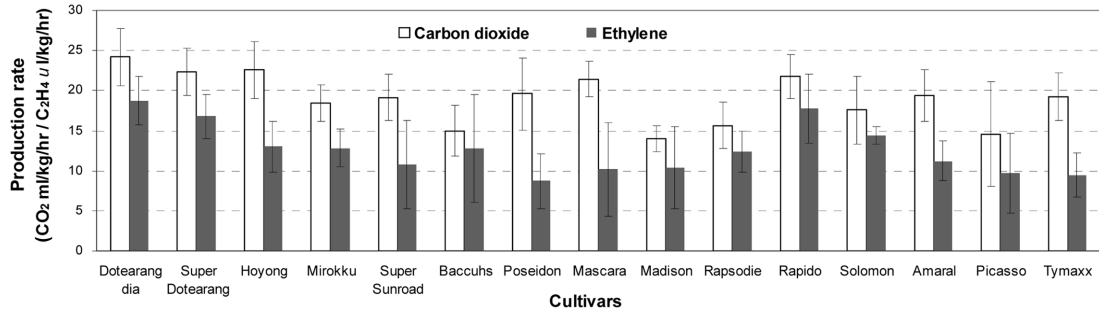


Fig. 1. Surface color value (a^* , b^* , and a^*/b^*) of tomato fruits of nine cultivars that harvested at pink stage (30~60% coloration). vertical bar represents \pm SD of the means ($n = 8$).

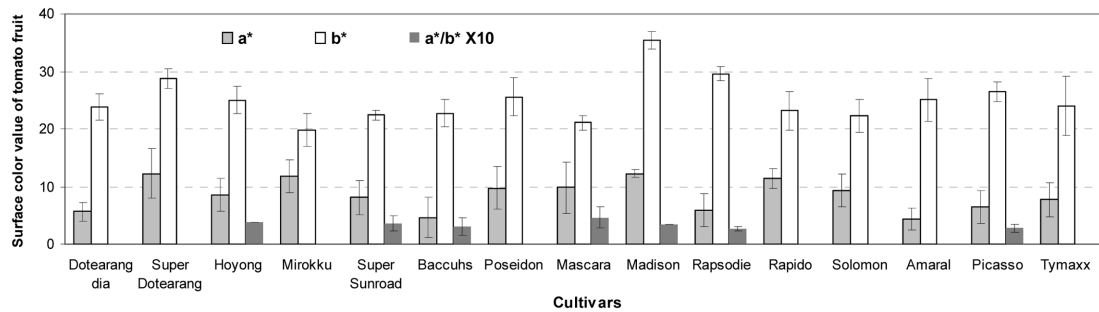


Fig. 2. The respiration rate and ethylene production rate of tomato fruits of nine cultivars for 6 hours after harvest in room temperature. Vertical bars represent \pm SD of the means ($n = 8$).

에서 낮았다. 적정산도는 % citric acid로 환산하였을 때 평균 0.6%로 0.5%인 기존의 보고(Kader 등, 1978)보다 다소 높은 수준을 보였는데, 기존의 보고는 완숙과의 산도인데 반해 본 실험에서는 50% 착색 상태인 과실을 분석하였기 때문이라 생각된다. 산도의 경우 과실의 성숙되면서 감소한다고 알려져 있다(Kays, 1991).

토마토 과실의 품질 요인간 상관관계를 조사하였는데(Table 2), 과실의 크기는 모든 품질요인과 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다. 외적 품질 중 과피색의 경우 당도와 호흡률간의 상관관계에서 고도의($p < 0.01$) 정의 상관관계를 나타내었다.

토마토는 과피색으로 성숙단계를 판단할 수 있는 작물이며, 토마토와 같은 climacteric형 과실은 성숙이 완료될 때까지 호흡률과 당도는 증가하며, 경도는 오히려 감소한다고 한다(Lee, 1996). 본 실험에서는 모든 품종을 50% 수준으로 착색된 과실을 수확하였으나 a^*/b^* 값으로 표현한 과피색에서 품종간 차이를 나타

났으며(Fig 1), 과피색은 당도 및 호흡률과 고도의 상관관계를 보였다. 호흡률과 가장 높은 상관계수를 보인 에틸렌 발생률($p < 0.05$)은 유의적으로 높은 정의 상관관계를 나타내는데, 이는 전형적인 호흡급등형 과실의 현상이라고 생각된다(Kays, 1991). 에틸렌 발생률은 당산비와 비타민 C 함량과 고도의($p < 0.01$) 정의 상관관계를 나타내었다. Mozafar(1994)는 토마토의 비타민 C의 함량은 성숙되면서 증가하여 노란색에서 붉은색으로 변하는 시기에 가장 높고 이후 감소한다고 하였는데 이는 Cantwell과 Susulow(1998)가 보고한 에틸렌 발생률 변화와 일치하였다. 또한 당산비의 경우 성숙하면서 그 수치가 증가하는 품질 요인이므로 에틸렌 발생률과 높은 상관관계를 나타낸 것으로 생각된다. 경도의 경우 과피색($p < 0.05$)과 당도($p < 0.05$)에서 유의적으로 높은 음의 상관계수를 나타내었는데, 일반적으로 과실의 품질 변화는 성숙정도에 영향을 크게 받는데, 경도는 성숙함에 따라 감소하며 과피색과 당도는 성숙이 진행되면서 증가한다는 기존의 보고(Kays, 1991)와

