

Changes in Quality Parameters of Tomatoes Harvested at Different Mature Stages during Storage

Jeong Hee Choi[†], Moon Cheol Jeong, and Dongman Kim

Food Distribution Research Group, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

수확시의 속도에 따른 저온저장 중 토마토의 품질인자의 변화

최정희[†] · 정문철 · 김동만

한국식품연구원 유통시스템연구단

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of mature stages on quality of Rafito tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during storage at low temperature. Tomatoes grown in greenhouse were harvested at three different mature stages (turning, pink, and red), packaged with a 30- μ m-thick polyethylene film, and then stored at 5 and 10°C, respectively. The changes in firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), colour, lycopene content, decay, and chilling injury were measured on a weekly basis. After three weeks of storage, chilling injury and decay were found to have individually occurred at 5 and 10°C, respectively. As there was little change in quality at 5°C, it was concluded that red tomatoes could maintain their good quality for two weeks. The normal postharvest ripening was inhibited in the turning and pink tomatoes during storage at 5°C. The turning and pink tomatoes showed improved quality after two-week storage at 10°C. In particular, the turning fruits showed the highest firmness throughout the storage period. Furthermore, the red colour, SSC/TA, and lycopene content of the turning fruits reached the same levels as with the red fruits after two-week storage at 10°C. These results suggest that red tomatoes should be stored at 5°C to inhibit decay, and that the optimum temperature for early-harvested tomato (turning and pink) is 10°C for the ripening process after harvest.

Key words : Chilling injury, decay, firmness, lycopene, soluble solids

서 론

토마토는 라이코펜, 페놀화합물, 비타민 C, 비타민 E가 풍부한 작물로서(1), 건강유지 및 질병예방의 기능이 강조되면서 소비량이 크게 증가하고 있으며, 최근에는 식품의 소비패턴의 변화에 따라 신선편이 제품으로의 생산 및 소비가 급증하고 있다.

토마토는 수체에서 숙성되는 동안 라이코펜 합성, 풍미 성분 합성, citric acid/malic acid 함량, ascorbic acid 함량, 환원당 함량이 증가하는 특성을 가진다(2-4). 뿐만 아니라 total phenolics와 flavonoids도 숙성 기간 동안 증가한다(5). 토마토는 수체에서 mature green에서 ripe~red 단계에 이르

는 동안 가용성 고형분 함량이 2.4%에서 5.2%로 증가한다고 하며 품종에 따라서는 환원당 함량이 2배 이상 증가한다고 알려져 있다(6). 이러한 기능적 품질을 고려할 때에는 최대한 완숙된 단계에서 수확하는 것이 바람직하다 할 수 있다.

토마토는 대표적인 호흡 급등형 과채류로서 에틸렌 발생량이 높고 민감도 또한 높아 수확 후 품질의 변화가 급격히 나타나므로 수확 후 품질 유지가 매우 어려운 작물이다. 토마토를 신선편이 제품으로 가공하거나 원료상태로 유통할 때 발생하는 가장 큰 문제점은 과육의 연화 및 부패발생이다. 연화된 토마토는 유통시 물리적 장애가 쉽게 발생되며, 신선편이 가공시 절단 단계에서 형태유지가 어렵고, 태좌가 과육에서 분리되어 상품성이 낮아지고, 포장용기 내에 과즙이 축적되어 미생물 생육으로 인한 부패가 촉진된다. 따라서 유통 현장에서는 유통 중 물리적 장애를 최소화

[†]Corresponding author. E-mail : choijh@kfri.re.kr
Phone : 82-31-780-9156, Fax : 82-31-780-9254

하고 최종소비 단계까지의 물리적·시간적 거리, 그리고 신선편이 가공성을 고려하여 완숙단계 이전인 *mature green* 또는 *turning* 단계에서 수확하여 유통하고 있다. 특히, 신선편이 제품은 품질 변화가 더욱 빠르게 발생하므로 완숙과 이용이 상대적으로 더 어려운 실정이다. 그러나 미숙 단계에서 수확하게 되면 수체로부터 당의 이동이 조기에 중단되어, 호흡에 의한 전분의 분해가 용이해지므로 고품질 유지가 어렵다(7).

