

고품질의 신선편이 토마토 유통을 위한 기술 개발 연구

(Development of Technology for Improving the Quality of Fresh-cut Tomatoes)

신선편이 토마토의 유통기술 개발 (제 1세부)

(Development of distribution technology for fresh-cut products)

신선편이 토마토를 위한 원료관리 기술 개발 (협동과제)

(Development of post-harvest technology of tomatoes for fresh-cut use)

한국식품연구원

농림수산식품자료실



0016745

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “고품질의 신선편이 토마토 유통을 위한 기술 개발 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2010 년 5 월 28 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

주관연구책임자 : 최 정 희

연 구 원 : 김 동 만

연 구 원 : 정 문 철

위촉 연구원 : 박 미 정

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 이 승 구

요 약 문

I. 제 목

고품질의 신선편이 토마토 유통을 위한 기술 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 신선편이 제품으로 유통되고 있는 농산물은 양상추, 감자, 양파, 마늘 등 채소류가 주를 이루고 있으며, 국내에서는 토마토를 비롯한 과채류를 신선편이 형태로 가공하여 유통하는 신선편이 업체는 전무한 실정이다. 과채류는 채소류에 비해 절단 및 박피 후 품질의 변화가 크게 발생하며, 특히 호흡 급등형 과채류의 경우에는 에틸렌에 의한 품질의 변화가 빠르게 진행되므로 신선도 유지를 위한 제반 기술의 뒷받침이 필요하다. 토마토는 대표적인 호흡 급등형 과채류로써 수확 후 후숙이 빠르게 이루어지므로 수확시의 품질을 유지하기가 매우 어려우며, 13°C 이하의 온도에서는 수침현상이 발생하고 이에 따라 곰팡이에 의한 부패가 증가하는 등 저온장해가 발생하는 작물이므로 저온 유통 시스템에 의거한 품질 관리가 어렵다. 미국을 비롯한 선진국의 경우 신선편이 토마토의 제조와 이의 이용이 분리되어 있어, 대형 레스토랑이나 샐러드 바에서 소비자에게 제공되는 신선편이 토마토는 제조업체로부터 공급된 것을 사용한다. 이와 비교하여 국내의 외식업체에서는 토마토 원물을 공급받아 매장에서 직접 세척 및 절단 하여 소비자에게 공급하고 있으므로 철저한 위생 관리가 담보되지 못한 상태로 운영되고 있다. 신선편이 가공 공정 및 시설 관리가 미흡한 상태에서 신선편이 제품을 가공할 경우 각종 오염원의 제어가 불가능하므로 식품의 안전성 문제가 발생할 위험이 높다. 미국의 경우 신선 농산물에 의한 많은 건수의 식중독 사고가 발생되고 있는데, 2004년도에는 살모넬라균에 오염된 토마토의 의한 식중독 발생 사례가 보고된바 있다.

토마토는 숙도가 높을수록 영양성분이 증가하고 식미도가 좋아 기호도가 높아지지만, 유통 과정 중에 급격히 연화되고 부패가 빠르게 발생하므로 완숙과에 이르지 못한 미숙 단계에 수확한 후 유통기간 중에 후숙이 진행되어 소비자에게 공급되고 있는 실정이다. 이런 경우 영양 성분과 향미 성분이 완숙과에 비해 낮아 토마토에 대한 소비자 기호도를 낮추는 결과를 초래한다. 특히, 신선편이 제품은 원물에 비해 품질의 변화가 더욱 빠른 이유로 완숙과의 이용이 상대적으로 더 어려운 실정이

다. 완숙과를 이용하여 신선편이 제품을 가공 및 유통하기 위해서는 원물의 선별과 저장관리, 그리고 신선편이 제품의 신선도 연장을 위한 제반 기술이 개발되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 신선편이 토마토의 품질 및 신선도에 영향을 미치는 요인을 구명하고 이를 제어할 수 있는 기술을 개발함으로써 고품질의 신선편이 토마토 제품의 유통체계를 구축하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

국내에서 재배되고 있는 일본계 품종과 유럽계 품종을 관행적기에 수확하여 품질 특성 및 저장 중 품질변화 양상을 조사하여 신선편이 가공을 위한 원료 적합성을 구명하였으며, 수확된 토마토의 저장 조건을 설정하고자 성숙 정도와 저장온도가 저장 중 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 저장된 원물을 이용하여 신선편이 토마토를 가공할 때 원물의 품질변화가 신선편이 제품의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 통해 원료의 숙도, 저장조건 및 저장 기간에 따른 신선편이 제품의 품질 관리 조건을 체계화하고자 하였다. 또한 완숙된 토마토의 저장기간 중 품질 유지를 위해 에틸렌의 작용을 억제하기 위해 CO₂, 1-MCP, NO 등을 처리하여 이들의 효용성을 구명하고 최적 조건을 설정하였다. 미숙 단계에서 수확된 원료를 저장할 때 원하는 시기에 균일한 상태의 우수한 품질로 변화시키기 위해 토마토의 숙도에 따른 후숙 온도 및 에틸렌 처리 조건을 설정하였다. 토마토의 재배시기에 따른 신선편이 제품의 유통 중 총균 및 대장균군 증식 정도를 조사하였으며, 비화학적 처리로서 hexanal, ethanol, CO₂ 등을 처리하여 신선편이 토마토 유통 중 미생물 증식 억제 효과를 평가하였다. 신선편이 토마토의 유통 중 신선도 연장을 위한 기술로서 여러 작물의 품질 변화 및 부패를 줄이는 효과가 있는 것으로 보고되고 있는 고농도 CO₂ 처리, 이를 이용한 active MAP 처리를 실시하였으며, 에틸렌의 작용을 억제하여 신선도를 연장시키기 위해 1-MCP 및 에틸렌 제거제 처리의 효과를 비교 분석하였다.

Ⅳ. 연구개발결과

국내에서 재배되고 있는 일본계 품종과 유럽계 품종을 관행 적숙기인 pink stage에 수확하여 품질 특성 및 수확 후 품질변화 특성을 조사한 결과 외형, 색, 맛과 풍미 등의 품질 특성보다는 조직감, locular gel과 과육의 결합력, 과즙의 유출 정도가 신선편이 가공 적성을 결정짓는 중요한 품질 인자로 판단되었다. 일본 품종은 당/산비가 높고 풍미가 풍부한 장점이 있으나 조직이 연하고 저장 중 품질의 변화가 급격히 발생하며 과육 절단시 locular gel이 쉽게 분리되고 과즙의 유출이 많아 신선

편이 가공을 위한 원료로서 적당치 않았다. 유럽 품종은 대부분 맛과 풍미에서는 일본 품종에 비해 품질이 낮으나 조직이 단단하고 locular gel과 과육이 잘 유착되며 수확 후 품질 변화가 매우 낮아 신선편이 가공 및 유통에 적합한 것으로 나타났다.

현재까지는 국내에서의 토마토 생산은 일본계 품종이 주를 이루고 있으므로 일본계 품종 중 신선편이 가공에 적합한 품종을 선정하고자 하였다. 'Momotaro', 'Super momotaro', 'Resend summer' 등 3 품종을 pink stage에 수확하여 동일한 방식으로 품질 특성을 비교하였다. 'Momotaro' 품종은 산도가 가장 낮으며 저장기간 동안 산도의 하락이 두드러졌으며, 'Resend summer' 품종의 산도가 가장 높았다. 'Resend summer'는 경도가 높고 과육이 두꺼우며 locular gel이 과육에 단단하게 결합되어 있는 구조적인 특성을 지니고 있어 신선편이 가공에 비교적 적합한 것으로 판단되었다.

유럽계인 'Rafito'와 'Madison' 품종을 대상으로 수확시 속도에 따른 저장조건 설정연구를 실시하였다. Breaker stage에 수확하여 5°C 및 10°C에 저장할 때 경도가 잘 유지되는 장점이 있으나 저장 기간 동안 후숙이 정상적으로 이루어지지 않으며 lycopene 함량이 최고 수준에 이르기 위해서는 10°C에서 2주의 기간이 요구되었다. 두 품종 모두 붉은 색의 발현 정도에 따라 lycopene 함량이 증가하는 경향을 보였고 5°C에서는 저장기간 동안 함량의 변화가 거의 없었다. 'Rafito' 품종은 완숙 전에 수확한 경우 10°C에서 그 함량이 증가하였다. 'Madison' 품종은 수확 후 품질 변화가 매우 느리게 나타났다. 'Rafito' 품종은 저장 3주 후 조사한 결과 5°C에서는 부패가 발생하지 않았으며 10°C에서는 모든 속도에서 80% 이상의 부패율을 보였다. 반면 'Madison' 품종은 4주 이후에 부패가 발생하였다. 'Madison' 품종은 부패가 적게 나타나지만 5°C에서 저온장해가 발생하며 breaker stage에 수확할 때 가장 높은 장해율을 보였고 pink stage가 가장 적었다. 따라서 품종이나 속도에 관계없이 10°C에 저장하면 미숙과의 경우에는 후숙이 완성되는 장점이 있고 pink 및 red 과실을 수확한 경우에도 'Rafito'는 2주 'Madison'은 3주 동안 품질이 유지되었다.

저장기간 동안 발생하는 원료의 연화는 신선편이 가공과 유통을 어렵게 하므로 이를 억제하기 위한 기술개발을 실시하였다. 소비자 기호도가 가장 높은 것으로 여겨지는 pink와 red stage에 수확한 'Rafito' 토마토를 대상으로 100% CO₂를 3~9시간 동안 전처리하여 10°C에 저장할 때 연화, 색의 변화, 곰팡이균에 의한 부패가 억제되는 효과가 나타났다. 저장성이 강한 'Madison' 품종은 CO₂ 처리에 의한 영향이 적게 나타났으므로 이 품종에 대해서는 1-MCP 처리 효과를 분석하였다. Pink stage 이후에 수확한 경우 저장기간 동안 지속적으로 호흡과 에틸렌 발생량이 감소

하는 추세를 나타내며 경도, 가용성 고형물 함량, 적정산도에는 유의적 변화가 나타나지 않았다. 1-MCP 처리에 의해 중량 감소가 억제되고 과피색이 밝게 유지되는 효과가 있었다. Breaker와 pink stage에서 수확한 'Rapsodie' 품종을 10°C에 저장할 때 NO를 전처리할 경우 breaker 과실에서는 연화가 억제되는 효과가 나타나지만 pink 과실에서는 그 효과가 크지 않았다. 오히려 저장 10일 이후 NO 처리에 의한 장해증상이 나타났다. 수확 후 토마토의 품질 변화에 온도와 에틸렌이 미치는 영향을 살펴본 결과 에틸렌의 존재보다 pre-warming이 저장 중 품질 변화를 더 촉진하였으며 두 조건이 동시에 적용될 경우 상호 상승효과가 있으나 pre-warming 단독 처리에 비해 그 효과가 크지 않았다. 따라서 토마토의 신선도 연장을 위한 기술로서 에틸렌 제거 또는 작용 억제를 통한 관리 보다는 온도 관리가 더욱 중요한 인자로 판단되었다. 후숙 조건 설정을 위한 실험 결과 breaker 단계에 수확된 'Rapsodie' 품종을 20°C에서 100 ppm 에틸렌 처리시 2일 이후에는 pink stage의 품질로 변화되며, 자연 후숙된 토마토에 비해 lycopene 함량도 빠르게 증가되었고 에틸렌 처리에 의한 과도한 연화가 발생하지는 않았다. 따라서 100 ppm 에틸렌 처리는 조직감에는 영향을 주지 않고 색의 발현을 촉진시켜 외관 및 기능성을 향상시킬 수 있는 후숙 기술로 사용할 수 있을 것으로 기대되었다. 수확 후 후숙이 느린 'Madison' 품종을 breaker stage에서 수확한 경우, 10°C에서는 에틸렌 처리에 의한 영향이 거의 없었으며 20°C에서 100 ppm 에틸렌을 24시간 처리할 경우 7일 이후 완전히 후숙 되었다. 이때에도 에틸렌 처리가 색 변화는 촉진시키나 연화는 촉진하지 않았다. Turning과 pink 토마토 또한 에틸렌 처리에 의해 색 발현이 촉진되는 결과를 얻을 수 있었다.

원료의 재배시기에 따라 신선편이 토마토의 미생물 증식 정도가 차이가 나타났으며 하절기에 재배된 원료로 신선편이 할 경우 총균과 대장균군의 증식이 높았으며, pink 토마토를 이용한 신선편이 제품은 breaker 토마토에 비해 미생물 증식이 높았다. Hexanal 0.075 ppm 처리시 총균 및 대장균군이 억제되는 효과가 있었으며 이보다 높은 농도 처리시 연화가 촉진되고 이취가 발생되므로 고농도 처리는 불가능하였다. 25 ppm 이상의 에탄올에 의해서도 미생물 증식이 억제되나 이취가 발생되어 소비자 기호도가 낮아지는 문제가 발생하였다. 15% CO₂ MAP 처리시 미생물이 감소하는 효과가 있었으며 이를 에탄올 처리와 병행할 경우 상승효과는 있으나 무처리구는 부패취가 발생하고 25 ppm 이상의 에탄올 처리구는 알코올취가 문제가 되므로 15% CO₂ MAP 단독 처리가 바람직하였다. Red stage에서 수확된 'Ofira' 품종을 원료로 가공된 신선편이 제품을 50% CO₂로 치환 포장 하였을 때 산도가 높게 유지되며 Hunter L 값의 하락을 막아 신선도가 향상되는 효과가 나타났다. 그러

나 미생물 증식을 억제하는 효과는 없었다. 15% CO₂ active MAP 조건에서 미생물 증식 억제 효과가 나타났으므로 이의 최적 조건을 설정하기 위한 실험을 실시한 결과 15% CO₂ 조건에 O₂ 농도를 70%로 높일 경우 색의 변화 및 미생물 증식을 억제하는 효과가 매우 탁월하였다. 250 ppb 이상의 1-MCP 처리를 통해 breaker와 pink stage의 신선편이 토마토의 색 변화가 지연되었으며 특히 750 ppb 처리구의 경우 breaker 토마토의 경도가 높게 유지되었다. 그러나 1-MCP의 처리 효과는 처리 후 저장 기간이 길어지면 감소하였다. 750 ppb 이상 처리시 총균과 대장균군의 증식에는 영향이 없으나 곰팡이 균의 생육은 억제되는 경향이었으며, 에틸렌 흡착제 처리에 의해서도 곰팡이에 의한 부패가 경감되는 결과를 얻었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 학술적 성과

최정희, 정문철, 김병삼, 강예정. 2007. CO₂-shock 처리가 fresh-cut 토마토의 저장 중 품질 특성에 미치는 영향. 한국원예학회

최정희, 김찬우, 김동만, 정문철, 이승구. 2008. 혼합가스 농도에 따른 신선편이 토마토의 품질 변화. 한국식품과학회

Eun Ho Jeong, Seung Koo Lee. 2008. Effect of storage temperature, ripening stage, and CO₂ treatment on fruit quality and storage life in 'Madison' tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh-cut. AHC.

최정희, 김동만, 정문철, 박미정. 2009. High CO₂ MAP 처리시 O₂ 농도가 신선편이 토마토의 신선도에 미치는 영향. 한국원예학회

Eun Ho Jeong, Seung Koo Lee, Jeong Hee Choi. 2009. Effect of 1-MCP treatment on fruit quality and storage life in 'Madison' tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh-cut use. 한국원예학회

최정희, 박미정. 정문철, 김동만. 2010. 1-MCP 전처리가 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향. 한국원예학회

최정희, 박미정. 정문철, 김동만. 2010. CO₂ 전처리가 토마토의 저장성 및 신선편이 가공 후의 품질에 미치는 영향. 한국원예학회

2. 산업적 성과

신선편이 토마토의 원료 선택 기준 수립 및 저장성 향상 기술을 개발하고 신선편이 토마토의 유통 중 신선도 연장을 위한 전처리 및 포장기술을 개발하여 수원지구

원예농협 산지유통센터에 기술 이전을 하였으며(핵심기술명; 신선편이 토마토를 위한 원료 관리 기술 및 신선편이 토마토의 신선도 연장 기술, 2010. 4), 본 과제 수행을 통해 얻은 결과를 토대로 국내 특허를 출원하였다(과채류의 전처리 방법 및 장치 개발, 출원번호: 10-2010-0043131).

3. 성과활용 계획

본 과제 수행 중에 얻은 연구 결과의 일부는 ASEAN-ROK 프로그램에 참가한 동남아 연수생 20인 및 국내 농산물 유통 전문가 30인에게 기술교육 내용으로 활용됨.

특허 출원 관련 내용은 기초 자료를 보완하여 향후 한국식품과학회지, 한국원예학회지, 한국식품저장유통학회지, Postharvest Biology and Technology 등 국내외 학술지에 게재할 예정임. 또한 volatile compound 처리 기술을 현장에서 용이하게 이용할 수 있도록 실용성을 향상시켜 특허 출원할 예정임.

SUMMARY

I . Title

Development of technology for improving the quality of fresh-cut tomatoes

II . Objectives and Significance

Research of technology on the fresh-cut products was undergoing actively in late 1990's after rapid increasing of demand on fresh-cut products in early 1990's. Domestic companies have been supplying fresh-cut products mainly using vegetables like as lettuce, potato, and garlic. Tomato is the typical examples of climacteric crops, which are highly regulated by ethylene, and so quality and marketability of fresh-cut tomato deteriorate rapidly after cutting compared with other vegetables. Cultivars with long shelf-life have been used for fresh-cut to slow ripening and extend storage life. In addition, the use of cold-chain system is impossible for tomatoes because of high sensitivity to chilling injury when stored below 13°C for long time.

Processing and circulation of fresh-cut tomatoes, therefore, is much less in Korea. Tomatoes were mostly processed in the form of fresh-cut at the restaurants, where the equipments and safety control system for the fresh-cut processing is poor. Fresh produces have been associated with numerous outbreaks of food-borne illness in recent years. Contributing factors include poor hygiene and unsanitary procedures of field and processing workers, inadequate cleaning of processing equipment, the use of decayed or damaged raw material and failure to wash properly before fresh-cut processing. Consumers demand tomatoes with pink or red colour which have higher nutrition and taste, but the fast acceleration of changes related to ripening can be a limitation to marketing and using the vine-ripe tomatoes. Deterioration of quality of fresh-cut products with ripe tomatoes is more difficult compared with whole fruits. Management system of tomatoes from harvest time, therefore, should be developed for trading of fresh-cut tomatoes with high quality. Therefore, this study was carried out to evaluate the factors affecting the quality of fresh-cut tomatoes, to develop technology extending the shelf-life of whole and fresh-cut tomatoes, and to set

the management system of raw material, which can give high quality of fresh-cut products and stable supply of continuous quantity.

III. Contents and Scope

The quality characteristics at harvest and the change in quality index after harvest were evaluated with several Japanese and European cultivars of tomatoes grown in the country to determine the processability of each cultivar as a raw material for fresh-cut products. Research on the effect of maturity at harvest and storage temperatures on the quality of tomatoes during storage was also carried out with several European cultivars. For the systematic management of raw material, the differences in quality of fresh-cut products depending on the storage period was investigated. For the improvement of storability of tomatoes fully matured in vine which has very short shelf-life after harvest, high CO₂, 1-MCP, and NO were treated and investigated the effectiveness according to the cultivars and the treatment conditions. To make the use of immature tomatoes for the fresh-cut processing at the time of use, study for the post-harvest ripening condition was carried out with tomatoes at breaker, turing, and pink stages. For this purpose, the effect of the temperature and the ethylene treatments of various concentrations and treatment durations on the ripening of tomatoes were evaluated based on the change in hardness and colour. Changing patterns of microbial growth of fresh-cut products depending on the growing seasons of tomatoes were checked. To develop the non-chemical technology to control the microbial growth in fresh-cut product, volatile compounds like as hexanal and ethanol, and active MAP were applied and then efficacy was analyzed considering both the inhibition of microbial growth and the change in quality. For the improvement of freshness of fresh-cut product, high CO₂, 1-MCP, and ethylene absorbent were treated with various cultivars at mature stage.

IV. Results and Recommendation

Hardness of pericarp and placenta, adhesion of locular gel to the placenta and the pericarp, and juice leakage of each cultivar are important determinants for fresh-cut processing. European cultivars were more suitable for fresh-cut

processing compared with Japanese cultivars due to the characteristics listed above despite of lower SSC/TA ratio and weak flavour. Japanese cultivars showed more juice leakage, soft texture, and easily separated locular gel when sliced, so the processing in the form of fresh-cut was very difficult. Among Japanese cultivars which is primarily grown in Korea currently, 'Resend summer' has high hardness, thick pericarp, and strong adhesion of locular gel, so determined as the most for fresh-cut processing.

Research for the establishment of storage condition of European cultivars, 'Rafito' and 'Madison', of various maturity stages (breaker, pink, and red) were carried out. Tomatoes harvested at breaker stage showed reduced softening, but delayed or inhibited normal ripening after harvest at 5°C and 10°C. It took at least 2 weeks for breaker tomatoes to arrive at the maximum lycopene content, a same level to vine-ripe tomatoes. Lycopene content of tomatoes increased with redness of tomatoes, and did not increase during storage at 5°C. Lycopene content in 'Rafito' cultivar harvested at immature stage increased during storage at 10°C, but rarely increased in 'Madison' cultivar. Change in quality after harvest was more slow in 'Madison' than 'Rafito' cultivar. 'Madison' cultivar had no decay for 3 weeks at 5°C and more than 80% of decay developed at 10°C regardless of the maturity stages at harvest. 'Madison' cultivar showed the lower decay and more chilling injury at 5°C compared with 'Rafito' cultivar. The symptom of chilling injury decreased with the maturity. Regardless of cultivars, tomatoes harvested at breaker stage should be stored at 10°C, not at 5°C, for subsequent normal ripening after harvest. When stored at 10°C, shelf-life of 'Rafito' and 'Madison' cultivar was 2 and 3 weeks, respectively.

The use of pink or red tomatoes matured in vine or after harvest for the fresh-cut use is more difficult because of rapid deterioration. Pre-treatment of 100% CO₂ for 3~9 hours inhibited softening, colour change to dark-red, and decay of fresh-cut products processed with fresh tomatoes harvested at pink stage. 'Madison' cultivar was less affected by CO₂ treatment than 'Rafito' cultivar. Respiration and ethylene production increased up to the maximum level at the pink stage and then decreased afterward. 'Madison' cultivar harvested at pink stage showed decrease in respiration and ethylene production and no change in hardness, SSC, and titratable acidity during storage. 1-MCP inhibited

the weight loss and colour change of this cultivar. NO treatment inhibited softening of breaker tomatoes during storage at 10°C, but resulted in injury symptom after 10 days. Pink and red tomatoes, however, had little influence by NO treatment. Control of temperature might be more important for the enhancement of freshness in tomatoes than removal or inhibition of ethylene action. 'Rafito' and 'Madison' cultivars harvested at breaker stage could be ripened up to the pink stage after 2 and 7 days at 20°C, respectively, after ethylene treatment of 100 ppm. Lycopene content in tomatoes was increased by ethylene treatment, but hardness was remained the same level with untreated ones.

Microbial growth of fresh-cut products was relatively severe when processed with tomatoes grown in summer season and with ripened ones. Hexanal treatment of 0.075 ppm showed the inhibition of microbial growth. The stronger condition of hexanal resulted in severe softening and off-flavour. Ethanol treatment with over than 25 ppm could reduce the microbial growth, but like a hexanal, occurred off-flavour in fresh-cut products. Combined treatment of ethanol and 15% CO₂ MAP showed no synergy effect on the inhibition of microbial growth. Effect of 15% CO₂ active MAP on the microbial growth was varied by O₂ concentration. Active MAP condition of 70% O₂ with 15% CO₂ resulted in great control in microbial growth and colour change during storage of fresh-cut tomatoes. When treated with 1-MCP, more than 250 ppb, resulted in delayed colour change and decay by fungi in fresh-cut products processed with breaker and pink tomatoes. 1-MCP of 750 ppb inhibited the softening remaining the pericarp hard. The effect of 1-MCP treatment gradually disappeared with storage period of fresh tomatoes before the fresh-cut processing. Ethylene absorbent inside of packaging of fresh-cut products also could reduce the decay by fungi.

CONTENTS

Chapter 1. Outline of Research Project	15
Chapter 2. States of the Art Report	17
Chapter 3. Research Performed and Results	23
Section 1 Material and Method	23
Section 2 Result and Discussion	29
1. Processibility of various tomato cultivars for fresh-cut use	29
2. Storage condition of tomatoes	44
3. Improvement of quality of tomatoes during storage	66
4. Post-harvest ripening condition of unripe tomatoes	92
5. Improvement of safety of fresh-cut tomatoes	110
6. Effect of maturity on the quality of fresh-cut tomatoes	133
7. Improvement of freshness of fresh-cut tomatoes	146
Chapter 4. Research Attainments and Contributions	186
Chapter 5. Application Plans for Research Products	188
Chapter 6. Science and Technology Information from Abroad	190
Appendix	198

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	15
제 2 장	국내외 기술개발 현황	17
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	23
제 1절	연구개발 수행 방법	23
제 2절	연구 내용 및 결과	29
1.	토마토 품종간 신선편이 가공 적성 비교	29
2.	토마토의 저장 조건 설정 연구	44
3.	토마토의 저장성 향상 기술 개발	66
4.	미숙과의 후숙 기술	92
5.	신선편이 토마토의 미생물적 안전성 확보 기술	110
6.	원료의 숙성 정도가 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향	133
7.	신선편이 토마토의 신선도 연장 기술	146
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	186
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	188
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	190
제 7 장	참고문헌	198

제 1 장 연구개발과제의 개요

미국의 IFTA(International Fresh-cut Products Association)에 의하면 1999년 미국에서 판매되는 과실 및 채소류의 10%가 신선편의 형태이며 금액으로는 80억불에 달하고, 2003년도에는 50%의 신장을 나타내었다. 또한 가까운 일본의 신선편이식품 시장 규모는 해마다 큰 폭으로 성장하고 있다. 1999년 1조원(1,200억엔) 수준이던 일본 신선편이식품 시장 규모는 불과 6년만에 2조 4,000억원(3,000억엔)으로 두 배 이상 커졌다. 이는 3,300억원 수준인 국내 신선편이식품 시장의 7배 가까운 규모다. 일본의 신선편이식품 시장이 급성장하고 있는 것은 신선편이식품의 주 고객이 KFC 같은 대형 외식업체들이었던 데 비해 최근 들어서는 소규모 식당뿐 아니라 일반 소비자를 대상으로 하는 대형마트나 슈퍼마켓을 통한 매출이 크게 늘어났기 때문이다. 국내에서도 신선편이 농산물에 대한 소비가 확대되어 최근에는 조리용도별, 기능별로 다양화되어 제육볶음용·매운탕용 상품은 물론 친환경 샐러드 제품이 선보여 소비자들로부터 높은 호응을 얻고 있다. 실제로 국내의 한 대형마트에서는 처음 14가지 품목을 개발해 월 6,000만원의 매출을 올린 이후, 2005년에는 품목을 120가지로 확대하고 신선편이 농산물 매출만 월간 5억원, 연 60억원 이상의 매출을 올리고 있는 것으로 조사되었다.

현재 신선편이 제품으로 유통되고 있는 농산물은 양상추, 감자, 양파, 마늘 등 채소류가 주를 이루고 있으며, 국내에서는 토마토를 비롯한 과채류를 신선편이 형태로 가공하여 유통하는 신선편이 업체는 전무한 실정이다. 과채류는 채소류에 비해 절단 및 박피 후 품질의 변화가 크게 발생하며, 특히 호흡 급등형 과채류의 경우에는 에틸렌에 의한 품질의 변화가 빠르게 진행되므로 신선도 유지를 위한 제반 기술의 뒷받침이 필요하다. 토마토는 대표적인 호흡 급등형 과채류로써 수확 후 후숙이 빠르게 이루어지므로 수확시의 품질을 유지하기가 매우 어려우며, 13°C 이하의 온도에서는 수침현상이 발생하고 이에 따라 곰팡이에 의한 부패가 증가하는 등 저온장해가 발생하는 작물이므로 저온 유통 시스템에 의거한 품질 관리가 어렵다. 미국을 비롯한 선진국의 경우 신선편이 토마토의 제조와 이의 이용이 분리되어 있어, 대형 레스토랑이나 샐러드 바에서 소비자에게 제공되는 신선편이 토마토는 제조업체로부터 공급된 것이다. 이와 비교하여 국내의 외식업체에서 토마토 원물을 제공받아 직접 세척 및 절단 하여 소비자에게 공급하고 있으므로 철저한 위생 관리가 담보되지 못한 상태로 운영되고 있다. 신선편이 가공 공정 및 시설 관리가 미흡한 상태에서 신선편이 제품을 가공할 경우 각종 오염원의 제어가 불가능하므로 식품의 안전성 문제가 발생할 위험이 높다. 미국의 경우 신선 농산물에 의한 많은 건수의 식중독

사고가 보고되고 있으며, 종목별로는 샐러드류가 가장 많고 다음으로는 과일류, 밭아 채소류, 양배추, 당근 순이었다. 2004년도에는 살모넬라균에 오염된 토마토의 의한 식중독 발생 사례가 보고된바 있다. 토마토는 숙도가 높을수록 영양성분이 증가하고 맛 식미도가 좋아 기호도가 높아지지만, 유통 과정 중에 급격히 연화되고 부패가 빠르게 발생하므로 완숙과에 이르지 못한 미숙 단계에 수확한 후 유통기간 중에 후숙시켜 소비자에게 공급되고 있는 실정이다. 이런 경우 영양 성분과 향미 성분이 완숙과에 비해 낮아 토마토에 대한 소비자 기호도를 낮추는 결과를 초래한다. 특히, 신선편이 제품은 원물에 비해 품질의 변화가 더욱 빠른 이유로 완숙과의 이용이 상대적으로 더 어려운 실정이다. 완숙과를 이용하여 신선편이 제품을 가공 및 유통하기 위해서는 원물의 선별과 저장관리, 그리고 신선편이 제품의 신선도 연장을 위한 제반 기술이 개발되어야 할 것이다. 따라서 본 연구개발은 신선편이 토마토의 품질 및 신선도에 영향을 미치는 요인을 구명하고 이를 제어할 수 있는 기술을 개발함으로써, 고품질의 신선편이 토마토 유통 체계를 구축을 최종 목표로 수행되었다.

국내에서 재배되고 있는 일본계 품종과 유럽계 품종을 관행적기에 수확하여 품질 특성 및 저장 중 품질변화 양상을 조사하여 신선편이 가공을 위한 원료 적합성을 구명하였으며, 수확된 토마토의 저장 조건을 설정하고자 성숙 단계와 저장온도가 저장 중 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 저장된 원물을 이용하여 신선편이 토마토를 가공할 때 원물의 품질변화가 신선편이 제품의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 통해 원료의 숙도, 저장조건 및 저장 기간에 따른 신선편이 제품의 품질관리 조건을 체계화하고자 하였다. 또한 완숙된 토마토의 저장기간 중 품질 유지를 위해 에틸렌의 작용을 억제하기 위해 CO₂, 1-MCP, NO 등을 처리하여 이들의 효용성을 구명하고 최적 조건을 설정하였다. 미숙 단계에 수확된 원료를 저장할 때 원하는 시기에 균일한 상태의 우수한 품질로 변화시키기 위해 토마토의 숙도에 따른 후숙 온도 및 에틸렌 처리 조건을 설정하였다. 토마토의 재배시기에 따른 신선편이 제품의 유통 중 총균 및 대장균균 증식 정도를 조사하였으며, 비화학적 처리로서 hexanal, ethanol, CO₂ 등을 처리하여 신선편이 토마토 유통 중 미생물 증식 효과를 평가하였다. 신선편이 토마토의 유통 중 신선도 연장을 위한 기술로서 여러 작물의 품질 변화 및 부패를 줄이는 효과가 있는 것으로 보고되고 있는 고농도 CO₂ 처리, 이를 이용한 active MAP 처리를 실시하였으며, 에틸렌의 작용을 억제하여 신선도 연장 효과를 얻기 위해 1-MCP 처리 및 에틸렌 제거제의 효과를 비교 분석하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

식량자원으로서의 의미가 강하던 과거와는 달리 농산물이 가지고 있는 건강유지 및 질병 예방의 기능이 강조되면서 각 작물이 갖는 기능성에 관한 관심이 높아지고 있다. 토마토는 carotenoids(lycopene), phenolics, vitamin C, vitamin E가 풍부한 작물로서(Khachik 등, 2002; Vinson 등 1998) 최근 그 소비량이 크게 증가하고 있다. 토마토는 숙성 과정 동안 lycopene 합성, 풍미성분 합성, citric acid/malic acid 함량, ascorbic acid 함량이 증가하는 특성을 가진다(Grierson과 Kader, 1986; Abushita 등, 1997; Giovanelli 등, 1999). 뿐만 아니라 total phenolics와 flavonoids도 숙성 stage에서 증가한다(Cano 등, 2003; Hunt와 Baker, 1980). 농산물의 숙성은 주로 에틸렌의 작용에 의해 촉진되며 이 에틸렌은 색소의 분해 및 합성, 조직감의 변화, 영양성분의 변화를 일으키는 대사에 관여하는 주요인이 된다. 호흡 급등형 과실의 경우 그 작물의 생리적 단계에 따라 생성된 에틸렌 자체가 에틸렌 생합성을 촉진하거나 또는 생합성 경로에서 자가억제(feed-back inhibition) 하는 역할을 하는데, 토마토는 대표적인 호흡 급등형 작물이므로 숙성과정이 에틸렌에 의존적으로 이루어지며(Theologis 등, 1992), 에틸렌이 숙성을 일으키는 trigger 역할을 하여 색의 변화, 조직의 연화, 당/산비의 변화를 가속화 시킨다(Lelievre 등, 1997; Trincherro 등, 1997).

토마토의 수확 후 저장 및 유통에 있어 어려움을 가중시키는 원인 중 하나로 저온장해를 들 수 있다. 빙결점 이상의 온도에서 한계치 이하의 저온에 일정기간 이상 노출되면 비정상적인 대사가 이루어져 비정상적인 숙성, 부분적인 숙성, 급격한 연화, 병리적장해의 민감도 증가, 향미성분의 감소 또는 변화, 수침현상 등의 증상이 나타나는데 이를 저온장해라 한다. 토마토는 다른 아열대 작물과 마찬가지로 저온장해가 발생하는 작물이며 13°C 이하의 온도에서는 풍미발달이 억제된다고 알려져 있다(Maul 등, 2000). 또한 lycopene 함량 또한 15°C 이상의 높은 온도에서 보관하였을 때 저온에 둔 경우에 비해 2배 이상 함량이 높아진다고 보고되었다(Toor와 Savage, 2006). 따라서 풍부한 풍미를 지닌 상태로 소비되게 하기 위해서는 13°C 이상의 온도에서 품질관리가 이루어져야 한다. 따라서 저온에서의 관리가 어려우므로 사과, 배, 딸기 등과 같이 저온유통이 가능한 작물에 비해 신선도 유지가 어렵다. 저온장해는 동일한 작물이라 할지라도 품종이나 성숙정도에 따라 저온에 대한 민감도가 달라지는데 토마토의 경우 red stage에 비해 breaker stage의 토마토가 저온에 더 민감한 것으로 알려져 있다(Sargent와 Moretti, 2002).

이상에서 나열한 바와 같이 토마토는 유통 온도를 적어도 10~15°C 이상을 유지

해야 하며 성숙과정에서 에틸렌이 급격히 생성되고 생성된 에틸렌에 의해 품질 변화가 급격히 이루어지며 과피 발달 또한 약한 작물이므로 물리적 장해를 쉽게 받아 수확 후 취급 및 관리가 매우 어려운 작물이다. 이러한 이유에 의해 토마토는 생리적으로 성숙이 완전히 이루어지기 전 단계인 breaker stage에 수확한 후 유통과정에서 후숙이 이루어지도록 하는 것이 관행이다. 그러나 미숙과를 수확하여 유통할 경우 소비 개시 시점까지 미숙 상태가 유지되거나 숙성 정도가 소비자의 기호도에 맞지 않는 등의 원인으로 인해 시장성이 나빠지고 식품으로서의 가치로 떨어지게 되므로 보다 숙성된 상태의 상품을 소비자에게 공급할 수 있는 기술적 기반이 필요하다.

토마토에 대한 수확 후 생리 및 관리 기술은 수확 후 생리 연구가 시작된 초기부터 활발히 진행되어 성숙 단계에 일어나는 품질 변화 및 이와 관련된 생리적 특성 변화가 구명되어 왔다. 그러나 신선편이 농산물에 대한 요구가 급증하고 시장이 날로 증가하고 있으며 이에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있는 것에 비해 토마토를 비롯한 과채류의 신선편이 가공 기술에 대한 연구는 국내·외적으로 매우 미흡한 것으로 조사되었다. 신선편이 농산물 가공 기술에 대한 연구는 주로 결구상추에 집중되어 이루어졌으며 신선편이 토마토의 품질유지 기술이나 신선편이 가공시 생리적 특성 변화에 대한 연구는 매우 미흡한 수준에 머물러 있다. 신선편이 제품은 적용된 가공공정으로 인해 색과 외관 등 급격한 품질 변화가 나타나게 된다. 대표적으로는 클로로필이나 카로티노이드와 같은 색소의 분해 및 산화는 상처로 인해 발생되며 수분손실에 의해서는 신선편이 배 표피의 윤기가 덜해지거나 당근이나 토마토의 백화 및 건조 현상을 들 수 있다. 신선편이 토마토의 색과 외관에 영향을 가장 크게 주는 water-soaking(수침현상)에 의한 과육의 translucency 현상에 대해서는 연구된 바가 매우 적다. Lana 등(2006)은 신선편이 토마토의 숙도와 저장 온도가 높을수록 translucency 정도가 높아지는 경향이 높고 원물상태에서는 나타나지 않는 특징이 있으며 저장 온도와 연관이 없으므로 저온장해 증상이 아닌 조직의 상처에 의해 발생하는 증상으로 판단하였다. 또한 locular gel을 제거한 후 신선편이 가공하면 translucency가 현격히 감소한다고 보고하고 있다.

미숙 토마토는 $0.05 \text{ uL} \cdot \text{L}^{-1}$ 이상의 에틸렌에 의해 숙성이 촉진되며 Ku (2000)의 조사내용에 의하면 미숙 토마토(green)가 담겨진 상자 내부의 에틸렌 농도는 약 $0.13 \text{ uL} \cdot \text{L}^{-1}$ 이므로 15%의 손실을 초래한다(Wills 등, 2000). 따라서 토마토의 숙성을 촉진하는 에틸렌의 축적을 억제하거나 이의 작용을 방지하는 기술이 요구된다. 1-methylcyclopropene (1-MCP)은 작물의 에틸렌 수용체에 경쟁적으로 결합하여 에틸렌의 작용을 불가능하게 하므로 생산자와 유통종사자로서는 미숙과의 숙성 속도

를 늦추기 위한 목적으로, 소매업자나 소비자의 입장에서는 완숙 토마토의 노화를 억제시키기 위한 목적으로 사용할 수 있는 실용적 기술로의 활용가치가 높게 평가되고 있다. Breaker 토마토에 1-MCP를 처리하였을 때 숙성 속도가 68%~105% 연장되는 효과가 있으며 가용성 고형물 함량에는 영향을 미치지 않으나 당/산비가 낮아지는 결과를 나타내는데 이는 숙성 단계에 발생하는 유기산의 하락이 억제되어 나타나는 현상으로 이해되고 있다(Wills와 Ku, 2001). 이와는 달리 pink 토마토에 1-MCP를 처리하면 신선도 연장 효과가 green 토마토에 비해 낮아지며 당/산비는 green 토마토에서와 마찬가지로 낮아진다. 미숙과의 숙성속도의 지연은 1-MCP의 처리 농도와 처리 시간에 의해 결정되는데 $5 \text{ uL} \cdot \text{L}^{-1}$ 농도로 1시간 처리한 경우 산도의 하락이 느려져 당/산비가 낮아지며 숙성 속도가 약 70%의 지연되며 5시간으로 연장하여 처리할 때 숙성 속도를 100% 연장할 수 있다. 완숙과를 수확했을 경우 이의 수확 후 신선도를 연장시키기 위해서는 미숙과에 비해 강도 높은 처리조건이 요구된다. $20 \text{ uL} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 1-MCP를 2시간 처리한 후 약 6~8시간 동안 호흡이 급격히 감소되었으며 그 결과 유통기간을 약 25% 연장할 수 있었다. 미숙과에 1-MCP를 처리한 경우에는 식미감의 기호도에 대한 영향을 결론지을 수 없었으나 완숙과에서는 산미가 유지되어 맛에 대한 소비자의 기호도가 높아지는 결과가 나타난다. 이러한 1-MCP 처리는 원료 상태의 토마토의 신선도 연장에는 실용적으로 적용할 수 있으나 신선편이 제품에 응용하기 위해서는 처리 방식 등의 개선이 요구되며 최근 소수의 연구자에 의해 원료상태에서의 처리와 신선편이 가공 후 처리 효과가 비교 검토되고 있다(Rocculi 등, 2009; Auayo 등, 2006).

CO_2 는 다양한 작물에서 에틸렌 작용을 억제하는 기능을 가지는 것으로 보고되고 있다(Choi 등, 2007; DE Wild 등, 2005). 작물의 대사과정 중 CO_2 가 어떻게 관여하고 작용하는지에 대한 기작 구명은 현재까지 불충분한 상태이지만 CO_2 가 에틸렌 수용체에 경쟁적으로 작용하는 것으로 보고되고 있다(Mathooko 등, 2001). 또한 CO_2 는 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) 합성을 억제하여 에틸렌 생합성을 억제하기도 한다. 에틸렌 생합성을 억제하거나 그 작용을 방해하는 기작을 통해 에틸렌에 의한 노화를 늦추는 역할 외에 기타 곰팡이나 해충 생육을 억제하는 효과도 보고되고 있다. Ahumada 등(1996)은 45 kPa CO_2 를 2주간 처리하여 table grape의 해충을 구제하였으며 Crisosto 등(2002)은 10 kPa 이상의 CO_2 를 4주 이내 처리하여 table grape의 부패를 억제시켰다고 보고하고 있어 고농도 CO_2 처리가 SO_2 나 열처리의 대체 기술로 도입 가능할 것으로 기대된다. 저장 중 고 CO_2 의 영향으로써 10 kPa 이상의 CO_2 는 곰팡이 성장을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(Kader, 1997), Retamales 등(2003)은 고 CO_2 가 포도의 *Botrytis cinerea* 생장 억제

에 효과적임을 보고하였고, Crisosto 등(2002)은 고 CO₂가 *Botrytis cinerea* 성장을 억제하나 장기 처리시 과피 변색이 더 증가할 수 있음을 밝힌바 있다. 또한 *Botrytis cinerea* 뿐만 아니라 *Monilinia fructicola*에 의한 부패 또한 고 CO₂에 의해 경감된다고 보고되었다(Yian 등, 2001). De Vries-Paterson 등(1991)은 체리 과실의 부패를 억제하기 위해서는 25~30%의 CO₂ 농도가 필요하며, 일단 이러한 공기 조성이 제거된 이후에는 부패가 급격히 진행된다고 보고하고 있다. Wilson 등(1987)은 고 CO₂ 조건에서 과실이 아세트알데히드와 에틸 아세테이트를 생성하므로 곰팡이 균에 대한 저항성이 강화 되는 것으로 추정하였다. 최근 연구 결과에 의하면 수확 후 부패를 일으키는 곰팡이 중 *Botrytis allii*(Tian과 Bertolini, 1995; Bertolini와 Tian, 1997), *Penicillium hirsutum* (Bertolini와 Tian, 1996) 및 *Monilinia laxa* (Tian과 Bertolini, 1999) 등의 균은 대부분의 작물이 동해가 발생하는 -4°C에서도 성장 가능하다고 한다. 따라서 온도를 낮추는 것만으로는 부패를 억제하는데 충분치 않으므로 고 CO₂ 또는 저 O₂ 처리를 함께 병행함으로써 부패 억제 효과를 증대시켜야 할 것으로 생각된다. 최 등(2004) 또한 복숭아의 *Botrytis cinerea*가 0°C에서 성장 가능한 것을 확인하였으며 고 CO₂ 처리를 통해 억제 할 수 있음을 확인한 바 있다. Ke 등(1994)은 6품종의 복숭아를 대상으로 저 O₂ 및 고 CO₂ 처리를 하면서 외관의 변화 및 이취 발생 유무를 기준으로 저항성을 조사하여 'Fairtime' 품종의 경우 99% O₂에 대해 2°C에서 3.8일간, 0°C에서 5일간 저항성을 갖는다고 보고한 바 있다. 그러나 고농도 CO₂ 처리는 장기 처리할 경우 이취가 발생하거나 처리 농도 및 기간에 따라 장해가 발생할 수 있으므로 이에 대한 고찰이 필요하다. CO₂ 처리에 의한 장해 발생 유무는 각 작물의 CO₂에 대한 저항성 정도에 의해 결정되어 진다. Rachis의 경우 7~12주 동안 고농도 CO₂를 처리할 경우 갈변이 발생하므로 처리 농도를 낮추거나 처리 기간을 단축할 필요성이 제시되었다(Berry, 1997).

NO는 분자량이 매우 작은 기체로서 거의 모든 생명체에서 생성되며 지질과의 친화력이 높아 세포막을 쉽게 통과하며 세포내 물질들과의 결합을 통해 안정화되는 불안정한 가스이다. NO를 원예작물의 수확 후 숙성을 조절하는 물질로 이용하고자 하는 시도들이 이루어지고 있는데 이는 NO가 에틸렌 발생과 부의 상관성을 보이고 있다는 사실에 기초하고 있다(Leshem 등, 1998). NO는 에틸렌 생합성 경로 중 ACC oxidase의 활성을 억제하여 숙성지연 효과가 나타난다. NO는 카네이션의 노화과정을 지연시키고 브로콜리의 세포막 손상과 엽록소 파괴를 억제하는 효과가 있다(Bowyer 등, 2003; Soegiarto 등, 2003).

식품의 안전성 확보를 목적으로 사용되는 화학 첨가물의 사용을 꺼리는 소비자의

요구에 의해 그 대체물질 개발이 요구되고 있다. Hong과 Gross(1998)에 의하면 신선편이 토마토에서 미생물이 증식하면서 호흡 및 에틸렌 발생이 증가하여 그로 인해 에틸렌의 영향이 증가하는 결과가 초래된다. 따라서 신선편이 토마토의 신선도 연장을 위해서는 전처리 기술이나 친환경적 미생물억제 기술이 요구된다 (Ayala-Zavala 등, 2008). 식물체가 생성해내는 volatile compound는 다양한 미생물의 침입으로부터 자신을 방어하는 역할을 한다고 알려져 있다(Ben-Yehoshua 등, 1998). 이러한 방어기능 때문에 신선편이 농식품의 안전성 확보를 위한 친환경적 기술로서 이를 이용하기 위한 시도가 이루어지게 되었다(Wilson과 Winiewski, 1989). 또한 volatile compound는 오랫동안 식품의 flavouring agent로 다양하게 사용되어 왔으며 일반적으로 안전한 것으로 인식되어 있다(Newberne 등, 2000). Hexanal ($C_6H_{12}O$)은 여러 작물의 'green-notes'을 나타내게 하는 volatile compounds 중 하나로서 수확 후 병리 장애를 일으키는 곰팡이들의 생육을 억제하고 미생물적 안전성을 높이는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 토마토의 저장 중 hexanal vapour 처리를 하면 회색곰팡이를 억제하는 효과가 있으나 호흡이 약 50% 증가하고 착색이 억제되는 현상이 나타나며 정도에는 영향이 없다고 보고된 바 있다(Utoo 등, 2008). 신선편이 사과 저장 중 100 ppm을 넘지 않는 hexanal이 존재하는 경우 microbial growth를 억제시켜 신선도가 연장되며 갈변이 억제된다고 한다(Lanciotti 등, 1999). Exogenous ethanol 또한 과실의 숙성을 억제하는 효과가 있으며 특히 토마토의 숙성을 지연시킨다고 알려져 있다(Beaulieu와 Saltveit, 1997). 사과에 ethanol을 전처리한 경우 신선편이 사과의 에틸렌 발생과 호흡률을 낮춰 신선도가 연장되며(Bai 등, 2004), 망고에 전처리할 경우에도 신선편이 가공 후 정도와 외관이 우수하게 유지된다고 보고되고 있다(Plotto 등, 2003). 그러나 이와 같은 긍정적인 효과 외에 24시간 이상 처리시 이취가 발생하는 문제가 발생하기도 하는데(Bai 등, 2004; Plotto 등, 2003), 이러한 문제는 처리시간을 단축하여 8시간 이내로 실시할 경우 극복될 수 있다고 한다. 이 외에 ethanol 처리시에도 부패경감(Karalabut 등, 2004) 및 미생물 증식 억제효과가 나타난다고 보고되고 있다(Plotto, 2006). Exogenous ethanol은 과실의 숙성을 억제하는 효과가 있으며 특히 토마토의 숙성을 지연시킨다고 알려져 있다(Beaulieu와 Saltveit, 1997). 사과에 ethanol을 전처리한 경우 신선편이 사과의 에틸렌 발생과 호흡률을 낮춰 신선도가 연장되며(Bai 등, 2004), 망고에 전처리할 경우에도 신선편이 가공 후 정도와 외관이 우수하게 유지된다고 보고되고 있다(Plotto 등, 2003). 그러나 이와 같은 긍정적인 효과 외에 24시간 이상 처리시 이취가 발생하는 문제가 발생하기도 하는데(Bai 등, 2004, Plotto 등, 2003), 이러한 문제는 처리시간을 단축하여 8시간 이내로 실시할 경우 극복될 수 있

다고 보고되고 있으므로 신선편이 제품의 유통 중 미생물 증식 억제를 위한 기술도 도입 가능성이 높다고 판단된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 연구개발 수행 방법

국내에서 재배되고 있는 토마토 품종별 품질 특성 및 저장 중 품질변화 양상을 조사하여 신선편이 가공을 위한 원료 적합성을 구명하기 위한 실험을 수행하였다. 1차 실험에서는 국내에서 재배되어 유통되고 있는 일본계 품종 중 ‘Dotaerang’, ‘Resend summer’, ‘Super top’, ‘Momotaro york’ 등 4 품종과 유럽계 품종 중 ‘Rapsogidie’, ‘Ofira’, ‘Danilaela’ 등 3 품종을 관행 수확적기인 pink stage에 수확한 후 한국식품연구원으로 운송하여 품질 특성을 조사하였으며 이를 세척, 건조, 절단하여 신선편이 가공한 후 5°C에서 7일간 보관하면서 경도, 가용성 고형물 함량, 산도, 색도, 기호도 등을 조사·분석하여 비교하였다. 2차 실험에서는 ‘Momotaro’, ‘Super momotaro’, ‘Resend summer’ 등 일본계 품종 3품종을, 3차 실험에서는 일본계 품종으로는 ‘Myrock’과 ‘Super momotaro’, 유럽계 품종으로는 ‘Madison’을 pink stage에 수확하여 1차 실험에서와 동일한 방식으로 품질 비교를 실시하였다.