수경재배한 토마토의 품종별 품질특성 비교 및 품질특성간 상관관계

Table 1. The qualities of nine cultivars tomato fruits that harvest at pink stage (50% coloration)

| Cultivar | Fruit weight (g) | Firmness (N) | Vitamin C content (mg/100 gFW) | Soluble solids (Brix) | Titrateable acidity (% Citric acid) | Sugar/acid ratio |
|-----------------|------------------|--------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------|
| Dotearang dia | 133.5 | 2.24 ± 0.46 | 20.4 ± 2.81 | 6.18 ± 0.25 | 0.60 ± 0.08 | 10.25 ± 0.17 |
| Super Dotearang | 151.4 | 2.05 ± 0.26 | 17.1 ± 2.70 | 6.01 ± 0.45 | 0.55 ± 0.01 | 10.31 ± 0.66 |
| Hoyong | 138.2 | 2.05 ± 0.51 | 16.4 ± 3.21 | 6.55 ± 0.31 | 0.73 ± 0.09 | 9.55 ± 0.33 |
| Mirokku | 131.4 | 2.02 ± 0.46 | 19.1 ± 1.50 | 5.93 ± 0.35 | 0.63 ± 0.11 | 8.82 ± 0.43 |
| Super Sunroad | 139.8 | 2.78 ± 0.17 | 20.6 ± 4.12 | 5.92 ± 0.16 | 0.58 ± 0.11 | 9.45 ± 0.23 |
| Bacchus | 174.1 | 2.80 ± 0.73 | 17.4 ± 2.64 | 5.61 ± 0.32 | 0.57 ± 0.12 | 8.98 ± 0.43 |
| Poseidon | 171.8 | 2.00 ± 0.39 | 11.4 ± 2.28 | 6.43 ± 0.45 | 0.69 ± 0.13 | 10.24 ± 0.33 |
| Mascara | 145.0 | 2.80 ± 0.21 | 18.1 ± 2.41 | 5.90 ± 0.50 | 0.59 ± 0.15 | 9.38 ± 0.73 |
| Madison | 164.3 | 3.80 ± 0.56 | 19.6 ± 2.01 | 5.91 ± 0.59 | 0.58 ± 0.11 | 10.38 ± 0.82 |
| Rapsodie | 162.8 | 2.17 ± 0.42 | 18.5 ± 2.41 | 5.68 ± 0.48 | 0.56 ± 0.14 | 9.85 ± 0.68 |
| Rapido | 160.9 | 2.17 ± 0.42 | 18.1 ± 2.67 | 6.08 ± 0.10 | 0.63 ± 0.09 | 9.46 ± 0.13 |
| Solomon | 158.2 | 2.13 ± 0.33 | 19.0 ± 1.59 | 5.80 ± 0.14 | 0.57 ± 0.09 | 10.26 ± 0.20 |
| Amaral | 142.3 | 2.80 ± 0.45 | 13.4 ± 1.47 | 5.25 ± 0.33 | 0.64 ± 0.03 | 8.17 ± 0.43 |
| Picasso | 167.2 | 3.91 ± 0.46 | 14.2 ± 2.01 | 5.13 ± 0.25 | 0.60 ± 0.18 | 8.54 ± 0.33 |
| Tymaxx | 139.5 | 3.78 ± 0.13 | 11.3 ± 1.40 | 5.55 ± 0.19 | 0.69 ± 0.02 | 8.05 ± 0.22 |

^zThe values represent mean ± SD (n = 5).

Table 2. Correlation coefficients among quality factors of 15 cultivar tomato fruits that harvested at pink stage (50% coloration)

| | a*/b* | Respiration rate | Ethylene production rate | Firmness | Vitamin C content | Soluble solids | Titrateable acidity | Sugar/acid ratio |
|--------------------------|--------|------------------|--------------------------|----------|-------------------|----------------|---------------------|------------------|
| Fruit weight | -0.100 | -0.103 | -0.321 | +0.116 | -0.192 | +0.091 | -0.304 | +0.056 |
| a*/b* | | +0.669** | +0.580* | -0.617* | +0.398 | +0.802** | -0.004 | +0.398 |
| Respiration rate | | | +0.597* | -0.556* | +0.113 | +0.661** | +0.114 | +0.169 |
| Ethylene production rate | | | | -0.526* | +0.696** | +0.227 | -0.423 | +0.698** |
| Firmness | | | | | -0.341 | -0.611* | -0.050 | -0.591* |
| Vitamin C content | | | | | | +0.057 | -0.617* | +0.698** |
| Soluble solids | | | | | | | +0.380 | +0.188 |
| Titrateable acidity | | | | | | | | -0.593* |
| Sugar/acid ratio | | | | | | | | |

* Significant at 5% level, ** significant at 1% level

일치하는 결과였다. 비타민 C 함량은 당산비($p < 0.01$)와 고도의 정의 상관관계를 나타내었으며 당도($p < 0.05$)와는 유의적으로 높은 정의 상관관계를 보인 반면 산도($p < 0.05$)와는 유의적으로 높은 부의 상관관계를 보였는데, 성숙정도별 품질간의 상관관계를 비교한 연구에서는 이와 같은 결과가 보고된 바 있었다(Kader 등, 1977).