토마토에 대한 소비자 기호도는 주로 맛, 외관, 색, 조직감에 의해 결정된다(8,9). 토마토의 단맛은 환원당이나 가용성 고형분 함량과 높은 상관성을 보이고 신맛은 주로 *citric acid* 함량과 관련되어 있다고 알려져 있다(10). 토마토의 수확시 숙성 정도는 원료의 저장성뿐만 아니라 신선편이 가공 후 최종 소비단계에서의 품질 및 *shelf-life*를 결정짓는 중요한 인자로 보고되고 있다(11,12). 토마토는 숙성이 진행될수록 가용성 고형분 함량이 증가하고 산도가 낮아지므로 수체에서의 품질은 숙성이 진행될수록 우수하지만, 완숙과는 저장기간 동안 가용성 고형분 함량이 하락하는 반면, *turning*과 같은 미숙과는 저장 기간 중 오히려 증가하여 최종적으로는 가용성 고형분 함량이 더 높아진다고 보고되고 있다(13). 따라서 고품질 토마토 공급을 위해서는 유통 또는 저장 기간 그리고 이용 목적에 따라 최종 상품의 품질을 고려하여 수확기를 결정하여야 한다.

일반적으로 저장온도가 높을수록 농산물의 호흡속도가 증가하고 품질이 빠르게 나빠지므로 저장력 향상을 위해서는 저온유지가 필수적이다. 그러나 토마토는 저온에 일정 기간 노출될 경우 품미 발달이 억제되고 심할 경우에는 과육이 수침되는 등 저온장해가 발생하므로 저온유통에 의한 품질관리가 어렵다(14). 유통 중 물리적 장해를 최소화하고 유통기간 중의 후숙 과정을 감안하여 *mature green* 단계에서 수확한 후 온도를 낮게 유지할수록 색, 경도, 중량의 변화가 억제되나 2°C와 5°C에서는 저온장해 증상이 발생되고 10°C 이상에서는 정상적인 품질 유지가 가능했다고 보고된 바 있다(15). 일반적으로 저온장해는 미숙과일수록 심하며 온도와 노출시간에 의해 영향을 받으므로 신선도 유지를 위한 적정 온도는 각 품목의 속도에 따라 차별적으로 결정되어야 하는데, 현재까지는 토마토의 속도별 적정 온도에 대한 지침이 없이 모든 속도에 대해 동일한 품질관리 지침을 적용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 각 속도에서 수확된 토마토의 저온 저장 중에 나타나는 품질인자의 변화를 분석하여 속도별 적정 온도관리 지침을 제안코자 하였다.

재료 및 방법

시 료

본 실험은 2008년 8월 초에 전라북도 군산 지역에 소재한

비닐하우스에서 재배된 'Rafito' 품종을 대상으로 하였다. 토마토의 착색 정도를 기준으로(16) *turning*, *pink*, *red* 단계에서 각각 수확하였으며 결함이 없는 동일한 크기의 시료를 선별한 후 30 µm PE 필름으로 3개씩 포장한 후 5°C와 10°C에 두어 1주일 간격으로 품질 변화를 분석하였다.

경 도

토마토를 절단한 후 *outer pericarp* 4지점을 *texture analyzer* (TA-XT2, Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK)를 사용하여 경도를 측정하여 평균값을 취하였다. 지름이 2 mm인 probe를 사용하여 *rupture test*를 실시하여 최대 피크 값을 N 단위로 나타내었다. 각 실험구당 3회 반복 측정하였다.

가용성 고형분

토마토 시료를 *homogenizer*로 균질화한 후 거즈를 이용해 여과하여 얻은 추출액을 당도계(N-1E, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하여 °Brix로 나타내었으며, 각 실험구당 3반복 측정하였다.

적정산도

토마토 시료를 *homogenizer*로 균질화 한 후 거즈를 이용해 여과한 추출액 20 mL를 취하여 pH meter (SA 720, Orion, Beverly, MA, USA)를 사용하여 pH 8.2가 될 때까지 0.1N NaOH 용액으로 적정한 뒤 *citric acid*로 환산하여 나타냈다. 각 실험구당 3회 반복 측정하였다.

색 도

시료의 측정 부위에 색차계(CR-400, Minolta, Osaka, Japan)의 광조사 부위를 밀착시켜 Hunter L 및 a값을 측정하였다. 색차계의 표준편(L=97.75, a=-0.49, b=1.96)을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였다. 원물의 색도 측정은 적도부위의 3 지점을 측정하였으며 각 실험구당 3회 반복 측정하였다.