신선편이 토마토에 적합한 저장 조건을 설정하고자 성숙 정도와 저장온도가 저장 중 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 하우스에서 재배된 유럽계 품종인 ‘Madison’과 ‘Rafito’를 각각 breaker, pink, red stage에 수확한 후 5°C와 10°C에 4주간 저장하며 품질 변화를 비교하였다. 또한 전남 담양에서 재배된 유럽계 품종 ‘Sunroad’를 breaker, pink, red stage에 수확한 후 5, 10, 15°C에 4주간 저장하면서 각 속도별 저장 온도별 품질의 변화를 조사하였다. 또한 2주 동안 저장된 원료를 이용하여 신선편이 가공한 후 품질의 변화양상을 살펴보았다. 이를 통해 원료의 속도, 저장조건 및 저장 기간에 따른 신선편이 제품의 품질 관리 조건을 체계화하고자 하였다.

소비자의 기호도를 높이고 영양가치가 높은 원료를 신선편이 가공에 이용하고자 할 때 pink stage 이상으로 성숙된 원료를 이용해야 할 필요가 있다. 수확 후 품질의 변화가 급격히 이루어지는 pink stage 이후에 수확한 경우 신선도를 유지하기 위한 기술이 요구되므로 이를 위한 연구를 수행하였다. CO₂는 에틸렌 생성 및 작용을 억제시켜 숙성을 억제하는 효과를 갖고 있다고 알려져 있으며 저렴한 가격에 구입할 수 있고, 처리가 용이한 장점이 있으며 사과, 딸기, 키위, 복숭아, 배, 토마토 등 다양한 원예작물에서 그 효과가 보고되고 있다. 이와 같이 다양한 작물에 널리 이용되어 왔으나 품종마다 효과가 다르며 특정 품종에 대한 CO₂ 처리 농도 및 시

간, CO₂ 민감도, 그리고 숙성 정도에 따른 적정 처리 조건 설정에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이므로 선행연구를 통해 신선편이에 적합한 품종으로 판단되는 'Madison'과 'Rafito' 품종을 대상으로 본 연구를 수행하였다. 100% CO₂는 혼합가스에 비해 구입비용이 낮기 때문에 CO₂ 농도를 조절해야 하는 저 농도를 적용하기 보다는 100% 농도를 이용하여 처리시간을 달리하여 조건 설정을 하고자 하였다. 토마토 시료를 밀폐용기에 넣어 100% CO₂를 20분간 흘려보내 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐시켜 0, 3, 6, 9시간 동안 전처리하였다. 각 시간별로 처리된 토마토를 10°C에 3주간 저장하며 품질 변화를 조사하였다. 토마토는 잘 알려진 호흡 급등형 작물이므로 에틸렌의 작용을 억제함으로써 신선도가 연장될 수 있을 것으로 예측되므로 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP (1-methylcyclopropene)를 처리하여 그 효과를 비교하여 수확시의 성숙 정도에 따른 적정 처리 농도를 설정하고자 하였다. 공시재료는 하우스에서 재배된 'Madison' 품종을 사용하였으며 pink와 red stage에 수확한 후 20 L 밀폐용기에 넣은 뒤 1-MCP (Smartfresh™)를 0, 250, 500, 750 ppb의 농도로 24시간 동안 처리하였다. 처리과정 중 팬을 설치하여 공기 순환을 유도하였다. 처리한 토마토를 10°C에 4주간 저장하며 품질 변화를 비교하였다. 또한 Nitric oxide (NO)를 농도별로 처리하여 토마토의 저장성을 향상시키고 적정 처리 농도를 설정하고자 하우스에서 재배된 'Rapsodie' 품종을 breaker와 pink stage에 수확하여 사용하였다. 수확된 토마토 과실을 20 L 밀폐용기에 넣은 뒤 NO를 0, 200, 500 µL · L⁻¹의 농도로 20분간 흘려보내 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐시켜 4시간 동안 처리하였다. 처리한 토마토를 10°C에 저장하며 품질 변화를 비교하였다.

토마토의 성숙 정도가 pink나 red stage에 미치지 못한 상태에서 수확하거나 또는 원료를 장기적으로 저장하고자 하여 이른 시기에 수확한 경우 이를 신선편이 원료로서 사용하고자 할 때 원하는 시기에 완숙과 상태로 숙성시키는 후숙 기술을 개발하기 위해 숙성 온도, 에틸렌 처리 농도, 처리 시간 설정을 위한 연구를 수행하였다. 1차 실험에서는 하우스에서 재배된 'Rapsodie' 품종을 breaker stage에 수확한 후 밀폐용기에 넣어 에틸렌을 0, 50, 75, 100 ppm의 농도로 처리하여 밀폐시킨 후 24시간 동안 처리한 후 품질 변화를 조사하였으며, 2차 실험에서는 숙성 온도와 에틸렌 처리를 병행하여 그 효과를 검증하였다. 품종을 달리하여 수확 후 숙성이 느리게 이루어지는 'Madison' 품종을 대상으로 후숙 조건 설정연구를 수행하였는데 이때에는 breaker, turning, pink stage에서 수확한 토마토를 대상으로 하였으며 에틸렌 처리 농도 및 처리 시간에 따른 후숙 속도 및 품질인자의 변화를 분석하였다.

토마토의 재배시기에 따른 신선편이 제품의 유통 중 총균 및 대장균균 증식 정도

를 조사하였으며, 미생물 증식을 억제하기 위한 기술개발 연구를 수행하였다. 식품의 안전성 확보를 목적으로 사용되는 화학 첨가물의 사용을 꺼리는 소비자의 요구에 의해 그 대체물질로서 대두되고 있는 volatile compound 중 hexanal과 ethanol을 처리하여 미생물 증식 및 품질에 미치는 영향을 조사하였다. Hexanal 처리는 turing 및 pink stage에서 수확한 토마토를 신선편이 가공한 후 플라스틱 용기에 담아 용기를 오픈한 상태로 밀폐 chamber에 넣은 후 0.025, 0.05, 0.075 ppm 농도의 hexanal을 흡수시킨 filter paper를 chamber 내부에 두어 hexanal이 휘발되도록 하였다. 6시간 처리 후 chamber를 개방하여 약 10분 동안 환기시킨 후 포장용기를 닫고 5°C와 10°C에 옮겨 보관하였다. Ethanol 처리를 위해 polypropylene(PP) tray 내부의 상부에 1 mL PP tube를 부착하였으며 tube 내부를 거즈로 채워 ethanol을 흡수할 수 있도록 제작하였다. 제작된 PP tray에 토마토 slice를 담은 후 50 µm PP film으로 밀폐한 후 2.5, 5.0, 12.5, 25.0, 50.0 ppm의 ethanol을 주사기로 취한 후 내부의 tube에 주입하여 거즈에 흡수시켜 유통 기간 중 ethanol이 용기 내부에 확산되도록 하였다. 또한 active MAP 처리와 병행하여 두 처리의 시너지 효과 유무를 조사하였다.

신선편이 토마토의 유통 중 신선도 연장을 위한 기술로서 고농도 CO₂ MAP 처리를 하였는데 CO₂는 과일의 에틸렌 생성을 억제하여 과일의 후숙을 방지하고 저장기간 중 품질 변화 및 부패를 줄이는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 신선편이 토마토 유통 시 이를 적용하기 위해 'Ofira' 품종을 red stage에서 수확한 후 신선편이 가공하였으며, 신선편이 토마토가 담겨진 용기 내에 25%, 50%, 100%의 CO₂를 처리하여 품질 변화를 비교하였다. 또한 저 산소 및 고 산소 조건(5, 10, 15, 70%)의 15% CO₂ MAP 기술과 질소 충전구를 두어 품질 및 미생물 증식에 미치는 영향을 구명하였다.

수확된 토마토의 성숙 stage가 신선편이 가공 후의 품질 변화에 미치는 영향을 구명하기 위해 유럽계 품종인 'Rafito'와 'Madison' 품종을 각각 breaker, pink, red stage에 수확한 후 한국식품연구원에 이송하여 신선편이 가공(선별, 세척, 건조, 절단) 후 PP box에 포장하여 5°C와 10°C에 저장한 후 품질 변화를 측정하였다. 신선편이 가공 후 1-MCP 처리가 신선편이 토마토의 유통 중 품질변화에 미치는 영향을 구명하기 위해 breaker와 pink stage에 수확한 유럽계 품종 'Trust'를 대상으로 250, 500, 및 750 ppb 1-MCP를 24시간 동안 처리한 후 그 효과를 검토하였다. 1-MCP 처리 효과 검증 실험을 통해 에틸렌 작용 억제가 품질 유지에 효과적임이 확인되었으나 1-MCP는 신선편이 제품화 이후에 적용할 때 일정기간 동안의 처리 시간 및 환기가 필요하므로 에틸렌에 대해 동일한 효과가 기대되는 에틸렌 제거제

를 이용한 품질유지 효과를 검증하였다. 유럽계 품종인 'Rapsodie'를 breaker와 pink stage에 수확하여 신선편이 가공하였으며 이의 유통 단계에서 포장용기 내부에 에틸렌 흡착제를 부착시켜 신선편이 토마토의 유통 중 발생하는 에틸렌을 제거할 수 있도록 처리한 후 품질 및 미생물 증식에 미치는 영향을 조사하였다.

경도 (Hardness)

신선편이 토마토의 경도는 Texture Analyser (TA-XT2, Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였다. 지름이 2 mm인 probe를 사용하여 rupture test를 실시하여 최대 피크 값을 경도로 취하여 N 단위로 나타내었다. 원물의 경도를 측정할 때는 시료의 적도부위 3 곳을 측정하여 평균값을 취하였고, slice의 경도는 pericarp와 placenta가 연결된 지점을 측정하여 평균값을 취하였다. 각 실험구당 3반복 측정하였다.

가용성 고형물 함량 (Soluble solids content)

토마토 시료를 homogenizer로 균질화 한 후 거즈를 이용해 여과하여 얻은 추출액을 당도계(N-1E, Atago, Japan)를 사용하여 측정하여 °Brix로 나타내었으며, 각 실험구당 3반복 측정하였다.

적정산도 (Titratable acidity)

토마토 시료를 homogenizer로 균질화 한 후 거즈를 이용해 여과한 추출액을 20 mL를 취하여 pH meter (720, Orion, Japan)를 사용하여 pH 8.2가 될 때까지 0.1 N NaOH 용액으로 적정한 뒤 citric acid %로 환산하여 나타냈다. 각 실험구당 3반복 측정하였다.

색도 (Colour)

시료의 측정 부위에 색차계(CR-400, Minolta, Japan)의 광조사 부위를 밀착시켜 측정하였으며, Hunter L 및 a, b 값으로 나타내었다. 색차계의 표준판(L=97.75, a=-0.49, b=1.96)을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였다. 원물의 색도 측정은 적도부위의 3 지점을 측정하였으며, slice의 색도는 pericarp와 placenta의 연결지점을 측정하여 평균값을 취하였다. 각 실험구당 3반복 측정하였다.

유기산 (Organic acid)

시료 5 g을 삼차증류수 20 mL에 희석한 후 13,500 rpm에서 1분간 균질화한 후 30

mL로 정량하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 0.45 μm micro filter로 재여과하여 HPLC로 분석하였다(Table 1).

Table 1. HPLC conditions for organic acids analysis.

Instrument	Ion Chromatograph (Model: Dionex-500)
Column	ICE-AS6 (9 × 250 mm)
Detector	Electro conductivity detector
Suppressor	Anion-ICE micromembrane suppressor
Mobile phase	0.4 mM heptafluorobutyric acid
Regenerant	5 mN tetrabutylammonium hydroxide
Flow rate	1 ml · min ⁻¹
Injection volume	50 μL

미생물 증식(Microbial growth)

토마토 시료를 10 g 취한 후 85% NaCl 용액과 혼합하여 Stomacher (400P-Bagmixer, Interscience, France)로 교반 후 Plate Count Agar (Difco), Coliform Agar (Merck)배지에 시료를 처리한 후 38°C에서 48시간 배양한 후 각각 총균과 대장균을 최확수법으로 계산하였다.

관능 검사 (Sensory test)

9점 척도법 (9점-매우 좋다, 7점-좋다, 5점-보통이다, 3점-싫다, 1점-매우 싫다)을 이용하여 훈련된 관능검사 요원 10명을 대상으로 토마토의 맛, 향, 조직감, 외관에 대한 기호도를 측정하였다.

라이코펜 함량 (Lycopene content)

토마토 과육을 homogenizer로 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 가한 후 180 rpm에서 8분간 shaking하였다. 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 측정한 후 아래와 같

이 환산하였다.

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

A_{503} : Absorbance at 503nm

3.12: Extinction coefficient

저온장해 (Chilling Injury)

시험구당 50개의 시료를 대상으로 과육표면을 관찰하여 수침 현상이나 조직이 반투명해지는 증상이 나타난 시료의 수를 세어 백분율로 나타내었다.

중량감소율 및 부패율 (Weight loss & decay rate)

시험구당 50개의 시료를 대상으로 중량 감소율 및 부패율을 관찰하여 백분율로 나타내었다.

에틸렌 및 호흡속도 (Ethylene production & respiration rate)

밀폐용기에 토마토 시료를 넣고 밀폐한 뒤 일정 시간 후에 gas tight syringe를 사용하여 head space gas를 취한 후 gas chromatograph (model 5890, Hewlett-packard, Boston, MA, USA)를 이용하여 분석하였으며 분석 조건은 Table 2과 같다.

Table 2. GC Conditions for measurement of ethylene production and respiration

	ethylene production	respiration rate
Model	model 5890, Hewlett-packard, USA	
Detector	FID	TCD
Column	2m × 1/8 inch alumina F1	2m × 1/8 inch stainless steel
Oven temp.	70°C	70°C
Injector temp.	150°C	150°C
Detector temp.	200°C	150°C
Carrier gas	He	He

제 2절 연구 내용 및 결과

1. 토마토 품종의 신선편이 가공 적성 비교

신선편이 가공을 위한 원료특성을 선발하기 위해 국내에서 재배되어 유통되고 있는 토마토 품종 중 일본계 품종 중 ‘Dotaerang’, ‘Resend summer’, ‘Super top’, ‘Momotaro york’ 등 4 품종과 유럽계 품종 중 ‘Rapsogidie’, ‘Ofira’, ‘Danilaela’ 등 3 품종을 관행 수확적기인 pink stage에 수확한 후 한국식품연구원으로 운송하였다. 세척, 건조, 절단하여 신선편이 가공한 후 5°C에서 7일간 보관하면서 경도, 가용성 고형물 함량, 산도, 색도, 관능평가를 2일 간격으로 조사·분석하여 비교하였다.

Table 3은 수집한 품종을 신선편이 가공한 후 저장 중 경도의 변화를 비교한 결과이다. 일본계 품종은 저온에서 유통 중 3일까지는 수확시의 경도를 그대로 유지하는 경향이었으나 그 후 급격히 연화되어 저장 7일 이후에는 0.60~0.64 N으로 낮은 경도를 나타내었다. 유럽계 품종 중 ‘Rapsogidie’는 수확초기 경도가 0.73 N으로 나타나 조직이 매우 연한 특성을 보였으며 ‘Ofira’와 ‘Danilaela’는 각각 2.08 N과 1.93 N으로 조직이 매우 단단한 것을 알 수 있었다. 이렇게 경도가 높은 유럽계 품종들은 저온저장 중 연화가 거의 되지 않는 특성을 보였는데 ‘Danilaela’의 경우 7일 동안 일정한 경도를 유지하였으며, 조직이 연한 ‘Rapsogidie’의 경우에도 유통 중 연화되지 않고 수확시의 경도를 그대로 유지하였다. 가장 단단한 조직을 보인 ‘Ofira’의 경우 5일까지 연화되지 않았으며 7일 이후 1.36 N으로 경도가 낮아졌으나 이때에도 일본 종에 비해 2배 정도 높은 수치로서 여전히 단단한 조직을 유지하고 있었다. 따라서 유럽계 품종의 경우 신선편이 가공 이후 유통과정 중에 연화되는 속도가 매우 낮으므로 신선편이 가공과 유통 중 조직감 유지에 유리한 조건을 가진 것으로 판단되었다.

Table 3. Change in hardness (N) in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C.

Japanese cultivars				
Days	Dotaerang	Resend summer	Super top	Momotaro york
1	1.00±0.11	1.17±0.07	0.99±0.16	0.83±0.10
3	1.13±0.10	1.13±0.08	0.94±0.13	0.85±0.10
5	0.69±0.10	0.69±0.06	0.71±0.23	0.79±0.09
7	0.60±0.10	0.60±0.09	0.62±0.15	0.64±0.09
European cultivars				
Days	Rapsogidie	Ofira	Danilaela	
1	0.73±0.09	2.08±0.16	1.93±0.18	
3	0.71±0.11	2.80±0.28	2.54±0.18	
5	0.70±0.10	2.01±0.21	1.41±0.17	
7	0.70±1.11	1.36±0.16	1.95±0.22	

Table 4는 수집한 품종을 신선편이 가공한 후 저장 중 색의 변화를 비교한 결과이다. 초기의 Hunter L 값을 살펴보면 일본계 품종은 거의 유사한 수준을 보이고 유럽계 품종 중에서는 ‘Rapsogidie’가 가장 낮고 ‘Danilaela’가 가장 높은 값을 보이는 등 품종 간 차이가 컸다. Hunter a 값은 ‘Ofira’가 가장 높은 값을 나타내었다. 각 품종들을 이용한 신선편이 제품의 저장 중 색 변화를 살펴보면 일본계 품종과 유럽계 품종 모두 저온유통 중 Hunter L 값은 미미하게 감소하거나 유지되는 경향이었으며 ‘Rapsogidie’ 품종은 예외적으로 저장 7일 후 Hunter a 값이 급증하는 변화를 보였다. 나머지 품종은 5°C에 보관하는 동안 색의 변화가 거의 없었다. 따라서 pink stage에 수확된 토마토를 신선편이 가공하여 저온에서 유통할 때 모든 색 변화는 거의 없으므로 기호도를 결정짓는 품질 인자가 아닌 것으로 판단되었다.

Table 4. Change in colour of fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C.

Item	Days	Japanese cultivars			
		Dotaerang	Resend summer	Super top	Momotaro york
Hunter L	1	36.5±1.68	35.4±1.62	37.1±1.02	36.2±1.36
	3	33.9±1.36	32.0±1.54	36.9±0.67	36.1±1.51
	5	34.0±0.68	32.1±0.90	37.0±1.05	31.0±0.90
	7	34.2±0.86	39.1±1.72	37.0±0.99	36.2±2.61
Hunter a	1	11.0±0.98	9.8±1.13	8.9±0.81	8.3±0.83
	3	9.8±0.64	8.9±1.28	8.6±0.78	8.0±0.78
	5	9.4±0.56	8.6±1.27	7.7±1.64	10.5±0.94
	7	10.8±0.67	13.9±1.18	6.9±1.58	6.3±1.00
Hunter b	1	9.6±0.84	9.7±0.54	12.0±0.60	10.4±0.37
	3	10.9±0.91	9.8±0.90	10.8±0.54	10.6±0.46
	5	9.8±0.42	10.4±0.66	11.0±1.02	9.9±0.59
	7	11.4±0.73	12.7±0.82	11.8±0.73	11.0±1.30
Item	Days	European cultivars			
		Rapsogidie	Ofira	Danilaela	
Hunter L	1	30.3±0.84	34.6±1.35	46.8±1.61	
	3	29.5±0.90	34.1±1.45	44.9±1.65	
	5	31.5±1.17	33.5±1.12	39.8±0.72	
	7	27.6±0.42	30.6±0.63	51.2±2.94	
Hunter a	1	8.2±0.80	17.0±0.68	5.4±1.02	
	3	8.9±0.76	11.8±1.03	3.3±0.81	
	5	9.1±0.82	19.7±0.62	6.9±1.33	
	7	14.8±0.46	17.1±2.22	4.4±0.88	
Hunter b	1	9.3±0.34	13.2±0.85	13.3±0.66	
	3	9.4±0.49	12.4±0.44	11.9±0.44	
	5	9.3±0.39	14.5±1.30	12.2±0.45	
	7	8.4±0.22	10.2±1.10	13.4±0.59	

Table 5는 각 품종의 가용성 고형물 함량 변화를 나타낸 것이다. 신선편이 토마토의 저온 유통 중 가용성 고형물 함량의 변화는 거의 없었으나 유럽계 품종 중 ‘Ofira’의 경우 예외적으로 가용성 고형물 함량이 하락하였는데, 수확시 5.6 °Brix를 보였으나 유통 5일후엔 5.2 °Brix, 7일 후엔 5.0 °Brix로 하락하는 경향을 나타내었다. 전반적으로 일본계 품종이 유럽계 품종에 비해 가용성 고형물 함량이 높았고 일본계 품종 중에는 ‘Super top’과 ‘Momotaro york’ 품종이 가용성 고형물 함량이 높았고 유럽계 품종 중에는 ‘Ofira’ 품종이 가용성 고형물 함량이 높고 ‘Rapsogidie’ 품종의 가용성 고형물 함량이 가장 낮았다. 그러나 ‘Ofira’ 품종은 저장 중 가용성 고형물 함량이 하락하는 반면 ‘Danilaela’ 품종은 오히려 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 5. Change in SSC (°Brix) in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C.

Days	Japanese cultivars			
	Dotaerang	Resend summer	Super top	Momotaro york
1	5.4±0.03	5.5±0.05	6.4±1.00	6.3±0.06
3	5.5±0.06	5.2±0.06	6.5±0.03	6.4±0.05
5	5.4±0.08	5.1±0.06	5.9±0.03	5.5±0.03
7	5.9±0.06	5.4±0.00	6.0±0.03	6.2±0.05
Days	European cultivars			
	Rapsogidie	Ofira	Danilaela	
1	4.2±0.05	5.6±0.03	5.3±0.06	
3	3.8±0.06	5.6±0.05	5.4±0.03	
5	4.4±0.03	5.2±0.03	5.2±0.03	
7	4.3±0.03	5.0±0.05	5.6±0.03	

Table 6은 각 품종의 산도 변화를 나타낸 것이다. 토마토의 품종별 산도를 비교 검토한 결과 일본계 품종의 산도가 0.74~0.81% 범위로서 0.40~0.59% 범위인 유럽계 품종에 비해 매우 높았다. 그러나 일본계 품종의 경우 유통 중 산도가 급격히 하락하여 7일 후엔 0.50~0.65%로 낮아지는 결과를 보였다. 이에 반해 유럽계 품종은 초기 산도치가 일본계 품종에 비해 낮으나 저장기간 중 산도의 변화가 낮았다. 따라서 수확직후에는 일본계 품종과 유럽계 품종 사이에 산도의 차이가 컸으나 유통

통 5일째 이후에는 산도의 격차가 줄어들어 가는 것을 알 수 있었다. 비교된 7 품종 중 'Ofira' 품종의 산도가 가장 낮았다.

Table 6. Change in TA (%) in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C.

Days	Japanese cultivars			
	Dotaerang	Resend summer	Super top	Momotaro york
1	0.76±0.02	0.74±0.02	0.81±0.02	0.75±0.02
3	0.79±0.02	0.77±0.02	0.97±0.03	0.73±0.02
5	0.49±0.05	0.55±0.03	0.44±0.04	0.71±0.03
7	0.52±0.03	0.51±0.04	0.50±0.05	0.65±0.04
Days	European cultivars			
	Rapsogidie	Ofira	Danilaela	
1	0.59±0.02	0.40±0.02	0.42±0.04	
3	0.42±0.02	0.36±0.03	0.52±0.03	
5	0.57±0.03	0.44±0.03	0.40±0.05	
7	0.51±0.03	0.37±0.02	0.53±0.02	

Fig. 1은 신선편이 제품의 외관에 대한 관능평가 실시 결과이다. 신선편이 토마토의 절단면을 관찰하여 외관에 대한 기호도를 관능 평가한 결과 대부분의 경우 저장 중 외관에 대한 기호도 변화가 크지 않았다. 일본계 품종은 대체적으로 저장기간 동안 기호도의 변화가 크지 않았고 품종간 차이도 두드러지지 않았다. 유럽계 품종 중 'Rapsogidie' 품종은 기호도가 높았고 'Ofira'는 초기 기호도는 높으나 저장기간 중 급격히 하락하였으며, 'Danilaela' 품종은 저장기간 동안 기호도가 가장 낮았다.

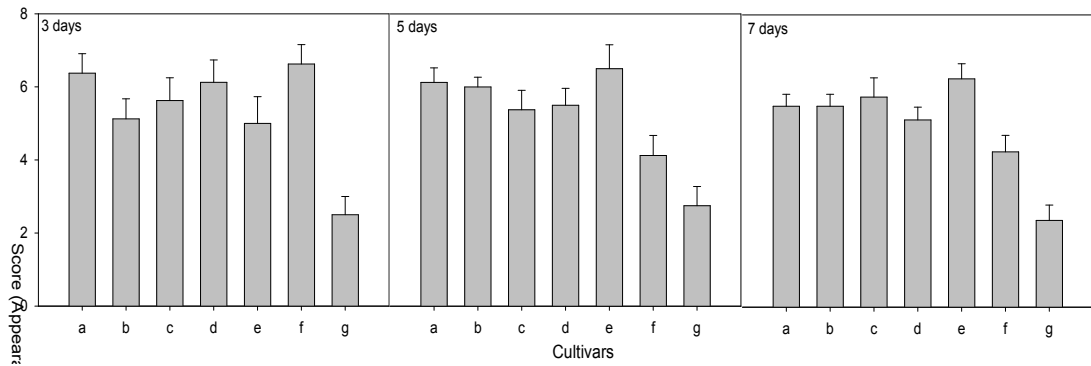


Fig. 1. Sensory score of appearance in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C. (a: Dotaerang, b: Resend summer, c: Super top, d: Momotaro york, e: Rapsogidie, f: Ofira, g: Danilaela)

신선편이 토마토의 맛에 대한 기호도를 품종별로 비교한 결과(Fig. 2) 수확초기에는 유럽계 품종인 ‘Rapsogidie’와 ‘Ofira’가 높은 점수를 얻었으나 유통 5일과 7일째에는 유럽계 품종의 맛 기호도가 하락하면서 일본계 품종인 ‘Resend summer’와 ‘Super top’에 대한 기호도가 유럽계 품종에 비해 더 높았으며 유럽계 품종인 ‘Rapsogidie’와 ‘Ofira’가 그 뒤를 이었다(Fig. 2). 초기에 유럽계 품종의 맛 기호도가 높은 것은 산도가 상대적으로 낮아 당/산비가 높은 것에서 연유된 것으로 보이며 일본계 품종은 저장 후 산도가 낮아지므로 저장 후기에는 기호도가 향상되는 것으로 분석되었다.

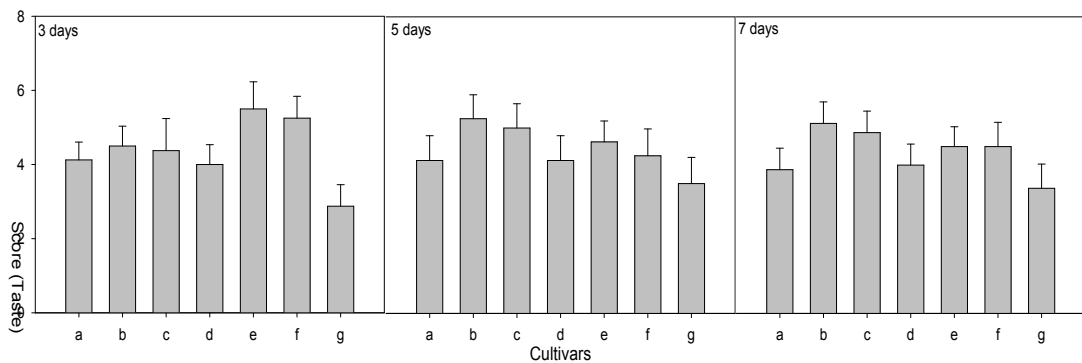


Fig. 2. Sensory score of taste in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C. (a: Dotaerang, b: Resend summer, c: Super top, d: Momotaro york, e: Rapsogidie, f: Ofira, g: Danilaela)

Fig. 3은 각 품종의 풍미에 대한 기호도를 조사한 결과이다. 토마토의 풍미에 대한 기호도는 초기에는 품종별로 큰 차이가 없었으나 유독 ‘Danilaela’ 품종에 대한 기호도가 낮았다. 유통기간 동안 ‘Ofira’의 기호도가 크게 하락하는 경향을 보였다. 전반적으로 저장 후기에는 유럽계 품종보다 일본계 품종의 풍미에 대한 기호도가 높게 유지되었다.

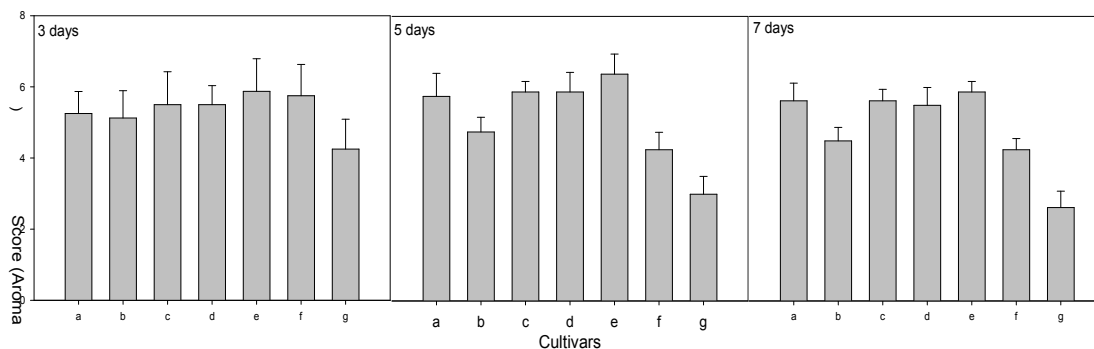


Fig. 3. Sensory score of aroma in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C. (a: Dotaerang, b: Resend summer, c: Super top, d: Momotaro york, e: Rapsogidie, f: Ofira, g: Danilaela)

신선편이 토마토의 상품에 대한 전반적인 소비자 기호도를 조사한 결과 유럽계 품종인 ‘Ofira’와 ‘Danilaela’가 높은 점수를 얻었다(Fig. 4). ‘Ofira’와 ‘Danilaela’는 맛과 풍미에 대한 기호도는 낮았음에도 불구하고 신선편이 가공 제품으로서의 적합성에서 가장 높은 점수를 얻은 것은 이액현상이 적고 조직이 단단한 특성이 신선편이 가공을 위한 장점으로 부각된 결과로 판단되며, 따라서 신선편이 가공을 위한 원료의 적합성을 고려할 때에는 맛과 풍미 보다는 조직감과 이액현상 정도가 결정적인 품질 인자로 작용하는 것을 알 수 있었다.

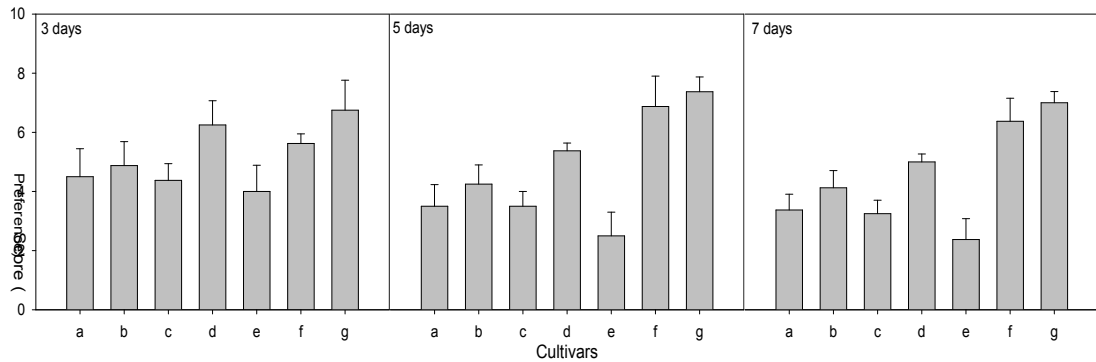


Fig. 4. Sensory score of overall preference in fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage (a: Dotaerang, b: Resend summer, c: Super top, d: Momotaro, e: Rapsogidie, f: Ofira, g: Danilaela)

현재까지는 국내 토마토 생산량 중 대부분이 일본계 품종이 차지하고 있으므로 신선편이 원료로서 유럽계 품종만을 이용하기에는 공급이 부족한 실정이므로 일본계 품종 중 신선편이 가공에 적합한 품종을 선발하고자 2차 실험을 실시하였다. 하우스에서 재배된 'Momotaro', 'Super momotaro', 'Resend summer'를 수확한 후 품종간 품질 특성을 비교하였다. 'Momotaro'와 'Resend summer'는 pink stage를 사용하였고 'Super momotaro'는 breaker와 pink stage를 사용하였다. 품종별로 수확 후 24시간이 지난 토마토(약 200 g)를 물로 세척하여 7 mm 두께로 절단하여 실험에 사용하였다. 'Momotaro'의 경우 과육의 두께가 얇고 locular gel이 과육에서 분리되어 있으며, 'Super momotaro'는 과육의 두께가 'Momotaro'에 비해 더 얇으나 locular gel과 과육이 잘 연결되어 있는 모양을 띠고 있으며, 'Resend summer'는 과육의 두께가 두껍고 locular gel이 가지런하게 분포되어 있으며 과육에 잘 유착된 특징을 가지고 있다.

Fig. 5는 3 품종을 신선편이 가공할 때 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화를 나타낸 것이다. 수확시의 가용성 고형물 함량은 'Momotaro' 품종이 가장 낮았고 'Super momotaro'와 'Resend summer' 품종은 이에 비해 높은 값을 나타내었으나 저장기간 동안 가용성 고형물 함량이 감소하는 경향이 나타나 저장후기에는 모든 품종간에 유의적 차이가 없었다. 'Super momotaro' 품종의 경우 breaker stage의 유통 초기 가용성 고형물 함량은 5.2 °Brix인 반면 pink stage의 유통 초기 가용성 고형물 함량은 6.0 °Brix로 성숙stage가 진행됨에 따라 가용성 고형물 함량이 약간 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 pink 토마토의 가용성 고형물 함량이 저장기간 중 감소하는 경향을 나타내어 저장 후반부에는 가용성 고형물 함량의 차이가

없었다.

Fig. 6은 각 품종의 산도의 변화를 나타낸 것이다. 'Momotaro' 품종의 경우 초기 산도가 0.46%로 3 품종 중 가장 낮았고 'Resend summer'가 0.74%로 가장 높은 산도를 나타내었다. 저장기간 중 서서히 감소하는 경향이 모든 품종에서 동일하게 나타났다. 토마토는 과육이 연약하기 때문에 쉽게 물러지는 과실이며, 특히 신선편이 가공된 토마토는 과피로 부터 보호받기 못하기 때문에 경도는 신선편이 가공 토마토의 품종 결정에 있어서 필수적인 요소이다. Fig. 7은 각 품종의 경도의 변화를 조사한 결과를 나타낸 것이다. 'Resend summer'는 초기 경도가 5 N으로 'Momotaro'의 2.9 N이나 'Super momotaro'의 2.5 N에 비해 경도가 현저히 높았는데, 그것은 과육이 두껍고 젤리상이 과육에 단단하게 결합되어 있는 구조적인 특성에 기인한 것으로 생각된다. 경도는 저장 기간이 지남에 따라 모두 감소하는 경향을 보였다. 'Resend summer'는 저장 6일 동안 경도가 거의 감소하지 않았으나, 'Momotaro'나 'Super momotaro'의 경우 유통 6일째 2~2.2 N으로 하락한 값을 나타내고 있다. 특히 'Super momotaro'를 breaker stage에 수확하여 신선편이 가공한 경우 초기의 경도는 매우 높았으나 저장 6일 동안 4.2 N에서 2.9 N으로 급격히 감소하는 경향을 보였다. 위의 결과를 종합해 보면 가용성 고형물 함량과 산도 실험에서 품종간의 유의차가 없었으나, 신선편이 토마토의 품질을 결정하는 주요 요소인 경도는 'Resend summer'가 'Momotaro'나 'Super momotaro'에 비해 초기값도 높았으며, 5°C에서 7일간 저장하는 동안에도 경도의 변화가 거의 나타나지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서 본 실험 결과 일본계 품종 중에서는 'Resend summer'가 신선편이 토마토에 적합한 품종으로 판단되었다.

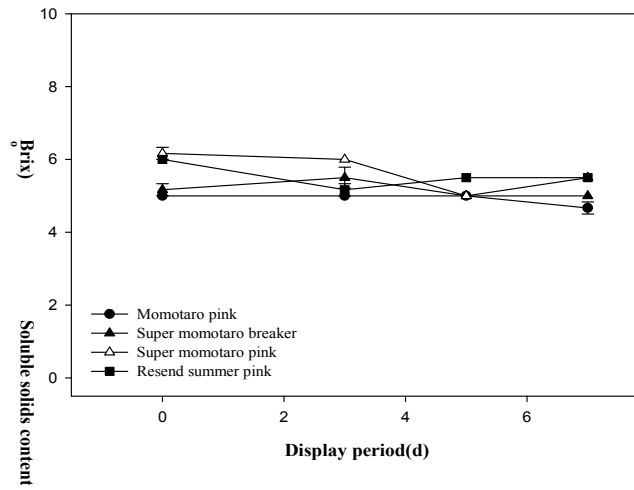


Fig. 5. Change in soluble solids content of fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C for 7 days.

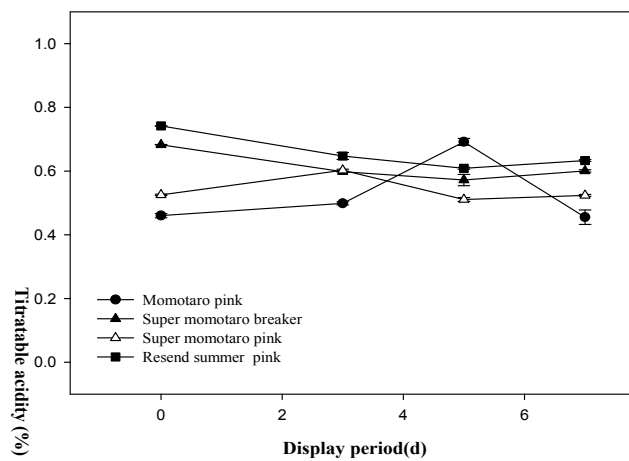


Fig. 6. Change in titratable acidity of fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C for 7 days.

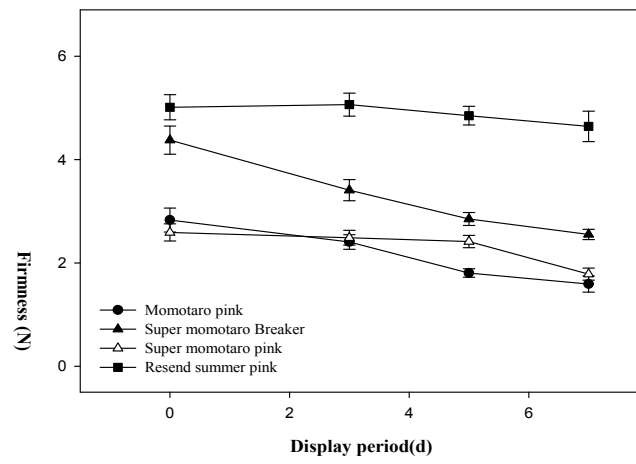


Fig. 7. Change in firmness of fresh-cut tomatoes of various cultivars during storage at 5°C for 7 days.

일본계 품종 중 2종 ('Myrock'과 'Super momotaro')과 유럽계 품종 중 1종 ('Madison')을 pink stage에 수확하여 slice 한 뒤 5°C에서 7일간 저장하며 토마토의 특성과 신선편이 제품의 shelf-life를 비교하였다.

Fig. 8은 세 품종의 신선편이 제품의 저장 중 색의 변화를 나타낸 것이다. Hunter L 값은 유럽계 품종인 'Madison'이 가장 높았으며 저장기간 중 변화가 없었고 일본계 품종인 'Myrock'과 'Super momotaro'은 저장 기간 중 감소하는 경향이 크게 나타났다. Hunter a 값은 3 품종 모두 유사한 값을 나타내며 저장 기간 중 변화가 나타나지 않았다.

Fig. 9는 세 품종의 절단면을 관찰한 것이다. 'Myrock' 품종은 과육의 조직이 엉성하게 발달된 것으로 나타나며 locular gel과 pericarp의 유착 정도가 매우 약한 것을 알 수 있었다. 이에 비해 'Super momotaro' 품종은 locular gel이 pericarp와 잘 연결되어 있다. 유럽계 품종인 'Madison'의 경우 과육이 가장 두꺼우며 locular gel이 각각 잘 분리되어 있어 cutting시에도 locular gel이 따로 분리되지 않을 수 있는 구조로 형성되어 있음을 알 수 있었다.

Fig. 10은 세 품종의 가용성 고형물 함량, 적정산도, 및 경도의 변화를 조사한 결과를 나타낸 것이다. 가용성 고형물 함량을 비교해보면 'Myrock' 품종이 5.1 °Brix, 'Super momotaro'가 5.0 °Brix 그리고 'Madison' 품종이 4.8 °Brix를 나타내었다. 일본계 품종은 유럽계 품종에 비해 가용성 고형물 함량이 높은 것이 일반적이거나 본 실험에서는 품종간 차이가 없었다. Fresh-cut 가공 후 저장 중에는 두 품종 모두 변화가 없었다. 적정산도는 'Myrock' 품종이 0.46~0.44%로 'Super momotaro'의 0.53~0.52%, 'Madison' 품종의 0.5~0.47%에 비해 낮았으며, 저장기간 중 큰 변화는 없었다. 경도는 유럽계 품종인 'Madison'이 가장 높았으며 일본계 품종 중에는 'Super momotaro'가 'Myrock'에 비해 경도가 높았다.

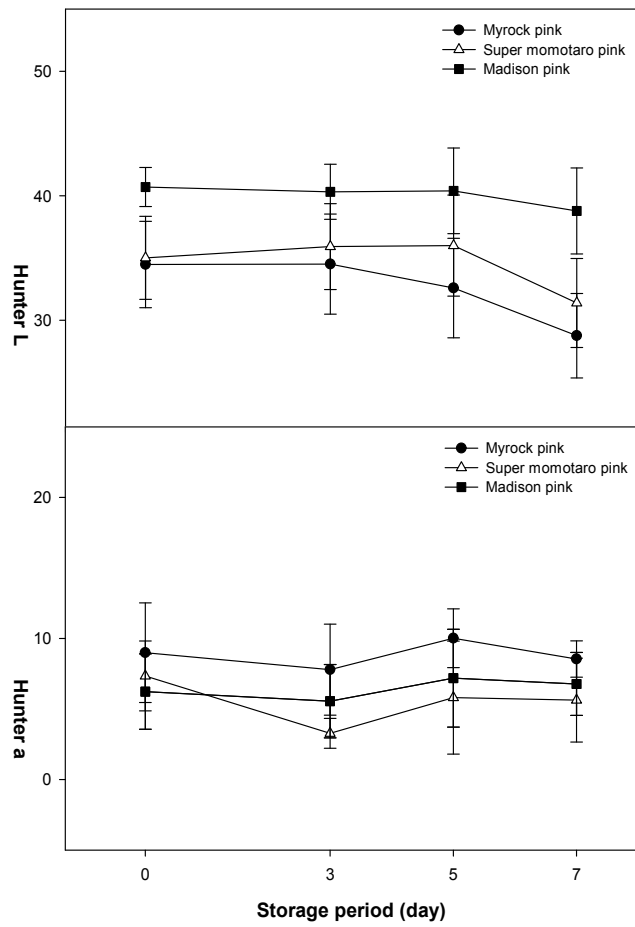


Fig. 8. Change of Hunter L and a value of fresh-cut tomatoes of 'Myrock', 'Super Momotaro', and 'Madison' cultivars during storage at 5°C.

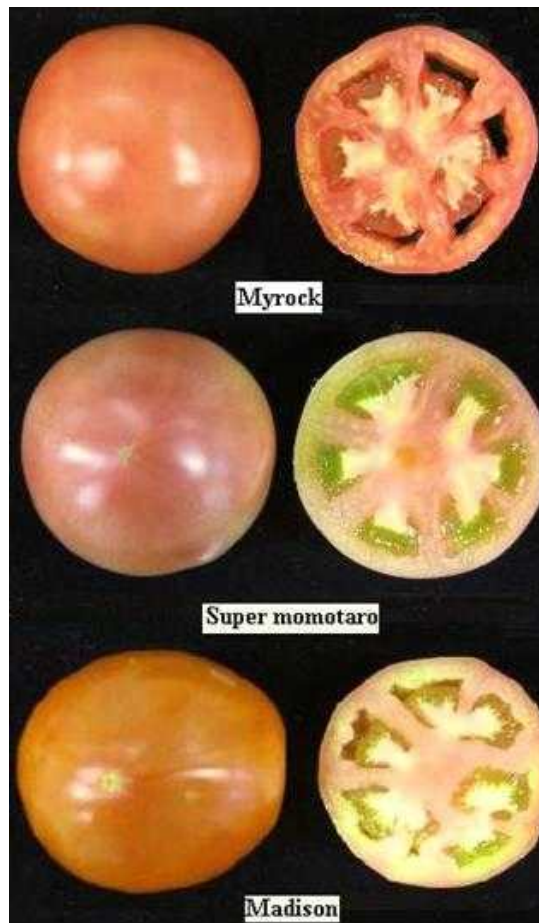


Fig. 9. Appearances and cross section of tomato cultivars, 'Myrock', 'Super Momotaro', and 'Madison'.