이상의 결과를 종합하면, 50% 수준으로 착색된 15 가지 토마토 품종의 품질요인을 분석한 결과, 경도는 유럽계인 ‘Picasso’, ‘Tymaxx’, ‘Madison’에서, 당도는 동양계인 ‘Hoyong’과 ‘Dotearang Dia’에서 높았다. 품질 요인간 상관관계는 a*/b* 값으로 표시한 과피색이

여러 품질 요인과 높은 상관관계를 나타내었는데, 특히 당도와 호흡률과 고도의 정의 상관관계를 나타내었다. 또한 수출현장에서 중요하게 다루는 경도와 당도는 부의 상관관계로 5% 수준의 유의적인 값을 나타내었다.

적 요

본 연구는 국내에서 주로 생산되고 있는 대과종 토마토 품종의 품질을 비교 조사하여, 토마토의 원활한 유통 및 수출을 위한 수확후 관리 분야의 연구의 기초 자료를 얻고자 수행되었다. 과피색은 품종별 일정한 경향 없이 a*/b* 값은 2.8에서 4.8범위 안에 있었다.

호흡률과 에틸렌 발생률도 품종간 큰 차이를 보이지는 않았다. 내적 품질 중 경도는 'Picasso', 'Tymaxx', 'Madison'에서 가장 높았다. 당도의 경우 대체로 6 °Brix 수준을 나타내었는데 'Hoyong'과 'Dotearang Dia'가 높았다. 비타민 C 함량은 'Super Sunroad'와 'Dotearang Dia'가 가장 높았다. 산도는 품종별 큰 차이 없이 'Hoyong'이 가장 높았으며, 이 때문에 당산비는 당도와 유사한 양상으로 유럽계 중 당도가 낮았던 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx'에서 낮았다. 이상의 결과로 보면 수출 토마토에서 중요한 품질 요인인 경도는 유럽계가 당도와 비타민 C 함량은 동양계가 높았다. 품질 요인간 상관관계는 a^*/b^* 값으로 표시한 과피색이 여러 품질 요인과 높은 상관관계를 나타내었는데, 특히 당도와 가장 높은 상관관계($r = 0.801$)를 나타내었다. 또한 수출현장에서 중요하게 다루는 경도와 당도는 부의 상관관계($r = -0.601$)를 나타내었다.

주제어 : 경도, 당도, 비타민 C, 에틸렌 발생률, 호흡률

사 사

본 논문은 2010년 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. Arvanitoyannis, I.S., E.M. Khah, E.C. Christakou, and F.A. Bletsos. 2005. Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology* 40:311-322.
2. Hardenberg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1990. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. *USDA handbook* No. 66.
3. Hwang, K.C., Y.B. Kim, C.G. An, C.W. Ro, and J.C. Park. 2000. Effects of Cultivars Grown at Night Low

- Temperature on Setting Node of Cluster in Tomatoes. *Korean Society For Horticultural Science* 18(Suppl. 1): 162-162(abstr.).
4. Healey, J.F. 1993. *Statics, a tool for social research*. Wadsworth Inc. Belmont. California, USA.
5. Kader, A.A., M.A. Stevens, M. Albright-Holton, L.L. Morris, and M. Algazi. 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:724-731.
6. Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens, and M. Albright-Holton. 1978. composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some post-harvest handling procedures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:6-13.
7. KAFTC (Korea Agro-Fisheries Trade Corporation). 2009. Strategy and export condition of tomato in foreign market.. www.at.or.kr.
8. Kays, J.S. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. AVI Publishing, New York.
9. Kim, Y.B., K. Yasutake, I. Akitsugu, and N. Reinosuke. 1996. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci* 37:526-532.
10. Lee, H.K. E.R. Im, and Y.C. Kim. 1997 Effect of the concentration of nutrient solution on growth, yield and quality of semi-forcing culture of tomato varieties in hydroponics. *Korean Society For Horticultural Science* 15(Suppl. II):220-221.
11. Lee, S.G. Postharvest physiology of horticultural crops. 1996. Sunggun Publish, Suwon, Korea.
12. Mozafar, A. 1993. *Plant vitamins. agronomic physiological, and nutritional aspects*. CRC press. Florida
13. Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio. Env. Con.* 9(1):40-46 (in Korean).
14. Suslow, T.V. and M. Cantwell. 1996. Tomato. website at <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/tomato.shtml>.
15. USDA database. 2007. website at <http://www.vitaminfoundation.org/usda.html>.
16. Yun, J.S., H.G. Kim, B.S. Lee, and S.J. Chung. 1998. Evaluation of growth responses of hydroponically grown truss tomatoes introduced. *Korean Society For Horticultural Science* 16(Suppl. 1):139-139(abstr.).