라이코펜 함량

토마토 과육을 *homogenizer*로 균질화한 후 5 g 취하여 lycopene extraction solution (0.05% butylated hydrotoluene/acetone:ethanol:hexane=1:1:1)을 45 mL 가한 뒤 180 rpm에서 20분간 *shaking* 후 6 mL의 cold distilled water를 가하여 180 rpm에서 8분간 *shaking*하였다. 극성 및 비극성 물질의 분리를 돕기 위해 상온에서 20분간 분리시킨 후 상층액(헥산층)을 취하여 UV-Vis spectrophotometer (UV-2401, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 503 nm에서 흡광도를 측정한 후 아래의 식을 이용하여 라이코펜 함량을 환산하였다.

$$[\text{Lycopene (mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW)} = \text{hexane(mL)/sample(g)} \times A_{503} \times 3.12]$$

부패율, 저온장해

저장 중 시료의 부패 정도와 저온장해 증상(수침현상, 조직의 반투명화)을 관찰하여 전체 시료수에 대한 백분율로 나타내었으며 3회 반복 실시하였다.

결과 및 고찰

경도는 토마토의 중요한 품질 인자이며 소비자의 구매여부를 결정짓는 최종지표로 작용한다. 수확 후에 발생하는 연화는 주로 수분 손실과 pectinmethylesterase와 polygalacturonase 등의 세포벽 분해효소 활성화에 기인한다(17). 이러한 효소 활성화는 과실의 숙도 및 저장온도가 높을수록 급격히 증가하므로 수확이 늦어질수록 저온 유지가 더욱 중요하다(18). 본 연구에서는 저장 온도가 숙도에 따른 토마토의 연화 속도에 미치는 영향을 비교하였다. 저장 온도가 낮을수록 연화가 억제되는 결과를 나타내었으나 숙도가 높을수록 온도에 따른 연화 속도의 차이가 낮았다(Fig. 1). Pink 토마토를 10°C에 저장할 경우 5°C에 비해 빠르게

연화되어 2주일 이후에는 red 토마토와 같은 수준으로 연화되었고, turning 토마토는 10°C에서 2주 동안 높은 경도를 유지하였다. Red 토마토는 온도에 관계없이 7일 이내에 급격한 연화를 나타내었으며 그 이후에는 경도의 변화가 측정되지 않았다.

토마토는 수확 후에도 탄수화물, 지방, 단백질로부터 당의 합성이 이루어진다(19). 본 연구에서는 turning~red 단계에서 수확하여 두 저장온도에서의 가용성 고형분 함량의 변화를 살펴보았다. 토마토의 발달단계 중 turning에서 pink 단계로 숙성되는 동안에는 증가하지 않았으나 red 단계에 이르면 현격히 증가하였으며 저장온도가 높은 10°C 저장시 미숙단계에서 수확된 토마토의 가용성 고형분 함량이 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 5°C에 저장할 경우 숙도에 관계없이 저장 3주 동안 가용성 고형분 함량의 변화가 없었다. 이에 비해 10°C에 저장할 경우 turning과 pink 토마토의 가용성 고형분 함량은 급격히 증가하여 2주 이후에는 red 토마토의 수준에 달하였다. 저온에서는 토마토의 정상적인 풍미합성이 저해되어 가용성 고형분 함량의 변화가 제한된다고 보고된 바 있다(20). 가용성 고형분 함량은 당 함량을