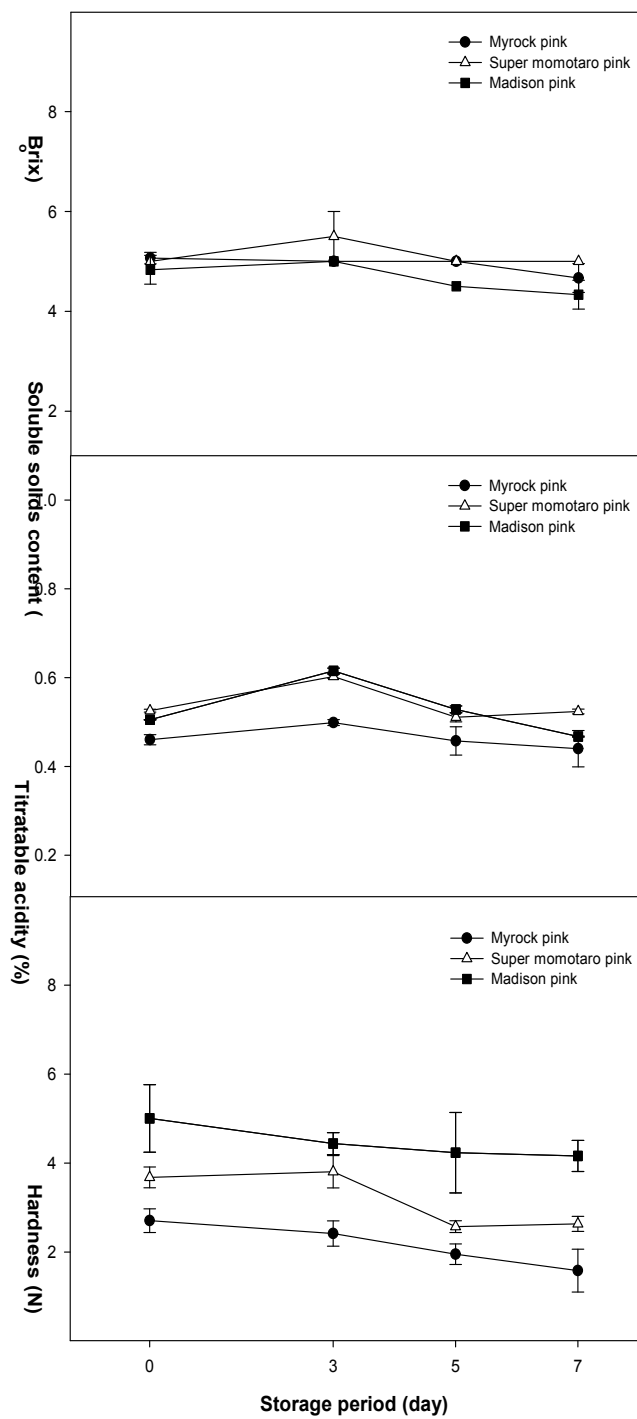


Fig. 10. Change of SSC, TA, and hardness of fresh-cut tomatoes of 'Myrock', 'Super Momotaro', and 'Madison' cultivars during storage at 5°C.

2. 토마토의 저장 조건 설정 연구

(가) 'Rafito'와 'Madison' 품종의 저장 중 품질 변화

신선편이 토마토를 위한 원료 관리를 효율적으로 하기 위하여 품종 및 숙성 정도를 달리하여 5°C와 10°C에 4주간 저장하면서 품질 변화를 비교하였다. 각 품종의 저장 수명을 확인하고 신선편이 토마토에 가장 적합한 품종 및 성숙 단계를 선별하여 신선편이 토마토에 적합한 저장 조건을 설정하고자 다음과 같은 항목에 대해 조사 및 분석을 실시하였다. 하우스에서 재배된 유럽계 품종 토마토인 'Madison'과 'Rafito' 품종을 각각 breaker, pink, red stage에 수확한 후(Fig. 11) 5°C와 10°C에 4주간 저장하며 품질 변화를 비교하였다.



Fig. 11. Appearances of 'Madison' (upper) and 'Rafito' (bottom) tomatoes at various maturities (breaker, left; pink, middle; red, right).

토마토를 신선편이 제품으로 가공하여 유통할 경우 가장 큰 문제점은 과즙이 유출되는 이액현상과 연화이다. 이액은 미생물 증식과 직결되어 미생물에 의한 부패 및 변성을 촉진시키며, 지나치게 연화된 과실은 소비자 기호도가 떨어질 뿐 아니라 저장 유통 기간 중 기계적 상처를 받아 부패하기 쉽다. 따라서 신선편이에 적합한 품종으로는 이액현상이 적고 경도가 높은 것이 적합하다고 판단된다.

국내에서 주로 재배되는 품종은 일본계 품종인 'Momotaro' 품종이며, 이 품종은 가용성 고형물 함량과 산도가 높기 때문에 생식용으로 가장 많이 이용되고 있다. 하지만 이 품종은 유럽계 품종에 비해 이액현상이 심하고 연화 또한 빠르게 진행된다. 따라서 신선편이 토마토는 용도의 특성상 맛 보다는 경도 유지가 잘되고 이액현상이 적은 품종이 적합하다는 선행연구 결과에 따라 본 실험에서는 유럽계 품종

을 선택하여 실험을 실시하였다. 유럽계 품종 중에서 우리나라에서 현재 가장 많이 생산되고 있는 'Madison'과 'Rafito' 품종을 선택하여 각 품종의 저장성과 저장기간 중 품질변화를 비교 조사하였다.

신선편이 토마토는 보통 breaker stage에 수확하여 유통시키고 있으며 이는 breaker stage에 수확된 토마토가 pink나 red stage에 수확된 토마토보다 유통기간이 길기 때문이다. 그러나 토마토의 경우 모체에서 성숙이 오래될수록 lycopene 함량이 더 높아지고 풍부한 풍미를 지니며 가용성 고형물 함량도 높아지게 된다. 이러한 면을 고려할 때 pink나 red stage에 수확된 토마토를 신선편이 원료로 사용할 때 소비자의 기호도와 영양적 기능성이 높아진다고 판단된다. 그러나 pink나 red stage에 수확된 토마토는 연화가 빠르게 진행되며 부패가 쉽게 발생한다는 단점이 있으며 유통 단계에서 발생하는 품질 변화에 의해 기호도가 달라질 수 있는 가능성이 있다. 따라서 breaker, pink 그리고 red stage에 수확된 토마토의 저장 중 품질변화를 비교하여 가장 좋은 품질의 원료를 유통시키고자 하였다.

Fig. 12는 두 품종의 저장 중 Hunter L 값의 변화를 나타내고 있다. 색의 밝기를 나타내는 Hunter L 값의 경우 수확시의 성숙 정도와 관계없이 저장기간 동안 감소하는 경향을 나타내었으며, 5°C에 저장한 토마토에 비해 10°C 저장한 경우 더 빠른 감소를 보였다. 'Rafito' 품종의 경우 breaker stage가 저장 기간 중 가장 높은 Hunter L 값을 보였으며 10°C에서 14일 저장 후 초기 46.5에서 37.7로 감소하였고 5°C의 경우 46.05에서 42.03으로 감소하는 경향을 보였다. Pink stage의 경우 10°C에 저장하는 동안 42.1에서 36.16로 감소하였으며, 5°C의 경우 42.1에서 40.18로 감소하였다. Red stage는 10°C에서 35.86에서 34.70으로 그리고 5°C에서는 35.70에서 35.35에서 매우 낮은 감소를 나타내었다. 'Madison' 품종은 'Rafito' 품종에 비해 낮은 Hunter L 값을 나타내며 저장기간 중의 변화 양상은 유사하였다. 다만 수확시의 성숙 정도에 따른 차이가 'Rafito' 품종에 비해 낮았으며 저장 중 변화 정도도 낮은 편이었다.

Fig. 13은 Hunter a 값의 변화 양상을 조사한 결과이다. Hunter a 값은 저장기간 중 두 품종 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 'Rafito' 품종의 경우 10°C 저장시 breaker stage가 초기 -2.94에서 저장 14일 후 15.06로, pink stage가 저장 7일 동안 7.86에서 13.3으로 증가하여, 10°C에 저장할 경우 breaker는 수확 후 14일 후에 pink의 경우 7일 후에 붉은 색을 띠며 숙성이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 5°C에 저장하면 저장 20일 동안 breaker 토마토의 Hunter a 값이 소폭 증가하나 숙성과의 색에 도달하지 못하고 pink 토마토의 경우 수확시의 값을 유지하는 경향이였다. Red 토마토는 5°C 저장시 Hunter a 값이 오히려 감소하여 저장 21일 후에는 수확

당시에 비해 낮은 값을 나타내어 pink 토마토와 같은 수준의 값을 보였다. 'Madison' 품종은 10°C 저장시에는 breaker stage도 28일 이후 정상적인 착색 정도를 가지게 되나 5°C 저장시에는 Hunter a 값이 소폭 변화하므로 외관상 기호도가 낮아지는 결과를 나타내었다. 따라서 품종에 관계없이 breaker 토마토는 10°C에서 저장하여야 숙성이 완전하게 이루어질 수 있으며 pink와 red 토마토는 5°C의 저온에서도 색 발현에 문제가 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 14는 각 저장 온도에서의 두 품종의 경도의 변화를 나타낸 것이다. 저장 온도 및 성숙 정도에 상관없이 경도는 수확 후 저장기간 동안 일정한 속도로 감소하는 경향을 나타내었다. 'Rafito' 토마토의 경우 breaker와 red 토마토는 저장 온도에 영향을 받지 않으나 pink 토마토의 경도는 10°C에 저장할 때 급격히 연화되는 경향이었으며 'Madison' 토마토의 경우 성숙 정도에 관계없이 저장온도가 높으면 연화가 빨라지는 경향을 보였다. 'Rafito' 품종을 10°C에 저장할 경우 breaker 토마토의 초기 경도 값은 1.15 N이었으며 저장 14일 후 0.75 N으로 감소하였고, pink 토마토는 0.90 N에서 0.27 N으로 감소하였다. 또한 red 토마토는 0.50 N에서 0.18 N으로 감소하는 경향을 나타내었다. 초기 경도 값을 비교해보면 'Rafito' 품종의 경우 breaker가 1.15 N, pink가 0.90 N, red가 0.50 N이었으며, 'Madison' 품종의 경우 breaker가 1.76 N, pink가 1.52 N, red가 1.17 N으로 'Rafito' 품종에 비해 'Madison' 품종의 조직이 더 단단한 특징을 보였다. 'Madison' 품종은 locular gel의 유출 또한 'Rafito' 품종에 비해 적었다(자료 미제시).

Fig. 15는 각 저장 온도에서의 두 품종의 가용성 고형물 함량의 변화를 나타낸 것이다. Locular gel과 과육을 분리하여 각각 그 함량을 측정하였다. 'Rafito' 품종의 경우 locular gel의 초기 값은 breaker와 pink 토마토가 유사한 수준으로 4.9~5.0 °Brix이었으며 red 토마토는 5.2 °Brix를 나타내었다. 반면, 과육의 초기 가용성 고형물 함량은 breaker의 경우 4.0 °Brix이었고, pink와 red stage의 경우 4.5~4.6 °Brix를 나타내어 locular gel의 가용성 고형물 함량이 소폭 높은 것으로 조사되었다. 'Madison' 품종의 경우 locular gel의 가용성 고형물 함량 살펴보면 breaker 토마토는 4.0 °Brix, pink 토마토는 4.5 °Brix, 그리고 red 토마토의 경우 4.7 °Brix로 나타났으며 과육과 비교할 때 낮은 경향이였다. 품종간 가용성 고형물 함량을 비교하면 'Rafito' 품종이 'Madison' 품종보다 더 높은 값을 나타내었다. 그러나 'Madison' 품종의 경우 breaker 토마토는 저장 중 가용성 고형물 함량에 변화가 없으나 pink와 red 토마토는 저장 후반기에 증가하며 15°C에서 4주간 저장한 후에는 'Rafito' 토마토의 함량에 이르렀다.

Fig. 16은 각 저장 온도에서의 두 품종의 적정산도의 변화를 나타낸 것이다. 적정

산도 또한 locular gel이 과육에 비해 높았다. 'Rafito' 품종의 초기 산도 값은 breaker stage의 경우 locular gel이 0.9%, 과육이 0.3%이었으며 pink stage의 경우 locular gel이 0.7%, 과육이 0.3%를 나타내었다. 또한 red stage의 경우 locular gel이 0.6%, 과육이 0.3%를 나타내었다. 과육의 적정산도는 성숙 정도에 따른 차이가 거의 없으나 locular gel의 적정산도는 성숙이 진행되면서 감소하는 경향이 두드러졌다. 'Madison' 품종은 breaker의 경우 locular gel이 1.4%, 과육이 0.8%이었으며, pink stage의 경우 locular gel이 1.1%, 과육이 0.7%를 나타내었다. 또한 red stage의 경우 locular gel이 1.2%, 과육이 0.7%를 나타내었다. 이상과 같이 'Madison' 품종이 'Rafito' 품종보다 더 높은 산도 값을 나타내었다. 'Madison' 토마토의 경우 breaker stage에서 수확한 경우 저장 중 산도의 하락이 매우 높았다.

Fig. 17은 각 저장 온도에서의 두 품종의 lycopene 함량의 변화를 나타낸 것이다. Red 토마토의 수확당시의 lycopene 함량을 살펴보면 'Rafito' 품종은 $21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ FW, 'Madison' 품종은 $14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ FW이었다. 'Rafito' 품종은 red와 pink stage 간의 lycopene 함량 차가 크지 않으나 breaker의 lycopene 함량은 매우 낮았다. 'Rafito' 품종을 5°C에 저장할 경우 pink 토마토는 그 함량이 오히려 감소하며 breaker 토마토는 상승을 보이거나 그 정도가 미미하였고 저장기간 동안 pink와 red에 비해 낮은 수준을 유지하였다. 10°C에 저장할 경우 red 토마토의 lycopene 함량은 거의 일정하고 pink와 breaker 토마토의 함량은 급격히 증가하여 14일 이후에는 모든 stage의 토마토가 동일한 수준을 나타내었다. 'Madison' 품종은 숙도에 비례하여 그 함량이 증가하는 경향이 뚜렷하였으며 5°C에서는 저장기간 동안 함량의 변화가 거의 없고 10°C에는 미미한 증가만이 발생하였다. 따라서 저장기간 동안 'Rafito' 품종이 'Madison' 품종보다 높은 lycopene 함량을 유지하는 결과를 나타내었고 이러한 결과는 Hunter a 값에서 보여준 경향과 일치하였다. 이상의 결과를 종합하면 'Rafito' 품종은 breaker 및 pink stage에 수확한 후 10°C에 저장하면 lycopene 함량이 red 토마토의 수준으로 증가되지만 'Madison' 품종은 10°C에 저장하면 외관상으로 나타나는 Hunter a 값은 red 토마토의 수준과 같아지나 lycopene 함량은 이에 미치지 못하므로 기능적 품질을 고려하면 red stage에서 수확하여 이용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

Fig. 18은 두 품종의 저장 중 부패정도를 조사한 결과를 나타내고 있다. 'Rafito' 품종은 저장 3주 동안 5°C에서는 부패가 발생하지 않았으며 10°C에서는 세 stage 모두 80% 이상의 부패발생을 보였다. 따라서 'Rafito' 품종은 3주 이상의 저장은 불가능하였다. 반면 'Madison' 품종은 3주 동안은 부패가 나타나지 않았고 4주 후에 부패가 발생하였는데 10°C 저장이 5°C보다 부패율이 높았으며 두 온도 모두 pink

stage가 가장 낮은 부패율을 보였다. Breaker stage에서 가장 높은 부패율을 보였는데 이는 저온장해에 의해 과육이 부패균의 침입이 용이해졌기 때문으로 추측되었다.

Fig. 19와 20은 저장 중 저온장해 증상을 관찰한 결과이다. 'Rafito' 품종은 3주 이후 부패가 발생하였고 그 기간 동안 저온장해 증상은 나타나지 않았다. 5°C와 10°C에 4주 동안 저장한 후 'Madison' 품종의 저온장해를 관찰하였는데 breaker stage(57%)에서 pink(4.5%)나 red stage(30.1%)보다 저온장해가 높게 발생하였다. 성숙 정도가 낮은 breaker 토마토가 저온장해에 가장 민감하였고 pink 토마토가 가장 낮은 저온장해율을 나타내었다. 10°C에서는 성숙 정도에 관계없이 저온장해 증상이 발생하지 않았다.

Fig. 21은 두 품종을 pink stage에 수확한 후 단맛의 정도, 신맛의 정도, 조직감에 대한 기호도를 비교한 결과이다. 'Rafito'는 단맛이 높고 신맛이 약해 맛에 대한 기호도가 높았으며 'Madison' 품종은 맛에 대한 기호도는 'Rafito'에 비해 낮으나 조직감에 대한 기호도는 매우 높은 결과를 나타내었다.

위의 결과로 보아 'Rafito' 와 'Madison' 품종 모두 저장 기간 중 Hunter L 값이 breaker, pink 그리고 red stage에서 감소하는 경향을 나타내었으며, 5°C보다 10°C에서 현저하게 감소하였다. 저장 기간 중 Hunter L값은 breaker, pink, 그리고 red stage 순으로 높게 유지되면서 감소하는 경향을 나타내었다. 'Madison' 품종의 경우 10°C 저장 시 저장 7일후에 붉은 색을 나타내었으며, 5°C에서는 숙성이 제대로 이루어지지 않았다. 그러므로 토마토를 저장하는데 5°C보다 10°C가 적절한 온도로 나타났다. 'Rafito' 품종을 10°C에 저장하였을 때 경도가 감소하였고 가용성 고형물 함량과 적정산도는 저장온도 및 수확시의 성숙 정도에 상관없이 거의 변화가 없었다. 수확시의 가용성 고형물 함량을 비교해보면 'Rafito' 품종이 'Madison' 품종보다 높았으며, 적정산도는 'Madison' 품종이 더 높게 나타났다. Lycopene 함량은 저장 기간 중 breaker와 pink stage에서 모두 증가하는 경향을 보였고 'Rafito' 품종이 'Madison' 품종보다 높은 함량을 나타내었다. 결과적으로 5°C 저장이 10°C 저장에 비해 높은 경도 유지와 색의 변화 지연 효과가 있지만 lycopene 함량이나 저온장해 등을 고려할 때 10°C 저장이 더 적절한 저장 온도로 나타났다. 특히 'Madison' 품종의 경우 5°C에서는 숙성이 제대로 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 또한 'Madison' 품종이 'Rafito' 품종보다 높은 경도 값을 나타내었고 저장성이 더 높은 것으로 나타났다. 위의 결과로 보아 'Madison' 품종이 'Rafito' 품종에 비해 신선편이 토마토의 원료로 사용하는데 더 적합한 품종으로 판단되며 pink stage에서 10°C 저장하는 것이 가장 적절한 조건으로 판명되었다.

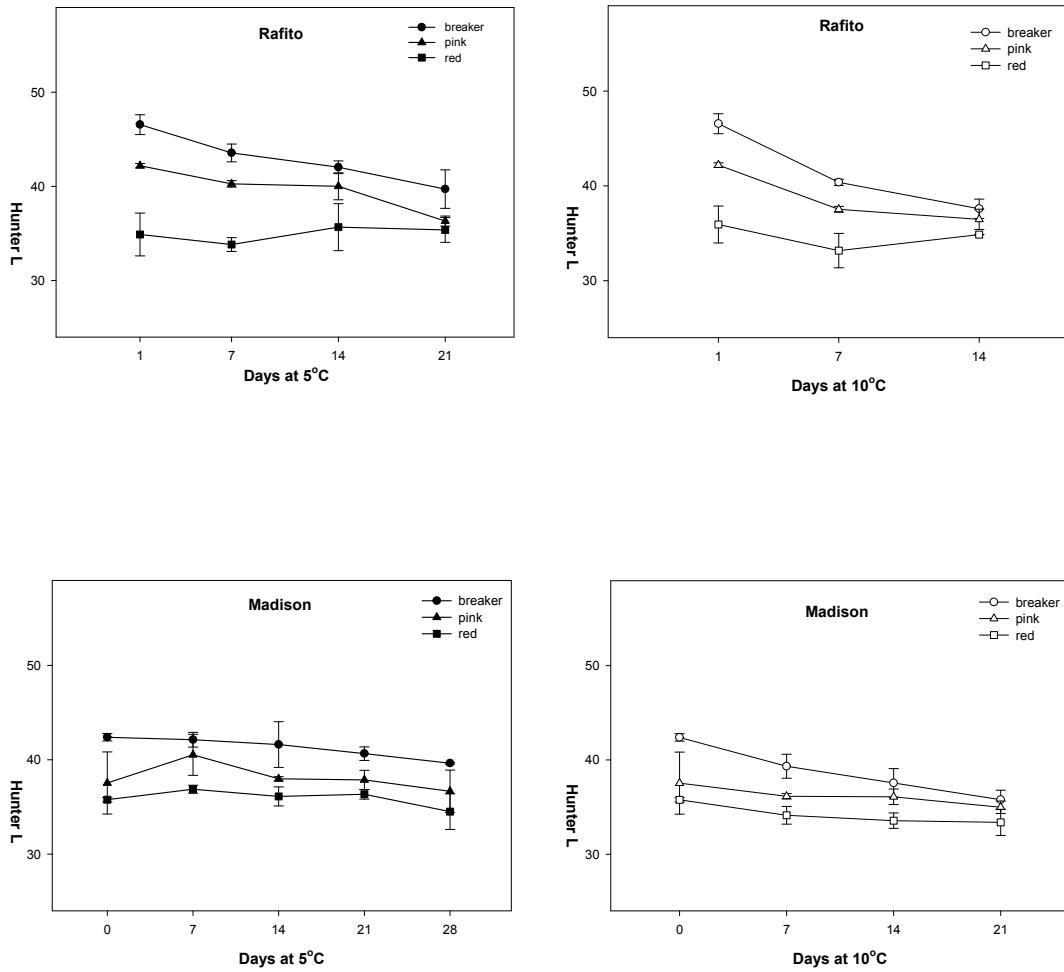


Fig. 12. Change of Hunter L value of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at three stages (breaker, pink, and red) during storage at 5 and 10°C.

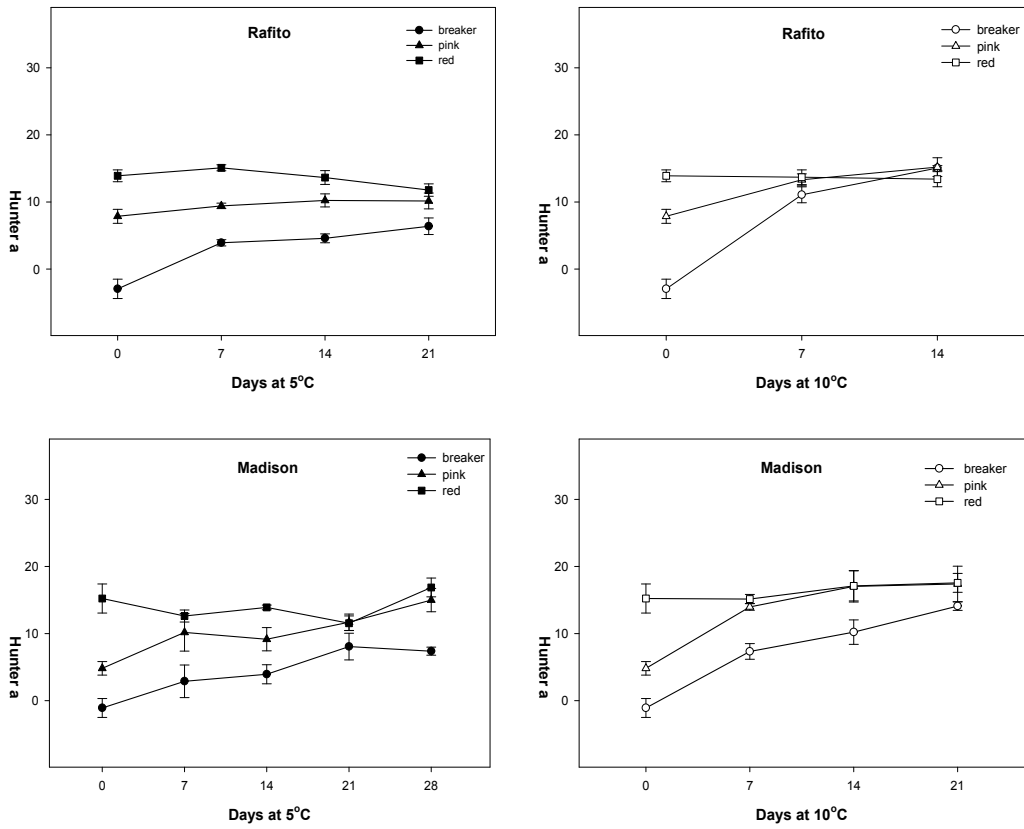


Fig. 13. Change of Hunter a value of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at three stages (breaker, pink, and red) during storage at 5 and 10°C.

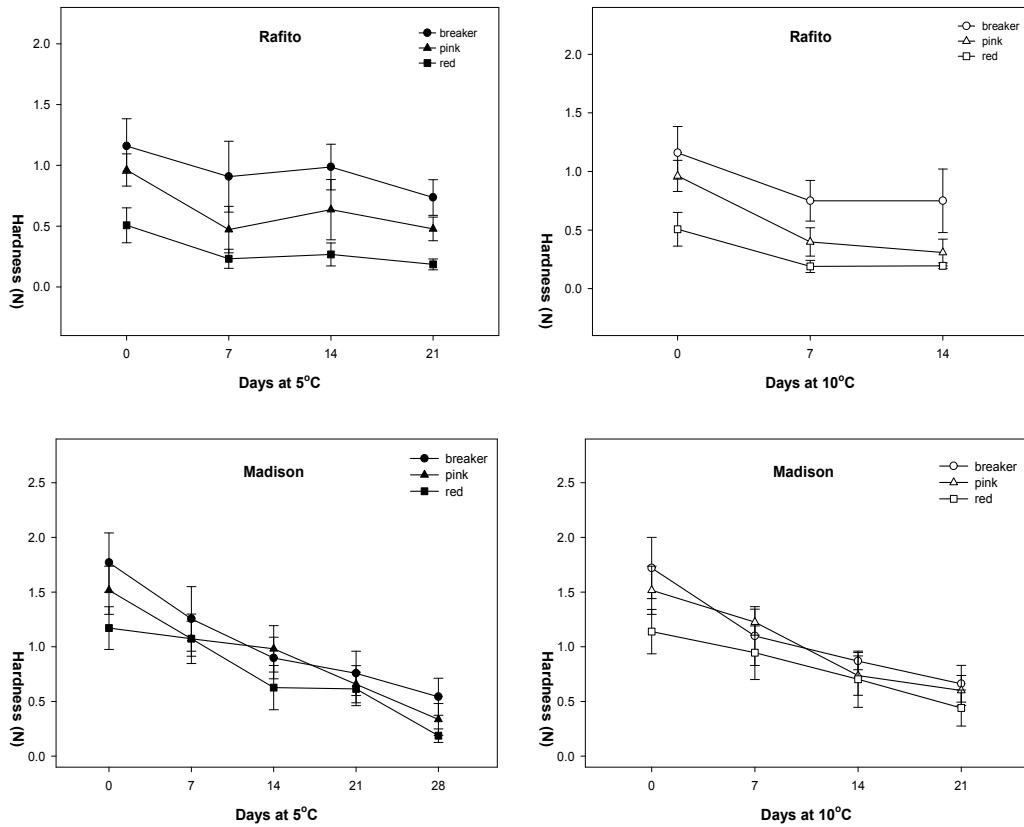


Fig. 14. Change of hardness of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at three stages (breaker, pink, and red) during storage at 5 and 10°C.

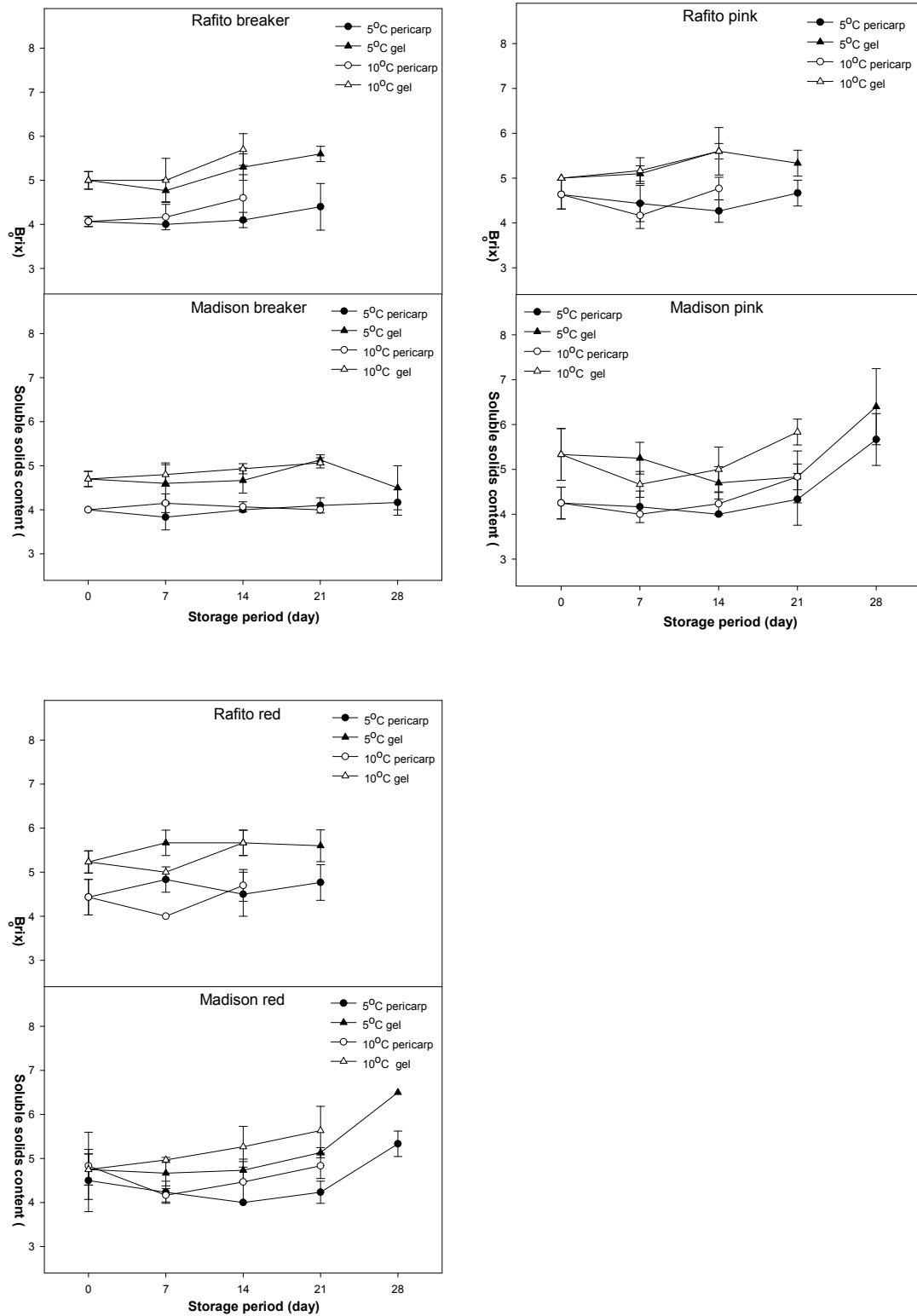


Fig. 15. Change of SSC of ‘Rafito’ and ‘Madison’ tomato cultivars harvested at the breaker (upper, left), pink (upper, right) and red (lower) stages during storage at 5 and 10°C.

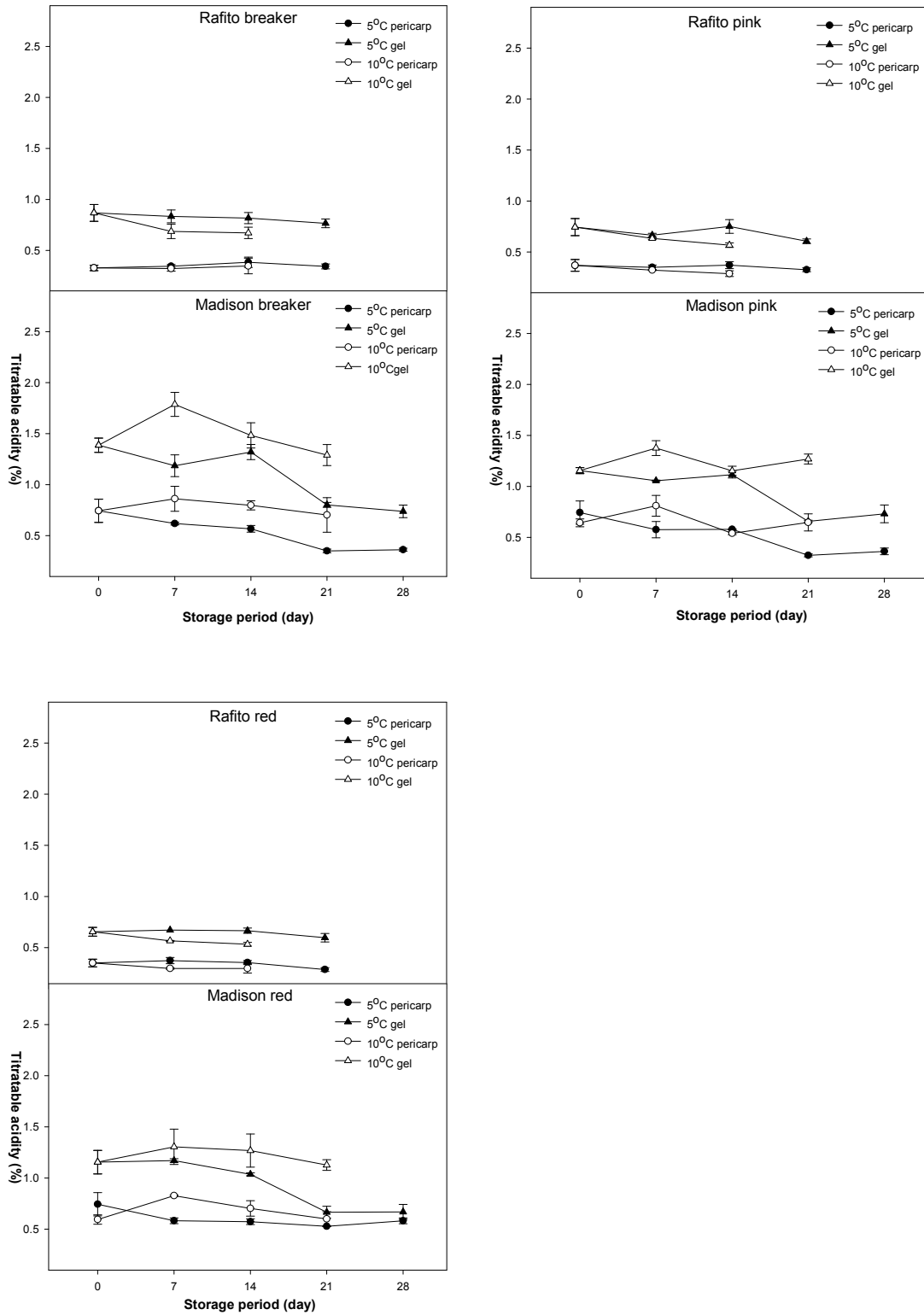


Fig. 16. Change of TA of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at the breaker (upper, left), pink (upper, right) and red (lower) stages during storage at 5 and 10°C.

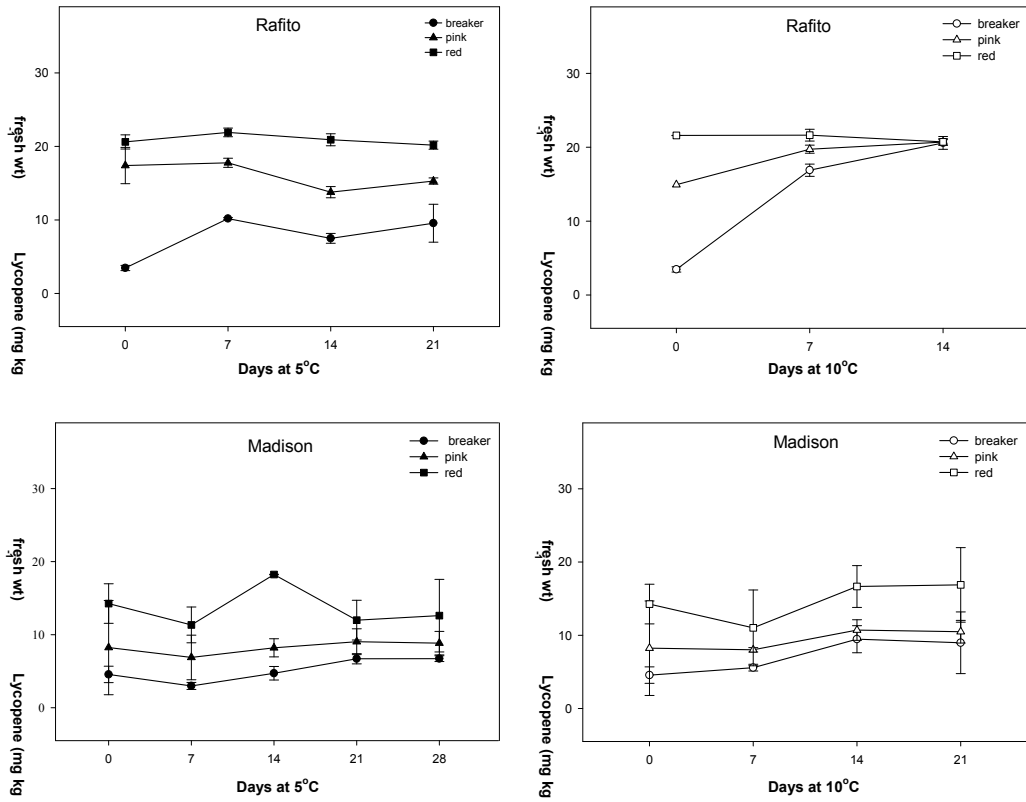


Fig. 17. Change of lycopene content of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at three stages (breaker, pink, and red) during storage at 5 and 10°C.

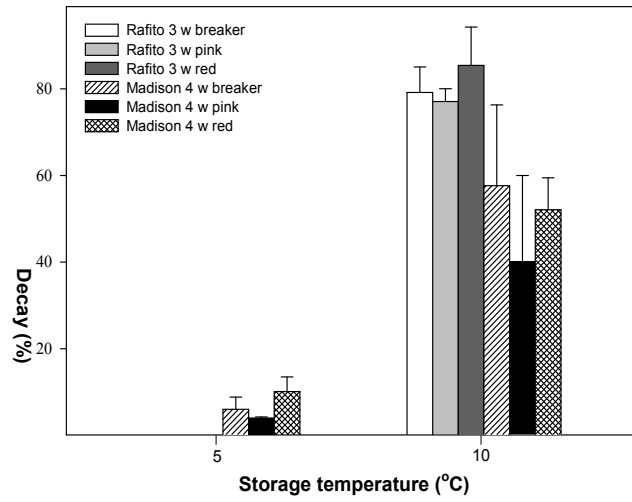


Fig. 18. Decay occurrence at the breaker, pink, and red stages of ‘Rafito’ and ‘Madison’ tomato cultivars harvested at breaker, pink, and red stages after 3 and 4 weeks of storage at 5 and 10°C.

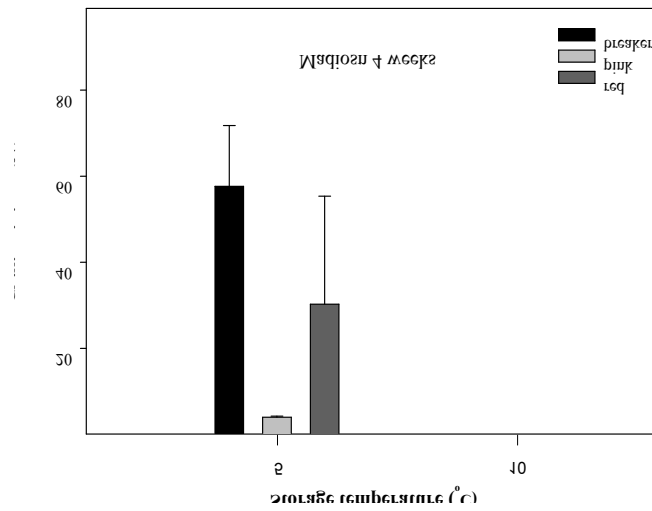


Fig. 19. Chilling injury after 4 weeks of storage at 5 and 10°C in ‘Madison’ tomato cultivar harvested at three stages (breaker, pink, and red).



Fig. 20. Decay and chilling injury in 'Madison' cultivar after 4 weeks of storage at 5°C (A and D, breaker; B and E, pink; C and F, red).

(나) 'Sunroad' 품종의 저장 중 품질 변화

신선편이 토마토를 위한 원료 관리를 효율적으로 하기 위하여 'Sunroad' 품종을 성숙 정도에 따라 breaker, pink, red stage에 수확한 후 5°C, 10°C, 15°C에 4주간 저장하면서 품질 변화를 비교하였다. 또한 원물의 저장 온도가 신선편이 제품의 품질에 미치는 영향을 구명하기 위해 5°C 및 10°C에서 2주간 저장된 원료를 사용하여 신선편이 토마토 가공한 후 10°C에서의 품질 변화를 조사하였다.

Fig. 22는 'Sunroad' 토마토의 저장 중 부패율을 나타낸 것이다. 5°C에서 저장한 토마토는 3주 이후까지 원료의 품질이 유지되어 부패가 전혀 발생하지 않았으나, 10°C에서 저장한 토마토는 저장 3주 후 breaker 토마토는 21%, pink 토마토는 85%, red 토마토는 87%의 부패율을 보였다. 15°C에 저장한 경우 3주 후에 breaker 토마토는 50%, pink 토마토는 67%, red 토마토는 87%의 부패율을 보였다. 15°C에 저장한 red 토마토는 경우 저장 2주에도 87.8%의 부패를 보여 2주 이상의 저장이 불가능하였다.

Fig. 23은 저장 중 붉은 색의 발현 정도는 살펴본 결과이다. Redness를 나타내는 Hunter a값의 경우 breaker 토마토는 모든 저장 온도에서 색의 변화가 나타나지 않았다. Pink 토마토는 10°C 이상의 온도에서 Hunter a 값이 급격히 증가하여 2 주 후에는 red 상태로 변화하였으며 5°C에 저장한 경우 변화 속도가 매우 느려 4주 이후에 red 상태가 되었다. Red 토마토는 모든 저장 온도에서 소폭의 상승을 보였다.

각 온도에 저장할 때 성숙 정도에 따른 정도의 변화를 살펴보았다(Fig. 24). Breaker 토마토는 5°C와 10°C에 저장할 때 15°C에서보다 경도가 더 크게 하락하였는데 이는 저온장해에 의한 조직붕괴로 인해 연화되는 것으로 해석되었다. 'Sunroad' 품종은 앞서 실험한 'Rafito'와 'Madison' 품종에 비해 저온한계 온도가 높아 10°C에서도 저온장해 증상이 관찰되었다. 15°C에서는 breaker 토마토의 연화가 거의 일어나지 않았다. Pink 토마토는 모든 저장 온도에서 저장 초기인 1 주일 동안 급격한 연화가 이루어졌으며 2 주 이후에는 더 이상의 연화 현상은 없었다. Red 토마토는 저장 온도가 높을수록 연화가 빨랐고 저온장해 증상은 온도에 관계없이 나타나지 않았다.

Fig. 25는 각 성숙단계에 따른 가용성 고형물 함량의 변화를 저장 온도별로 살펴본 결과를 나타내고 있다. 수확당시의 함량을 살펴보면 breaker와 pink 토마토는 유사한 수준이었고 red 토마토의 함량은 상대적으로 높았다. Breaker 토마토는 5°C에 저장하는 동안에는 함량의 변화가 거의 없고 10°C 이상의 온도에서는 소폭의 함량 증가가 나타나지만 여전히 낮은 수준을 유지하는 것을 알 수 있었다. Pink 토마토

또한 5°C에서는 함량 변화가 없고 저장 온도가 높아지면 소폭의 상승 경향을 보였다. Red 토마토는 이와는 달리 저장 중 가용성 고형물 함량이 감소하는 경향을 나타내며 그 정도는 저장 온도에 비례하였다.

Fig. 26은 각 성숙단계에 따른 적정산도의 변화를 저장 온도별로 살펴본 결과를 나타내고 있다. 'Sunroad' 품종은 수확시 성숙 정도에 따른 적정산도의 차이가 없었으며 성숙정도 및 저장 온도에 관계없이 변화가 나타나지 않았다. 수확당시의 토마토의 유기산 함량은 breaker가 $5.87 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, pink stage는 $5.31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, red stage는 $3.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 red 토마토의 함량이 가장 낮고, malic acid 함량은 pink stage 이후 크게 낮아지는 경향이였다(Fig. 27).

원료의 저장 온도에 따른 신선편이 제품의 품질 변화를 조사하였다. Fig. 28은 성숙도에 따라 수확된 토마토는 5°C와 10°C에서 2주 동안 저장된 토마토를 이용하여 신선편이 가공한 후 10°C에서의 경도의 변화를 살펴본 결과를 나타내고 있다. 수확시의 숙도에 관계없이 5°C에서 2주간 저장된 원료를 신선편이 가공에 사용할 경우 가공 초기부터 높은 경도를 나타내며 저장기간 동안 상대적으로 높은 경도를 지속적으로 유지하였다. 원료의 저장 중 저장 온도에 의해 경도의 차이가 발생하며 그 차이는 신선편이 가공 후 저장기간 동안 지속적으로 유지되었다. 단, breaker 토마토를 5°C에 저장한 경우에는 신선편이 가공 후 연화가 급속히 이루어졌는데 이는 원료가 저장되는 동안 저온장해 증상이 진행되어 나타난 결과로 해석된다. Fig. 29는 숙도별로 수확된 토마토를 5°C와 10°C에서 2주 동안 저장한 뒤 신선편이 가공한 후 10°C에서의 색의 변화를 살펴본 결과이다. 원료의 저장 중 온도관리는 원료 자체의 품질에 영향을 미치며 그 영향은 신선편이 가공 후의 보관 기간 동안에도 지속되는 것을 알 수 있었다. Breaker stage에 수확한 경우 원료의 저장 온도에 관계없이 저장 2주 후에도 Hunter a 값이 음의 값에 머물러 붉은 색의 발현이 미흡한 상태였다. 또한 이를 사용하여 신선편이 가공한 후 10°C에 저장하는 동안에도 붉은 색으로의 변화는 매우 미미한 정도에 머물렀다. 따라서 Breaker stage에 수확한 경우에는 원료의 저장기간과 신선편이 가공 후 저장기간 동안 완숙과로의 후숙이 이루어지지 않는다는 사실을 알 수 있다. Pink 토마토의 경우 5°C에 저장한 원료를 사용하면 신선편이 제품의 색의 변화가 거의 없었으며 10°C에 저장한 후 신선편이 가공하면 색의 변화가 더 크게 발생하였다. 이러한 경향은 red 토마토에서도 동일하게 나타났다.

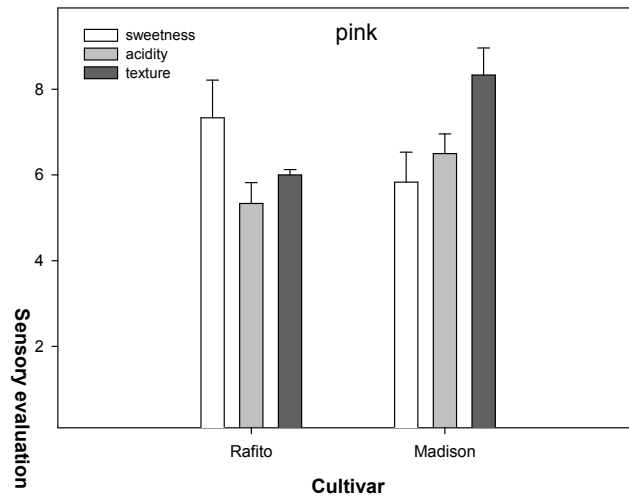


Fig. 21. Sensory evaluation of 'Rafito' and 'Madison' tomato cultivars harvested at the pink stage.

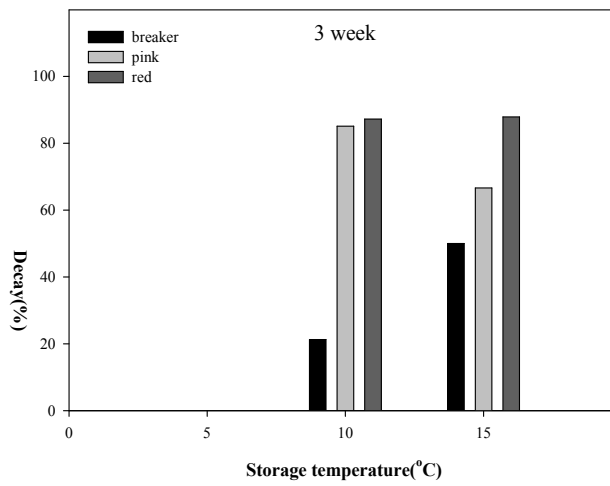


Fig. 22. Decay of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stage after 3 weeks of storage at 5, 10, and 15°C.