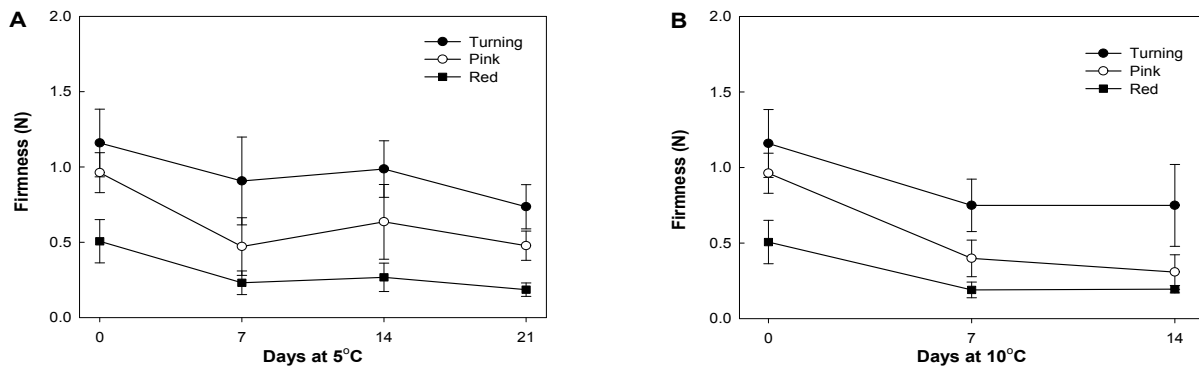


Fig. 1. Change in firmness of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

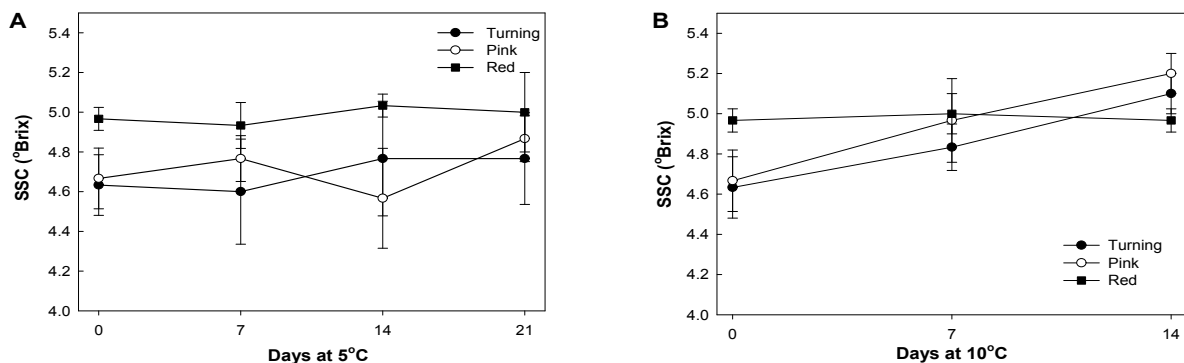


Fig. 2. Change in soluble solids content of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

간접적으로 반영하는 지표 중 하나이므로 pink 단계 이하의 단계에서 수확할 경우에는 10°C 이상의 온도에서 저장하여 가용성 고형분 함량을 높일 수 있으며 이를 통해 풍미를 향상시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 적정산도는 turning에서 pink 단계로 숙성되는 동안 크게 감소하였고 그 이후 숙성 단계에서는 함량의 변화가 나타나지 않았으며, turning 토마토의 경우 수확 후 저장기간 동안 급격한 감소를 나타내었다(Fig. 3). Pink와 red 토마토의 적정산도는 저장기간 동안 미미한 감소를 보였는데, 특히 red 토마토는 저장 온도에 따른 적정산도 함량의 감소 속도에 차이가 없었다.

속도별 수확된 토마토의 저장 중 색 변화를 관찰하였다. Hunter L 값의 경우 turning과 pink 토마토는 저장 중 감소하는 경향을 나타내었고 red 토마토는 크게 변화하지 않아 저장기간이 길어질수록 속도에 따른 차이가 줄어들었다(Fig. 4). Turning과 pink 토마토의 경우 10°C 저장구가 5°C 저장구에 비해 Hunter L 값의 감소가 빨랐고 red 토마토는 저장온도에 의한 영향이 거의 나타나지 않았다. 저장기간 동안 Hunter a 값의 변화는 속도 및 온도에 의해 양상이 다르게 나타났다(Fig. 5). 5°C에 저장할 경우 red와 pink의

Hunter a 값의 변화는 미미하였다. 속도가 가장 낮은 turning 토마토는 5°C 저장 중 지속적인 증가를 보이지만 pink 및 red 토마토의 수준에 미치지 못하여 저장 3주 후에도 붉은 색 형성이 완전하지 않았다. 10°C에서는 pink와 turning 토마토의 Hunter a 값이 크게 증가하여 저장 7일 이후에는 red 토마토의 수준에 도달하였다. 따라서 turning~pink 토마토를 수확한 경우에는 10°C 이상의 온도에서 후숙시켜야 소비자가 선호하는 외관을 형성할 수 있는 것으로 판단되었다. Red 토마토의 경우 온도에 관계없이 Hunter a 값의 변화가 없었다.