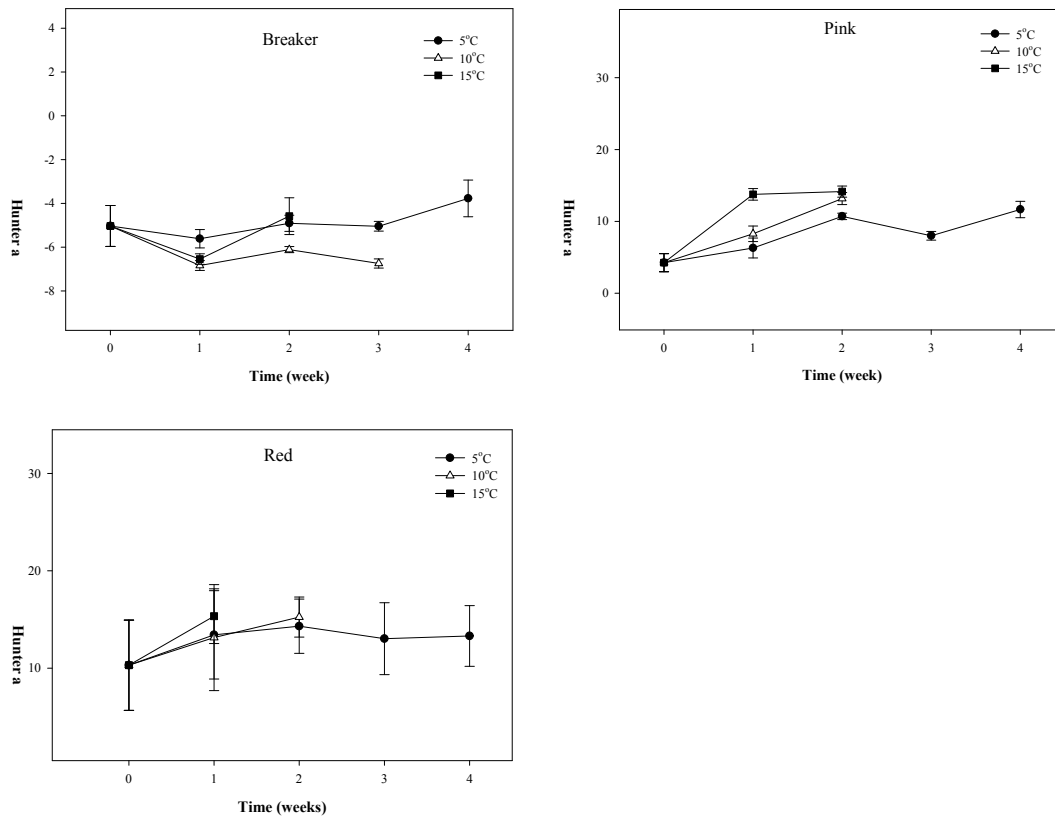


Fig. 23. Change in Hunter a value of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stages during storage at 5, 10, and 15°C.

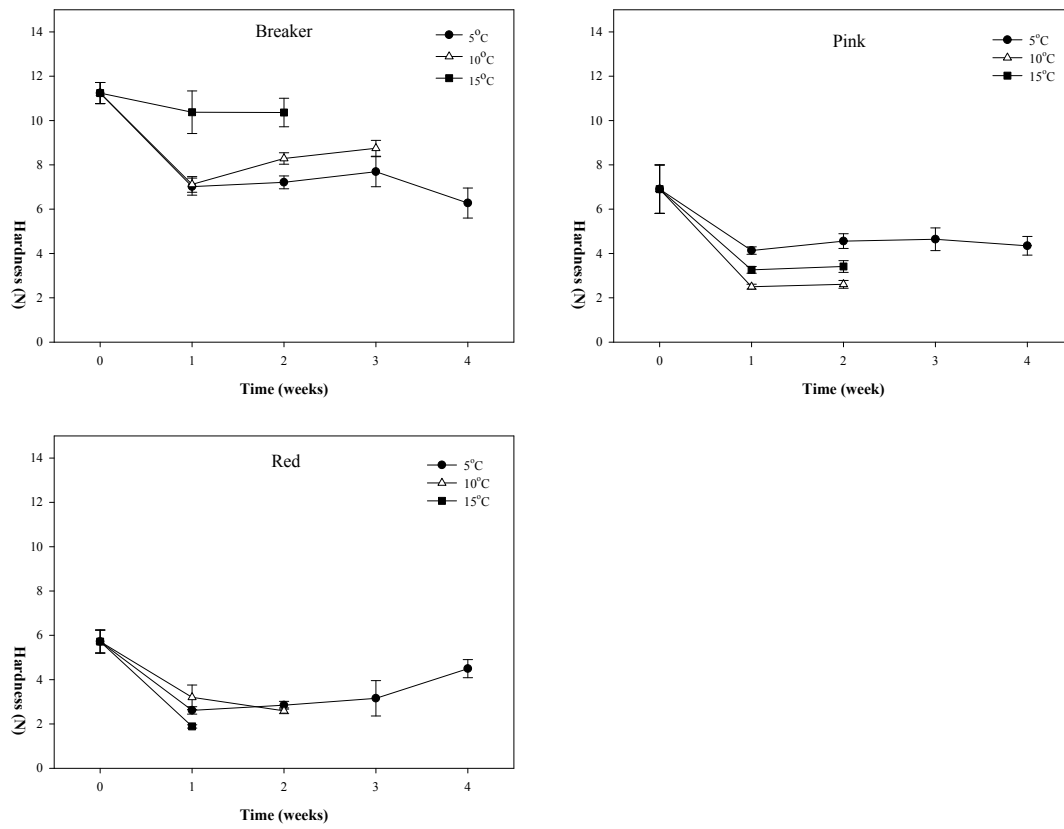


Fig. 24. Change in hardness of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stages during storage at 5, 10, and 15°C.

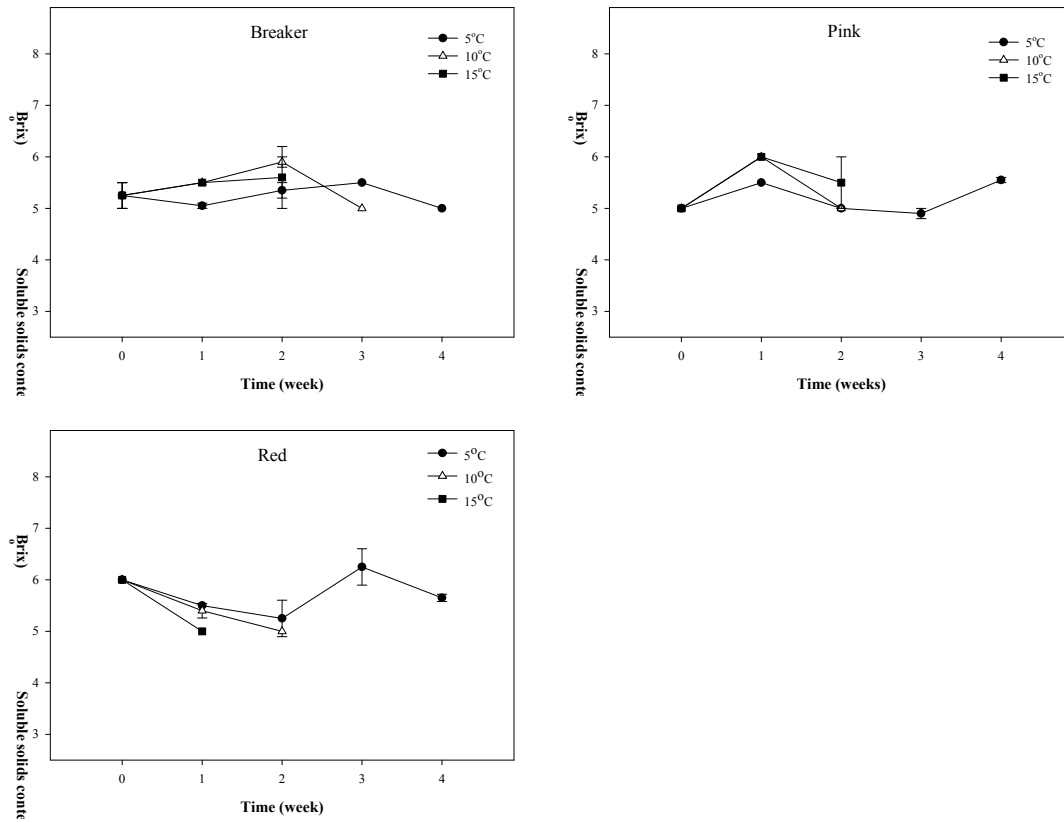


Fig. 25. Change in soluble solids content of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stages during storage at 5, 10, and 15°C.

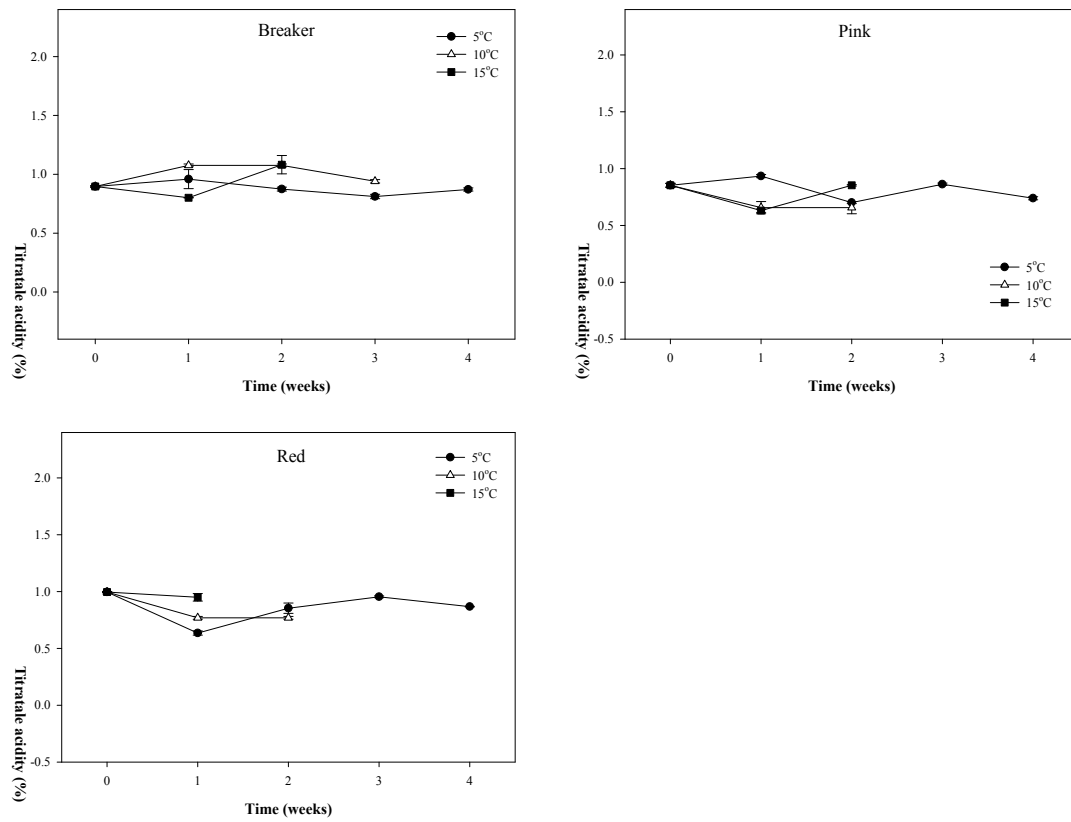


Fig. 26. Change in titratable acidity of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stages during storage at 5, 10, and 15°C.

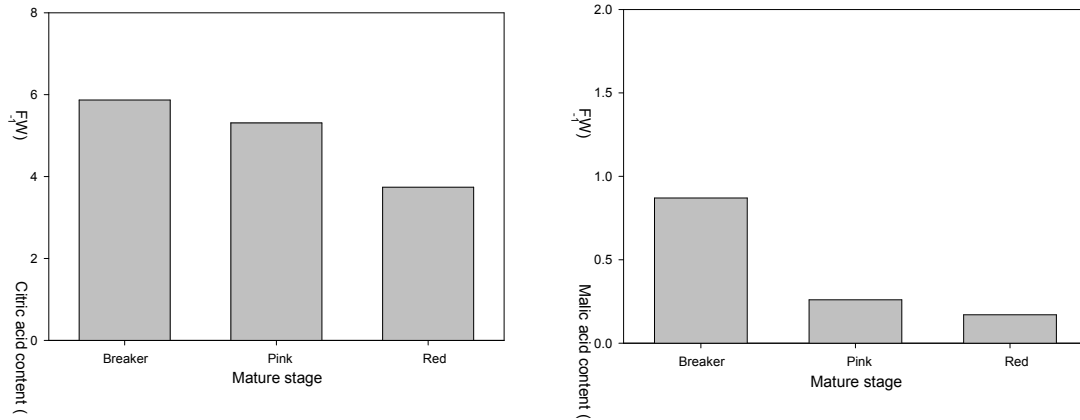


Fig. 27. Citric acid (left) and malic acid (right) content of 'Sunroad' tomatoes harvested at different mature stages.

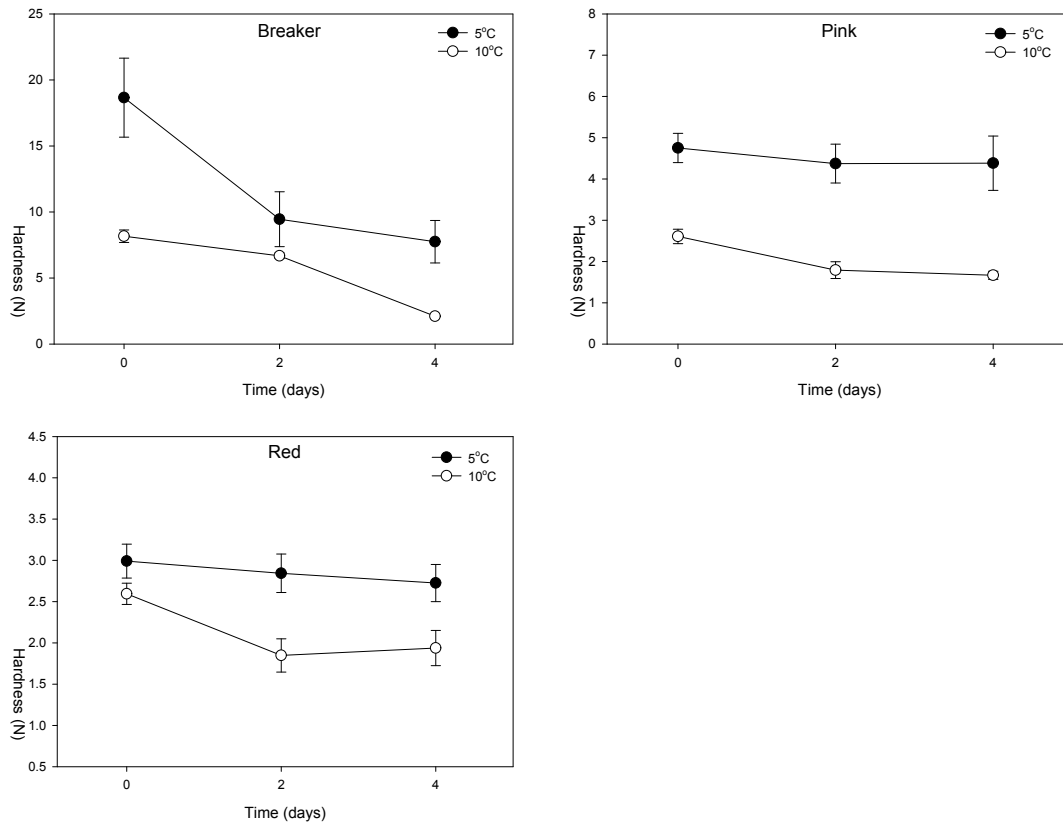


Fig. 28. Change in hardness of fresh-cut tomatoes ('Sunroad') during storage at 10°C. Tomatoes were sliced after storage at 5 and 10°C for 2 weeks.

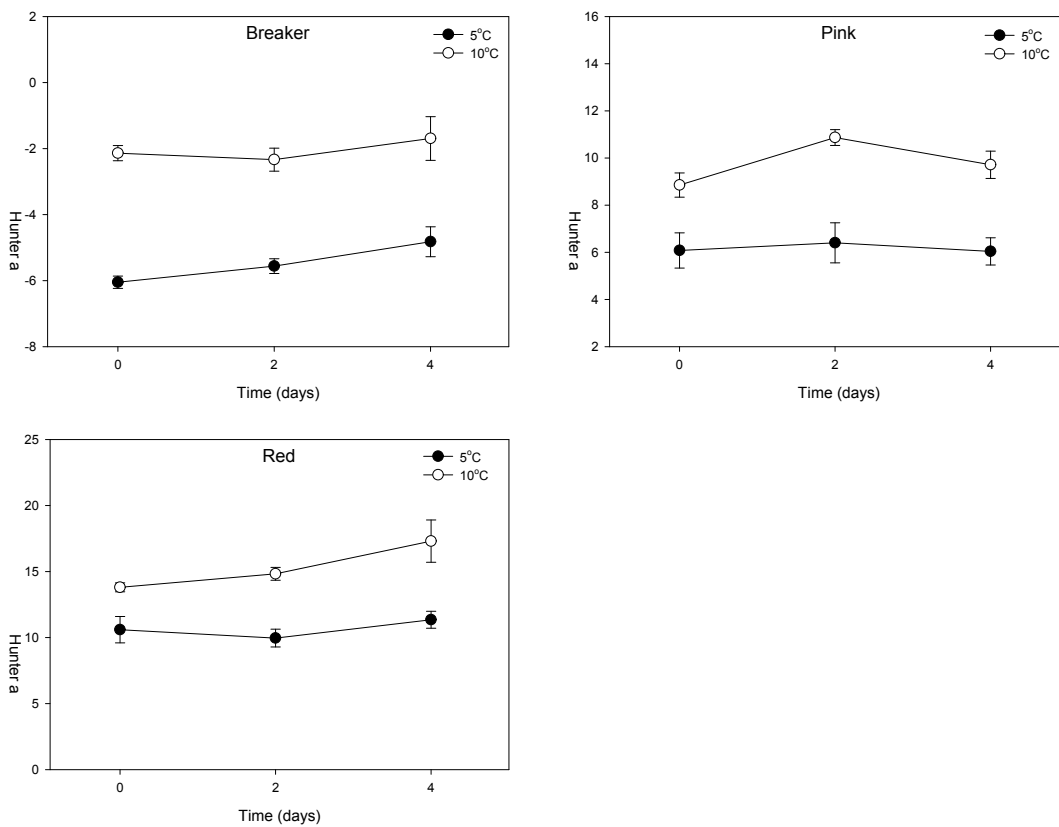


Fig. 29. Change in Hunter a value of fresh-cut tomatoes ('Sunroad') during storage at 10°C. Tomatoes were sliced after storage at 5 and 10°C for 2 weeks.

3. 토마토의 저장성 향상 기술 개발

(가) CO₂ 전처리가 토마토의 저장 중 품질에 미치는 영향 구명

CO₂는 에틸렌 생성 및 작용을 억제시켜 숙성을 억제하는 효과를 갖고 있다고 알려져 있으며 상업적으로 저렴한 가격에 구입할 수 있고, 쉽게 처리가능하기 때문에 수확 후 품질 유지를 위해 많이 사용되고 있다. 또한 사과, 딸기, 키위, 복숭아, 배, 토마토 등 다양한 원예작물에서 그 효과가 보고되고 있다. 이와 같이 다양한 작물에 널리 이용되어 왔으나 품종마다 효과가 다르며 특정 품종에 대한 CO₂ 처리 농도 및 시간, CO₂ 민감도, 그리고 성숙 정도에 따른 적정 처리 조건 설정에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 100% CO₂는 혼합가스에 비해 구입이 쉽고 비용이 낮기 때문에 CO₂ 농도를 조절하여 적용하기 보다는 100% 농도를 이용하여 처리시간을 달리하여 조건 설정을 하고자 하였다. 토마토 시료를 밀폐용기에 넣어 100% CO₂를 20분간 흘려보내 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐시켜 0, 3, 6, 9시간 동안 전처리하였다. 각 시간별로 처리된 토마토를 10°C에 3주간 저장하며 품질 변화를 조사하였다.

(1) 'Rafito' 품종에 대한 처리 효과

본 실험에서는 유럽계 품종 중에서 'Rafito' 품종을 pink 와 red stage에서 수확하여 100% CO₂를 각각 0, 3, 6, 9시간 처리한 후 10°C에 저장하면서 품질 변화를 비교하여 적정 처리 시간을 설정하였다.

Fig. 30에서는 CO₂ 전처리가 저장 중 토마토의 색도 변화에 미치는 영향을 나타내고 있다. CO₂는 과실의 숙성을 억제하는 효과가 있으며 pink와 red 토마토 색 변화를 대조구에 비해 현저하게 억제시켰다. Pink와 red stage 모두 CO₂ 처리시 대조구에 비해 Hunter L 값이 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며 6시간 처리와 9시간 처리가 3시간 처리에 비해 그 효과가 크게 나타나고 있다. 전처리를 하지 않은 실험구의 결과를 살펴보면 pink 토마토의 경우 10°C에서 Hunter L 값이 14일 동안 41.3에서 33.8로 급격히 낮아지고 red 토마토의 경우 36.4에서 32.4로 감소하는 현상을 나타내었다. CO₂를 처리한 후 10°C에 저장하면 이러한 변화가 크게 억제되었는데 100% CO₂를 9시간 처리한 토마토의 경우 Hunter L 값이 pink 토마토는 43.5에서 36.9로, red stage 토마토는 38.9에서 34.6으로 서서히 감소하는 경향을 보였다. 전처리 하지 않은 pink 토마토의 경우 Hunter a 값이 14일 동안 12.2에서 18.2로 급격히 증가하고 red 토마토의 경우 17.4에서 17.54로 거의 변화가 없었다. Pink 토마토는 CO₂ 처리직후부터 Hunter a값이 낮았으며 저장 기간 중에도 변화가 억제되었

는데 9시간 처리한 토마토의 경우 가장 느린 증가를 보였다. Fig. 31에서는 CO₂ 전처리가 저장 중 토마토의 경도 변화에 미치는 영향을 나타내고 있다. 토마토는 유통 중 급격히 연화되므로 과피색의 변화뿐 아니라 연화를 억제하는 것이 매우 중요하다. Pink, red stage 모두 CO₂ 처리구가 대조구에 비해 경도가 느리게 감소하는 경향을 나타내었으며 저장 기간 중 6시간 처리와 9시간 처리가 3시간 처리에 비해 경도가 높게 유지되었다. 10°C에서 14일 동안 저장한 후 경도의 변화를 살펴보면 전처리 하지 않은 pink 토마토는 3.0 N에서 1.5 N으로 감소하였고 red 토마토의 경우 2.1 N에서 0.8 N으로 감소하는 경향을 나타내었다. Pink 토마토를 CO₂ 6시간 처리시 4.2 N에서 2.6 N으로 변화하는 경향을 나타내어 대조구에 비해 저장 중 경도가 높게 유지되는 효과가 있음을 알 수 있었다. Red 토마토에서도 CO₂ 전처리시 저장 후 1.6~2.7 N의 경도를 나타내어 대조구에 비해 경도가 높게 유지되었다. Fig. 32에서는 CO₂ 전처리가 저장 중 토마토의 가용성 고형물 함량과 적정산도의 변화에 미치는 영향을 나타내고 있다. Pink 토마토는 저장 중 가용성 고형물 함량이 증가하다가 후반에 다시 감소하는 경향이었으며 red 토마토는 함량의 변화가 나타나지 않았다. 그러나 Pink 토마토에 CO₂ 처리시 대조구에서 보였던 가용성 고형물 함량의 증가는 없었으나 저장기간 동안 가용성 고형물 함량은 일정 수준을 유지하였으며 red 토마토에서는 전처리에 의한 가용성 고형물 함량의 변화는 없었다. 토마토는 숙성이 진행되면서 산도가 낮아지는데 본 실험결과 CO₂ 처리가 이러한 경향에 영향을 미치지 않았다. Fig. 33은 CO₂ 전처리가 저장 중 토마토의 호흡 및 에틸렌 생성량의 변화에 미치는 영향을 나타내고 있다. 저장 중 호흡률을 살펴보면 pink 토마토의 경우 저장 중 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며 red 토마토 또한 감소하는 경향을 보였으며 그 속도는 pink 토마토에 비해 빠르게 진행되었다. CO₂ 처리시 무처리구에 비해 호흡률이 높게 유지되는 경향을 보였다. 에틸렌 발생도 저장기간 동안 낮아지는 경향을 보였으며 CO₂ 처리에 의한 영향은 없었다. CO₂ 전처리가 저장 2주와 3주 후의 곰팡이에 의한 부패율에 미치는 영향을 조사하였다 (Fig. 34). Pink 토마토는 저장 2주 후부터 부패도가 발생하였으며 저장 3주 후 무처리구에서 46.6%의 부패율을 나타내었다. CO₂ 처리시 부패율이 현저히 감소하는 결과가 나타났다. Red 토마토도 2주 후부터 부패가 발생되었고 그 정도는 pink 토마토에 비해 높았다. 3주 후 부패율을 살펴보면 무처리구는 66.6%, CO₂ 3시간 처리구는 46.9%, 6시간 처리구는 39.7%, 9시간 처리구는 46.9%의 부패율을 나타내었다. Fig. 35는 부패된 토마토 각각의 부패 정도를 측정된 결과이다. CO₂ 전처리가 의해 부패의 정도에 미치는 영향은 희박한 것으로 나타났으나 red 토마토의 경우 3주 후 부패 정도가 CO₂ 전처리에 의해 약해지는 결과가 나타났다. 위의 결과로 미루어 보

아 토마토를 수확한 후 CO₂를 전처리한 후 저장하면 저장 중에 나타나는 색의 변화, 곰팡이에 의한 부패, 연화 등을 억제하여 신선도를 연장시키는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

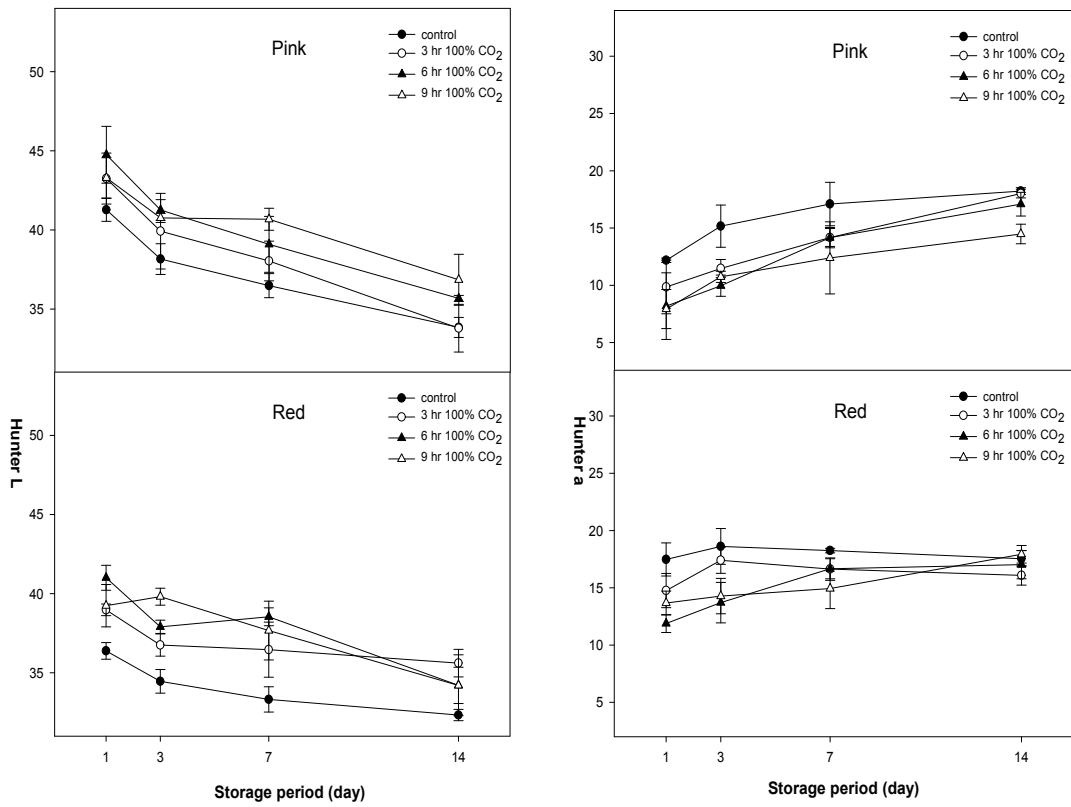


Fig. 30. Effect of high CO₂ pre-storage treatments on the change of Hunter a value of 'Rafito' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

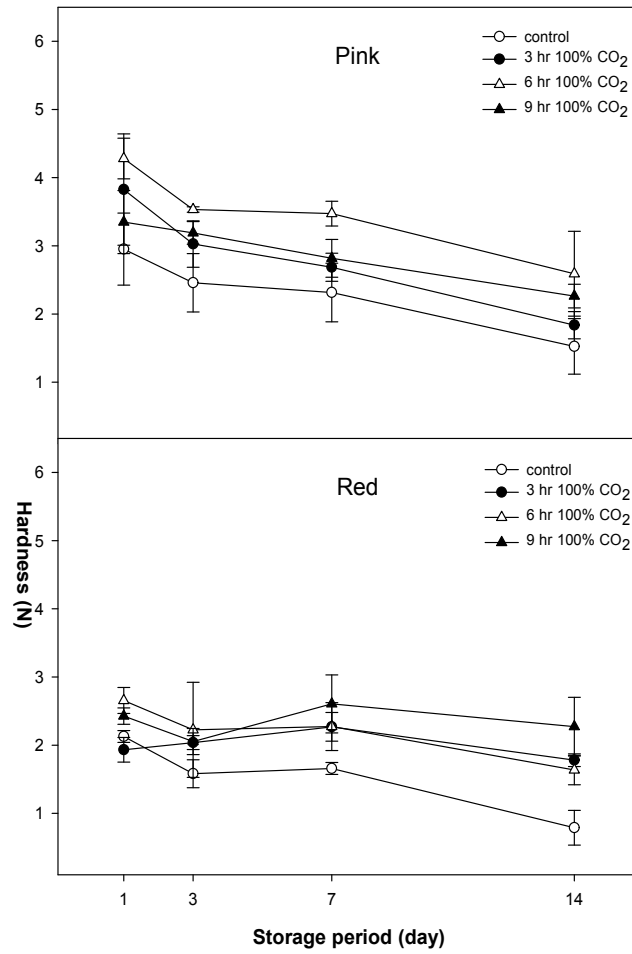


Fig. 31. Effect of high CO₂ pre-storage treatments on the change of hardness of 'Rafito' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

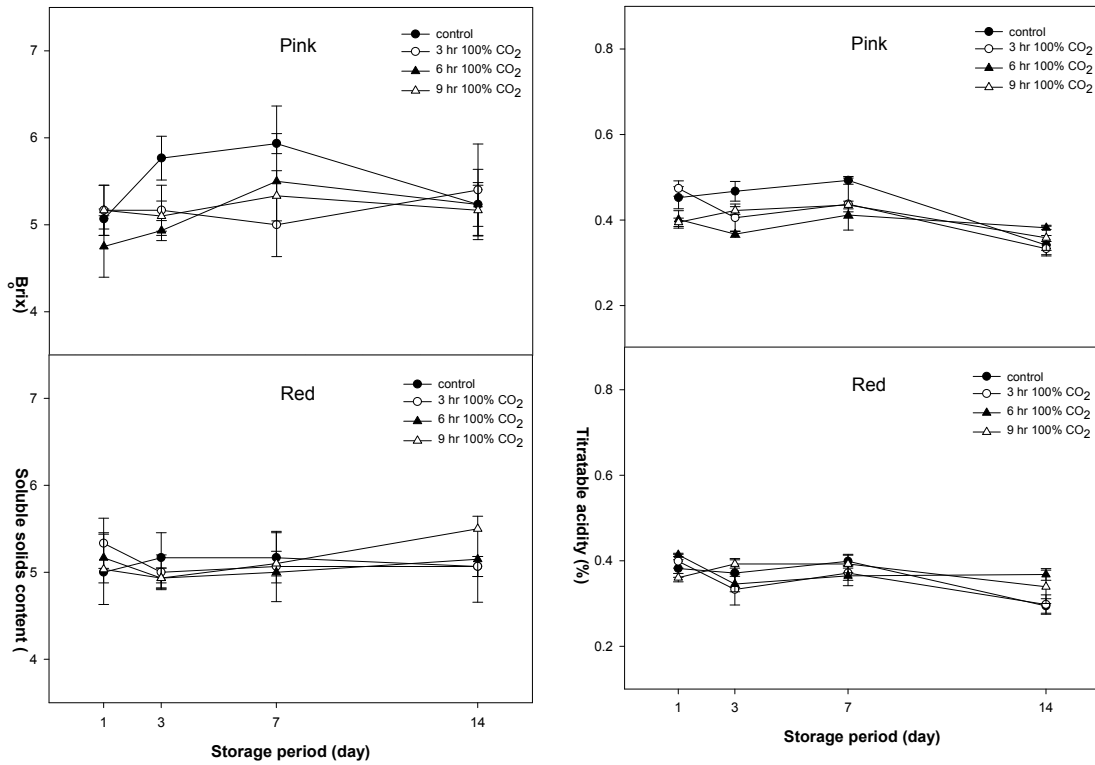


Fig. 32. Effect of high CO₂ pre-storage treatments on the change of soluble solids content (left) and titratable acidity (right) of 'Rafito' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

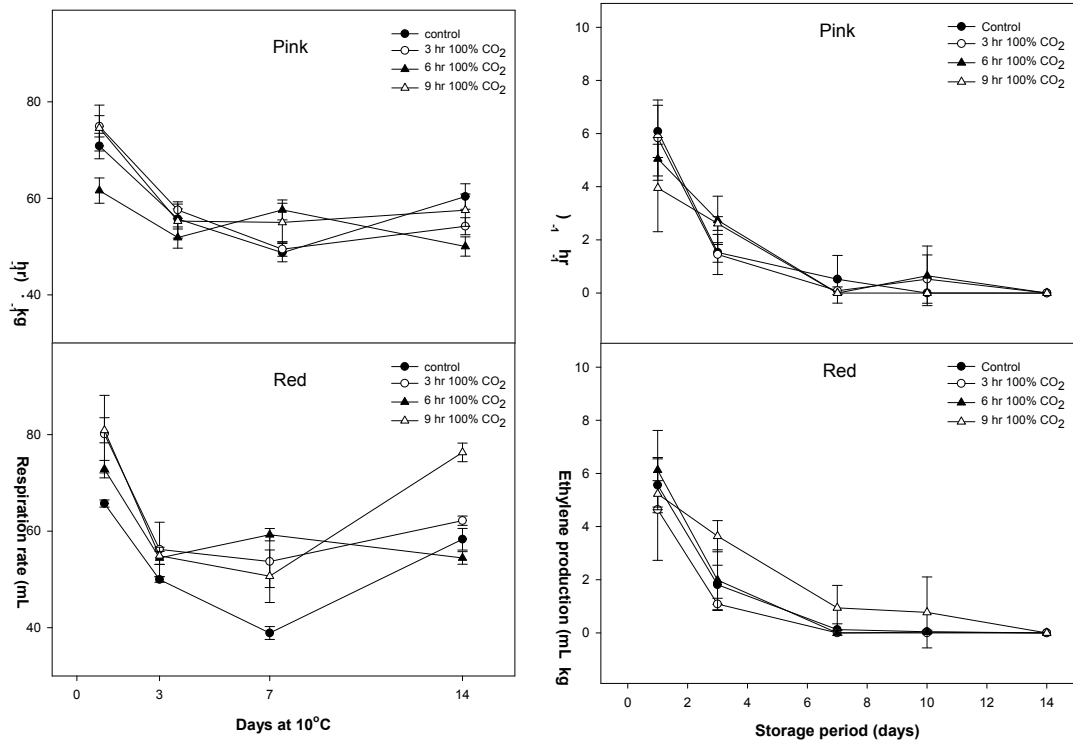


Fig. 33. Effect of high CO₂ pre-storage treatments on the change of respiration rate (left) and ethylene production (right) of 'Rafito' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

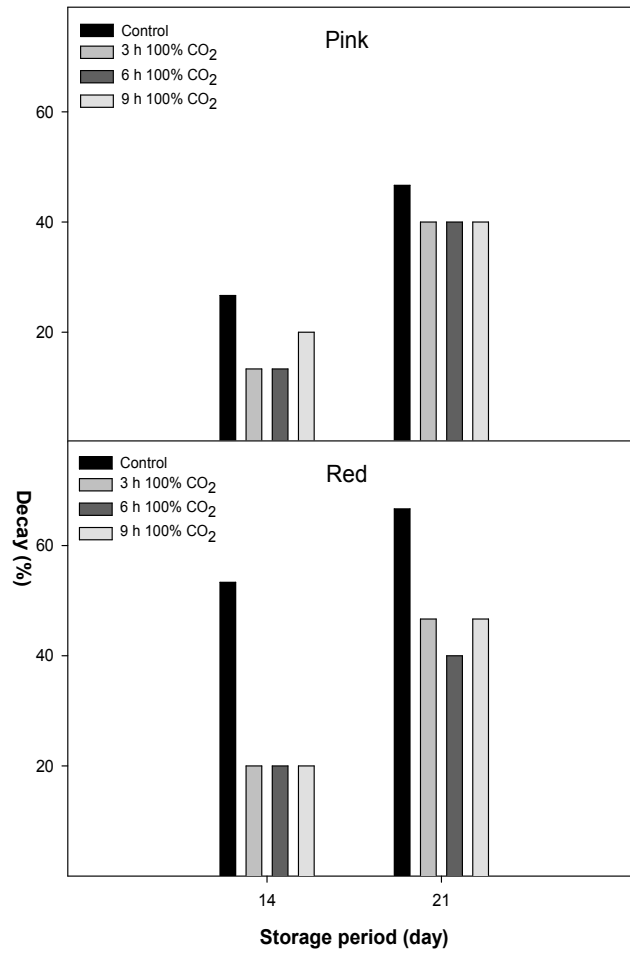


Fig. 34. Effect of 100% CO₂ pre-storage treatments (3, 6, and 9 hr) on the change of decay of 'Rafito' tomatoes harvested at the pink and red stages after 14 days of storage at 10°C.

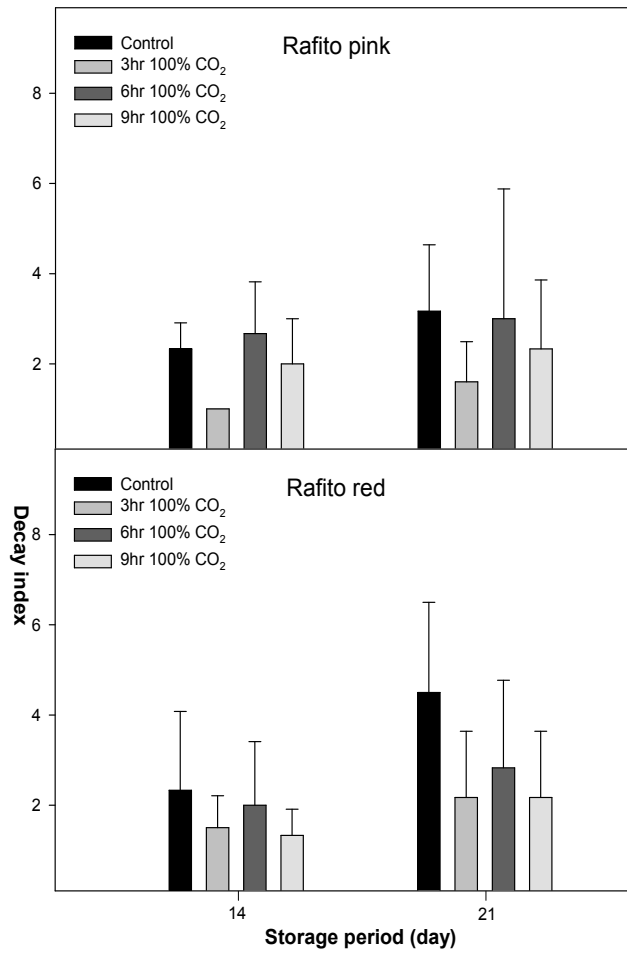


Fig. 35. Effect of 100% CO₂ pre-treatments (3, 6, and 9 h) on the change of decay index during storage at the pink and red stages of 'Rafito' tomato cultivar.

(2) 'Madison' 품종에 대한 처리 효과

'Madison' 품종을 pink와 red stage에 수확한 후 100% CO₂를 3, 6, 9시간 동안 처리하여 3주간 저장하며 품질변화를 비교하였다. Fig. 36은 'Madison' 품종의 저장 중 색의 변화에 CO₂ 전처리가 미치는 영향을 조사한 결과이다. Hunter L값은 pink와 red 토마토 모두 저장 기간 중 감소하는 경향을 나타내었으며 pink 토마토의 경우 초기 40.2~42.1에서 저장 3주 후 36.7~38.8로 감소하였으며 red 토마토 또한 37.1~38.1에서 34.9~35.4로 감소하는 경향을 나타내었다. Redness를 나타내는 Hunter a값은 pink 토마토의 경우 초기 8.9~13.5에서 저장 21일 후 16.8~18.5, 그리고 red 토마토는 15.6~18.2에서 저장 21일 후 17.5~19.1로 서서히 증가하는 경향을 보였다. 이러한 색의 변화는 CO₂처리에 의한 영향이 없었으며 이는 'Rafito' 품종에서 나타난 결과와 상이한 것이었다.

가용성 고형물 함량과 적정산도의 변화를 살펴보았다(Fig. 37). 가용성 고형물 함량의 변화를 살펴보면 pink와 red 토마토 모두 저장기간 동안 초기에는 일정 부분 증가하다 다시 감소하는 경향을 나타내었다. Pink stage의 경우 저장 초기에는 4.7~5.0 °Brix이었으며, 저장 14일 후 5.8 °Brix였다. CO₂를 3, 6, 9시간 처리한 토마토는 14일 저장 후 각각 4.9, 5.6, 5.1 °Brix로 대조구에 비해 낮은 가용성 고형물 함량이 낮았다. Red 토마토 또한 초기 가용성 고형물 함량이 4.9~5.1 °Brix로 pink 토마토와 큰 차이를 보이지 않았으며, 저장 기간 중에도 변화는 없었고 CO₂ 전처리에 의한 차이는 발생하지 않았다. 적정산도는 pink 토마토가 초기 0.47~0.55%에서 저장 21일 후 0.29~0.35%로 감소하며 red 토마토 또한 0.40~0.47%에서 0.28~0.32%로 저장 기간 중 감소하는 경향을 나타내었다. Pink 토마토에서는 CO₂ 전처리시 적정산도가 무처리구에 비해 낮은 경향을 나타내며 red 토마토에서는 영향이 없었다.

Fig. 38에서는 CO₂ 전처리가 'Madison' 품종의 저장 중 경도 변화에 미치는 영향을 나타내고 있다. Pink와 red 토마토 모두 저장 기간 동안 감소하는 경향을 나타내었으며 pink 토마토의 연화 속도가 빨랐고 red 토마토는 저장 중 연화가 적게 발생하였다. 전처리에 의해 연화가 억제되는 효과는 없었다. 따라서 'Rafito' 품종에 비해 경도가 높은 'Madison' 품종은 CO₂ 처리에 의한 영향이 적은 것을 알 수 있었다. 'Madison' 품종은 저장 3주 동안 부패가 발생하지 않았다(자료 미제시).

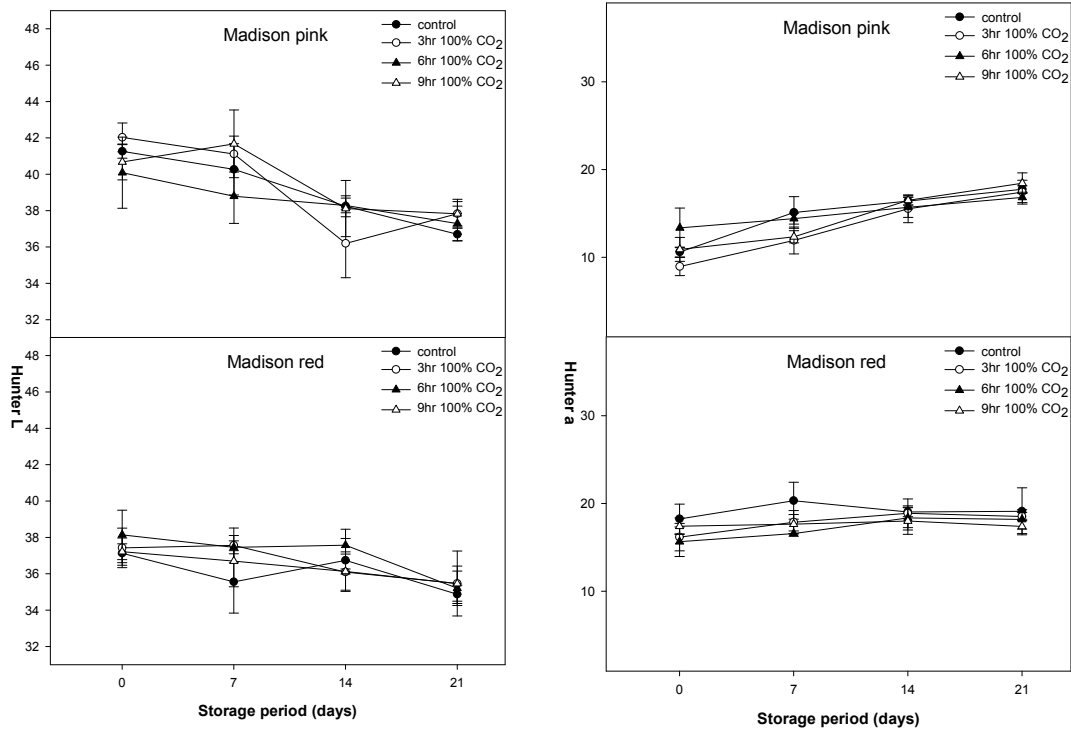


Fig. 36. Effect of 100% CO₂ pre-treatments (3, 6, and 9 h) on the change of Hunter L value (left) and Hunter a value (right) of 'Madison' tomato cultivar harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

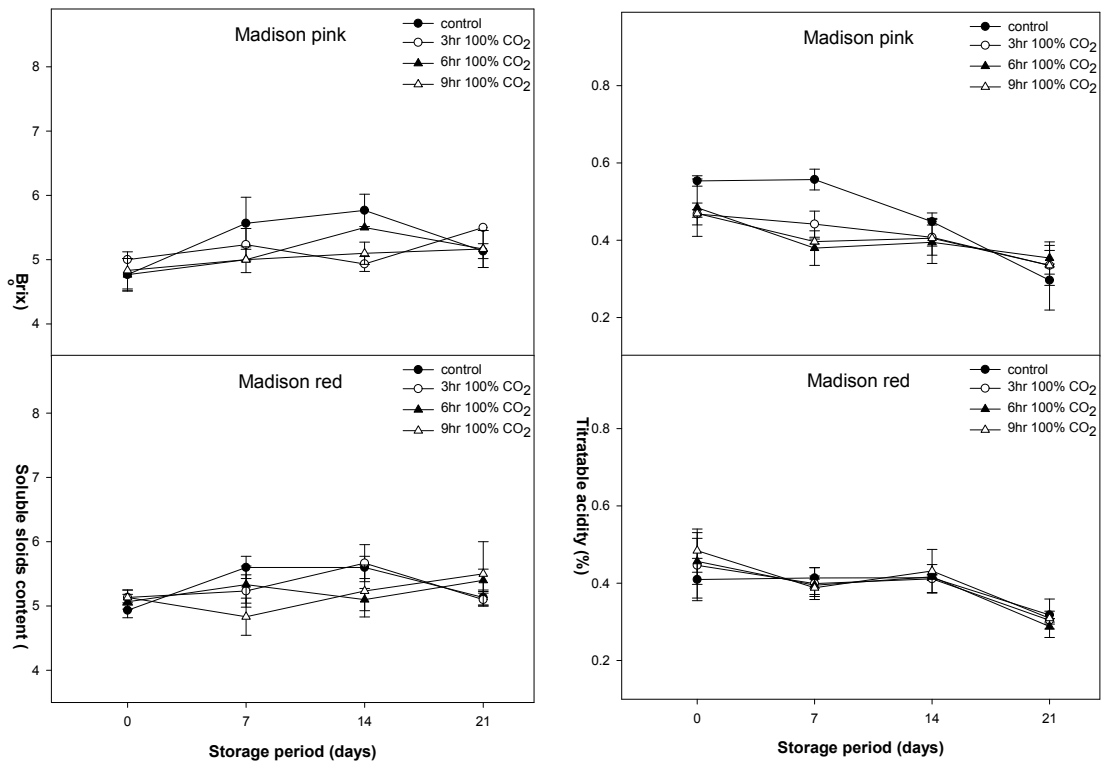


Fig. 37. Effect of 100% CO₂ pre-treatments (3, 6, and 9h) on the change of soluble solids content (left) and titratable acidity (right) of 'Madison' tomato cultivar harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

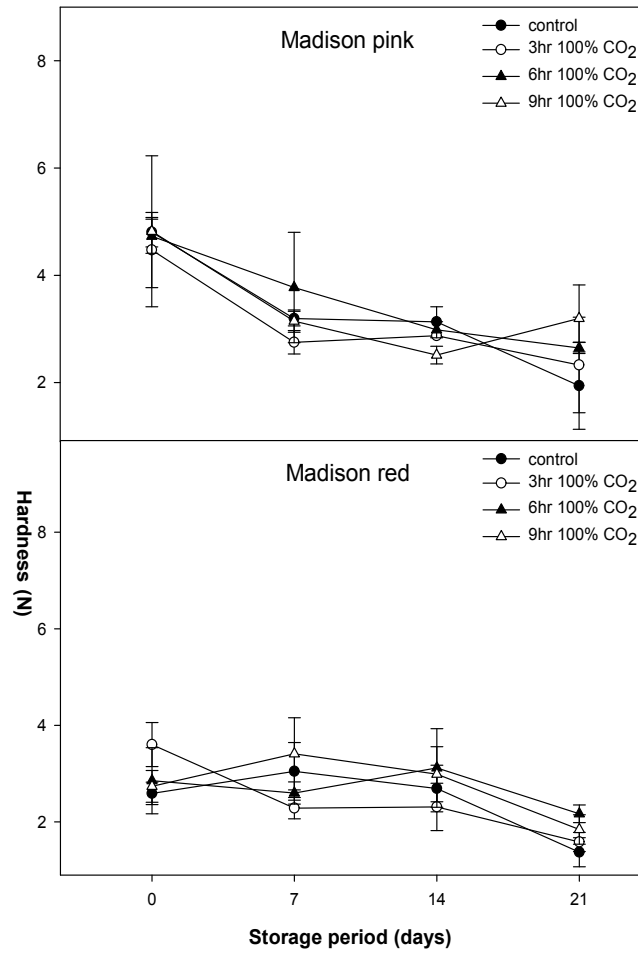


Fig. 38. Effect of 100% CO₂ pre-treatments (3, 6, and 9h) on the change of firmness of 'Madison' tomato cultivar harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

(나). 1-MCP 처리가 토마토의 저장 중 품질에 미치는 영향 구명

1-MCP는 에틸렌에 의해 야기되는 후숙을 효과적으로 억제 시키는 역할을 하며 사과나 자두, 바나나, 파파야, 아보카도 등에 적용되어 후숙 지연 및 호흡률 저하 그리고 엽록소 파괴 억제 현상 등의 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 연구는 에틸렌의 활동저해제인 1-MCP(1-methylcyclopropene)를 농도별로 처리하여 토마토의 저장성을 향상시키고 적정 처리 농도를 설정하고자 다음과 같은 실험을 수행하였다. 공시재료는 하우스에서 재배된 'Madison' 품종을 pink와 red stage에 수확하여 사용하였다. 수확된 토마토 과실을 20 L 밀폐용기에 넣은 뒤 1-MCP(SmartfreshTM)를 0, 250, 500, 750 ppb의 농도로 24시간 동안 처리하였다. 처리과정 중 팬을 설치하여 공기 순환을 유도하였다. 처리한 토마토를 10°C에 4주간 저장하며 품질 변화를 비교하였다.

1-MCP가 저장 중 토마토의 품질변화에 미치는 영향을 살펴본 결과 과피색, 가용성 고형물 함량, 산도의 변화 양상은 처리간 유의차가 없었다(Fig. 39, 40). Pink 토마토의 연화현상은 750 ppb 농도에서 억제되는 효과가 있었으나 red 토마토에서는 경도에 미치는 영향이 없었다(Fig. 41). 이는 'Madison' 품종이 유럽계 품종 중에서는 경도가 가장 높고 저장성이 뛰어난 품종이라는 점과 에틸렌 발생량이 매우 적다는 점을 고려할 때 1-MCP가 이 품종에 크게 영향을 미치지 못해 경도 변화에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

저장 4주 후에 pink stage 토마토의 경우 대조구가 4.5%의 중량 감소율을 보였으며, 1-MCP처리구의 경우는 250 ppb 처리구가 2.86%, 500 ppb 처리구가 3.58%, 750 ppb 처리구가 2.66%의 중량 감소율을 보였다. Red stage 또한 pink stage와 비슷한 경향을 보여, 대조구에서 4.15%의 중량감소율이 나타났으며, 250 ppb 처리구는 3.79%, 500 ppb 처리구는 3.09%, 750 ppb 처리구는 3.25%의 중량감소율을 나타냈다(Fig. 42). 대조구가 1-MCP 처리구에 비해 중량 감소율이 더 높아 1-MCP 처리에 의해 중량 감소가 억제되었다. 저장 4주 후 대조구는 부패과가 발생되나 1-MCP 처리구에서는 부패가 감소되며 그 효과는 농도에 비례하여 증가하는 경향이였다. 4주 이후의 토마토 색을 관찰한 결과 무처리구가 1-MCP 처리구에 비해 강한 붉은색을 띠고 있었다. 250 ppb 처리구에 비해 500 및 750 ppb 처리구가 색발현 억제 효과가 컸다. 에틸렌 발생량은 pink와 red stage 모두 저장 3일까지 급감하다가 이후 유지되는 경향이였으며 1-MCP 처리에 의한 영향은 없었다(Fig. 43). Pink와 red stage 모두 저장 중 에틸렌 발생량이 감소하는 경향을 나타낸 것으로 미루어 보아 토마토의 숙성 중에 나타나는 호흡 급등기는 지난 상태인 것으로 판단되며, 급등기 이후의 시기에는 ethylene에 의한 생리적 영향이 상대적으로 적어지므로 1-MCP 처

리에 의한 영향이 미미한 것으로 추측된다. 외관을 관찰하면 1-MCP 처리에 의해 색의 변화가 지연된 것을 알 수 있다(Fig. 44).

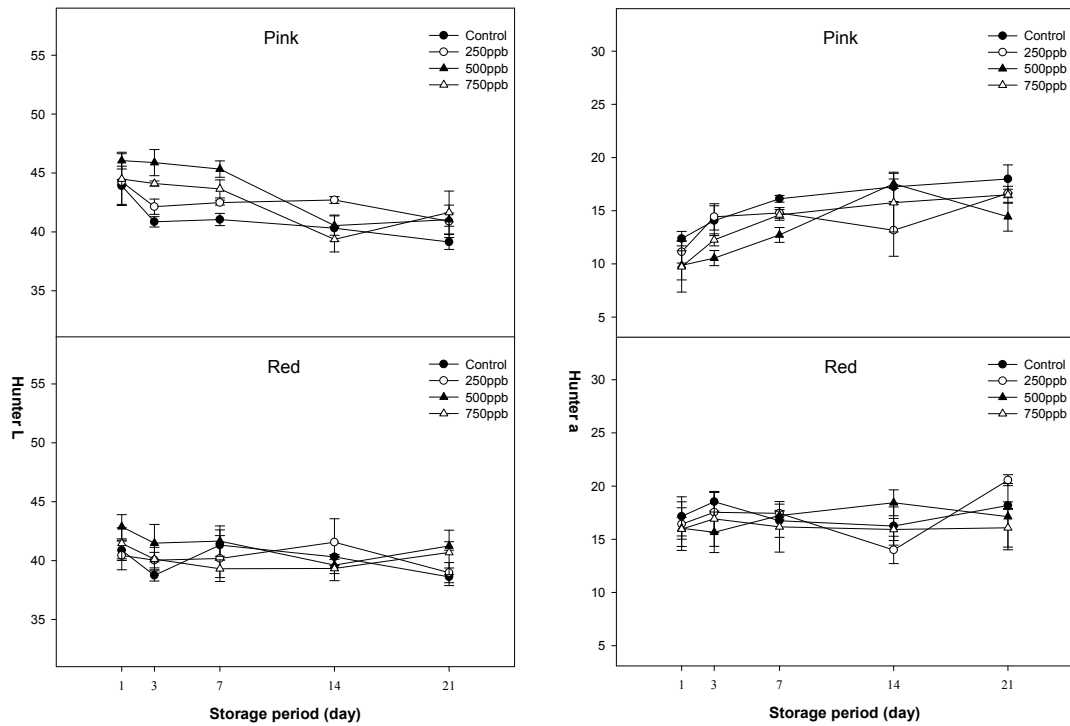


Fig. 39. Effect of 1-MCP pre-storage treatments (0, 250, 500, 750 ppb) on the change of Hunter L and a value of 'Madison' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

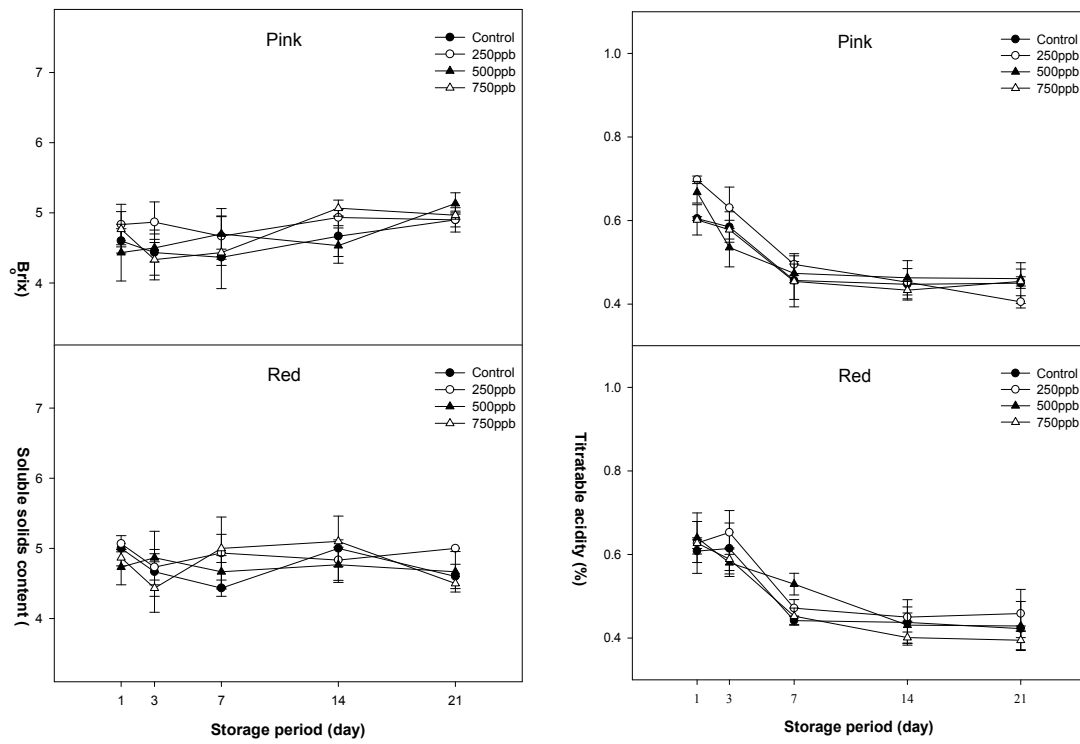


Fig. 40. Effect of 1-MCP pre-storage treatments (0, 250, 500, 750 ppb) on the change of soluble solids content (left) and titratable acidity (right) of 'Madison' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

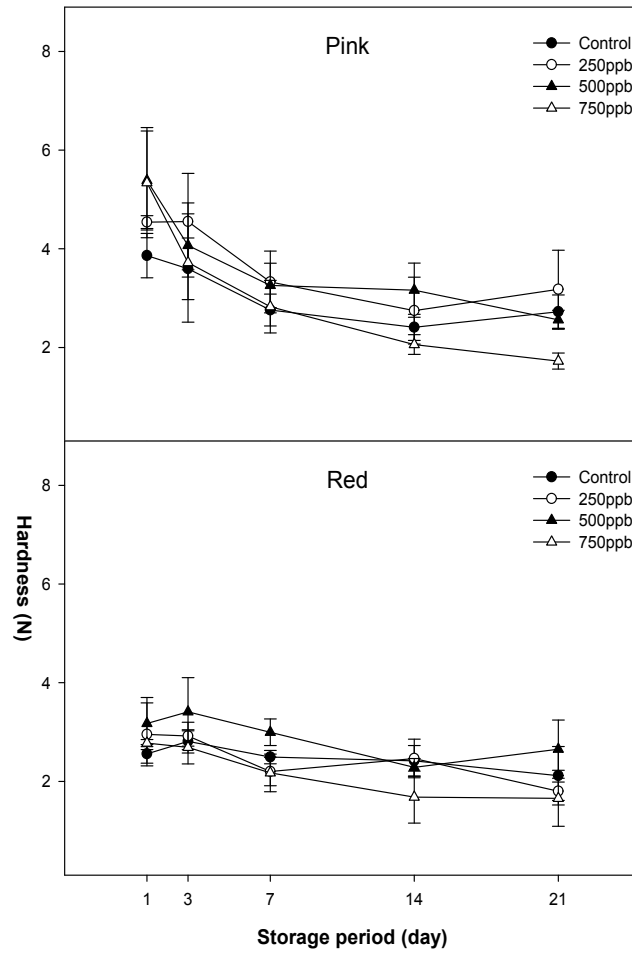


Fig. 41. Effect of 1-MCP pre-storage treatments (0, 250, 500, 750 ppb) on the change of firmness of 'Madison' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

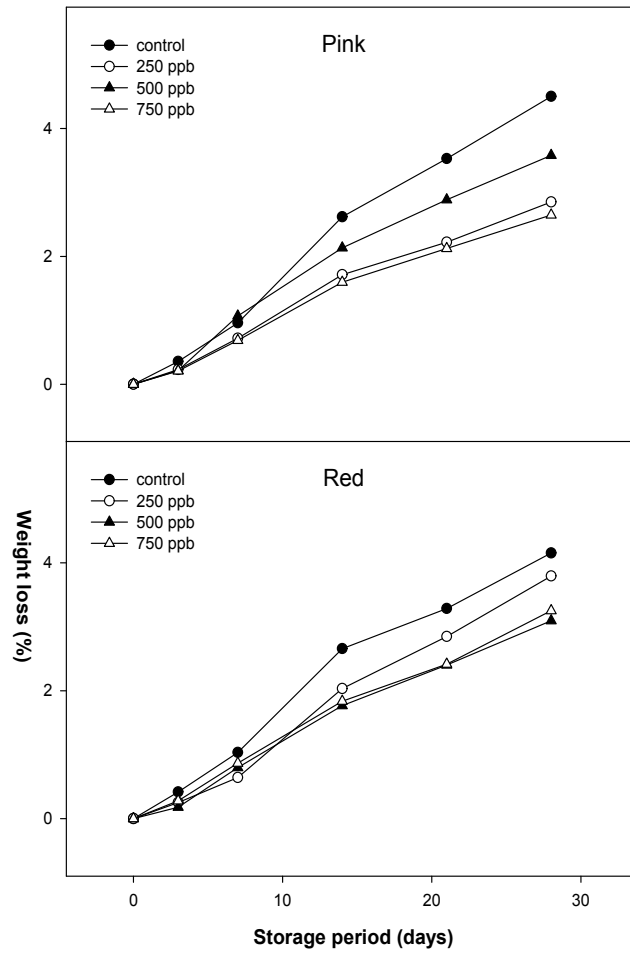


Fig. 42. Effect of 1-MCP pre-storage treatments (0, 250, 500, 750 ppb) on the change of weight loss of 'Madison' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.

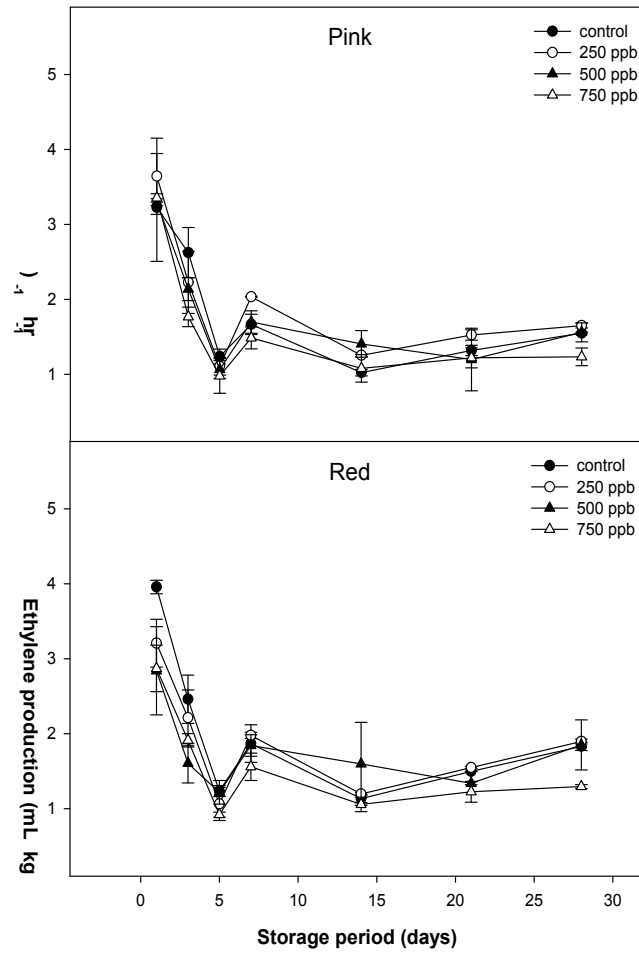


Fig. 43. Effect of 1-MCP pre-storage treatments (0, 250, 500, 750 ppb) on the change of ethylene production of 'Madison' tomatoes harvested at the pink and red stages during storage at 10°C.



Fig. 44. Effect of 1-MCP treatment on the decay and chilling injury of 'Madison' tomatoes harvested at the pink (left) and red (right) stages after 4 weeks of storage at 10°C (control, a and e; 250 ppb, b and f; 500 ppb, c and g; 750 ppb, d and h).

(다) NO 처리가 토마토의 저장 중 품질에 미치는 영향 구명

Nitric oxide(NO)를 농도별로 처리하여 토마토의 저장성을 향상시키고 적정 처리 농도를 설정하고자 다음과 같은 실험을 수행하였다. 공시재료는 하우스에서 재배된 'Rapsodie' 품종을 breaker와 pink stage에 수확하여 사용하였다. 수확된 토마토 과실 2~2.5 kg을 20 L 밀폐용기에 넣은 뒤 NO를 0, 200, 500 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도로 20분간 흘려보내 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐시킨 후 4시간 동안 처리하였다. 처리한 토마토를 10°C에 저장하며 품질 변화를 비교하였다. 품질 인자로는 색, 경도, 가용성 고형물 함량, 산도, 부패율, 저온장해, 호흡률 및 에틸렌 발생량 등을 조사하면서 적정 농도를 탐색하였다.

Breaker 및 pink 토마토를 저장하는 동안의 Hunter L 값과 a 값의 변화는 NO 처리를 통해 억제되는 경향을 나타내었다(Fig. 45). Breaker 토마토의 초기 L 값이 43.7이었으며 저장 10일 이후 대조구의 경우 40.7, 200 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구는 42.1, 500 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구는 40.2로 감소하였다. Pink 토마토는 42.7에서 저장 중 처리농도에 따라 각각 38.5, 40.2, 39.4로 감소하였다. Hunter a 값은 breaker 토마토의 경우 초기 -1.0에서 저장 7일에 0, 200, 500 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리시 각각 9.4, 4.8, 6.5로 증가하였으며 pink 토마토는 초기 3.0에서 각각 13.1, 12.8, 12.6으로 증가하였다.

Breaker 토마토의 경우 NO 처리를 한 토마토의 가용성 고형물 함량이 대조구보다 더 높게 나타났으나 pink 토마토에서는 NO 처리에 의한 영향은 없었으며, 산도 또한 저장기간 동안 0.5~0.7% 범위 내에서 유지되며 NO 처리에 의한 영향이 없었다(Fig. 46).

경도는 breaker 토마토의 경우 초기값이 8.4 N이었고, 대조구는 저장 10일 후 2.8 N, 200 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리는 4.5 N, 그리고 500 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리의 경우 3.0 N으로 나타나 200 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리시 경도가 가장 높게 유지되었다. Pink 토마토의 경우 초기 경도는 5.7 N이었고, 저장 10일 후 대조구의 경도는 2.7 N인 반면, 200 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리가 3.7 N, 500 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리가 3.4 N으로 대조구에 비해 저장 중 경도가 높게 유지되며 농도에 따른 유의차는 나타나지 않았다(Fig. 47). 위의 결과로 보아 NO처리는 pink 토마토에서 보다 breaker 토마토에서 연화 억제 효과가 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. NO는 에틸렌 생성을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 pink 토마토의 경우 에틸렌 생성 급등 후이므로 에틸렌 발생에 의한 영향이 미미한 단계이므로 NO의 처리가 breaker에 비해 낮게 나타나는 것으로 이해된다.

저장 10일 동안 속도와 처리에 관계없이 부패는 발생하지 않으나 (자료미제시), breaker와 pink 토마토 모두에서 NO 처리시 과육이 침몰되는 수침현상이 관찰되었다(Fig. 48). 무처리구에서는 나타나지 않는 것으로 미루어 보아 이 수침현상은 저

온증상이 아닌 NO에 의한 장애증상으로 판단된다.

호흡률은 breaker와 pink 토마토 모두 처리 후 저장 3일까지 증가하다가 서서히 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 49). Breaker와 pink 토마토 모두에서 NO 처리가 호흡률을 감소시키는 효과를 나타내었으며 특히 pink 토마토의 경우 $200 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구의 호흡률이 매우 낮게 유지되었다. Pink 토마토의 초기 호흡률은 $5.5 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 이었으며, 저장 10일 이후에는 $4.8 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 처리구의 $3.2 \sim 4.2 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에 비하여 높은 경향을 보였다. 에틸렌 발생은 매우 미미한 수준에 머물렀다 (Fig. 49).

위의 결과로 보아 유럽계 품종인 'Rapsodie' 품종에 NO 처리를 한 경우 장애증상이 발생하므로 10°C 에서의 저장 한계는 10일 이내로 판단되며 저장 중 대조구에 비해 다소 높은 품질을 유지하는 효과를 나타내었다. NO 처리는 색이나 경도 등에서 대조구에 비해 숙성을 지연시키는 경향을 보였으나 큰 유의차를 나타내지 않았다.

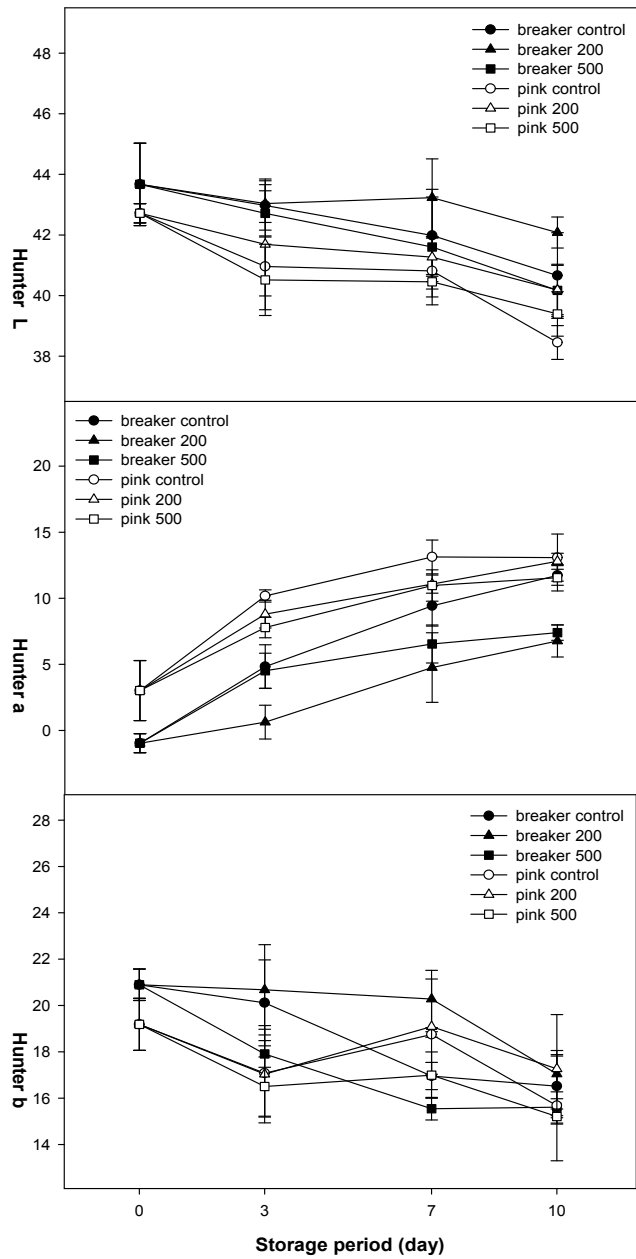


Fig. 45. Effect of NO pre-storage treatments on the change of Hunter L, a, and b value of 'Rapsodie' tomato cultivar at breaker and pink stages during storage at 10°C.

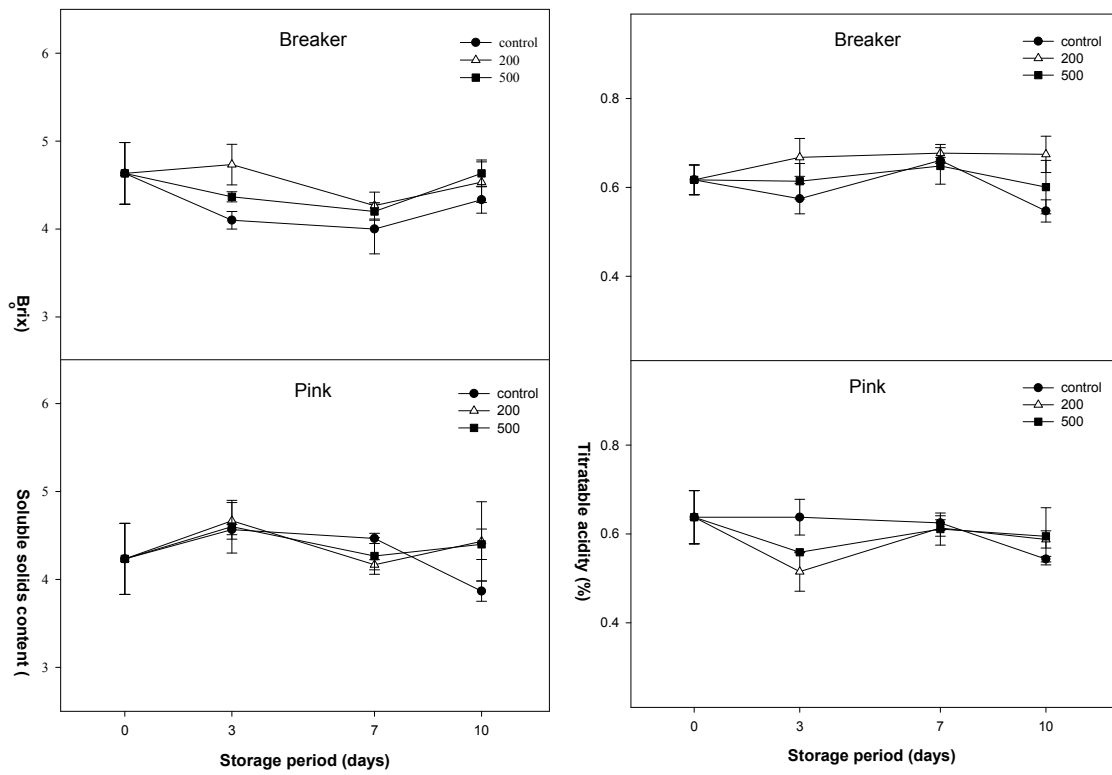


Fig. 46. Effect of NO pre-storage treatments on the change of soluble solids content (left) and titratable acidity (right) of 'Rapsodie' tomato cultivar at breaker and pink stages during storage at 10°C.

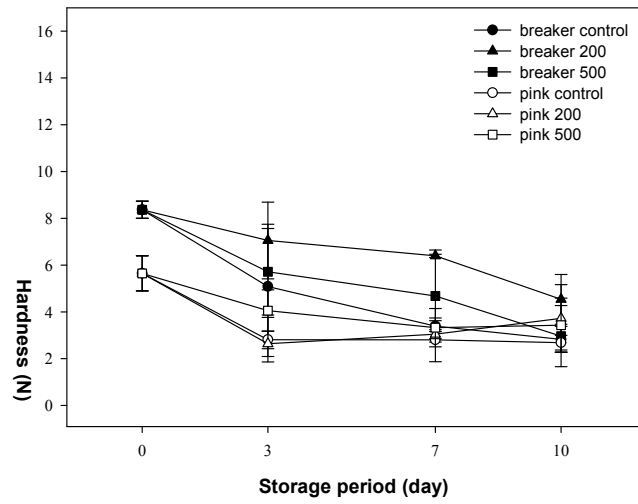


Fig. 47. Effect of NO pre-storage treatments on the change of hardness of 'Rapsodie' tomato cultivar at breaker and pink stages during storage at 10°C.



Fig. 48. Chilling injury after 10 days of storage at 10°C in 'Rapsodie' tomato cultivar harvested at the pink stage (a, control; b, 200 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ NO treated tomato).

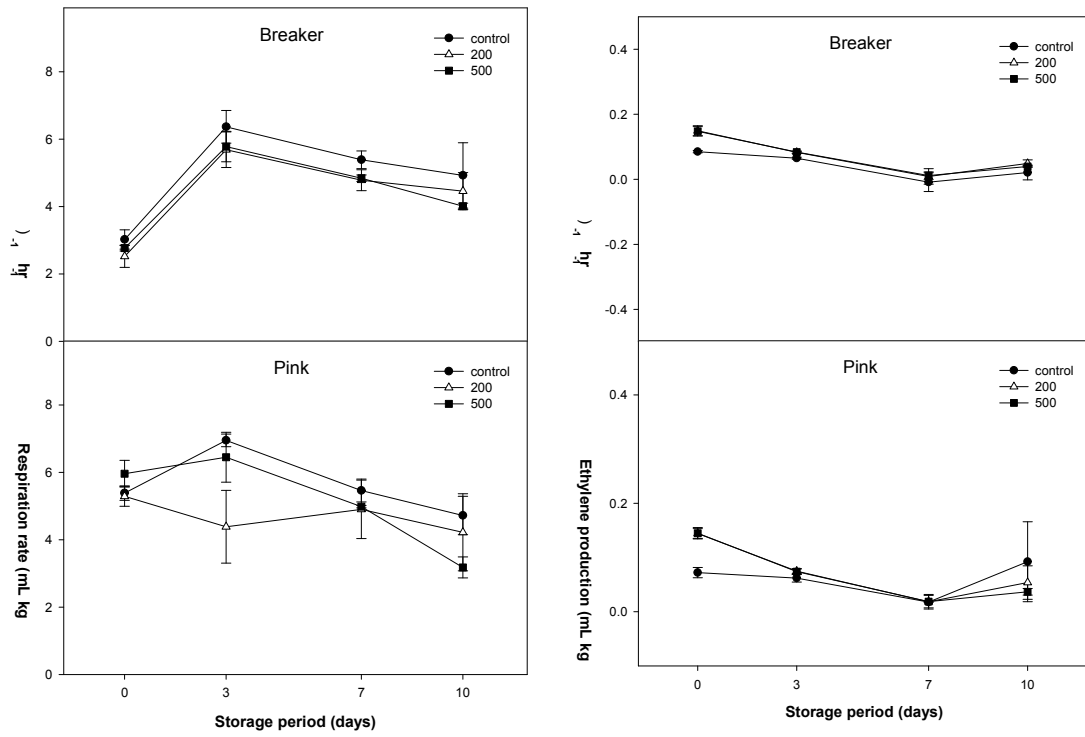


Fig. 49. Effect of NO pre-storage treatments on the change of respiration rate (left) and ethylene production (right) of 'Rapsodie' tomato cultivar at breaker and pink stages during storage at 10°C.

4. 미숙과의 후숙 기술

에틸렌을 처리한 토마토와 처리하지 않은 토마토를 20°C에 저장하며 온도 및 에틸렌이 신선편이 토마토를 위한 원료의 후숙에 미치는 영향을 구명하고자 다음과 같은 항목에 대해 조사 및 분석을 실시하였다. 하우스에서 재배된 'Rapsodie' 품종을 breaker stage에 수확한 후 35 L 밀폐용기에 넣은 뒤 에틸렌을 0, 50, 75, 100 ppm의 농도로 처리하여 밀폐시킨 후 24시간 동안 처리하였다.

에틸렌 가스는 엽록소 분해, 착색증진 등을 촉진시켜 상품가치를 향상시키는데 활용될 수 있다. 과숙된 토마토를 수확하면 물리적인 손상율이 높아지고 수확 후 약 3~5일 이내에 착색이 과다해지고 물러지는 문제가 발생하므로 breaker stage에 수확하여 유통할 경우 이러한 문제가 대부분 해결될 수 있으나 유럽계 품종 중 'Madison' 품종 등은 breaker stage에서 수확할 경우 정상적인 완숙과로 숙성되지 않는 문제가 발생된다. 또한 숙성이 이루어지는 품종일지라도 이용하고자 하는 때에 적정 속도가 되도록 조절하는 기술이 필요하다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해 토마토에 에틸렌 처리를 이용하여 토마토의 숙성을 촉진시켜 착색 및 품질을 균일하게 조절하는 기술을 개발하고자 하였다.

토마토는 30°C 이상에서는 lycopene 합성이 억제되고 에틸렌을 처리하여도 크게 효과가 없는 것으로 알려져 있으며, 19~21°C에서 숙성이 가장 적절하게 이루어진다고 알려져 있다. Lee (1999)의 연구 결과에서도 20°C에서 처리하였을 때 30°C에서 처리한 것보다 토마토의 색도발현 촉진에 큰 효과가 있음을 보고하였다. 따라서 토마토를 농도별로 에틸렌을 처리한 후 20°C에 숙성시키면서 품질 변화를 비교하였다.

Hunter L값은 처리 전 45.7 에서 처리 직후 대조구는 42.5, 50 ppm 처리구는 44.3, 75 ppm 처리구는 43.3, 100 ppm 처리구는 42.1로 감소하였으며, 처리구 중 50 ppm이 다른 처리구에 비해 높은 값을 나타내었다. Hunter a 값은 처리 전 2.1에서 처리 직후 대조구가 3.1, 그리고 50 ppm 처리구가 7.4, 75 ppm 처리구가 7.9, 100 ppm 처리구는 6.1로 에틸렌 처리구가 대조구에 비해 Hunter a 값이 현저하게 증가하였다(Fig. 50). 외관상으로 나타나는 숙성 정도를 살펴보면 에틸렌 처리구는 1일 후 pink stage로 숙성되고 2일 후엔 red stage로 숙성된 것을 관찰할 수 있었다. (Fig. 51). 이에 비해 무처리구는 숙성이 느려 2일 후 pink stage의 외관을 나타내었다. 이때의 lycopene 함량의 변화 또한 이러한 색 발현의 정도와 그 경향을 같이 하였는데 숙성이 진행되어 착색되는 정도에 비례하여 그 함량 또한 증가하는 것을 알 수 있었다(Fig. 52). 모든 실험구에서 pink stage에 이르렀을 때 (무처리구 1일 후,

에틸렌 처리구 2일 후) 토마토의 경도는 모든 실험구에서 동일한 수준을 나타내었고 에틸렌 처리구의 경우 숙성이 더 진행되어 red 상태가 되어도 경도는 유지되는 것을 알 수 있었다(Fig. 53). 가용성 고형물 함량과 산도는 저장기간 중 큰 변화가 없었으며 에틸렌 처리에 따른 영향 또한 나타나지 않았다(Fig. 54). 에틸렌 처리 농도를 100 ppm으로 증가시켜도 숙성 속도에는 차이가 없고 50 ppm 처리구가 오히려 빠른 착색과 높은 lycopene 함량을 나타내었다. 따라서 breaker stage에서 수확된 'Rapsodie' 품종은 20°C에서 50 ppm의 에틸렌처리를 할 경우 2일 후 완벽한 숙성이 가능한 것을 알 수 있었으며 숙성 속도를 높이기 위해서는 100 ppm 이상의 고농도 처리가 필요할 것으로 보인다.

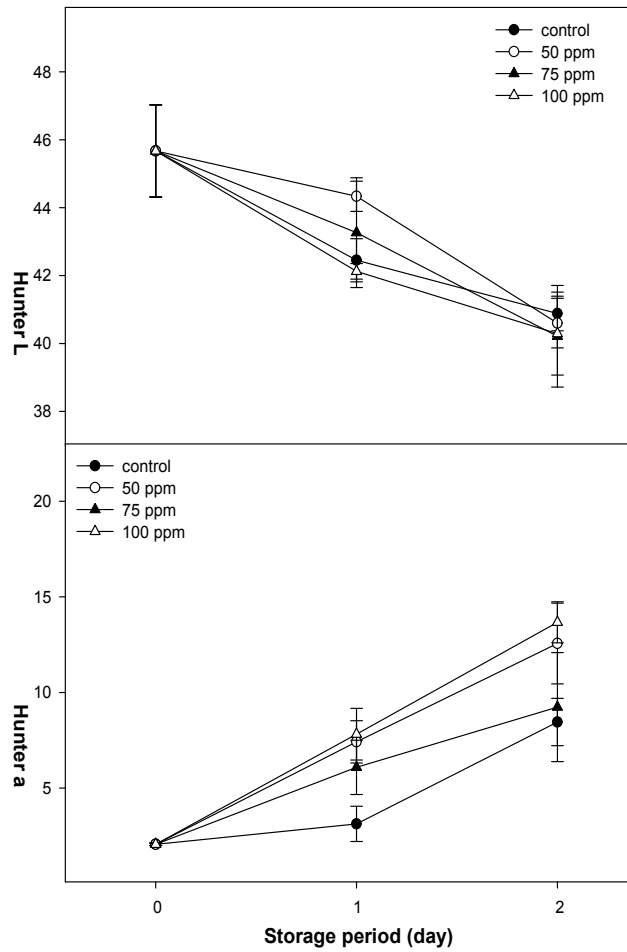


Fig. 50. Effect of ethylene treatments on the change of colour of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 20°C.



Fig. 51. Effect of ethylene treatments on the change of colour of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 20°C.

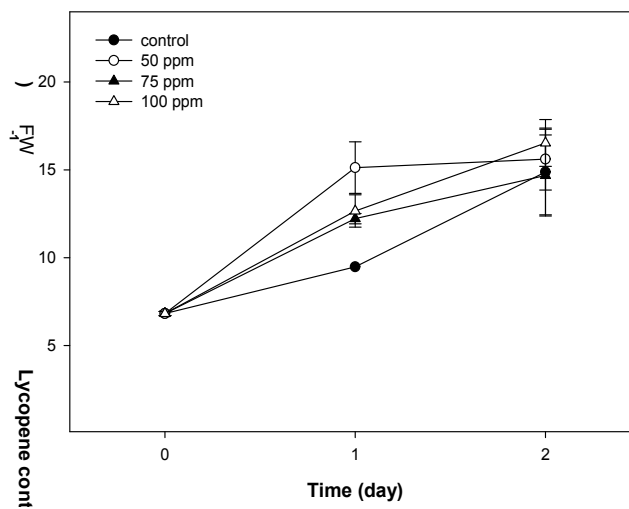


Fig. 52. Effect of ethylene treatments on the change of lycopene content of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 20°C.

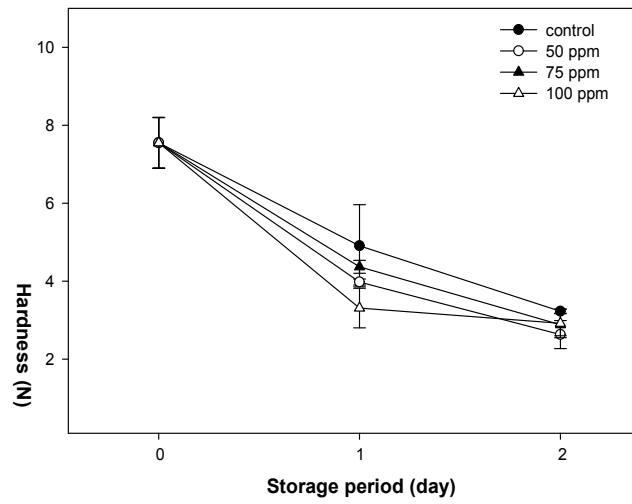


Fig. 53. Effect of ethylene treatments on the change of hardness of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 20°C.

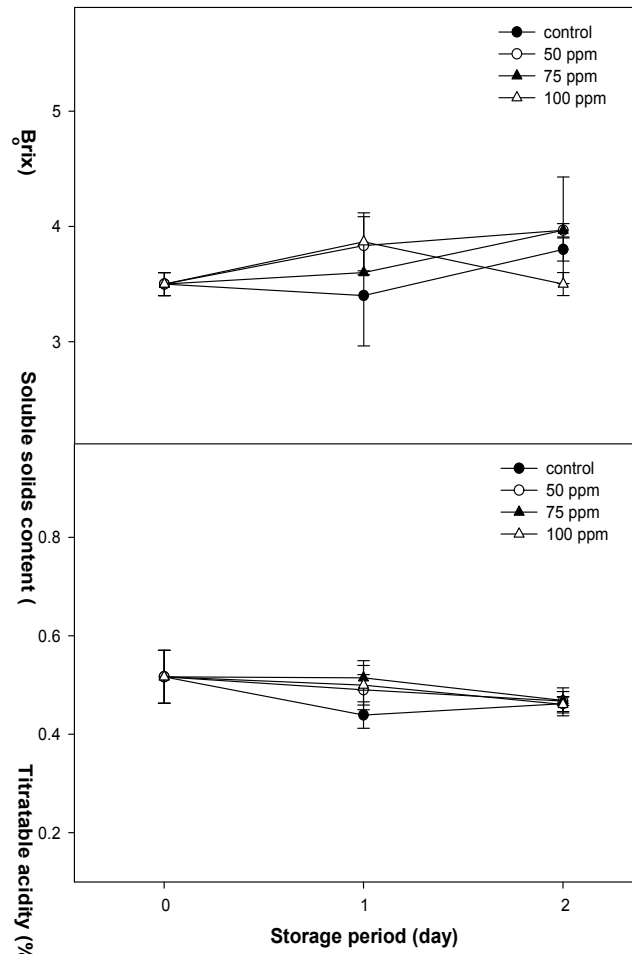


Fig. 54. Effect of ethylene pre-storage treatments on the change of soluble solids content (upper) and titratable acidity (bottom) of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 20°C.

선행실험에서 설정된 적정 에틸렌 농도로 각각 10°C와 20°C에서 처리한 후 10°C에 저장하며 품질 변화를 비교하며 에틸렌 처리 온도가 원료의 후숙에 미치는 영향을 알아보았다. 각각의 처리시 동일한 온도에서 대조구를 두어 에틸렌 전처리에 의한 영향인지 또는 전처리 온도에 의한 영향인지를 판별하기 위해 각각 대조구를 따로 설정하였다.

10°C에서 50 ppm 에틸렌 전처리를 24시간 한 것(C₂H₄) 보다 24시간 동안 20°C에서 pre-warming 처리한 것(PW)이 저장 중 품질 변화를 촉진하는 효과가 더 컸고 두 가지 처리를 병행한 경우(PW+C₂H₄) 시너지 효과가 발생하였다. Hunter L 값과 a 값의 변화를 잘 보면 대조구에 비해 모든 처리구에서 색변화가 빠르게 진행되는 것을 알 수 있으며 수확 후 높은 온도에서 24시간 처리한 것만으로도 그 속도가 매우 빨랐다(Fig. 55). Lycopene 함량은 10°C 저장 5일 동안 지속적으로 증가하며 그 이후로는 함량 변화가 미미하였다(Fig. 56). Hunter a 값은 저장 12일 동안 지속적으로 증가하는데 비해 lycopene 함량은 일정 수준 이상은 증가하지 않는 것을 알 수 있었다. 에틸렌 50 ppm 전처리에 의해 lycopene 합성 속도가 빨라졌으며 pre-warming과 50 ppm 에틸렌 처리를 병행하였을 때에는 저장 5일 동안 급속도로 함량이 증가하며 그 이후로 급격히 감소하는 현상을 나타내었다. 이로 미루어 보아 10°C보다 20°C에서 에틸렌을 처리한 토마토가 색도발현 촉진에 큰 효과가 있으나 lycopene 함량의 변화 양상을 보아 처리 후 5일 이내 저장하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

저장 중 토마토의 경도는 PW 처리에 의해 크게 낮아지는 결과가 나타났으며 에틸렌 병용처리를 통한 시너지 효과는 그리 크지 않았다(Fig. 57). 온도를 상승시키지 않고 단순히 50 ppm 에틸렌 처리만 할 경우 경도 변화에 미치는 영향은 극히 적었다. 모든 처리구는 토마토의 가용성 고형물 함량 및 산도에 있어 차이를 보이지 않았다(Fig. 58).

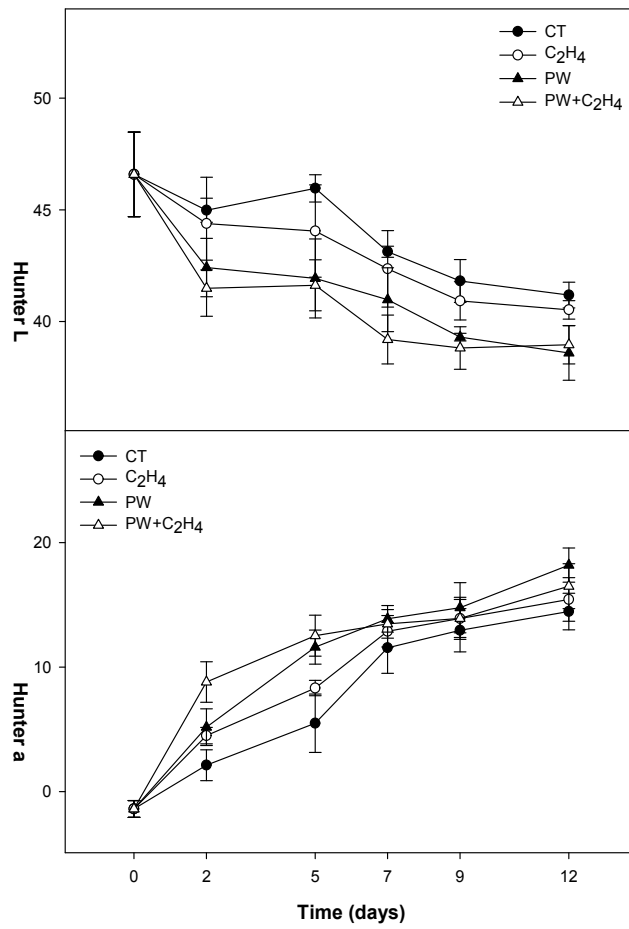


Fig. 55. Effect of ethylene and pre-warming treatment on the change of colour of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 10°C.

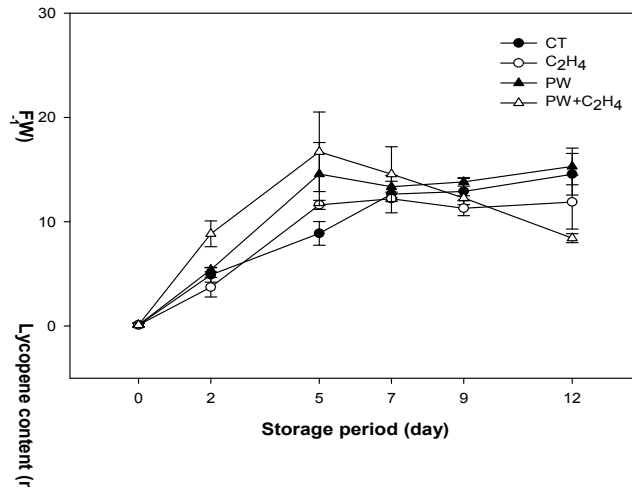


Fig. 56. Effect of ethylene and pre-warming treatment on the change of lycopene content of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 10°C.

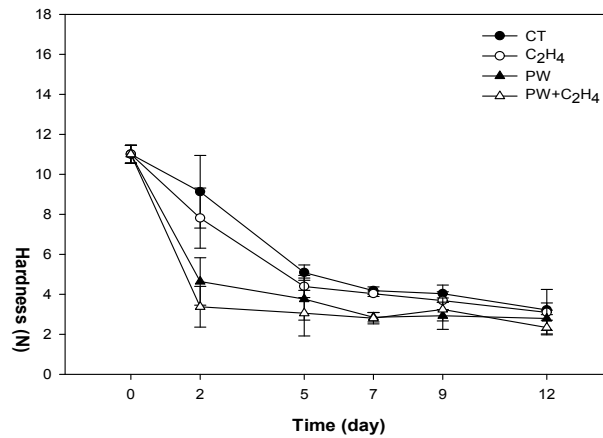


Fig. 57. Effect of ethylene and pre-warming treatment on the change of firmness of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 10°C.