저장 중 라이코펜 함량의 변화를 조사한 결과 Hunter a 값의 변화 양상과 일치하는 경향을 보였다. Turning, pink, red 토마토의 수확시 라이코펜 함량은 각각 3.5, 17.4, 20.6 mg·kg⁻¹FW으로서, turning에서 pink 단계로 발달하는 동안 함량의 변화가 컸다(Fig. 6). 5°C에 저장할 경우 pink 토마토의 라이코펜 함량은 저장 후기로 갈수록 낮아지는 경향이었으며, turning 토마토는 저장 초기 1주일 동안 10 mg·kg⁻¹FW으로 증가하였다. 10°C에서는 라이코펜 함량의 변화 양상이 이와 매우 다르게 나타났다. 완숙과인 red 토마토는 수확

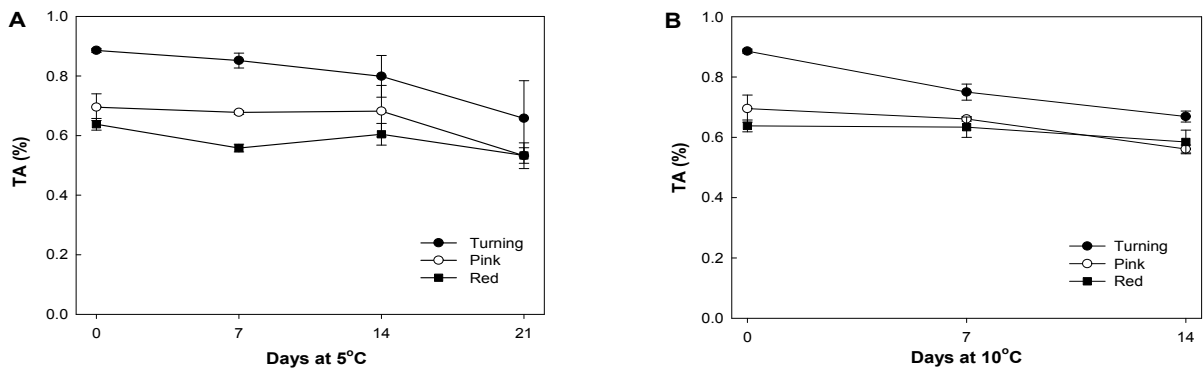


Fig. 3. Change in titratable acidity (TA) of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

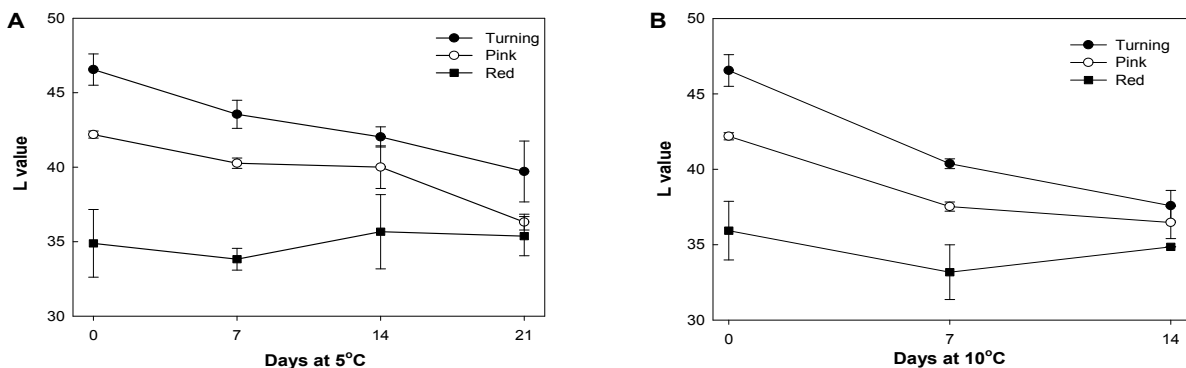


Fig. 4. Change in L value of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

후 라이코펜 함량의 변화가 없었으나, 미숙과인 pink와 turning 토마토는 급격히 증가하여 2주 후에는 red 토마토와 동일한 수준에까지 달하였다. 라이코펜 함량은 높은 온도에 보관하였을 때 저온에 둔 경우에 비해 2배 이상 높아진다고 보고된 바 있다(21).

토마토의 숙도별 저장성을 비교하기 위해 각 온도에서 3주 동안 저장한 후 부패율을 관찰하였는데 저장 온도가 높은 10°C 저장구에서 높은 부패율을 나타내었다(Fig. 7). 5°C저장시 부패율은 매우 낮았으며, red 토마토가 12%, turning과 pink 토마토는 약 5% 내외에 그쳤다. 10°C에서는 숙도에 관계없이 약 80%의 부패율을 나타내었다. 토마토는 13°C 이하의 온도에서 장기간 저장할 때 저온장해가 발생하는 것으로 알려져있다(14). 본 연구에서는 ‘Rafito’ 품종을 대상으로 숙도에 따른 저온장해 민감도를 비교하고자 5°C와 10°C에서 3주간 저장한 후 과육에 나타나는 과육의 수침 정도를 관찰하였다(Fig. 8). 10°C에서는 저온장해 발생이 매우 미미하였고 숙도에 따른 차이도 없었다. 5°C에 저장한 경우 저온장해가 크게 발생하였으며 미숙할수록 과육의 수침현상 정도가 심한 경향을 보였다. Turning 토마토는

약 45%의 저온장해를 나타내었고 pink와 red 토마토의 저온장해 발생율은 turning 토마토의 절반 이하로 낮았다.

이상의 연구 결과를 종합할 때 토마토는 저장 3주 이후에는 저온장해(5°C)와 부패(10°C)가 발생하므로 2주간의 저장이 가능하였다. Red 토마토의 경우 5°C와 10°C의 저장 온도에 따른 품질의 차이가 나타나지 않았으나 이보다 미숙한 상태에서 수확된 turning과 pink 토마토는 저장온도가 품질에 미치는 영향이 컸다. Turning과 pink 토마토를 5°C에 저장할 경우 경도는 효과적으로 유지되나 가용성 고형분 함량의 증가, 산도의 감소, 붉은색 발현, 라이코펜 함량 증가 등의 숙성 과정이 억제되어 미숙한 품질 상태가 머무르는 문제가 발생되었다. 이에 비해 10°C에 저장하면 수확 당시에 비해 외관과 맛이 우수해지고 라이코펜 함량이 증가하는 등 외 내부 품질이 향상되었다. 따라서 ‘Rafito’ 토마토의 경우 유통기간을 2주일 이내로 설정하여야 하며, red 단계에서 수확할 경우에는 5°C의 저온저장이 가능하며, 이보다 미숙한 상태에서 수확된 경우에는 10°C가 적정 관리 온도인 것으로 판단되었다.

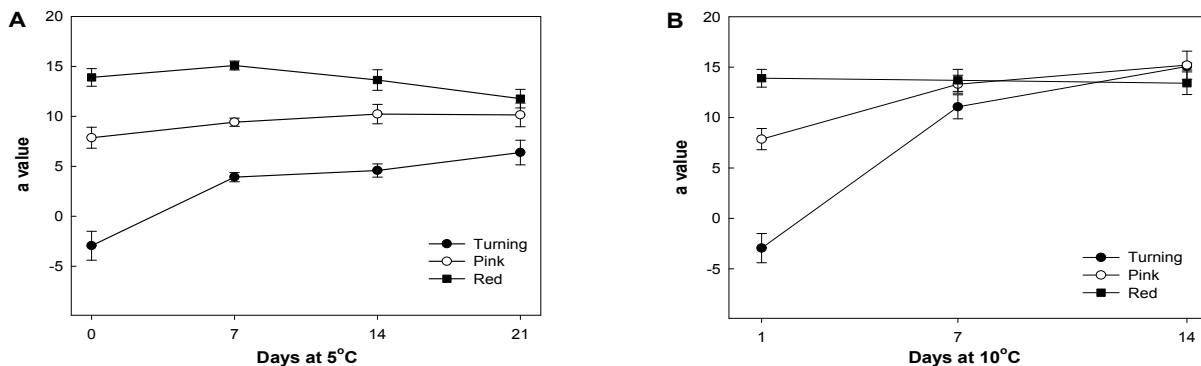


Fig. 5. Change in a value of ‘Rafito’ tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