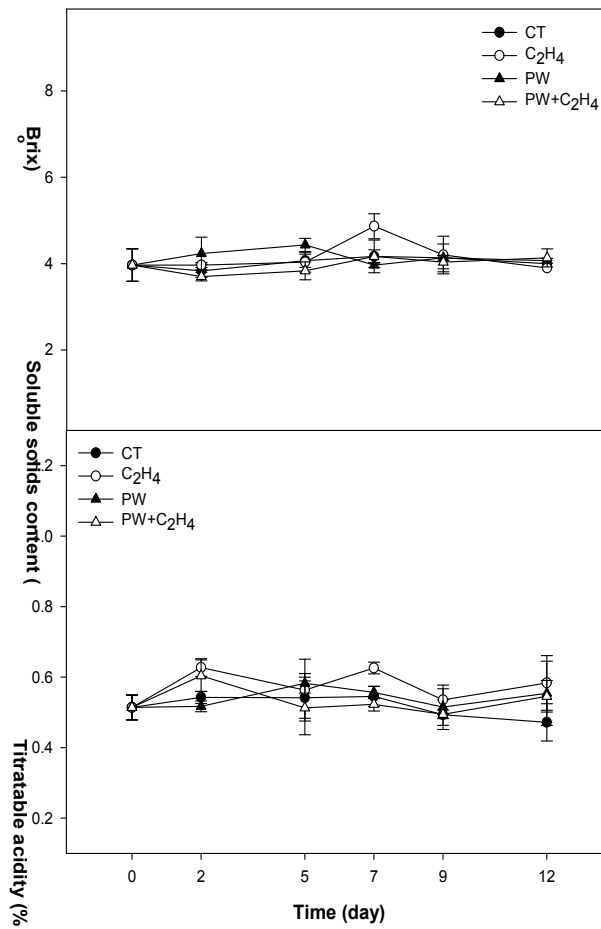


Fig. 58. Effect of ethylene and pre-warming treatment on the change of soluble solids content and titratable acidity of breaker tomatoes ('Rapsodie' cultivar) during postharvest ripening period at 10°C.

수확 후 성숙이 비교적 더디게 이루어지는 'Madison' 품종을 대상으로 후숙 조건 설정 연구를 수행하였다. 본 실험에서는 breaker, turning, pink stage에서 수확한 후 후숙 실험을 수행하였다. Breaker stage에 수확한 시료를 대상으로 수행한 1차 실험에서는 100 ppm 농도의 에틸렌을 처리하였는데 이 때 처리 온도를 10°C와 20°C로 달리하였으며 각 온도에서의 처리 시간은 6, 12, 24 시간으로 3가지 처리구를 두어 실시하였다.

Breaker 토마토를 20°C에서 후숙 시키면 6일까지도 Hunter a 값이 음의 값을 나타내어 소비자가 원하는 수준으로의 후숙이 불가능하다는 사실을 알 수 있었다. 후숙 온도를 10°C로 할 때 100 ppm 에틸렌을 6시간과 12시간 처리한 경우에는 무처리구와 같은 수준의 색 변화를 나타내어 후숙 속도에 영향이 없는 것을 알 수 있었다. 24시간 처리시 후숙을 촉진하는 효과가 나타나지만 여전히 Hunter a 값은 음의 값에 머물렀다(Fig. 59A, 60). 동일한 처리를 20°C에서 실시할 경우 10°C에서 처리한 것 보다 후숙 정도가 높은 결과를 나타내었으나 6시간 및 12시간 처리로는 에틸렌 처리 효과가 나타나지 않았다. 24시간 처리시 급격한 후숙이 이루어졌는데 이를 통해 약 2일 정도 후숙을 당길 수 있었다(Fig. 59B, 60). 그러나 20°C에서 4일 동안 Hunter a 값이 음을 나타내므로 후숙 속도를 높이기 위해서는 처리 농도를 높일 필요가 있었다. 이 때 후숙 처리에 따른 토마토의 경도 변화를 살펴본 결과 에틸렌 처리시 색의 변화를 촉진하는 효과가 있음에도 불구하고 처리구와 무처리구의 경도에는 유의적 차이가 나타나지 않았다(Fig. 61). 에틸렌 처리를 10°C 조건에서 실시한 경우에는 가용성 고형물 함량의 변화에 영향을 미치지 않았으며 20°C에서 처리한 경우 24시간 처리구의 가용성 고형물 함량이 저장기간 중 증가하여 완숙에 가까워질수록 가용성 고형물 함량이 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 62). 10°C에서 후숙시킬 경우에는 에틸렌 처리에 의해 산도의 하락이 촉진되었으나 20°C 후숙 조건에서는 에틸렌에 의한 영향이 없었다(Fig. 63). 후숙기간 동안 호흡속도의 변화를 살펴보면 10°C에서는 지속적인 호흡의 증가가 있으나 그 정도가 낮게 유지되며 24시간 에틸렌 처리구의 호흡속도가 다른 실험구에 비해 높은 상태를 유지하였다. 20°C에서는 3일까지 호흡이 급증하였으며 이후에는 감소하는 climacteric 현상을 나타내었으며 에틸렌 처리에 의한 영향은 없었다(Fig. 64). 에틸렌 생성 정도는 호흡속도의 경향과 유사한 변화를 나타내었는데 10°C에서는 지속적으로 증가 추세가 나타나며 24시간 에틸렌 처리구의 에틸렌 생성량이 가장 높았으며 20°C에서는 모든 처리구가 에틸렌 생성의 급등 현상을 나타내었으며 그 급등 시기는 호흡 급등 시기에 비해 1일 정도 늦게 나타났다(Fig. 65). 미숙과에 에틸렌 처리를 20°C에서 실시할 경우 후숙 효과가 탁월하였으며 특히 24시간 처리시 소비자가 원하는 색상으로

변화되면서 과도한 연화는 일어나지 않고 가용성 고형물 함량이 증가하므로 에틸렌 처리에 의한 후숙을 통해 내·외부 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

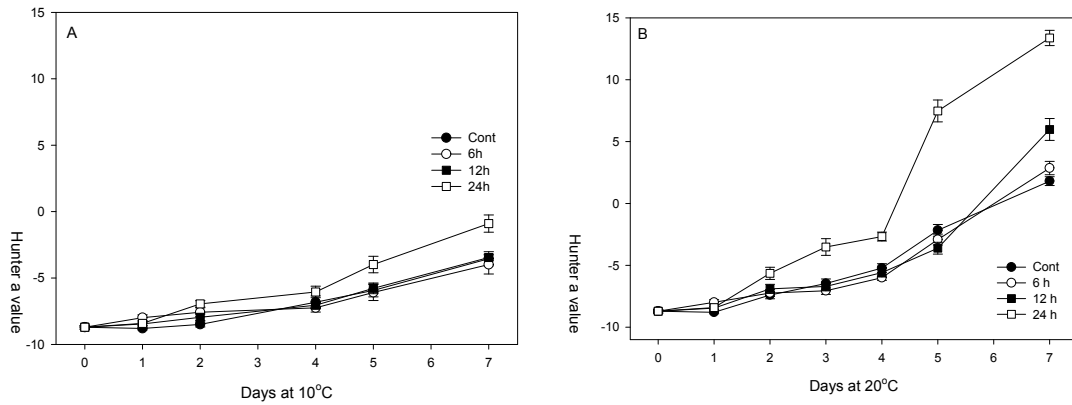


Fig. 59. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the Hunter a value of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

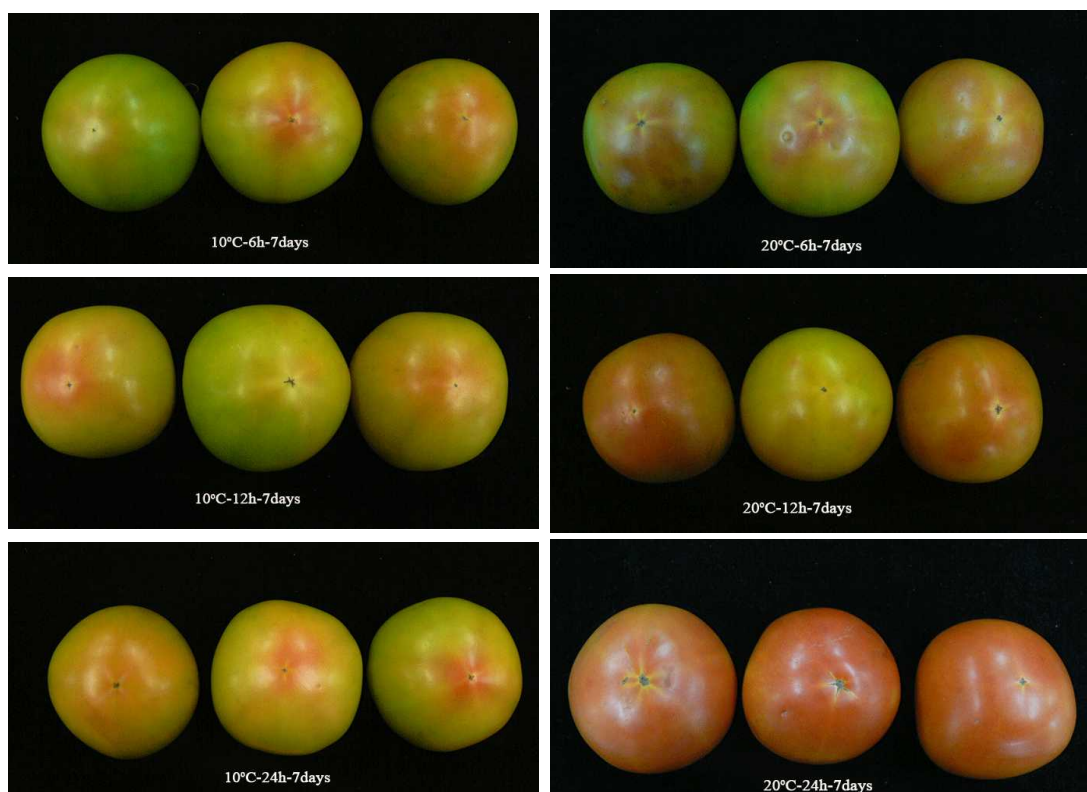


Fig. 60. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the colour of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

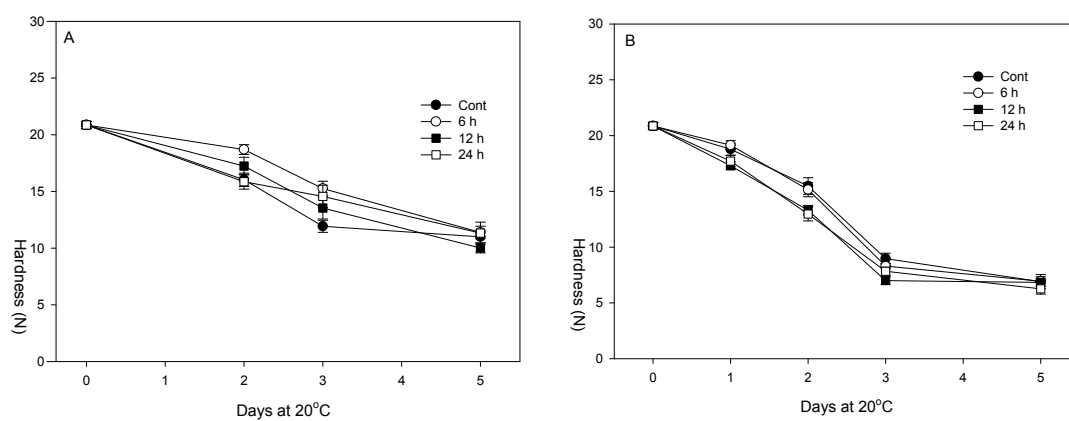


Fig. 61. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the hardness of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

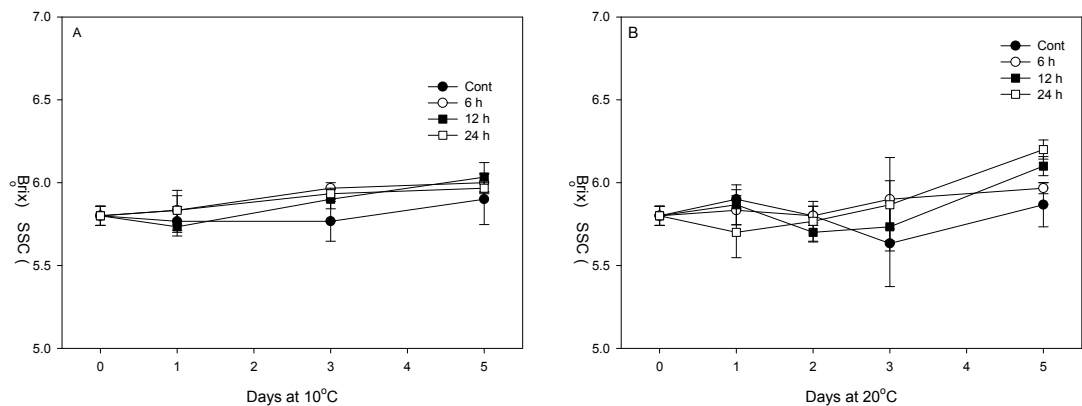


Fig. 62. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the Hunter a value of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

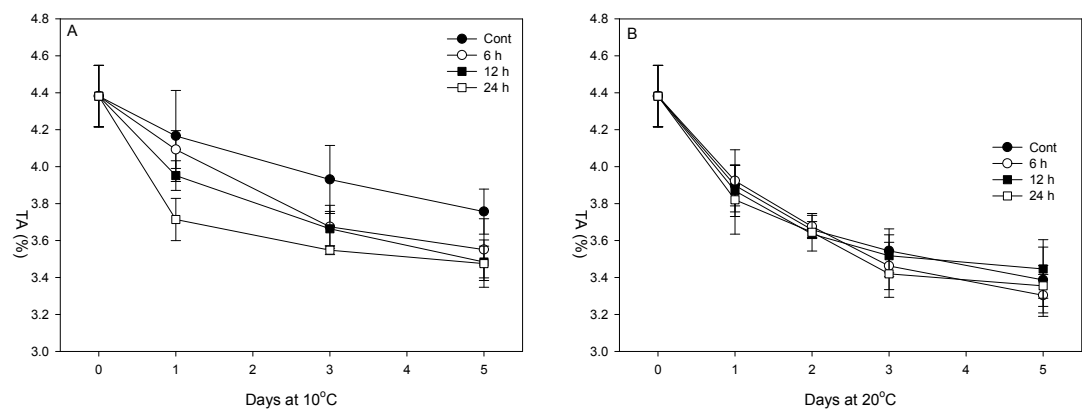


Fig. 63. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the Hunter a value of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

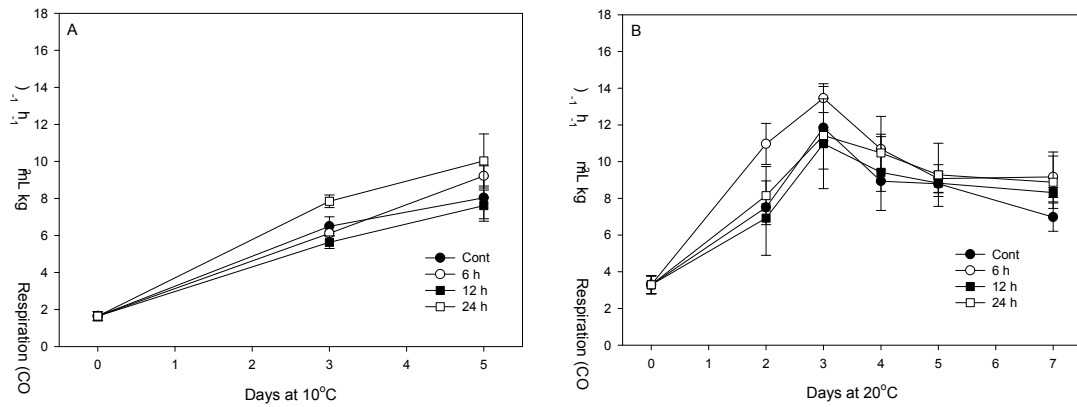


Fig. 64. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the Hunter a value of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

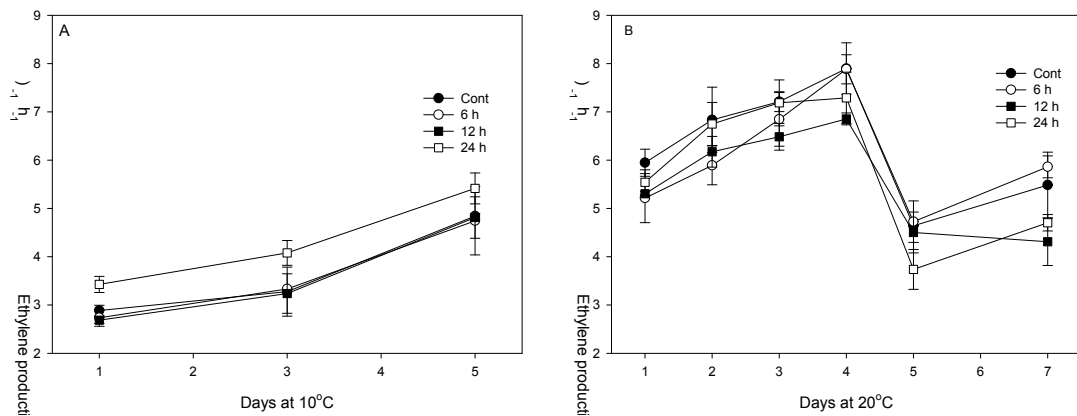


Fig. 65. Effect of ethylene treatments of 100 ppm for 6, 12, 24 h at 10°C (A) and 20°C (B) on the Hunter a value of breaker 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.

2차 실험은 turning과 pink stage의 시료를 대상으로 에틸렌 100 ppm과 200 ppm을 처리하였다. 1차 실험에서 10°C에서는 후숙 과정이 정상적으로 이루어지지 않는 결과를 얻었으므로 본 실험은 후숙 온도는 20°C로 설정하여 실시하였다. 수확시 성숙 stage에 관계없이 에틸렌 농도를 100 ppm에서 200 ppm으로 증가시켰을 때 후숙 속도가 급격히 향상되는 것을 알 수 있었다. Turning stage에 수확한 경우에는 에틸렌 200 ppm 처리 후 4일 이후에도 완숙과 stage에 다다르지 못하였고, pink stage에 수확한 경우 무처리구는 4일 이후에도 여전히 색의 변화가 미흡한 상태이나 200 ppm 처리구는 1일 이후부터 색의 변화가 크게 일어나고 4일 이후에는 완숙과 상태로 색 변화가 일어났다(Fig. 66). 각 처리구의 1일 후 외관을 살펴보면 turning stage에 수확한 토마토의 색은 완전한 pink가 되지 못한 상태이며 pink stage에 수확한 경우 200 ppm 에틸렌 처리구만이 표면적 전체가 붉은 색으로 변화하여 외관이 우수하였다(Fig. 67). 4일 후의 외관에서도 처리구에 따른 차이가 확연히 드러나며 pink stage에 수확하여 200 ppm 에틸렌 처리를 한 실험구가 완숙된 외관을 나타내고 있다(Fig. 68).

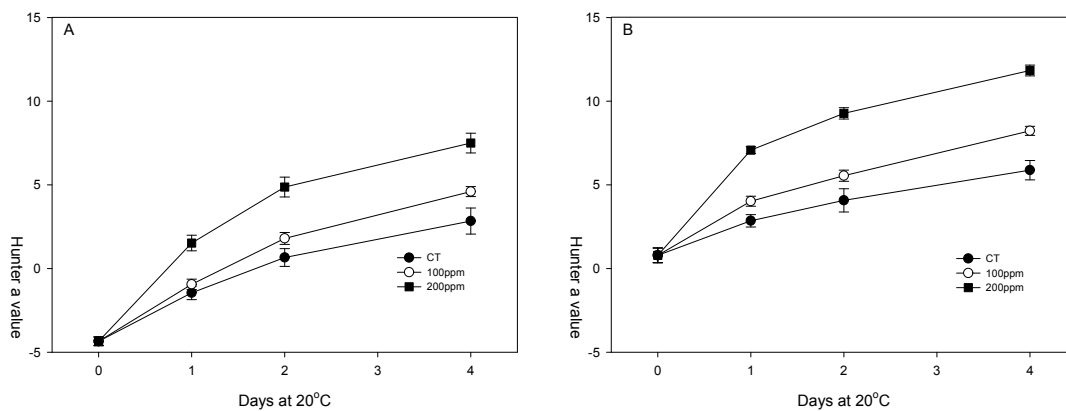


Fig. 66. Effect of ethylene concentration on the Hunter a value of turning (A) and pink (B) 'Madison' tomatoes during post-harvest ripening at 20°C.



Fig. 67. Effect of ethylene concentration on the change of colour of turning (left) and pink (right) 'Madison' tomatoes after 1 day at 20°C.

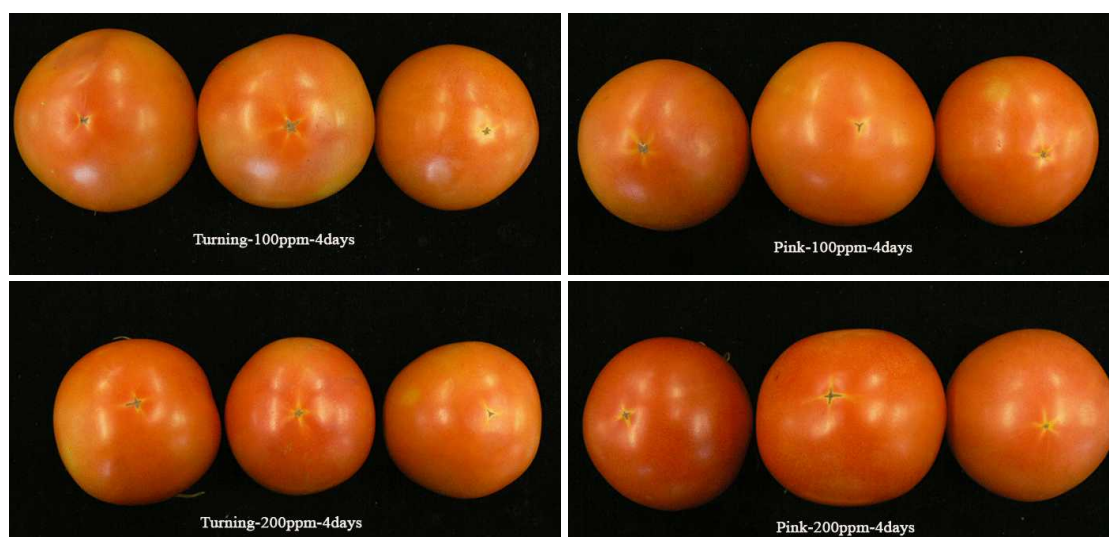


Fig. 68. Effect of ethylene concentration on the change of colour of turning (left) and pink (right) 'Madison' tomatoes after 4 days at 20°C.

5. 신선편이 토마토의 미생물적 안전성 확보 기술

신선편의 토마토의 유통 중 신선식품으로서의 안전성 확보가 중요하다고 판단되어 2007년 7월부터 2008년 3월까지 7회에 걸쳐 신선편이 토마토의 저온유통 중 총균과 대장균군 증식 정도를 조사하였다. 2007년 하절기에 3회(A~C), 동절기에 3회(D~F), 그리고 2008년 봄에 1회(G) 조사한 결과 하절기 및 봄에 재배된 원료를 사용하여 신선편이 가공하였을 때 유통 7일 기간 동안 미생물이 검출되어 이를 제어하기 위한 기술이 요구됨을 알 수 있었으며, 동절기에 재배된 토마토를 사용하였을 경우 유통 7일까지 총균과 대장균군이 전혀 검출되지 않는 결과를 얻었다. 이를 통해 신선편이 토마토의 유통 온도를 저온상태인 5°C로 설정한다 할지라도 재배환경, 기후 등 다른 인자에 의해 안전성 정도가 달라짐을 알 수 있었다(Fig. 69).

식품의 안전성 확보를 목적으로 사용되는 화학 첨가물의 사용을 꺼리는 소비자의 요구에 의해 그 대체물질로서 volatile compound가 대두되고 있다. 식물체가 생성해내는 volatile compound는 다양한 미생물의 침입으로부터 자신을 방어하는 역할을 한다고 알려져 있다(Ben-Yehoshua 등, 1998). 이러한 방어기능 때문에 신선편이 농식품의 안전성 확보를 위한 기술로서 이를 이용하기 위한 시도가 이루어지게 되었다(Wilson과 Winiewski, 1989). 또한 volatile compound는 오랫동안 식품의 flavouring agent로 다양하게 사용되어 왔으며 일반적으로 안전한 것으로 인식되어 있다(Newberne 등, 2000). Hexanal(C₆H₁₂O)은 여러 작물의 'green-notes'을 나타내게 하는 volatile compounds 중 하나로서 수확 후 병리 장애를 일으키는 곰팡이들의 생육을 억제하고 미생물적 안전성을 높이는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 토마토의 저장 중 hexanal vapour 처리를 하면 회색곰팡이를 억제하는 효과가 있으나 호흡이 약 50% 증가하고 착색이 억제되는 현상이 나타나며 정도에는 영향이 없다고 보고된 바 있다(Utoo 등, 2008). Fresh-cut apple 저장 중 100 ppm을 넘지 않는 hexanal이 존재하는 경우 microbial growth를 억제시켜 신선도가 연장되며 갈변도 억제된다고 한다(Lanciotti 등, 1999).

본 연구에서는 hexanal을 신선편이 토마토에 일정기간 처리하여 미생물 억제효과 및 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향을 살펴보았다. 토마토의 숙도를 달리하여 turing 및 pink stage에서 토마토를 수확한 후 흐르는 물에 세척한 후 4시간 동안 건조하였다. 7 mm 두께로 절단한 후 플라스틱 용기에 담아 용기의 뚜껑을 닫지 않은 채로 밀폐 chamber에 넣은 후 0.025, 0.05, 0.075 ppm 농도의 hexanal을 흡수시킨 filter paper를 chamber 내부에 두어 hexanal이 증발되도록 하였다(Fig. 70). 6시간 처리 후 chamber를 개방하여 약 10분 동안 환기시킨 후 용기의 뚜껑을 닫고

5°C와 10°C에 옮겨 보관하였으며 미생물 증식(총균, 대장균군) 정도를 조사하였다.

5°C에 저장한 경우 3일 후 무처리구에서 4.6×10^3 CFU mL⁻¹의 총균이 검출되었고 7일 후엔 2.5×10^4 CFU mL⁻¹의 총균이 검출되었으며, 대장균군은 7일 동안 검출되지 않았다(Table 7). Hexanal 처리구의 경우 0.05 ppm 이하의 농도에서는 총균 억제 효과가 없었으나 0.075 ppm 처리시 3일 동안 총균이 검출되지 않았고 5일 후에는 4.3×10^2 CFU mL⁻¹, 7일 후엔 1.7×10^3 CFU mL⁻¹의 총균이 검출되어 무처리구에 비해 총균이 감소된 결과를 얻었다. 신선편이 토마토를 10°C에 보관할 경우 총균은 5°C에 보관한 실험구와 유사한 정도의 증식율을 나타내었으며, 5°C에서는 검출되지 않았던 대장균군은 10°C에 보관할 경우 5일째 2.1×10^2 CFU mL⁻¹ 검출되었다. 10°C에서 검출된 대장균군은 hexanal 0.075 ppm 처리시 억제되는 결과를 보였는데 이를 처리할 경우 5일 동안 대장균 군이 검출되지 않았으며 7일 후 3.1×10^2 CFU mL⁻¹의 대장균이 검출되었다.

총균과 대장균 군에 대한 hexanal의 억제 효과의 재연성을 검증하기 위해 2차 실험을 실시하였다. 이때에는 1차 실험에서 효과가 없는 것으로 판단된 0.025 ppm은 제외하고 0.05 및 0.075 ppm 농도를 처리하여 미생물 억제 효과를 재조사하였다. 이때에는 breaker와 pink stage에 수확한 토마토를 원료로 사용하여 신선편이 가공하였으며 저장 온도는 5°C로 설정하였다. 7일 후의 결과를 살펴보면 breaker 토마토를 원료로 사용했을 때 0.05 및 0.075 ppm hexanal을 처리할 때 총균과 대장균이 억제되는 효과가 있었고, pink 토마토를 원료로 사용할 경우에는 hexanal 처리에 의한 미생물 증식 억제 효과가 없었다.(Table 8).

고농도(2.5~7.9 ppm)의 hexanal 처리가 신선편이 토마토의 유통 중 미생물 번식과 품질에 미치는 영향을 살펴보았다. 5°C에서 9일 동안 저장하면서 총균과 대장균군의 생육정도를 조사하였으나 hexanal 처리의 유무에 관계없이 모든 실험구에서 미생물이 검출되지 않아 hexanal 처리가 신선편이 토마토의 저온유통 중 미생물 생육에 미치는 영향은 구명할 수 없었다(자료미제시). 그러나 고농도 hexanal 처리가 미생물 증식 이외에 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향을 살펴보면 breaker 토마토의 경우 hexanal 처리에 의해 연화 속도가 영향 받지 않았으나 pink 토마토의 경우 hexanal 처리시 연화가 촉진되어 무처리구에 비해 낮은 정도를 나타내었으며 hexanal 농도에 따른 차이는 없었다(Fig. 71). 고 농도 Hexanal 처리가 신선편이 토마토의 가용성 고형물 함량 및 산도에 미치는 영향은 없었다(Fig. 72, 73). 신선편이 토마토 절편의 색, 외관, 향, 조직감에 대한 기호도 조사를 실시한 결과 모든 관능평가 항목에서 기호도가 하락하는 결과를 나타내었다(Fig. 74~78). 외관을 평가할 때 신선편이 토마토에서 발생하는 이액현상의 유무가 기호도에 영향을 미치는데

hexanal 처리시 과육의 연화가 급격히 발생하면서 이액현상이 증가한 것이 외관에 대한 기호도가 하락하게 된 원인으로 생각되었다. 저농도 실험에서와는 달리 2.5~7.5 ppm의 hexanal 처리시 유통 기간 동안 지속적으로 hexanal 특유의 향이 잔류하여 향에 대한 기호도를 떨어뜨리는 결과를 초래하였으므로 2.5 ppm 이상의 농도는 신선편이 토마토의 미생물 증식을 억제하기 위한 기술로서 적합지 않은 것으로 판단되었다.

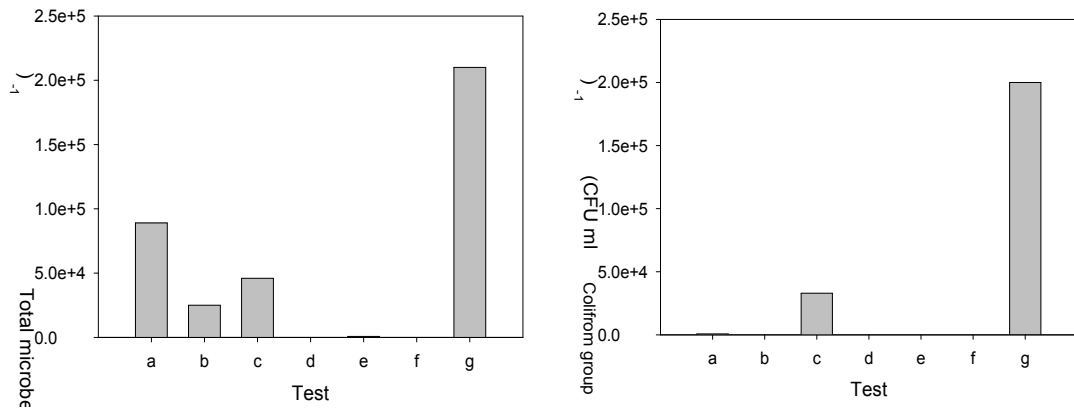


Fig. 69. Effect of growing seasons on the microbial growth in fresh-cut tomatoes after 7 days at 5°C.



Fig. 70. Fresh-cut tomatoes were exposed to hexanal for 6 h in acryl chamber.

Table 7. Effect of hexanal treatment on the microbial growth in fresh-cut tomatoes(pink stage) during storage at 5°C and 10°C.

Temp. (°C)	Item	Concen. (ppm)	Day		
			3	5	7
5°C	Total microbe (CFU mL ⁻¹)	0	4.6×10 ³	7.6×10 ³	2.5×10 ⁴
		0.025	3.7×10 ⁴	6.9×10 ⁴	2.1×10 ⁵
		0.050	3.4×10 ⁴	6.8×10 ⁴	1.7×10 ⁵
		0.075	N	4.3×10 ²	1.7×10 ³
	Coliform group (CFU mL ⁻¹)	0	N	N	N
		0.025	N	N	N
		0.050	N	N	N
		0.075	N	N	N
10°C	Total microbe (CFU mL ⁻¹)	0	4.7×10 ³	8.4×10 ³	3.6×10 ⁴
		0.025	3.9×10 ⁴	7.1×10 ⁴	2.5×10 ⁵
		0.050	3.8×10 ⁴	6.9×10 ⁴	2.1×10 ⁵
		0.075	N	5.3×10 ²	2.6×10 ³
	Coliform group (CFU mL ⁻¹)	0	N	2.1×10 ²	1.4×10 ³
		0.025	N	1.9×10 ²	5.6×10 ²
		0.050	N	1.7×10 ²	4.9×10 ²
		0.075	N	N	3.1×10 ²

Table 8. Effect of hexanal treatment on the microbial growth in fresh-cut tomatoes (breaker and pink stage) during storage at 5°C.

Mature stage	Item	Concen. (ppm)	Day		
			3	5	7
Breaker	Total microbe (CFU mL ⁻¹)	0	N	4.2×10 ³	9.6×10 ⁵
		0.050	N	1.6×10 ³	1.2×10 ⁴
		0.075	N	2.8×10 ³	3.6×10 ⁴
	Coliform group (CFU mL ⁻¹)	0	N	2.0×10 ³	9.1×10 ⁵
		0.050	N	3.0×10 ³	3.8×10 ⁴
		0.075	N	8.2×10 ³	2.1×10 ⁴
Pink	Total microbe (CFU mL ⁻¹)	0	N	2.7×10 ²	4.6×10 ⁴
		0.050	N	8.8×10 ²	3.3×10 ⁴
		0.075	N	4.2×10 ²	2.8×10 ⁴
	Coliform group (CFU mL ⁻¹)	CT	N	1.6×10 ²	3.3×10 ⁴
		0.050	N	7.6×10 ²	2.5×10 ⁴
		0.075	N	1.7×10 ²	1.8×10 ⁴

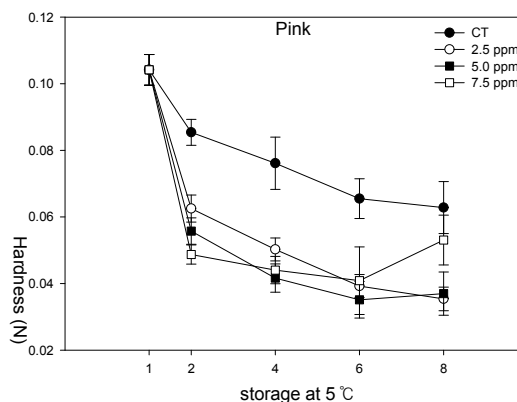
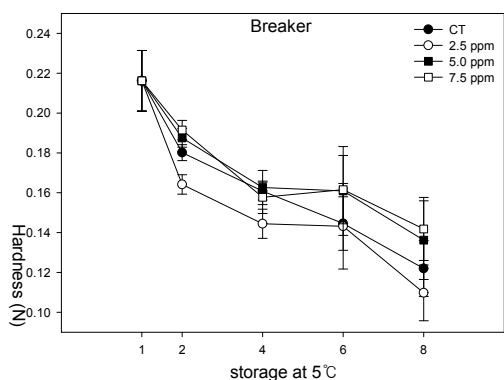


Fig. 71. Effect of hexanal treatment on the hardness of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

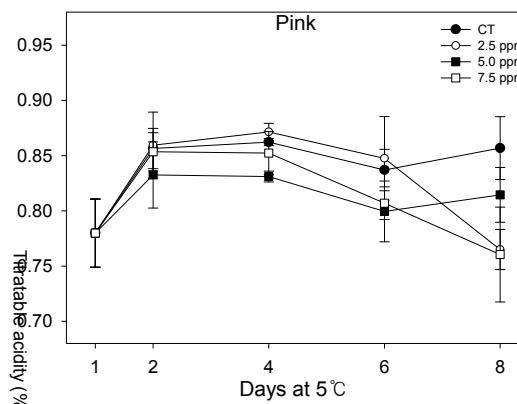
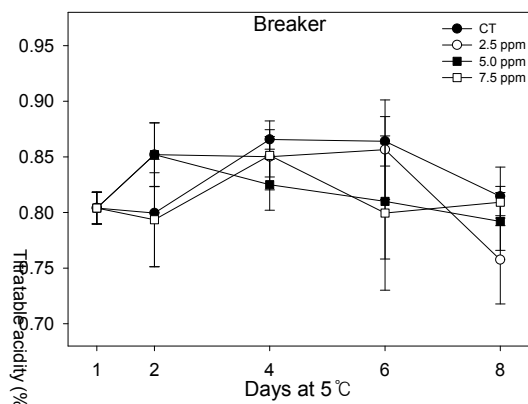


Fig. 72. Effect of hexanal treatment on the titratable acidity of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

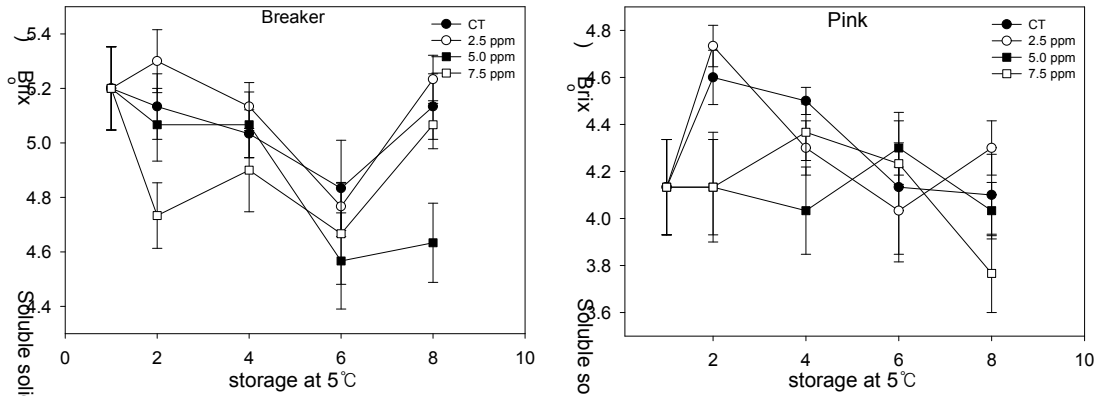


Fig. 73. Effect of hexanal treatment on the soluble solids content of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

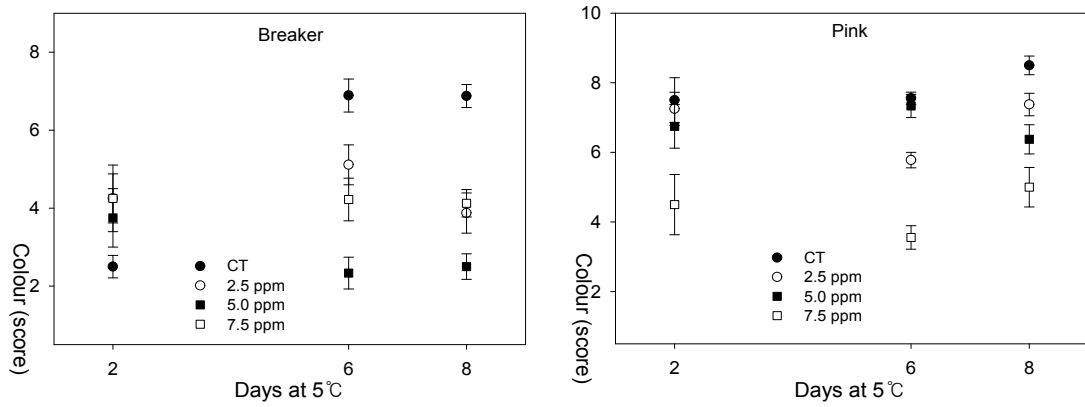


Fig. 74. Effect of hexanal treatment on the sensory score in colour of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

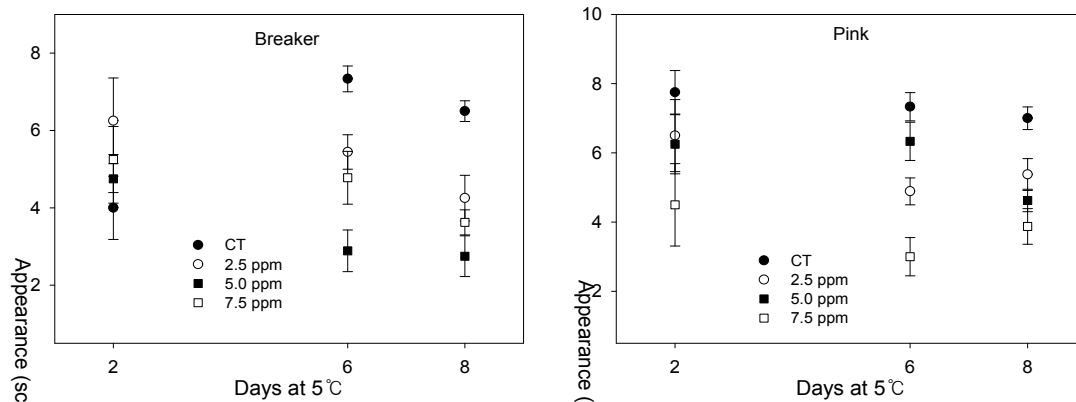


Fig. 75. Effect of hexanal treatment on the sensory score in appearance of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

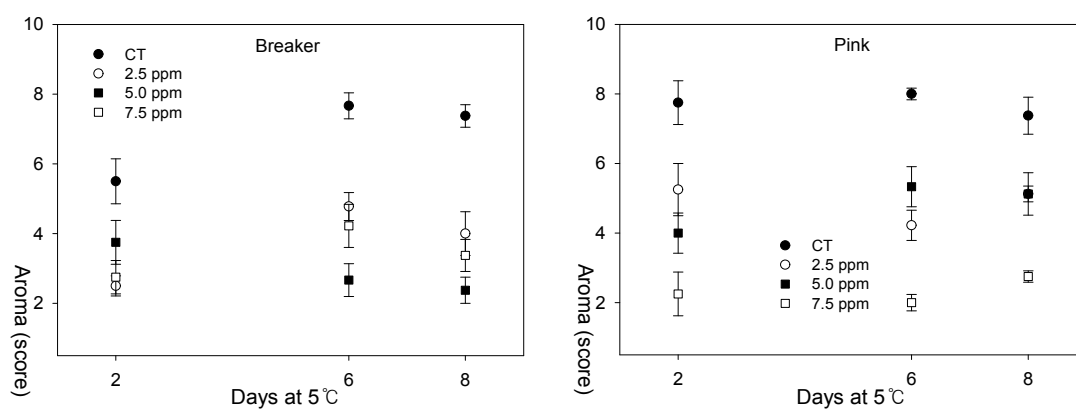


Fig. 76. Effect of hexanal treatment on the sensory score in aroma of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

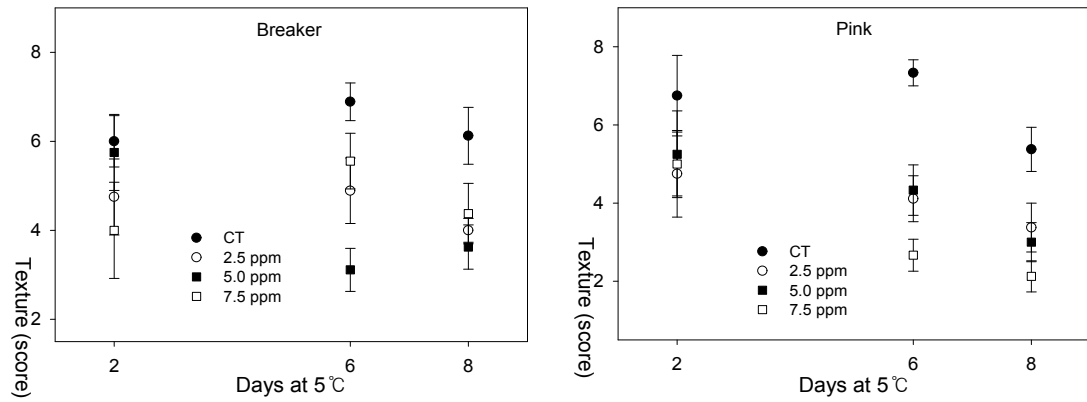


Fig. 77. Effect of hexanal treatment on the sensory score in texture of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

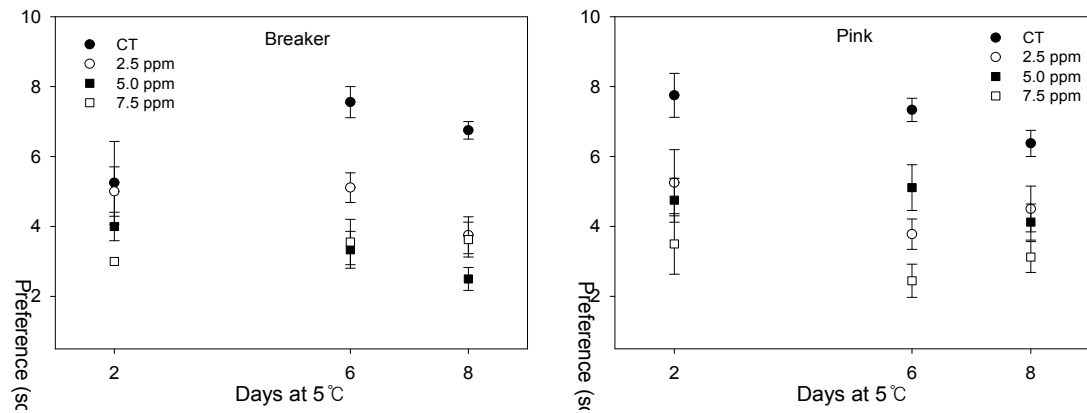


Fig. 78. Effect of hexanal treatment on the sensory score in preference of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

Exogenous ethanol은 과실의 숙성을 억제하는 효과가 있으며 특히 토마토의 숙성을 지연시킨다고 알려져 있다(Beaulieu와 Saltveit, 1997). 사과에 ethanol을 전처리한 경우 신선편이 사과의 에틸렌 발생과 호흡률을 낮춰 신선도가 연장되며(Bai 등, 2004), 망고에 전처리할 경우에도 신선편이 가공 후 정도와 외관이 우수하게 유지된다고 보고되고 있다(Plotto 등, 2003). 그러나 이와 같은 긍정적인 효과 외에 24시간 이상 처리시 이취가 발생하는 문제가 발생하기도 하는데(Bai 등, 2004, Plotto 등, 2003), 이러한 문제는 처리시간을 단축하여 8시간 이내로 실시할 경우 극복될 수 있다고 한다. Ethanol 처리시 얻을 수 있는 긍정적인 효과로는 부패경감 (Karalabut 등, 2004) 및 미생물 증식 억제이다(Plotto, 2006).

토마토의 수확시 성숙 단계에 따른 품질 평가 실험을 통해 red stage에 도달한 토마토가 소비자의 기호도가 높으나 유통 중 품질 관리가 가장 어려운 단점이 있으므로 미생물 관리 및 품질 관리를 위한 전처리 기술로서 red stage의 토마토를 신선편이화 하여 유통할 때 ethanol 처리를 함으로써 신선도를 연장시키고자 본 연구를 수행하였다.

무처리구는 10°C에서 5일 유통 후 3 log의 총균과 대장균군이 검출되었고 2.5~12.5 ppm의 ethanol 처리구도 미생물 증식 정도가 무처리구 수준과 동일하게 나타났다. 그러나 25 ppm과 50 ppm의 ethanol을 처리한 경우 미생물 증식 억제 효과가 나타났다. 25 ppm 이상의 ethanol을 처리할 실험구에서는 5일 이후까지 총균과 대장균군이 검출되지 않았으며 7일 이후에도 무처리에 비해 총균은 2 log, 대장균군은 1 log 정도 증식이 억제되는 효과가 나타났다(Table 9). Ethanol 처리에 따른 이취 발생 여부를 관능평가 방식을 통해 조사하였는데 미생물 억제 효과가 있었던 25 ppm과 50 ppm 처리구에서 이취가 발생하였고 저장기간 동안 이취는 더 증가하였다(Fig. 79). Red stage에 수확하여 원료상태로 저장하거나 신선편이 가공하여 유통할 때 Hunter a 값은 변화하지 않거나 소폭 감소하며, Hunter L 값은 감소하는 경향을 나타내는 것이 일반적인데 이는 색택이 어두워진다는 것을 의미한다. 본 실험을 통해 ethanol 처리가 신선편이 토마토의 색 변화에 미치는 영향을 살펴본 결과 ethanol 처리에 따른 유의적 영향은 없는 것으로 나타났다(Fig. 80). 가용성 고형물 함량 및 산도에 미치는 영향 또한 없었다(Fig. 81). Ethanol 처리시 신선편이 토마토의 정도에 미치는 영향을 살펴보았다. Ethanol은 절화 등의 노화를 억제하고 과실의 연화를 억제시키는 효과가 있다고 보고되고 있으나 이러한 효과가 농도에 따라 다르게 나타나기도 한다. 본 실험에서는 ethanol 처리가 정도에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다(Fig. 82). 이상의 결과에서 알 수 있듯이 ethanol 처리시 신선편이 토마토의 미생물 증식 억제 효과를 얻기 위해서는 25 ppm 이상의 농도가 요

구되며 이의 처리가 가용성 고형물 함량, 산도, 경도에 미치는 영향은 없으나 이취가 발생하는 문제가 있어 신선편이 토마토의 유통 중 미생물적 안전성 관리를 위한 실용적 기술로 적용하기 어려웠다.