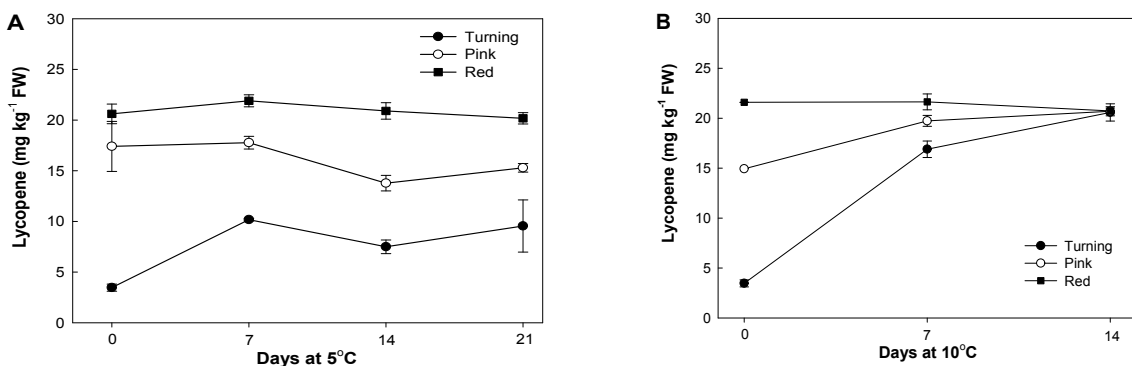


Fig. 6. Change in lycopene content of ‘Rafito’ tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) during storage at 5°C (A) and 10°C (B).

Data are mean±S.E. (n=3)

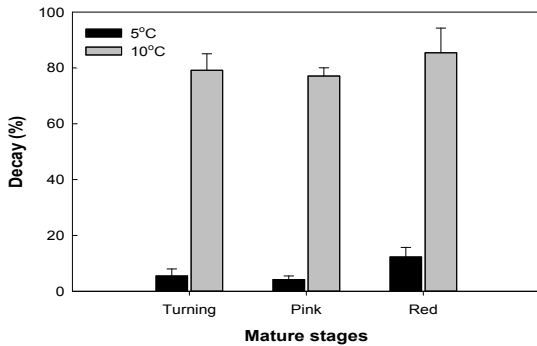


Fig. 7. Decay occurrence of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages (turning, pink, and red) after 3 weeks at 5°C and 10°C.

Data are mean±S.E. (n=3)

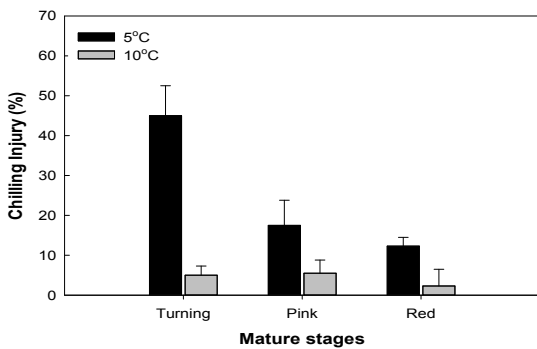


Fig. 8. Chilling injury occurrence of 'Rafito' tomatoes harvested at different mature stages after 3 weeks at 5°C and 10°C.

Data are mean±S.E. (n=3)

요 약

본 연구에서는 수확시 숙성 정도가 토마토의 저장 중 품질변화에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 그린하우스에서 재배된 'Rafito' 품종을 각각 turning, pink, red 단계에 수확한 후 30 µm PE 필름으로 포장한 후 5°C와 10°C에 두어 1주일 간격으로 경도, 가용성 고형분 함량, 적정산도, 색, 라이코펜 함량, 부패율, 저온장해율을 조사하였다. 저장 3주 이후에 5°C에서는 저온장해가 10°C에서는 부패가 높게 발생되었다. 5°C에서는 수확 후 품질변화가 거의 없으므로 완숙과인 red 토마토의 품질 유지에 적합하였으나, turning과 pink 토마토는 수확 후 숙성과정이 억제되어 저장 2주 후에도 미숙한 상태에 머물렀다. Turning과 pink 토마토를 수확 후 10°C에 저장하면 수확기에 비해 품질이 향상되었다. 특히, turning 토마토는 10°C에 2주간 저장할 경우 연화는 억제되어 경도가 높게 유지되면서도, 착색이 완성되고 SSC/TA가 증가하며 라이코펜 함량이 완숙과 수준으로 증가되어 내·외부 품질이 가장 우수하였다. 따라서 red 단계에서 수확

된 'Rafito' 토마토의 경우 부패를 억제할 수 있는 5°C 저장이 바람직하며, red 단계보다 미숙한 상태에서 수확할 경우 저온에서는 후숙에 의한 품질형성이 억제되므로 10°C가 적정 온도인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품 연구개발사업(2007년 자유공모)의 연구비 지원에 의해 수행된 연구결과 의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Khachik F, Carvalho L, Bernstein PS, Muir GJ, Zhao DY, Katz NB (2002) Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health. *Expt Biol Med*, 227, 845-851
2. Abushita AA, Hebshi EA, Daood HG, Biacs PA (1997) Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chem*, 60, 207-212
3. Carrari F, Baxter C, Usadel B, Urbanczyk-Wochniak E, Zanol MI, Nunes-Nesi A, Nikiforova V, Centero D, Ratzka A, Pauly M, Sweetlove LJ, Fernie AR (2006) Integrated analysis of metabolite and transcript levels reveals the metabolic shifts that underlie tomato fruit development and highlight regulatory aspects of metabolic network behavior. *Plant Physiol*, 142, 1380-1396
4. Giovanelli G, Lavelli V, Peri C, Nobili S (1999) Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *J Sci Food Agr*, 79, 1583-1588
5. Cano A, Acosta M, Arnao MB (2003) Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biol Technol*, 28, 59-65
6. Cantwell M (2000) Optimum procedures for ripening tomatoes. In: *Management of Fruit Ripening*, 9th ed. University of California, Davis, USA, p 80-88
7. Balibrea ME, Martinez-Andujar C, Cuartero J, Bolarin MC, Perez-Alfocea F (2006) The high fruit soluble sugar content in wild *Lycopersicon* species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. *Funct Plant Biol*, 33, 279-288
8. Malundo TMM, Shewfelt RL, Scott JW (1995) Flavor

- quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. *Postharvest Biol Technol*, 6, 103-110
9. Schuch W, Bird C (1994) Improving tomato fruit quality using bioscience. *Acta Hort*, 376, 75-80
 10. Tandon KS, Baldwin EA, Scott JW, Shewfelt RL (2003) Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor. *J Food Sci*, 68, 2366-2371
 11. Ahumada M, Cantwell M (1996) Postharvest studies on pepinodulce (*Solanum muricatum*): maturity at harvest and storage behavior. *Postharvest Biol Technol*, 81, 129-136
 12. Beaulieu JC, Gorny JR (2001) Fresh-cut fruits. In: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, Gross K, Saltveit ME, Wang CY (Editors), USDA Handbook 66, USDA, Washington DC, USA, p 1-49
 13. Getinet H, Seyoum T, Woldetsadik K (2008) The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. *J Food Eng*, 87, 467-478
 14. Maul E, Sargent SA, Sims CA, Baldwin EA, Balaban MO, Huber DJ (2000) Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. *J Food Sci*, 65, 1228-1237
 15. Pinheiro J, Alegria C, Abreu M, Goncalves EM, Silva CLM (2013) Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage. *J Food Eng*, 114, 338-345
 16. USDA (1991) United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. USDA, Agricultural Marketing Service, Washington DC, USA
 17. Vu TS, Smout C, Sila DN, LyNguyen B, Van Loey AML, Hendrickx MEG (2004) Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 5, 37-44
 18. Stevens C, Liu J, Khan VA, Lu JY, Kabwe MK, Wilson CL, E.C.K. Igwegbe, E. Chalutz, S. Droby (2001) Involvement of pectin methyl-esterase during the ripening of grape berries: partial cDNA isolation, transcript expression and changes in the degree of methyl-esterification of cell wall pectins. *Phytochem*, 58, 693-701
 19. Beckles DM (2012) Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol Technol*, 63, 129-140
 20. de Leon-Sanchez FD, Pelayo-Zaldivar C, Rivera-Cabrera F, Ponce-Valadez M, Avila-Alejandre X, Fernandez FJ, Escalona-Buendia HB, Perez-Flores LJ (2009) Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. *Postharvest Biol Technol*, 54, 93-100
 21. Toor RK, Savage GP (2006) Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem*, 99, 724-727

(접수 2012년 11월 6일 수정 2013년 1월 18일 채택 2013년 4월 10일)