Table 9. Effect of ethanol treatments at various concentration on the microbial growth of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

Ethanol (ppm)	Total microbe (CFU mL ⁻¹)			Coliform group (CFU mL ⁻¹)		
	3	5	7	3	5	7
0	–	1.4×10 ³	3.8×10 ⁷	–	1.5×10 ³	2.5×10 ⁵
2.5	–	2.1×10 ³	5.2×10 ⁷	–	4.7×10 ³	2.3×10 ⁵
5.0	–	1.3×10 ³	4.4×10 ⁷	–	3.2×10 ³	6.3×10 ⁵
12.5	–	1.0×10 ³	2.7×10 ⁷	–	5.5×10 ³	4.5×10 ⁵
25.0	–	–	1.4×10 ⁵	–	–	3.4×10 ⁴
50.0	–	–	6.0×10 ⁵	–	–	4.2×10 ⁴

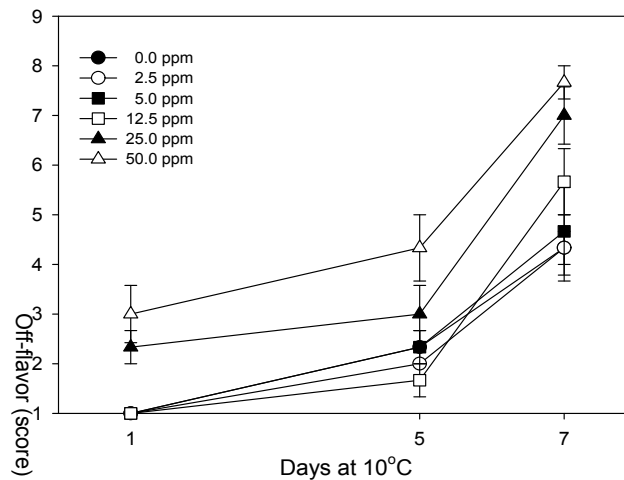


Fig. 79. Effect of ethanol treatments at various concentration on off-flavour of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

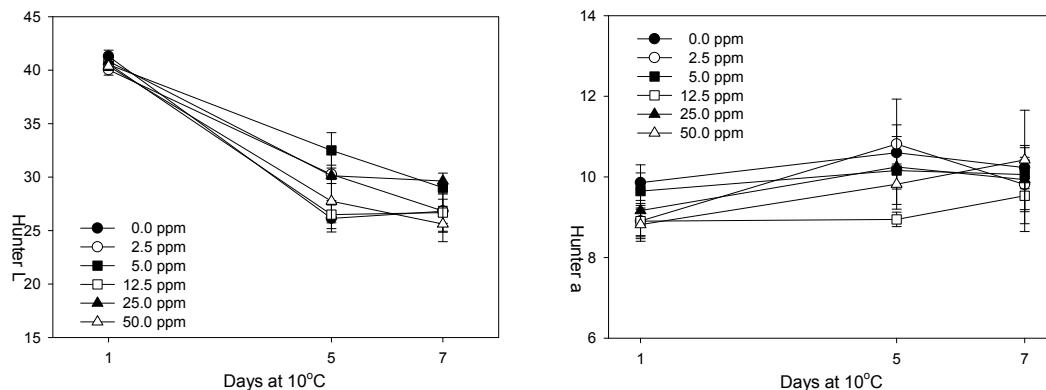


Fig. 80. Effect of ethanol treatments at various concentration on Hunter L and a value of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

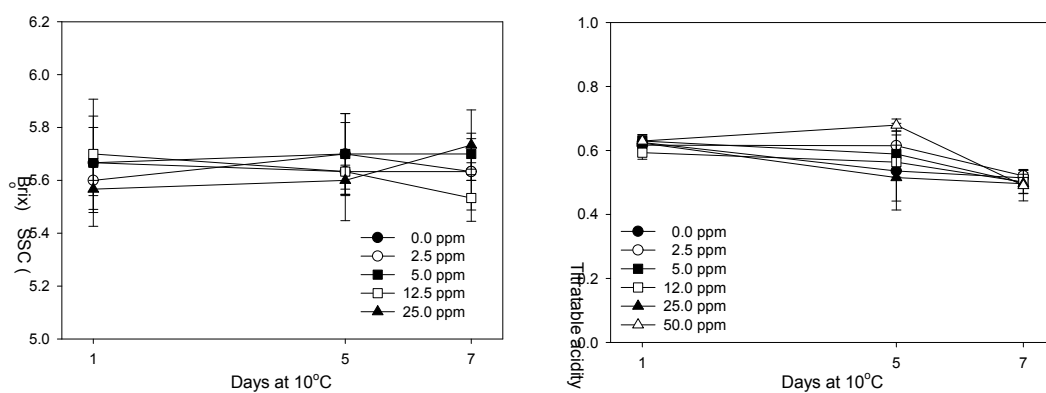


Fig. 81. Effect of ethanol treatments at various concentration on SSC and titratable acidity of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

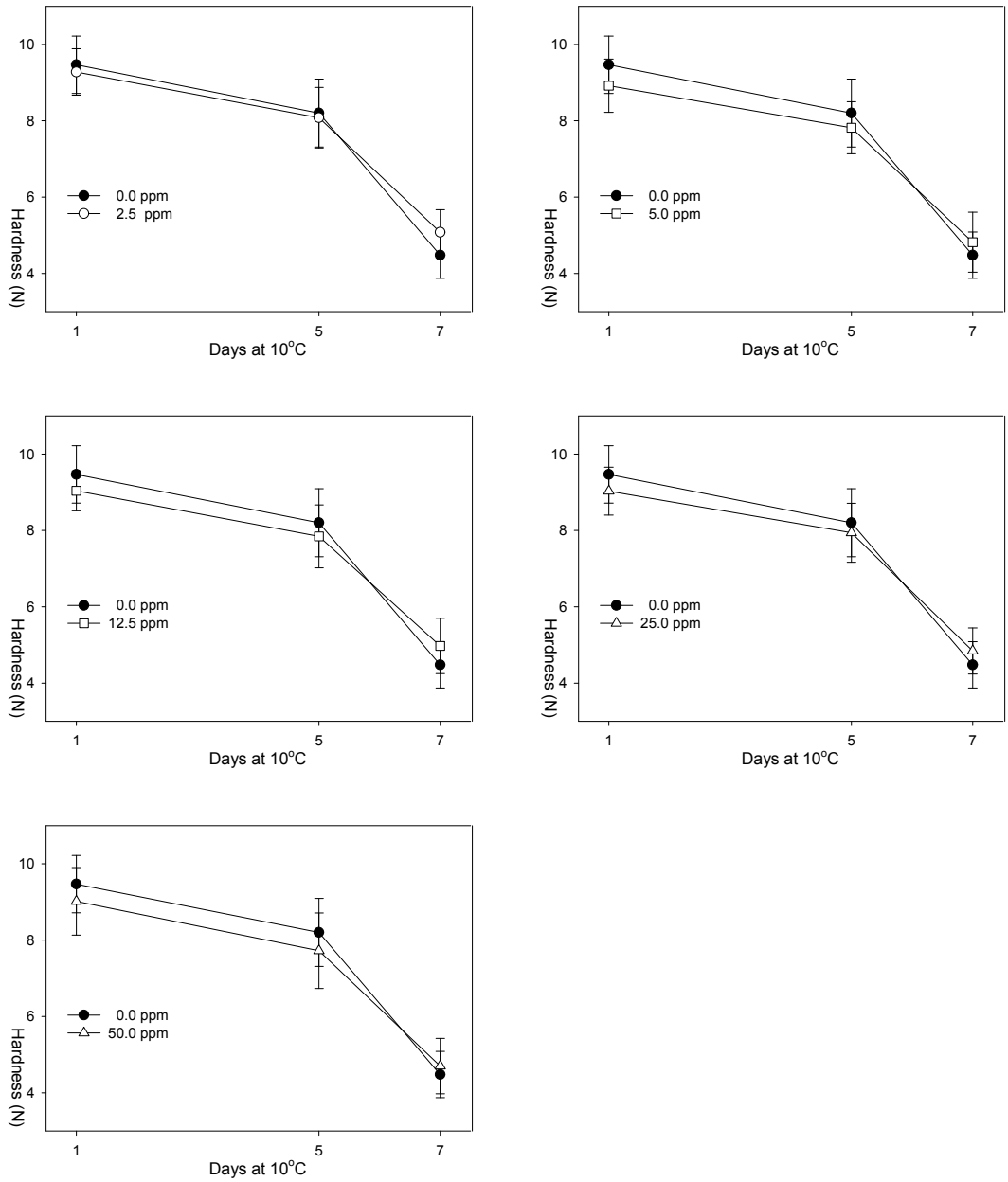


Fig. 82. Effect of ethanol treatments at various concentration on hardness of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

Ethanol 처리시 발생하는 품질의 열화 및 이취 발생을 억제하기 위해 과실의 연화를 억제하고 미생물 증식을 억제하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있는 high CO₂ active MAP 처리와 ethanol 처리를 병행 처리하였다. 이렇게 처리된 신선편이 토마토를 10°C에 저장하면서 신선편이 토마토의 품질 및 미생물 증식에 미치는 영향을 조사하였다.

무처리의 경우 5일 이후 총균과 대장균군이 3 log CFU mL⁻¹ 검출되었으며, 7일 이후에는 각각 7 log CFU mL⁻¹와 5 log CFU mL⁻¹가 검출되었다(Table 10). 신선편이 토마토를 15% CO₂ MAP 처리한 결과 5일 이후에도 총균과 대장균군이 검출되지 않았으며 7일 이후에도 무처리구에 비해 총균은 2 log CFU mL⁻¹, 대장균군은 1 log CFU mL⁻¹가 감소되는 결과를 나타내어 15% CO₂ MAP 단독 처리만으로도 미생물 증식이 억제되는 효과를 얻을 수 있었다. 15% CO₂ MAP와 ethanol 처리를 병행하였을 때의 시너지 효과에 대해 조사하였다. 선행 실험에서와 같이 25 ppm 이상의 ethanol을 처리하였을 때 미생물 증식을 억제하는 효과가 증가되었으나 이보다 낮은 농도에서는 15% CO₂ MAP 단독 처리구와 동일한 미생물 증식력을 나타내어 두 처리를 혼용하였을 때의 시너지 효과는 없는 것으로 평가되었다.

신선편이 토마토의 유통 중 이취 발생 정도를 측정하였다(Fig. 83). 무처리구의 경우 5일 이후 약한 수준의 이취가 발생하기 시작하면 저장 기간이 지날수록 이취가 심해졌다. 이는 미생물 증식에 의해 부패가 시작되어 나타난 것으로 평가되었다. CO₂ MAP 처리구의 경우 무처리구에 비해 이취 발생이 경감되었고 ethanol 처리를 병행할 때에는 CO₂ MAP 단독 처리에 비해 이취가 오히려 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 12.5 ppm 이상의 ethanol을 처리할 때 이취 발생이 크게 증가하였다.

무처리구의 Hunter a 값은 저장 1일 후 10까지 증가한 후 저장기간 동안 변화하지 않으나 CO₂ 처리구는 처리직후 Hunter a 값이 8을 나타내었으며 저장기간 동안 일정한 수준을 유지하였다(Fig. 84). CO₂ MAP 처리시 무처리에 비해 Hunter a 값이 낮은 상태를 유지하여 토마토의 색 변화가 억제되는 것을 알 수 있었으며, ethanol을 병행 처리하면 CO₂ MAP 단독 처리구에 비해 Hunter a 값이 높아지는 경향이 나타났다. 따라서 ethanol 처리는 red stage에 수확한 토마토의 색의 변화를 촉진하는 결과를 초래하는 것으로 판단되었다.

Hunter L 값은 CO₂ MAP 및 ethanol 처리에 의한 영향이 없는 것으로 나타났다(Fig. 85). CO₂ MAP와 ethanol 처리가 신선편이 토마토의 가용성 고형물 함량에 미치는 영향은 없었다(Fig. 86). 적정산도의 경우 CO₂ MAP 처리구가 저장기간 동안 무처리구에 비해 높은 값을 유지하였으며 ethanol 병행처리에 의한 영향은 없는 것으로 나타났다(Fig. 87). CO₂ MAP 처리한 경우 경도가 더 높게 유지되는 경향이

었으나 유의적 차이는 없었으며, ethanol과의 병행 처리시 CO₂ MAP 단독 처리에 비해 경도가 낮아지는 경향도 관찰할 수 있었다(Fig. 88). Ethanol 처리와 CO₂ MAP를 병행 처리할 때 미생물 증식 억제에 대해서는 시너지 효과가 있으나 ethanol 처리에 의한 이취 발생이 여전히 문제가 되므로 CO₂ MAP 단독 처리가 미생물 증식 억제 및 신선도 유지를 위해 바람직한 것으로 판단되었다.

Table 10. Effect of the CO₂ MAP or/and ethanol treatment on microbial growth of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

Treatments	Total microbe (unit : CFU mL ⁻¹)			Coliform group (unit : CFU mL ⁻¹)		
	3	5	7	3	5	7
	CT	-	1.4×10 ³	3.8×10 ⁷	-	1.5×10 ³
CO ₂	-	-	3.1×10 ⁵	-	-	6.9×10 ⁴
CO ₂ + EtOH(2.5)	-	-	6.7×10 ⁵	-	-	1.3×10 ⁴
CO ₂ + EtOH(5.0)	-	-	3.6×10 ⁵	-	-	4.5×10 ⁴
CO ₂ + EtOH(12.5)	-	-	2.3×10 ⁵	-	-	7.4×10 ⁴
CO ₂ + EtOH(25.0)	-	-	4.6×10 ⁴	-	-	2.8×10 ³
CO ₂ + EtOH(50.0)	-	-	3.3×10 ⁴	-	-	5.7×10 ³

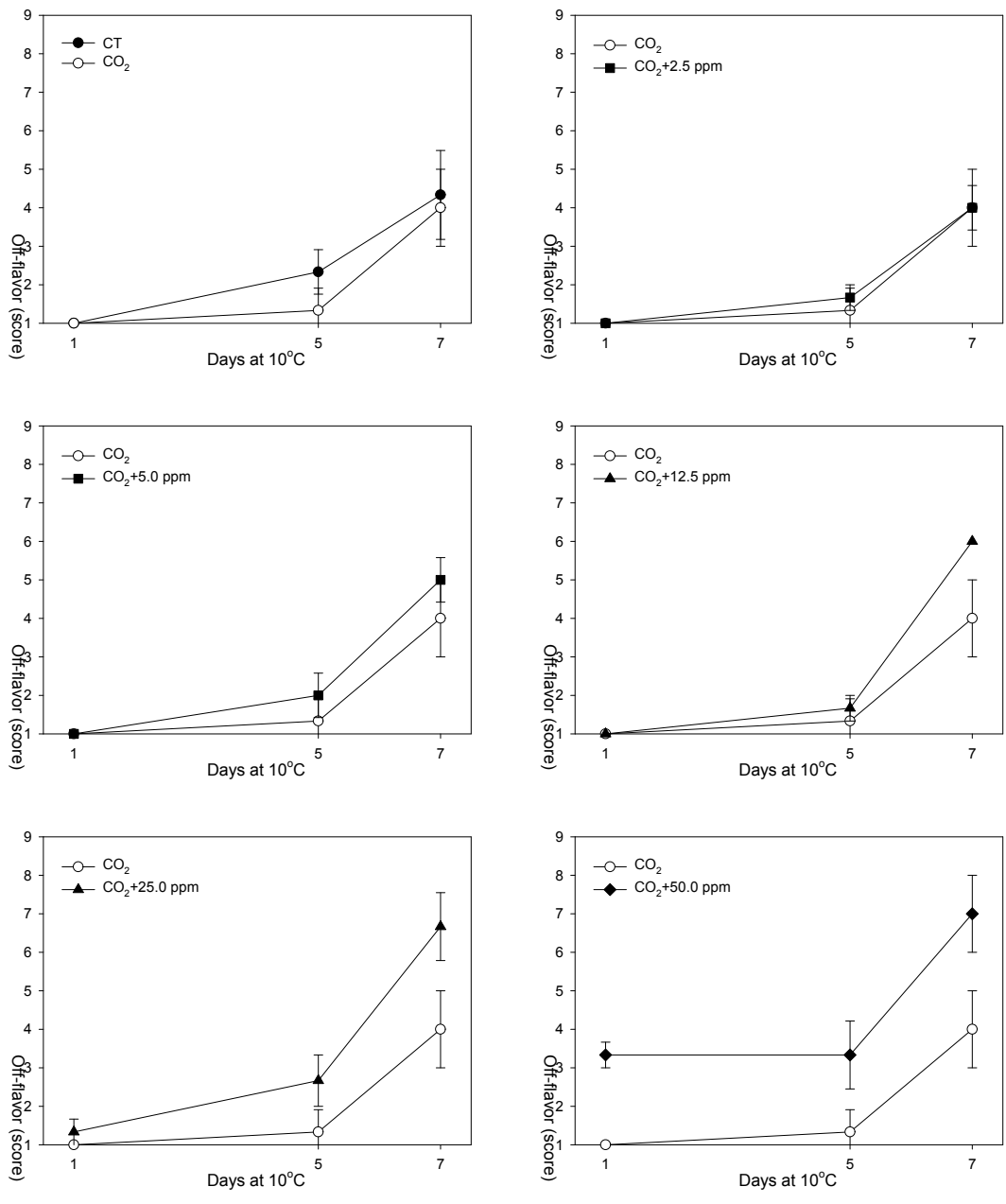


Fig. 83. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on off-flavour of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

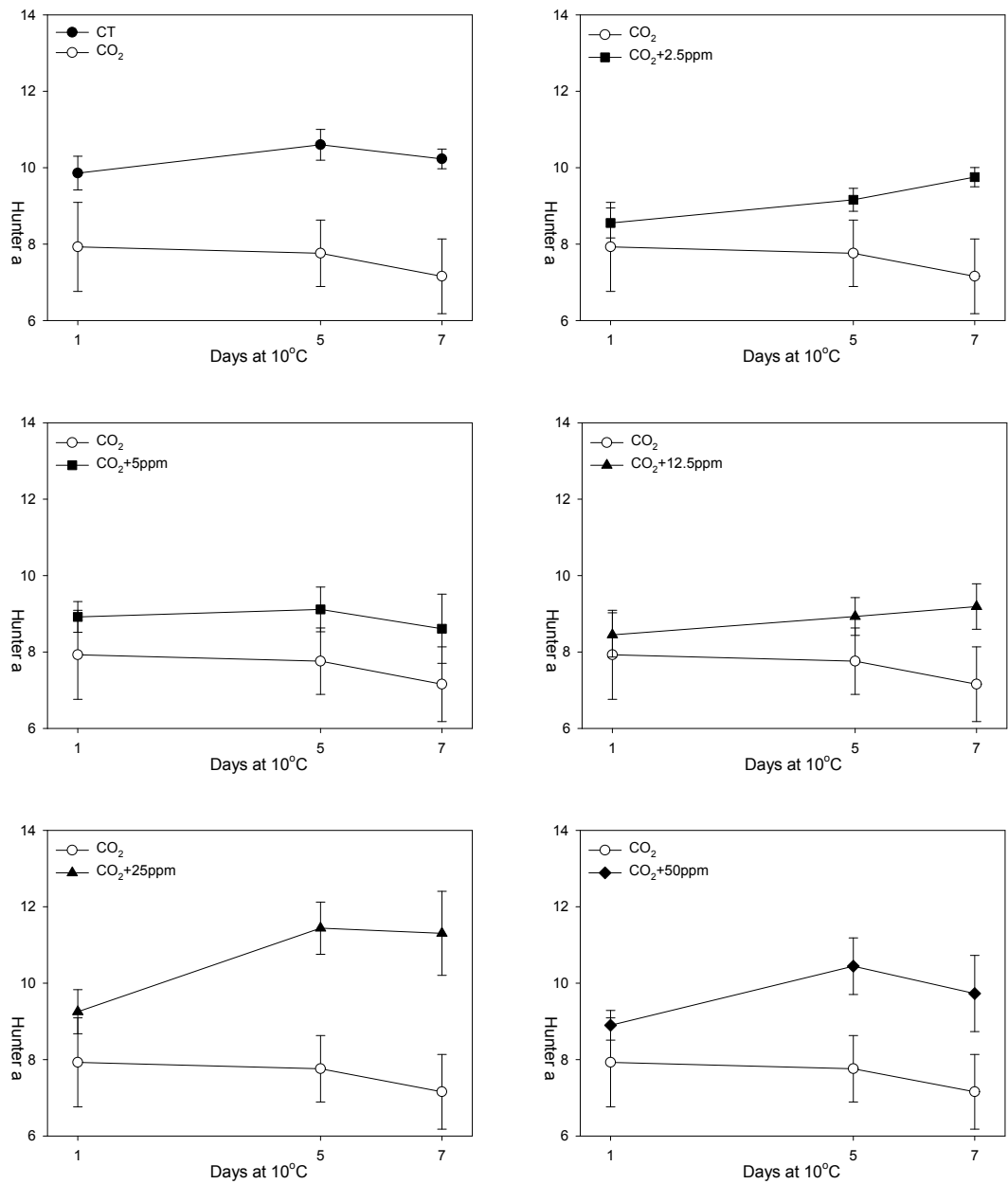


Fig. 84. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on Hunter a value of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

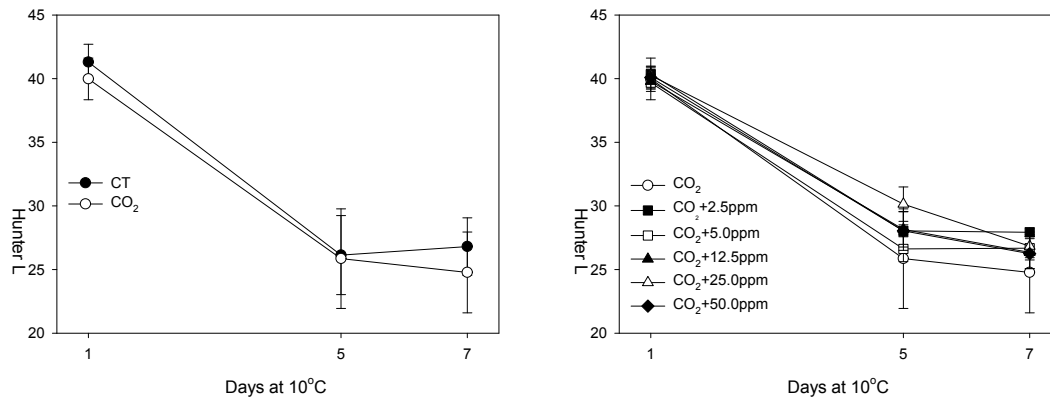


Fig. 85. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on Hunter L value of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

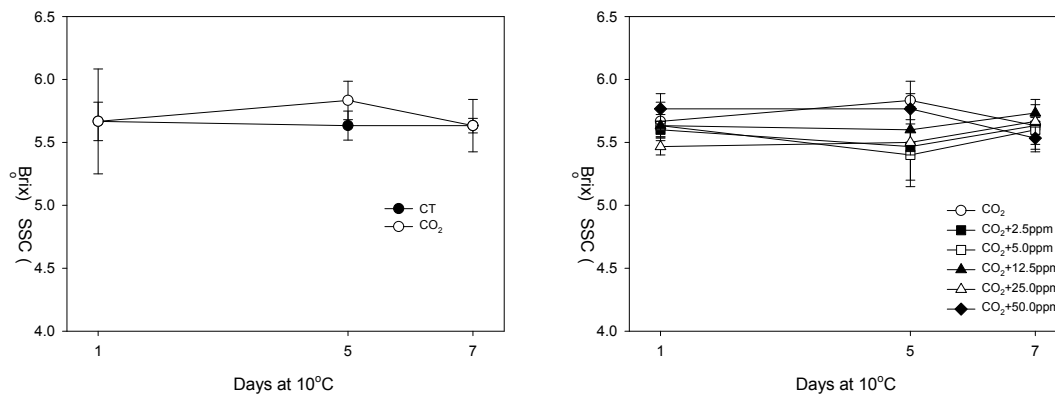


Fig. 86. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on SSC of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

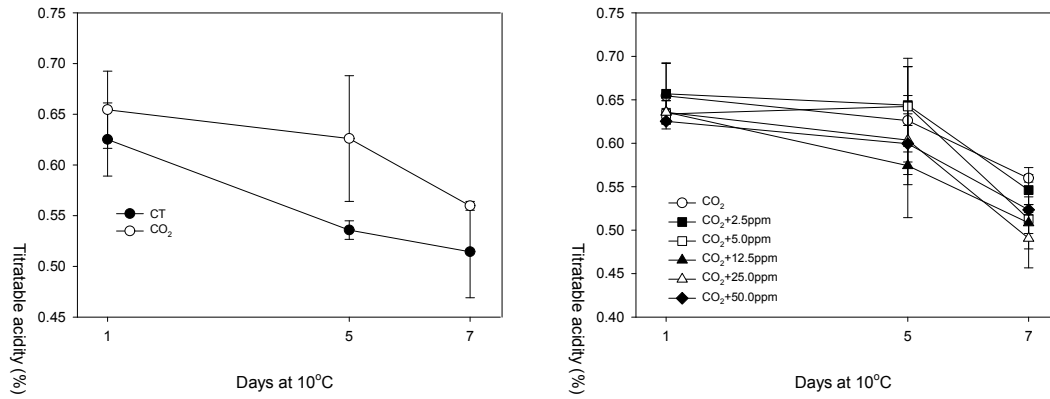


Fig. 87. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on titratable acidity of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

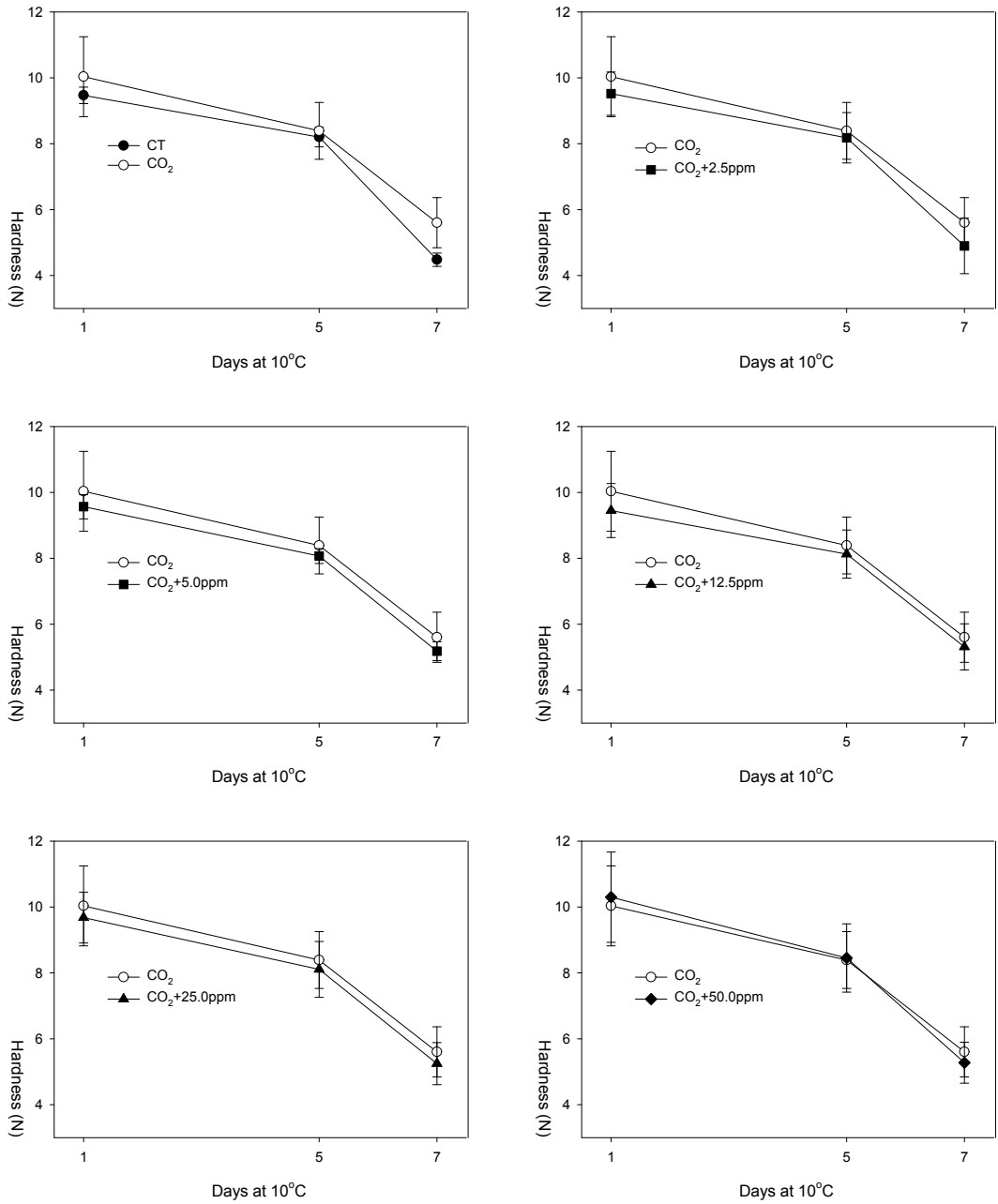


Fig. 88. Effect of 15% CO₂ MAP or/and ethanol treatments at various concentration on hardness of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 10°C.

6. 원료의 숙성 정도가 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향

유럽계 품종인 'Rafito'와 'Madison' 품종을 각각 breaker, pink, red stage에 수확한 후 한국식품연구원에 이송하여 선별, 세척, 건조, 절단 후 PP box에 포장한 후 5°C와 10°C에 저장하면서 품질 변화를 측정하였다.

(가) 'Rafito' 품종

'Rafito' 품종으로 가공한 신선편이 토마토의 가용성 고형물 함량은 수확기의 숙도가 높을수록 높았고, 숙도에 관계없이 유통 기간 중 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈으며 저장 온도에 따른 차이는 크지 않았다. Breaker 토마토의 경우 5°C에서 3일 저장 이후 가용성 고형물 함량의 상승이 이루어졌고 10°C에 저장할 때에는 초기부터 지속적으로 증가하였다(Fig. 89). Breaker 토마토는 10°C에서 5일 동안 저장된 후에는 가용성 고형물 함량이 증가하여 pink와 red 토마토의 가용성 고형물 함량 수준에 달하였으나 5°C 저장시에는 5일 이후에도 가용성 고형물 함량이 다른 속도에 비해 낮은 상태에 머물렀다. Pink와 red 토마토는 5°C에서 저장되는 동안 가용성 고형물 함량이 급격히 증가하여 5일 후에는 두 속도간에 차이가 없었다. 그러나 10°C에 저장한 경우 3일까지는 크게 증가한 후 그 이후 감소하는 경향을 나타내었다.

신선편이 토마토의 적정산도는 숙도가 낮을수록 높은 경향을 보였으며 5°C 저장할 때에는 모든 속도에서 저장 중 산도의 변화가 나타나지 않았고 10°C에 저장할 때에는 breaker 토마토의 적정산도가 급격히 감소하여 pink 토마토 수준까지 변화하였다(Fig. 90). 따라서 breaker stage에 수확하여 신선편이 가공할 경우 5°C에 저장하면 가용성 고형물 함량이 낮고 적정산도가 높은 품질 특성을 가지게 되며 10°C에 두어 유통하면 가용성 고형물 함량과 산도가 유통 기간 중에 변화하여 pink stage의 수준에 도달하게 된다.

신선편이 토마토의 연화 정도를 조사한 결과 숙도가 높을수록 경도가 낮았고 5°C 저장 온도에서는 숙도에 관계없이 저장기간 중 연화가 이루어지지 않아 초기의 경도 수준이 그대로 유지되었다(Fig. 91). 10°C에 저장할 때에는 1일 이후 breaker의 연화가 급격히 일어나 pink stage와 같은 수준의 경도를 나타내었고 그 이후 느리게 연화되는 경향을 나타내었다.

저장기간 동안 신선편이 토마토의 붉은색 정도의 변화를 조사하였다(Fig. 92). 5°C에서는 붉은 정도를 나타내는 Hunter a 값의 변화가 매우 미약하였으며 세 속도 가운데에 pink와 red 토마토는 매우 느리게 증가하였고 breaker 토마토는 수확

당시의 값을 그대로 유지하였다. 원료의 속도와 관계없이 5°C에 저장할 경우 신선편이 토마토의 색은 크게 변화하지 않고 원료상태의 색을 그대로 보존하는 결과를 나타내었다. 저장 온도를 10°C로 높인 경우에 breaker 토마토는 여전히 Hunter a 값이 변화하지 않아 붉은 색의 발현이 매우 미흡한 상태에 머물렀으며 red 토마토도 그 값의 변화가 없었다. Pink 토마토를 원료로 사용한 경우에는 10°C에 저장하는 동안 Hunter a 값이 급격히 증가하였다.

신선편이 가공시 원료의 속도에 따른 소비자의 기호도를 가늠하기 위해 관능평가를 실시하였다. 조직감에 대한 기호도 조사 결과 breaker 토마토가 저장 온도 및 저장 기간에 관계없이 가장 높은 점수를 얻었고 red stage에 수확한 원료를 사용한 경우에는 10°C에 저장하는 동안 조직감에 대한 기호도가 급격히 하락하였다(Fig. 93). Red 토마토는 5°C에 저장할 때 조직감이 잘 유지되어 기호도가 높았다.

맛에 대한 기호도는 저장 초기에는 red 토마토가 가장 높은 점수를 획득하였으나 저장 기간이 길어지면 red 토마토의 기호도는 점차 낮아지는 추세였고 pink 토마토에 대한 기호도는 지속적으로 높게 유지되어 저장기간 동안 가장 우수한 결과를 보였다. Breaker 토마토의 기호도는 저장 초기에는 매우 낮은 점수를 얻었고 저장기간 동안 기호도가 소폭 증가하는 경향이였다. 5°C에 저장할 때는 5일 이후에도 pink나 red 토마토에 비해 기호도가 매우 낮았고 10°C에 저장하면 5일 이후에는 pink 토마토와 같은 수준으로 기호도가 향상되었으며 red 토마토보다 기호도가 높은 결과가 나타났다(Fig. 94). 저장 5일 후의 기호도 점수는 5°C 저장한 경우에는 red와 pink가 높았고 10°C 저장시에는 pink에 대한 기호도가 breaker와 red보다 높았다. 이러한 조직감과 맛을 종합적으로 고려하여 상품에 대한 종합적 기호도를 조사한 결과 저장 초기에는 red 토마토에 대한 기호도가 가장 높았으나 저장 중 품질이 급격히 하락하므로 5°C 저장시에는 pink 토마토가 10°C 저장시에는 breaker와 pink 토마토를 원료로 사용하여 신선편이 가공한 것이 가장 높은 기호도를 보였다(Fig. 95). Breaker, pink 그리고 red stage에서 수확한 원료를 사용하여 신선편이 가공한 제품을 5°C와 10°C에 두어 저장하면서 5일 동안 총균과 대장균을 검출한 결과 5일 동안 음성 결과를 나타내었다(자료미제시).

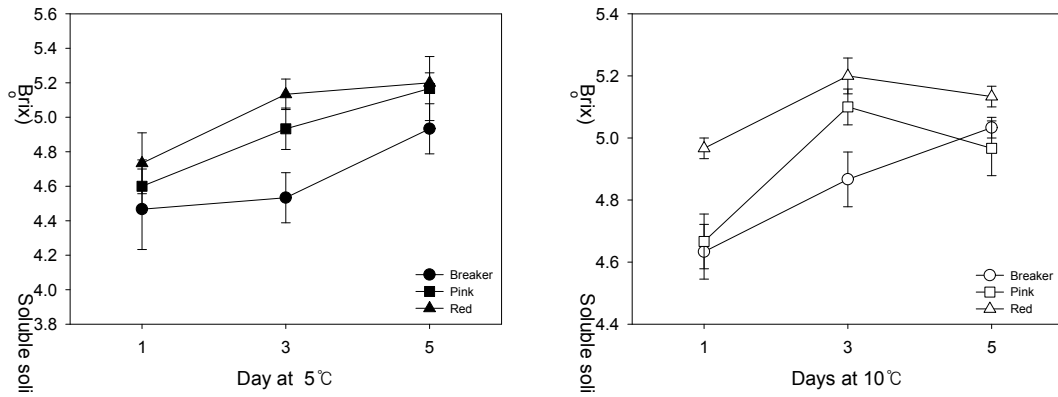


Fig. 89. Change in SSC of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

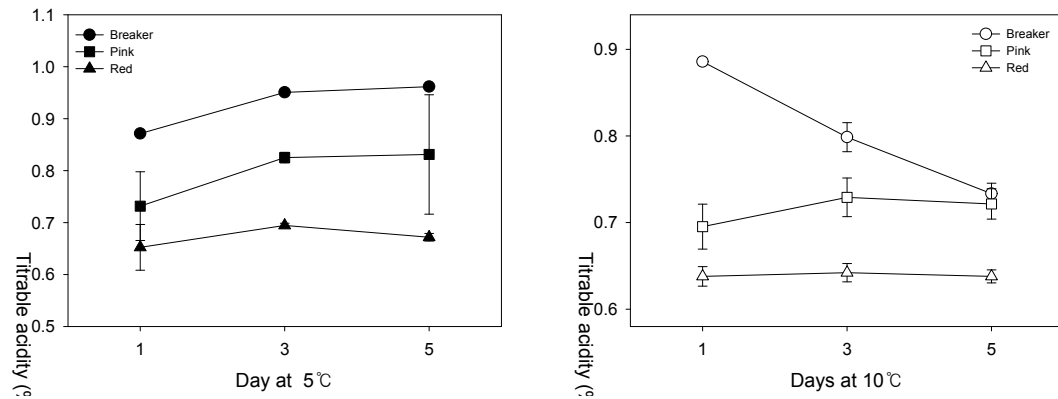


Fig. 90. Change in titratable acidity of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

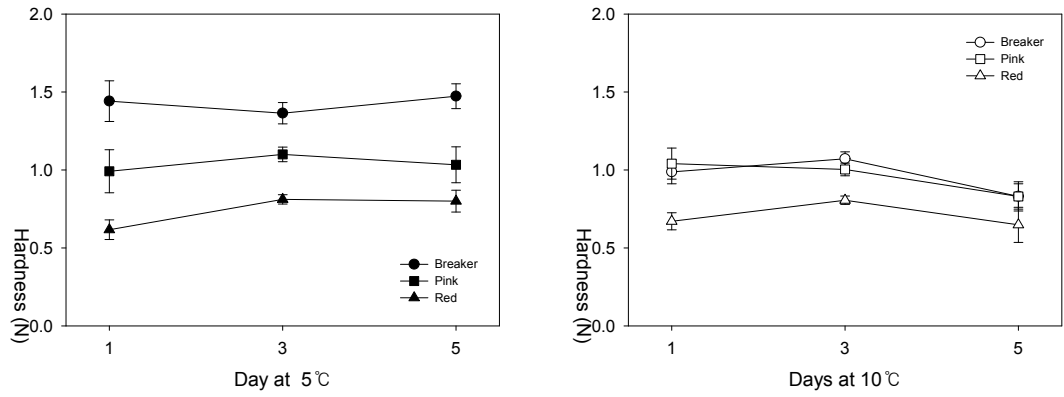


Fig. 91. Change in hardness of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

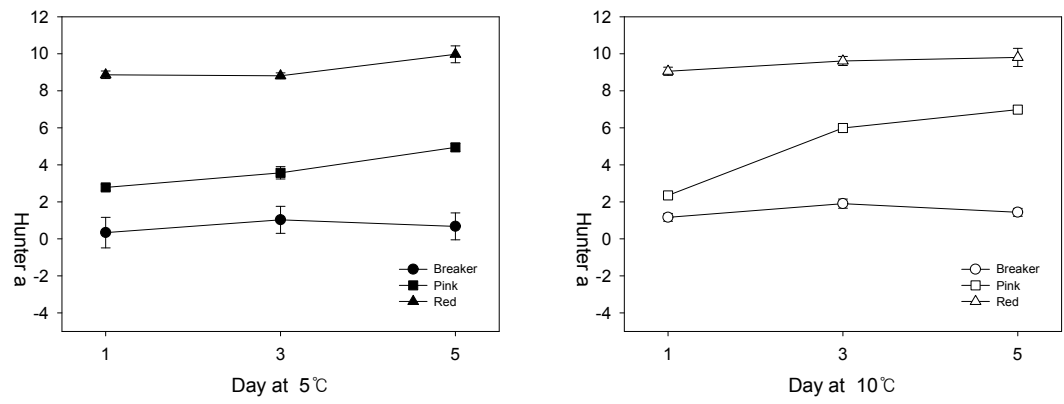


Fig. 92. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

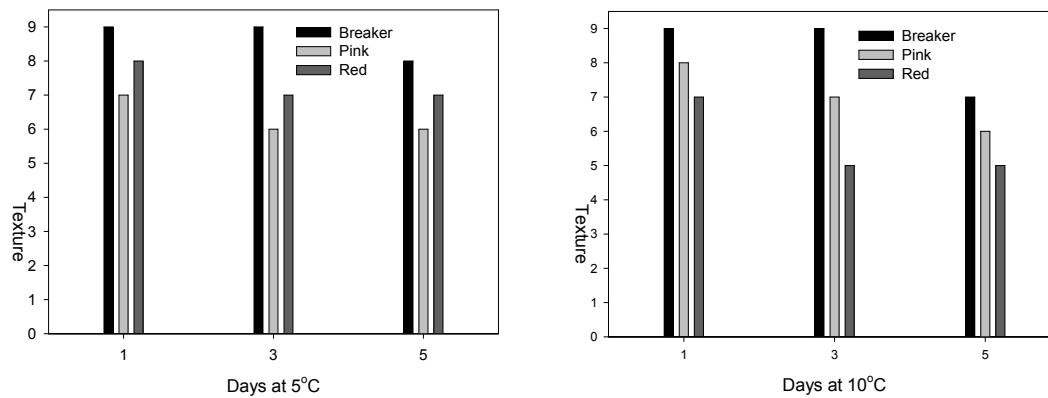


Fig. 93. Change in texture of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

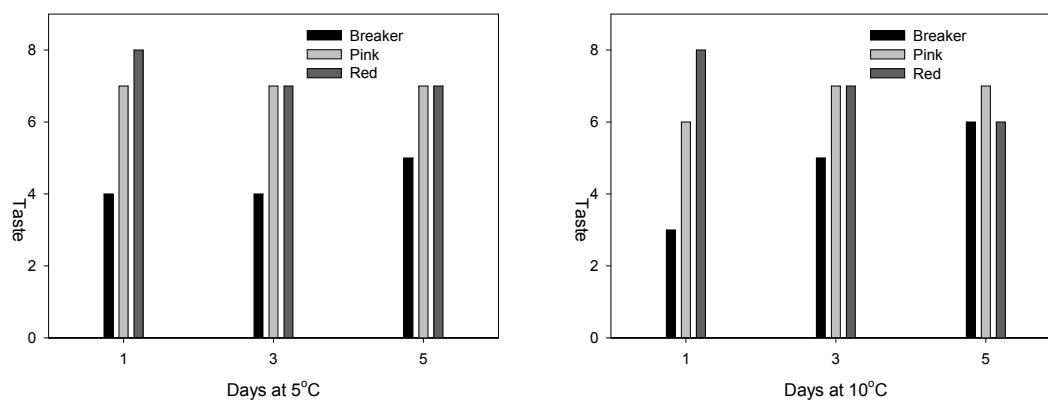


Fig. 94. Change in taste of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

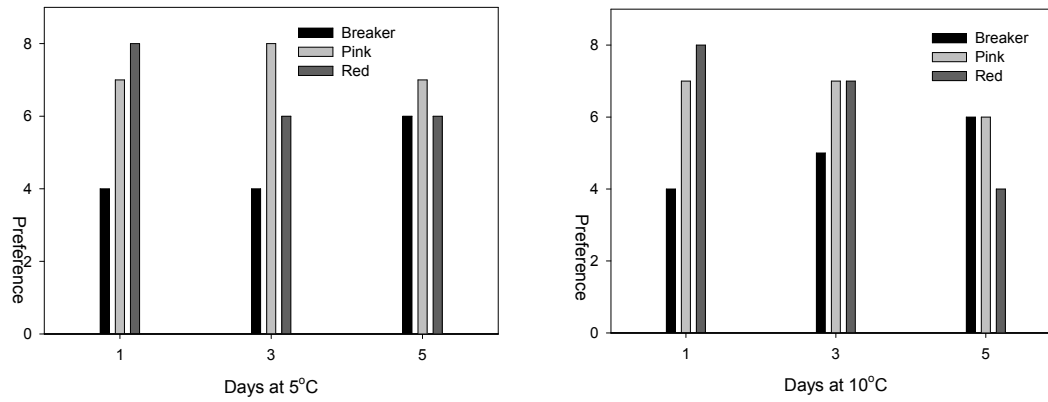


Fig. 95. Change in preference of fresh-cut 'Rafito' tomatoes harvested at different maturity stages (breaker, pink, red) during storage at 5 or 10°C.

(나) 'Madison' 품종

'Madison' 토마토의 수확시기별 호흡 및 에틸렌 발생 경향을 20°C에 두어 조사하였다(Fig. 96). Breaker stage에 수확한 경우 초기 호흡량은 낮으나 수확 후 저장기간 동안 급등 후 감소하는 전형적인 climacteric rise를 나타내었는데 최대치의 호흡속도는 pink나 red stage의 수확 초기의 호흡 속도 수준에 달하였다. Pink나 red stage에 수확한 토마토는 수확 후 호흡속도가 지속적으로 감소하는 경향을 유지하였다. 에틸렌 발생량의 변화 또한 breaker stage에 수확한 경우 수확 후 급등하는 경향을 나타내었으며 속도가 그 이상일 경우에는 수확당시 매우 높은 에틸렌 생성량을 보이나 수확 후 저장 기간 동안에는 지속적으로 감소하였다. Red stage에 수확한 토마토는 수확당시에는 pink stage와 같은 수준의 에틸렌 발생량을 나타내었으나 pink stage에 비해 저장 기간 중 빠르게 감소하는 경향이였다. 따라서 본 실험을 통해 'Madison' 품종의 경우 pink stage에 도달하였을 때 호흡 및 에틸렌 발생량이 최대치이며 그 이후에는 호흡과 에틸렌 발생이 감소하는 생리적 특성을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 breaker stage에 수확한 토마토의 경우 에틸렌 작용을 억제하거나 에틸렌을 제거할 때 신선도 연장 효과가 나타날 것으로 기대되며 pink와 red stage에 수확한 경우에는 호흡 및 에틸렌의 급등기 이후이므로 에틸렌 작용 억제 효과가 이보다 낮을 것으로 예측할 수 있었다.

각 속도별로 수확된 토마토를 20°C에 두어 수확후의 색의 변화를 조사하였다(Fig. 97). Breaker 토마토는 수확 후 Hunter L 값이 지속적으로 감소하며 Hunter a 값은 증가하는데 변화속도가 5일 이후에 가속화되는 경향이였다. 수확 후 5일 이후 호흡 및 에틸렌 생성 속도가 최대치에 이르게 되므로 이 시점과 색의 변화가 가속화 되는 시점이 일치하는 것을 알 수 있었다. Breaker 토마토는 20°C에서 8일 이후 Hunter a 값은 pink와 red 토마토 수준에 도달하지만 Hunter L 값은 여전히 높은 수치를 나타내었다. Pink와 red 토마토는 수확 후 Hunter L 값은 급격히 감소하지만 Hunter a 값의 증가는 상대적으로 낮았다.

각 속도에서 수확된 'Madison' 품종을 신선편이 가공한 후 5°C와 10°C에 저장하면서 품질의 변화를 조사하였다. 'Rafito' 품종과는 달리 신선편이 가공 후 5°C의 유통 온도에서 가용성 고형물 함량의 변화가 거의 없었으며 red stage에 수확한 것보다 pink stage에 수확한 경우 가용성 고형물 함량이 더 높았다(Fig. 98). 10°C에 저장할 경우 pink 토마토를 신선편이 가공한 실험구는 5일 이후까지 가용성 고형물 함량이 증가한 후 다시 감소하는 경향을 보였고 breaker 토마토는 지속적으로 가용성 고형물 함량 증가 경향을 보이나 그 증가 정도가 매우 낮아 pink 토마토의 수준에 이르지 못하였다. Red 토마토의 가용성 고형물 함량은 저장기간 동안 변화하지

않았다.

신선편이 토마토의 적정산도는 속도가 낮을수록 높은 경향을 보였는데 breaker와 pink 토마토는 산도의 차이 없이 높은 수준이었고 red 토마토는 이와 비교할 때 매우 낮은 산도를 나타내었다. Red 토마토는 저장 중 산도가 지속적으로 감소하는 반면 breaker와 pink는 산도가 미미하게 하락하였다. 저장 온도가 높을수록 산도의 하락 속도가 높은 경향을 나타내었다(Fig. 99). 'Madison' 품종의 경우 red stage에 수확한 원료를 사용하여 신선편이 가공하면 가용성 고형물 함량 수준이 pink stage에 비해 오히려 낮고 산도가 지나치게 낮으며 신선편이 가공 후 유통 중 산도의 변화도 빠르게 발생하므로 red stage 이전에 수확하여 신선편이 가공 원료로 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

신선편이 토마토의 연화 정도를 조사한 결과 속도가 높을수록 경도가 낮았고 5°C 저장 온도에서는 pink 토마토만이 소폭 연화되었고 다른 시료들은 연화가 일어나지 않고 초기 값을 유지하였다(Fig. 100). 10°C에 저장할 때에는 모든 시료들이 연화되었다. 10°C에서 저장 7일 후의 경도를 살펴보면 breaker 토마토는 pink 토마토의 수확 당시의 경도 수준으로 pink 토마토는 red 토마토의 수확 당시의 경도 수준으로 변화하였다.

Breaker stage에 수확하여 신선편이 가공할 경우 5°C에서 저장하는 동안 Hunter a 값의 변화가 거의 일어나지 않았고, 10°C에서는 저장하면 Hunter a 값이 증가하여 미미한 수준의 붉은 색을 띠게 되었다(Fig. 101). 따라서 'Madison' 품종을 breaker stage에 수확하여 신선편이 가공할 경우에는 5°C에서는 후숙이 이루어지지 않아 외관이 푸른 상태로 유지되므로 10°C에 두어 유통 관리해야 할 것으로 판단된다. Pink stage에 수확하여 신선편이 가공할 경우 두 온도 모두에서 Hunter a 값이 급격히 증가하여 외관이 매우 우수하게 변화하였다. 이와는 달리 red stage에 수확된 원료를 신선편이 가공하면 저장 중 색의 변화가 없어 저장 후기에는 pink 원료로 가공된 제품에 비해 붉은 색 정도가 낮았다.

신선편이 가공시 원료의 속도에 따른 소비자의 기호도를 가늠하기 위해 관능평가를 실시하였다. 맛에 대한 기호도 조사 결과 신선편이 가공 직후에는 속도가 낮을수록 높은 점수를 얻었으며 저장기간이 길어지면 red 토마토에 대한 기호도는 낮아지고 breaker와 pink 토마토에 대한 기호도는 높아지는 경향을 보였다(Fig. 102). 'Madison' 품종의 경우 pink stage에 수확한 시료의 가용성 고형물 함량이 가장 높아 맛에 대한 기호도가 가장 높을 것으로 예측하였으나 대다수의 패널들은 산도가 높은 것에 대한 기호도가 낮아 초기의 점수가 낮은 결과가 나타났으나 저장기간 동안 산도가 하락함에 따라 기호도가 상승되는 결과가 나타났다. 특히 10°C에 저장할

때에는 breaker 또는 pink 토마토를 원료로 사용하여 맛에 대한 기호도를 높일 수 있다.

조직감에 대해서는 속도가 낮아 단단한 breaker가 가장 높은 점수를 얻었고 저장 기간 동안 지속적으로 높은 점수를 유지하였다(Fig. 103). Red 토마토는 조직감에 대한 기호도가 매우 낮았고 특히 10°C에서는 저장 초기부터 기호도가 낮아지는 경향이 뚜렷하였다. 신선편이 제품에 대한 종합적 기호도를 조사하였다(Fig. 104). 신선편이 가공 직후에는 red 토마토에 대한 기호도가 가장 높았으나 저장 중 품질이 급격히 하락하므로 저장 7일 후 기호도를 조사한 시점에는 5°C에 저장된 pink와 red 토마토의 기호도가 높게 유지되었으며, 10°C 저장시에는 breaker와 pink 토마토를 원료로 사용하여 신선편이 가공한 것이 높은 기호도를 나타내었고 red 토마토는 기호도가 빠르게 하락하였다.

Breaker, pink 그리고 red stage에서 수확한 원료를 사용하여 신선편이 가공한 제품을 5°C와 10°C에 두어 저장하면서 5일 동안 총균과 대장균군을 검출한 결과 5일 동안 음성 결과를 나타내었고 7일 후에는 10°C 저장시 3 log CFU mL⁻¹의 총균과 대장균군이 검출되었고 5°C에서는 검출되지 않았다(Table 11).

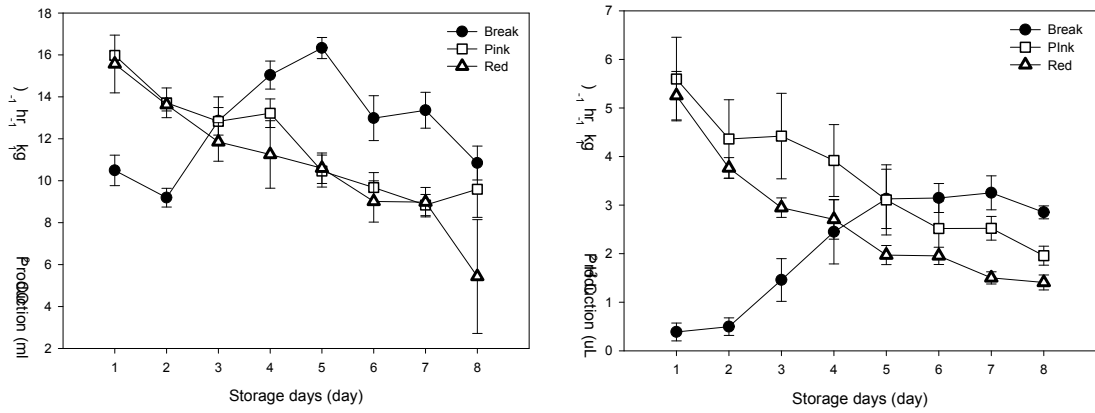


Fig. 96. Change in respiration rate and ethylene production of 'Madison' tomatoes during the post-harvest period at 20°C.

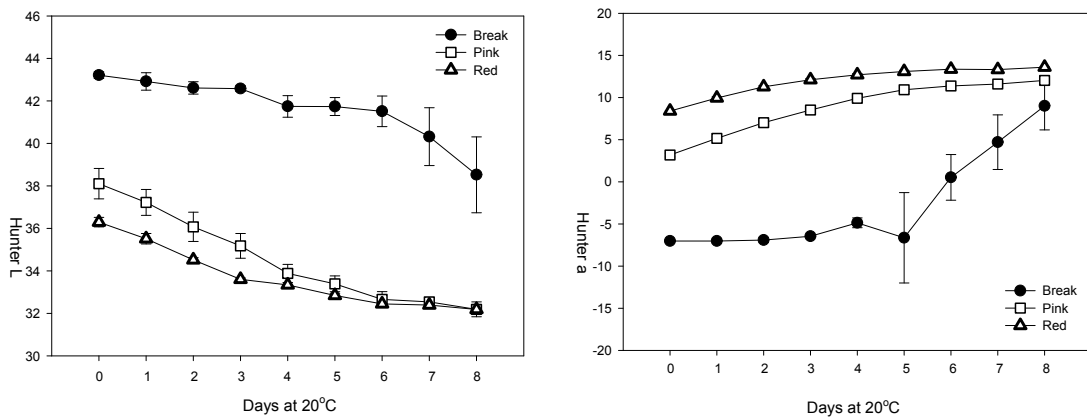


Fig. 97. Change in Hunter L and a value of 'Madison' tomatoes during the post-harvest period at 20°C.

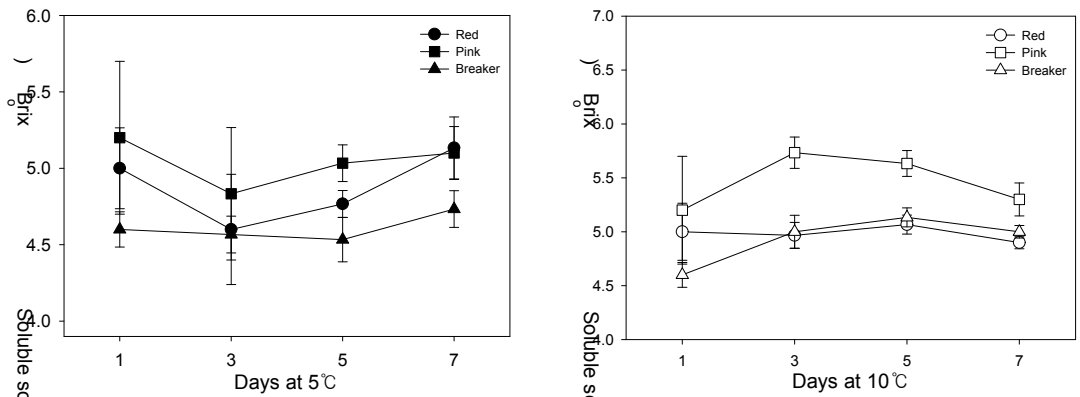


Fig. 98. Change in SSC of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

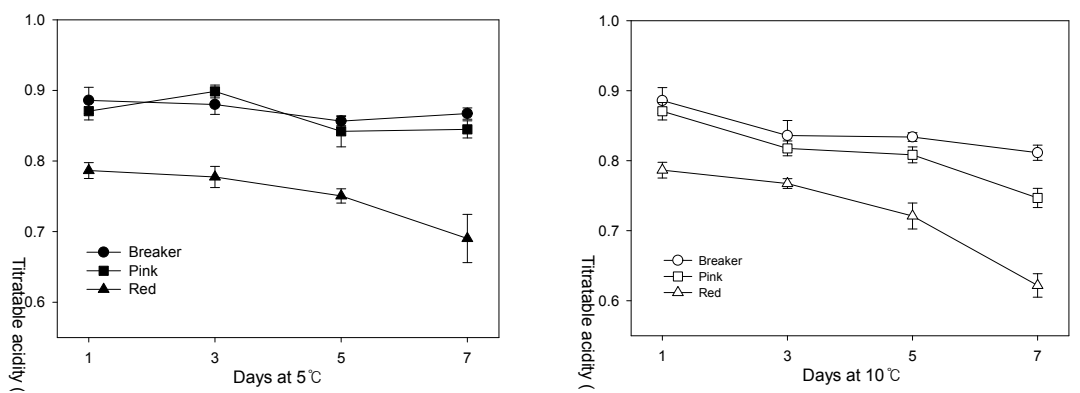


Fig. 99. Change in titratable acidity of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

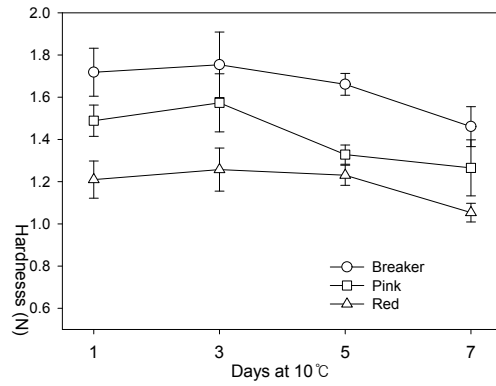
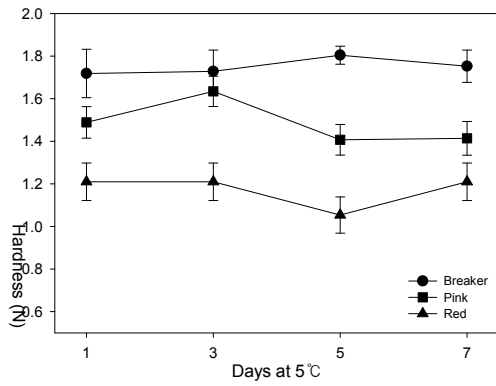


Fig. 100. Change in hardness of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

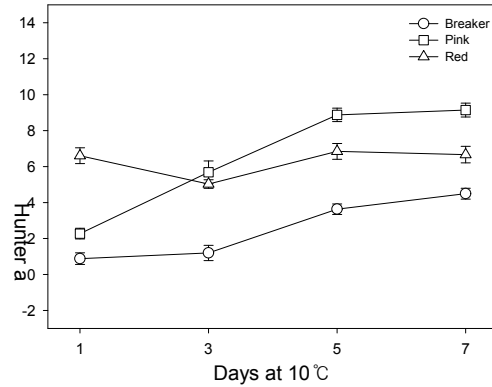
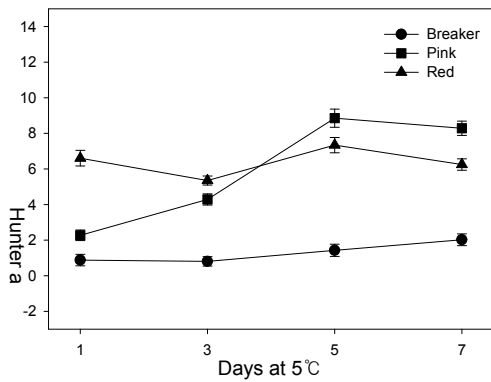


Fig. 101. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

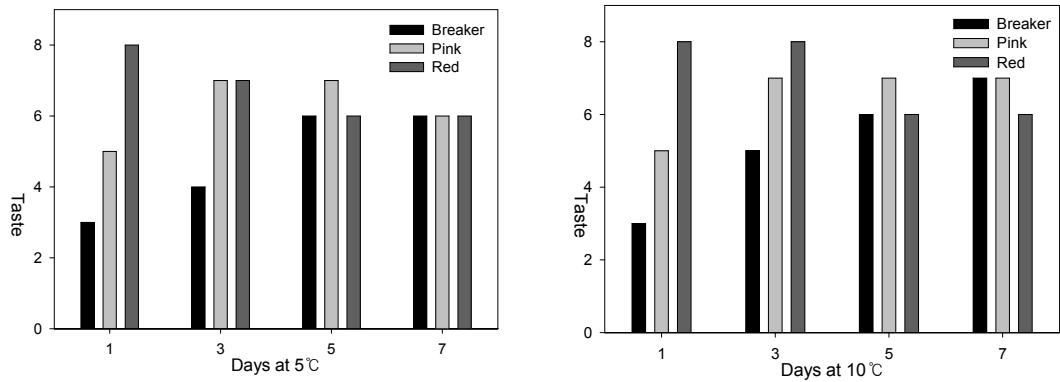


Fig. 102. Change in taste of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

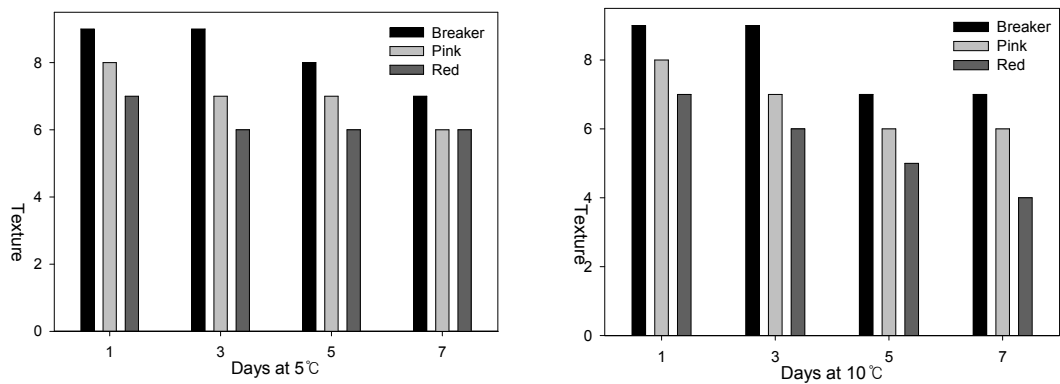


Fig. 103. Change in texture of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

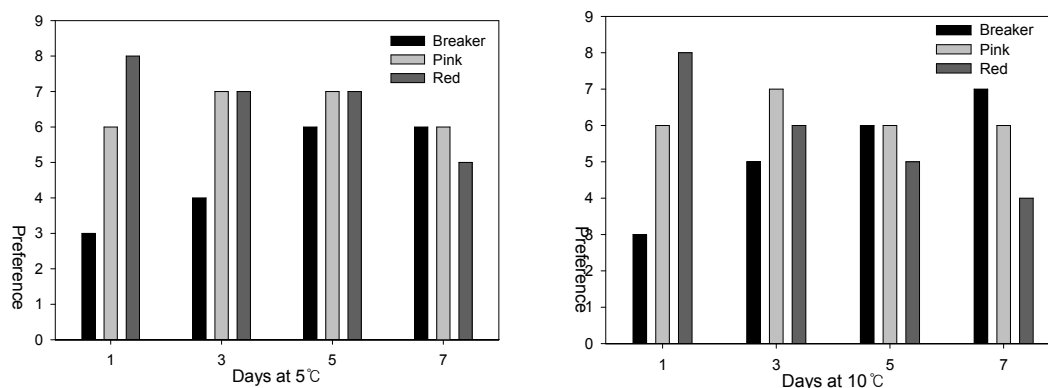


Fig. 104. Change in preference of fresh-cut 'Madison' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker, pink, and red stages during storage at 5 or 10°C.

Table 11. Microbial growth of fresh-cut 'Madison' tomatoes during storage at 5°C and 10°C.

Temp.	Stages	Total microbe (CFU mL ⁻¹)				Coliform group (CFU mL ⁻¹)			
		1	3	5	7	1	3	5	7
5°C	Breaker	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pink	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red	-	-	-	-	-	-	-	-
10°C	Breaker	-	-	-	1.2×10 ³	-	-	-	1.6×10 ³
	Pink	-	-	-	1.4×10 ³	-	-	-	1.5×10 ³
	Red	-	-	-	3.1×10 ³	-	-	-	2.5×10 ³

7. 신선편이 토마토의 신선도 연장 기술

(가) 고농도 CO₂ 처리 효과

고농도 CO₂ 처리는 과일의 에틸렌 생성을 억제하여 과일의 후숙을 방지하고 저장 기간 중 품질 변화 및 부패를 줄이는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 신선편이 토마토 유통 시 이를 적용하기 위해 'Ofira' 품종을 red stage에서 수확하여 사용하였다. 신선편이 토마토가 담겨진 용기 내에 25%, 50%, 100%의 CO₂를 치환한 후 밀폐하여 저장하면서 용기 내부의 CO₂ 농도를 조사한 결과 점차 CO₂ 농도가 낮아져 3일 이후에는 모든 처리구간의 농도 차이를 보이지 않았다(Fig. 105). 유통 중 신선편이 토마토의 경도는 변화하지 않았으며, CO₂ 처리구 또한 경도 변화가 없었다(Fig. 106). 가용성 고형물 함량은 개체 간 변이가 커 CO₂ 처리에 따른 영향을 판단하기 어려웠으나 적정산도는 무처리구에 비해 CO₂ 처리구가 높았으며, 농도가 높을수록 산도가 높은 경향을 나타내었다(Fig. 107). 신선편이 토마토의 색은 유통기간 동안 Hunter L값이 낮아지는 변화를 보이거나 50% CO₂ 처리구에서는 초기값을 유지하여 색 변화가 억제되는 효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 108). Hunter a 값은 저장기간 동안 변화하지 않았고 CO₂ 처리에 의한 영향도 나타나지 않았다. 이는 red stage의 토마토를 원료로 사용하였기 때문에 후숙기간 동안 추가적인 lycopene 합성이 이루어지지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 유통 7일째 모든 처리구에서 총균이 검출되었고 대장균군은 저장기간 동안 검출되지 않았으며 CO₂ 처리에 의한 영향은 나타나지 않았다(Table 12). 따라서 단기간의 고 CO₂ 처리는 신선편이 토마토의 색이 탁하게 변화하는 현상과 산도가 하락하여 신선감이 나빠지는 것을 억제하는 효과가 있으나 미생물 생육에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

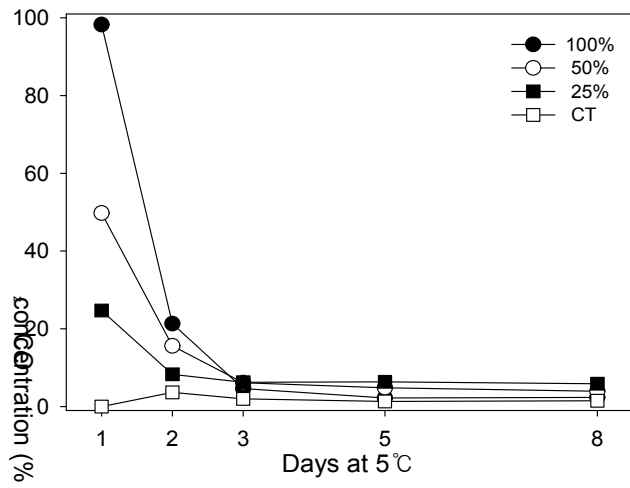


Fig. 105. Change in gas composition within the package of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

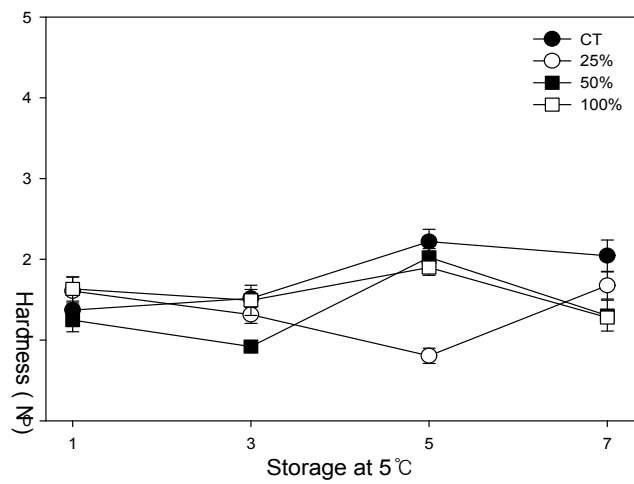


Fig. 106. Effect of high CO₂ treatment on the hardness of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

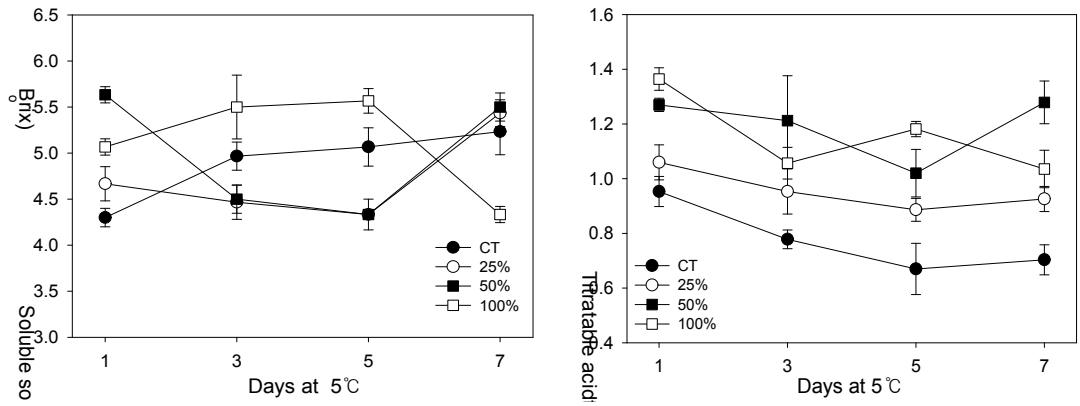


Fig. 107. Effect of high CO₂ treatment on the SSC and TA of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

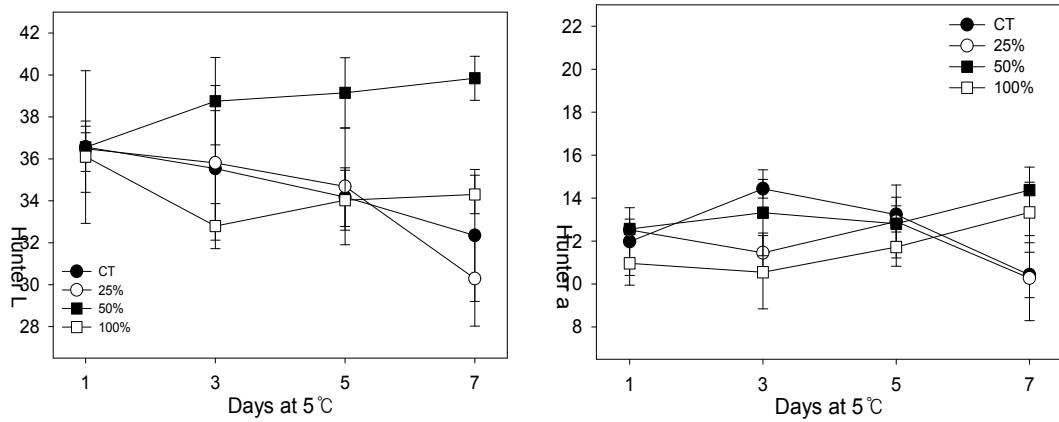


Fig. 108. Effect of high CO₂ treatment on the colour of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

Table 12. Effect of CO₂ treatment on the microbial growth in fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

		Storage days			
		1	3	5	7
Total microbe (CFU mL ⁻¹)	CT	N	N	N	7.5×10 ³
	25%	N	N	N	1.6×10 ³
	50%	N	N	N	1.5×10 ³
	100%	N	N	N	1.7×10 ³
Coliform group (CFU mL ⁻¹)	CT	N	N	N	N
	25%	N	N	N	N
	50%	N	N	N	N
	100%	N	N	N	N

신선편이 형태로 high CO₂를 처리한 실험과를 달리 원료 토마토에 CO₂ 처리를 한 후 신선편이 가공하여 유통할 때 신선도에 미치는 영향을 살펴보았다. 선행 연구에서 50% CO₂를 9시간 처리할 때 원료의 신선도 향상이 가장 우수한 것으로 나타났다으므로 본 실험에서도 pink 단계에 수확된 'Madison' 품종을 대상으로 50%와 100%의 CO₂를 9시간 처리하여 효과분석을 실시하였다. 10°C에서 1일 후 외관의 색을 관찰한 결과 무처리구는 수확시에 비해 붉은 색이 발달하였으며 100% 처리구가 수확시의 색을 그대로 유지되는 결과를 나타내었다(Fig. 109). CO₂ 처리된 원료를 2주간 저장한 후에는 calyx end 부위에 수침현상이 관찰되었다. 'Madison' 품종과 'Rafito' 품종을 대상으로 실시한 선행 연구에서는 100% CO₂를 3,6,9시간 처리할 때 장해현상이 없었다. 그러나 수침된 부분은 신선편이 가공시 제거되므로 추가적인 신선편이 제품 가공에는 장애가 되지 않는 것이다. 각 조건의 원료를 이용한 신선편이 제품을 10°C에 5일 동안 저장한 후 경도를 비교해본 결과 처리 농도와 관계없이 처리구의 경도가 2배 이상 높게 유지되는 것을 알 수 있었다(Fig. 110). CO₂ 처리 후 원료를 2주간 저장한 후에 신선편이 가공한 후에는 50% 처리구에서는 효과가 없었고 100% 처리구는 여전히 경도가 유지되는 결과를 나타내었다. 또한 신선편이 제품의 색 변화가 CO₂ 처리에 의해 지연되는 결과가 유의적으로 인정되었으며 저장된 원료를 사용할 때에도 Hunter a 값이 낮게 유지되는 효과가 있었다(Fig. 111).

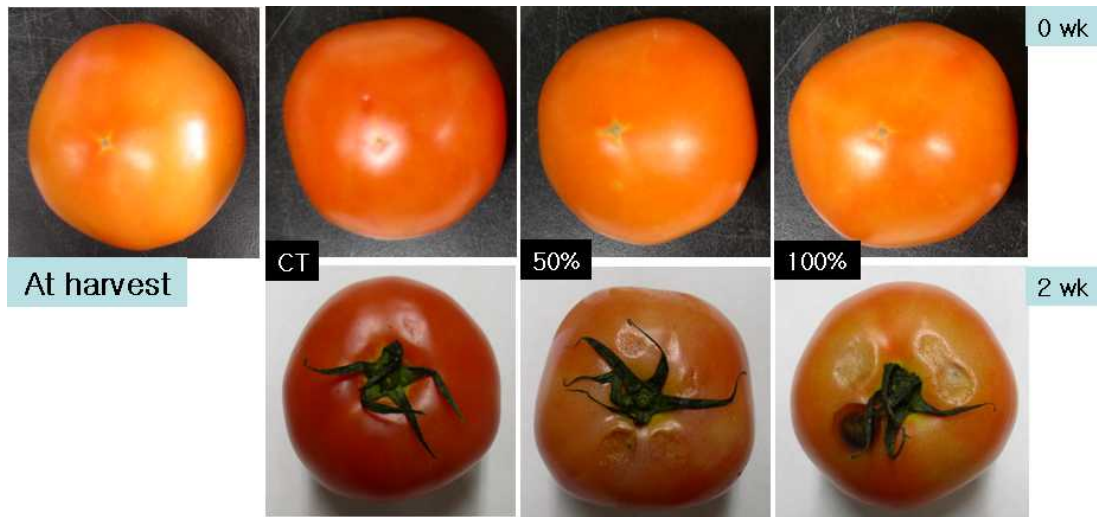


Fig 109. Change in colour and injury of tomatoes right after or 2 weeks of storage after high CO₂ treatment.

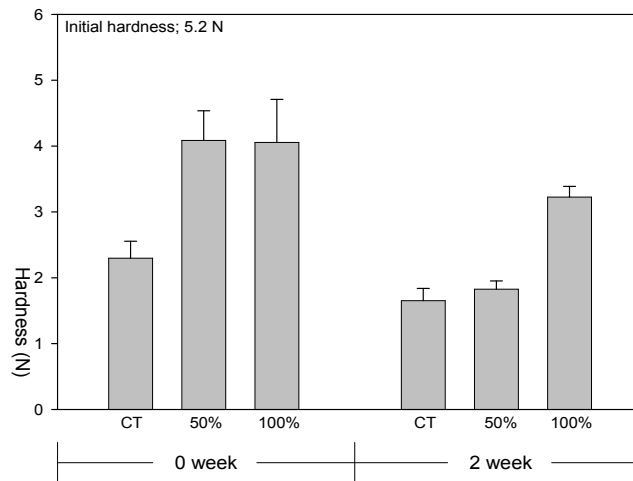


Fig. 110. Changes in hardness of fresh-cut products by high CO₂ treatment after 5 days at 10°C. Whole tomatoes were used for fresh-cut processing right after harvest or after 2 weeks of storage at 10°C.

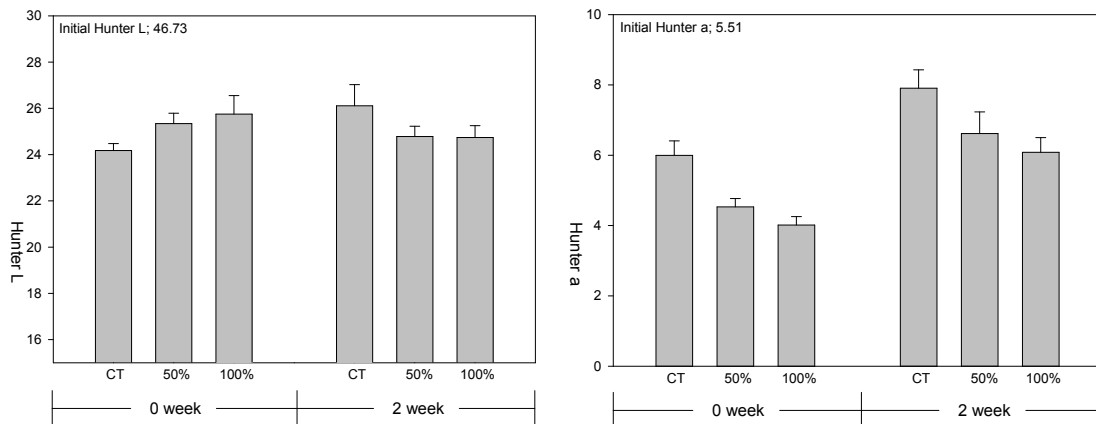


Fig. 111. Changes in Hunter L and a value of fresh-cut products by high CO₂ treatment after 5 days at 10°C. Whole tomatoes were used for fresh-cut processing right after harvest or after 2 weeks of storage at 10°C.

(나) 포장기술 개선 효과

신선편이 토마토 유통시 발생하는 이액현상은 외관상 좋지 않고 품질의 변화를 가속시키는 역할을 하므로 이를 방지하거나 제거하는 것이 필요하다. 현재로서는 이를 방지하는 기술은 없고 유통용기 내에 흡수지를 부착하는 방식으로 이를 제거하고 있다. 유통 온도에 따른 이액현상을 살펴본 결과 온도가 높을수록 이액현상이 심해지는 것을 알 수 있었다(Fig. 112). 20°C에 저장할 경우 저장 초기부터 많은 이액을 생성하여 2일째까지 급증하였고, 5°C 및 10°C에 저장한 실험구는 이액량에 차이를 보이지 않았으며 20°C 저장한 시료에 비해 약 50%의 이액량을 나타내었다. 2일 이후에는 저장기간이 길어져도 이액량은 증가하지 않았다. 따라서 신선편이 가공 후 2일 동안 이액현상이 발생하는 것을 알 수 있었다.

신선편이 토마토를 유통할 때 포장방식에 따른 품질 변화를 조사하였다. Pink stage의 토마토 원료를 신선편이 가공하여 포장 용기에 담아 두께를 달리한(0.03, 0.05, 0.08 mm) PE 필름으로 2중 포장하여 가스 투과도의 차이를 두어 품질 및 이액현상에 미치는 영향을 조사하였다. 2중 포장한 처리구가 대조구에 비하여 이액현상이 줄어들었으며 포장 필름이 두꺼울수록 더 효과적인 경향을 나타내었다(Fig. 113). 경도, 가용성 고형물 함량, 산도 등의 품질 인자는 PE 필름 포장에 따른 영향이 없었으나(Fig. 114, 115), 0.05 mm 이상의 두께로 포장할 경우 Hunter L 값이 높게 유지되는 효과가 있었으며 Hunter a 값은 영향을 받지 않았다(Fig. 116). 미생물은 모든 실험구에서 저장 7일 동안 검출되지 않았다(자료 미제시).

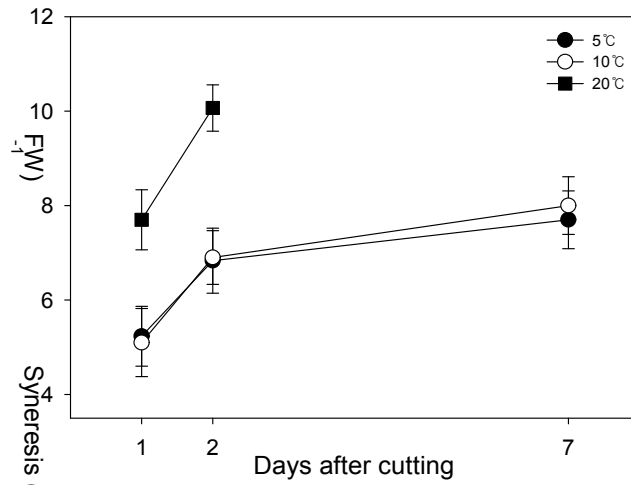


Fig. 112. Change in syneresis of fresh-cut tomatoes during storage at various temperature.

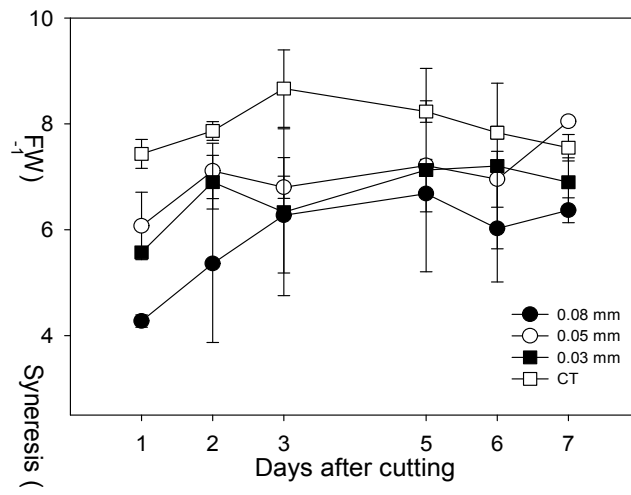


Fig. 113. Effect of thickness of PE film on the change in syneresis of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C

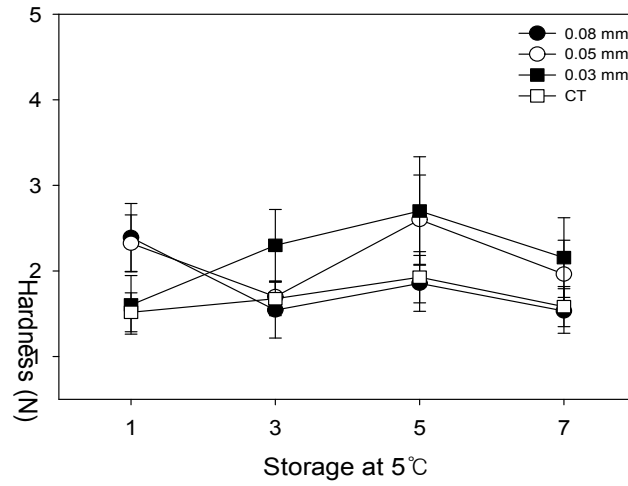


Fig. 114. Effect of thickness of PE film on the change in firmness of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

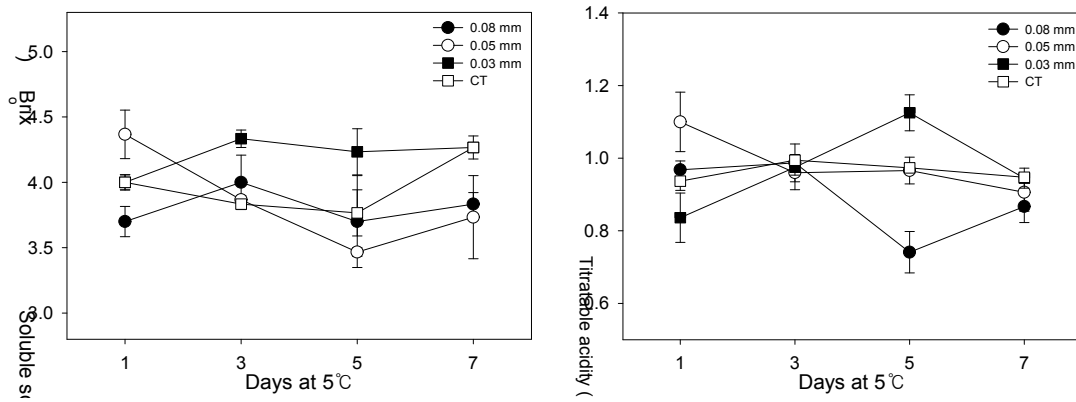


Fig. 115. Effect of thickness of PE film on the change in SSC and TTA of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

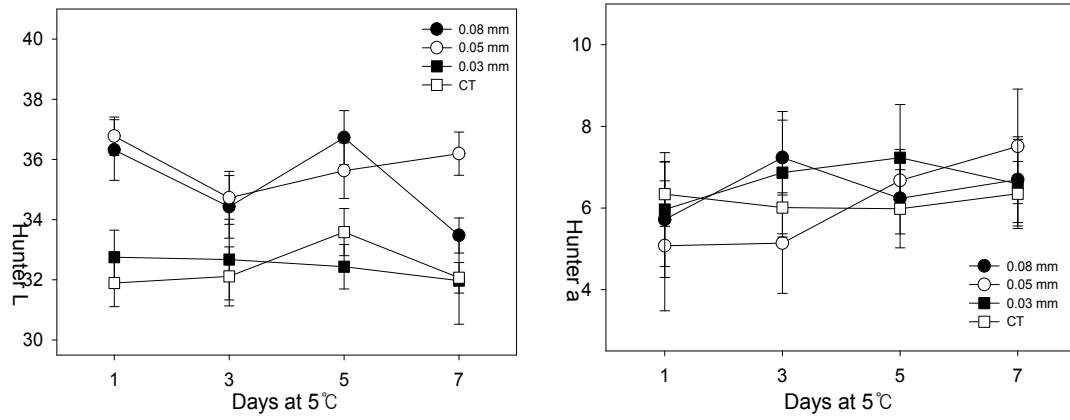


Fig. 116. Effect of thickness of PE film on the change in colour of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C.

신선편이 토마토의 대량 유통시 신선도 연장을 위한 포장방식을 구명하기 위해 혼합가스 처리 실험을 수행하였다. Pink stage에 수확한 토마토를 흐르는 물에 세척한 후 4시간 동안 건조한 후 토마토슬라이스기(Lincoin 0646N, Tellier, France)를 사용하여 7 mm 두께로 자른 후, stem end와 blossom end를 제외한 절편을 플라스틱 용기에 담아 vacuum packing machine (Pocket60, Technovac, Italy)을 사용하여 가스 충전 후 밀봉하여 5°C와 10°C에 각각 저장하면서 품질 및 미생물 변화를 조사하였다. 가스처리 실험구는 CO₂ 농도를 15%로 고정하고 산소는 5, 10, 50, 70%로 달린 처리구 4가지와 질소 충전구, 무처리구 등 총 6처리를 두어 비교하였다. 신선편이 토마토의 유통 중 산도는 100% 질소 충전한 경우 가장 높게 유지되었고 산소 농도가 낮은 경우(5%)에 비해 고 농도 산소를 처리한 경우(50, 70%) 산도가 더 높게 유지되는 경향이 있었다(Fig. 117). 가용성 고형물 함량은 저장기간 중 거의 변화가 없었다(Fig. 118). 상품에 대한 소비자 기호도를 살펴보기 위해 여러 항목에 대한 관능검사를 실시하였다. 이액현상 등을 고려한 외관을 평가한 결과 질소충진(E) 처리한 실험구와 무처리구(F)가 중간 정도의 순위를 차지하였고 이에 비해 5% 산소(A)를 처리한 경우와 70% 산소(D)를 처리한 경우 이보다 외관이 좋은 것으로 나타났고 산소농도가 10% 및 50%로 조성된 가스를 처리한 경우 무처리구나 질소 충전구에 비해 낮은 기호도를 나타내었다(Fig. 119). 향은 외관에 비해 처리에 따른 기호도 차이가 크지 않았다. 10%+15%+75%(B) 처리시 다른 실험구에 비해 맛에 대한 성적이 매우 떨어지는 결과를 보였고, 조직감은 처리구간 차이가 없었으나 질소 충전한 경우(E) 낮은 기호도를 나타내었다. 종합적인 기호도는 맛에서 가장 점수가 뒤쳐진 10%+15%+75%(B)가 가장 낮은 점수를 받았으며 가장 높은 점수를 받은 처리구는 5%+15%+80%(A)였다. 그 외 처리구의 경우 상품성에 대한 기호도는 대조구와 유사한 수준의 점수를 획득하였다. 신선편이 토마토 유통 시 혼합가스를 치환하여 포장 유통할 경우 색변화에 미치는 영향을 조사한 결과 70%+15%+15%(D) 조성을 처리한 제품의 색 변화가 다른 처리구에 비해 지연되는 결과를 보였다(Fig. 120). 다른 처리구에서는 유통기간 중 Hunter a 값이 증가하는 경향이 나타나나 70%+15%+15%(D) 처리구는 신선편이 제품을 가공한 당시의 수치를 그대로 유지하는 결과를 나타내었고 Hunter b 값은 조금 더 증가하여 유통 7일 후 과색을 비교할 때 70%+15%+15%(D) 처리구가 다른 처리구에 비해 착색이 지연된 결과를 나타내었다(Fig. 120, 121). 미생물적 안전성은 70%+15%+15%(D) 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다(Table 13). 5°C에서는 10일째까지 총균과 대장균군이 전혀 검출되지 않았으며 10°C에서는 4일째부터 검출되기 시작하였는데 질소를 충전한 경우 미생물 억제 효과가 전혀 없었고 혼합가스 처리한 경우 모든 처리구에

서 미생물 억제 효과가 크게 나타났다. 그 중 70%+15%+15%(D) 처리구에서는 총균 및 대장균군이 10일 동안 전혀 검출되지 않아 고농도 산소 처리가 미생물 억제에 매우 효과적인 것을 알 수 있었다. 따라서 active MAP 포장시 포장내부를 고농도 산소로 충전하여 유통하면 색의 변화가 억제되고 관능지수로 향상되며 미생물 억제 효과가 컸으므로 신선편이 토마토 유통시 신선도를 연장하고 안전성을 확보하기 위한 기술로 적용 가능한 것으로 평가되었다.

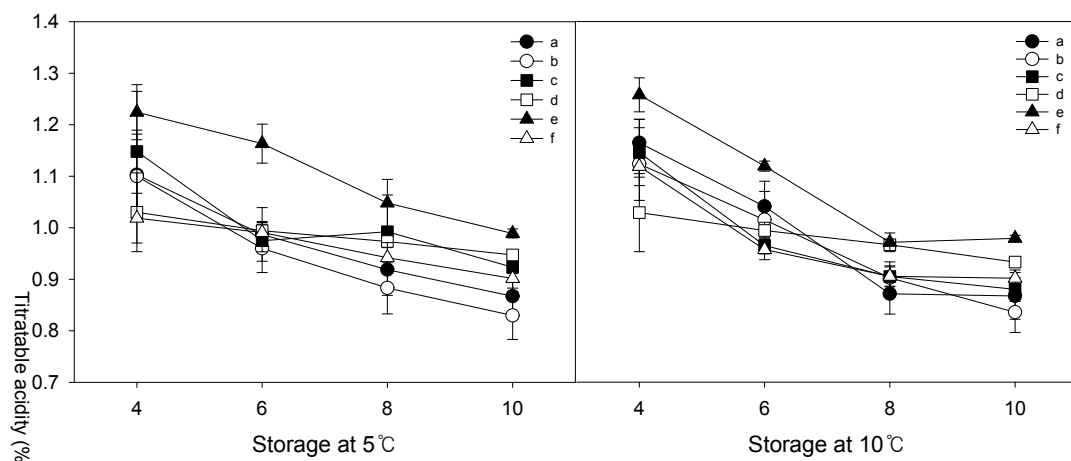


Fig. 117. Effect of gas treatment of various composition on the change in TTA of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C and 10°C. (A; 5%+15%+80%, B; 10%+15%+75%, C; 50%+15%+35%, D; 70%+15%+15%, E; 0%+0%+100%, F; CT)

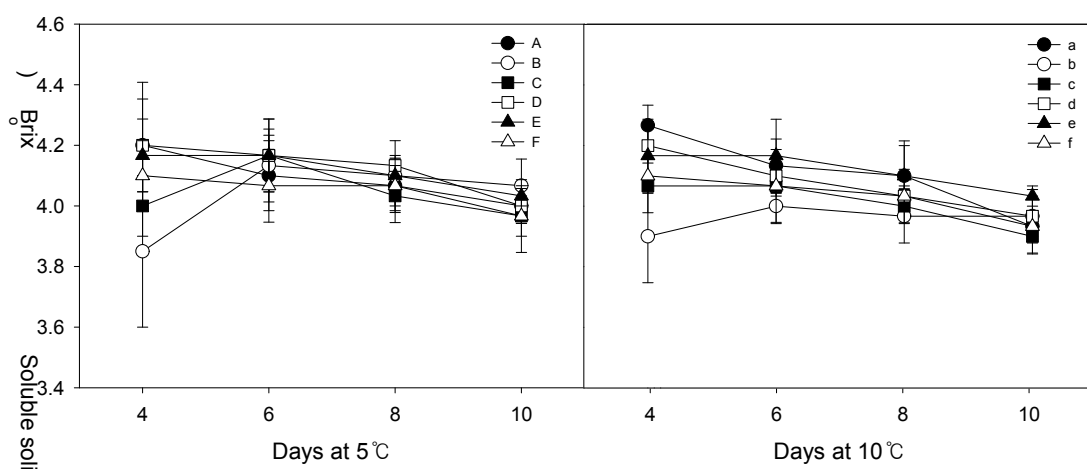


Fig. 118. Effect of gas treatment of various composition on the change in SSC of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C and 10°C. (A; 5%+15%+80%, B; 10%+15%+75%, C; 50%+15%+35%, D; 70%+15%+15%, E; 0%+0%+100%, F; CT)

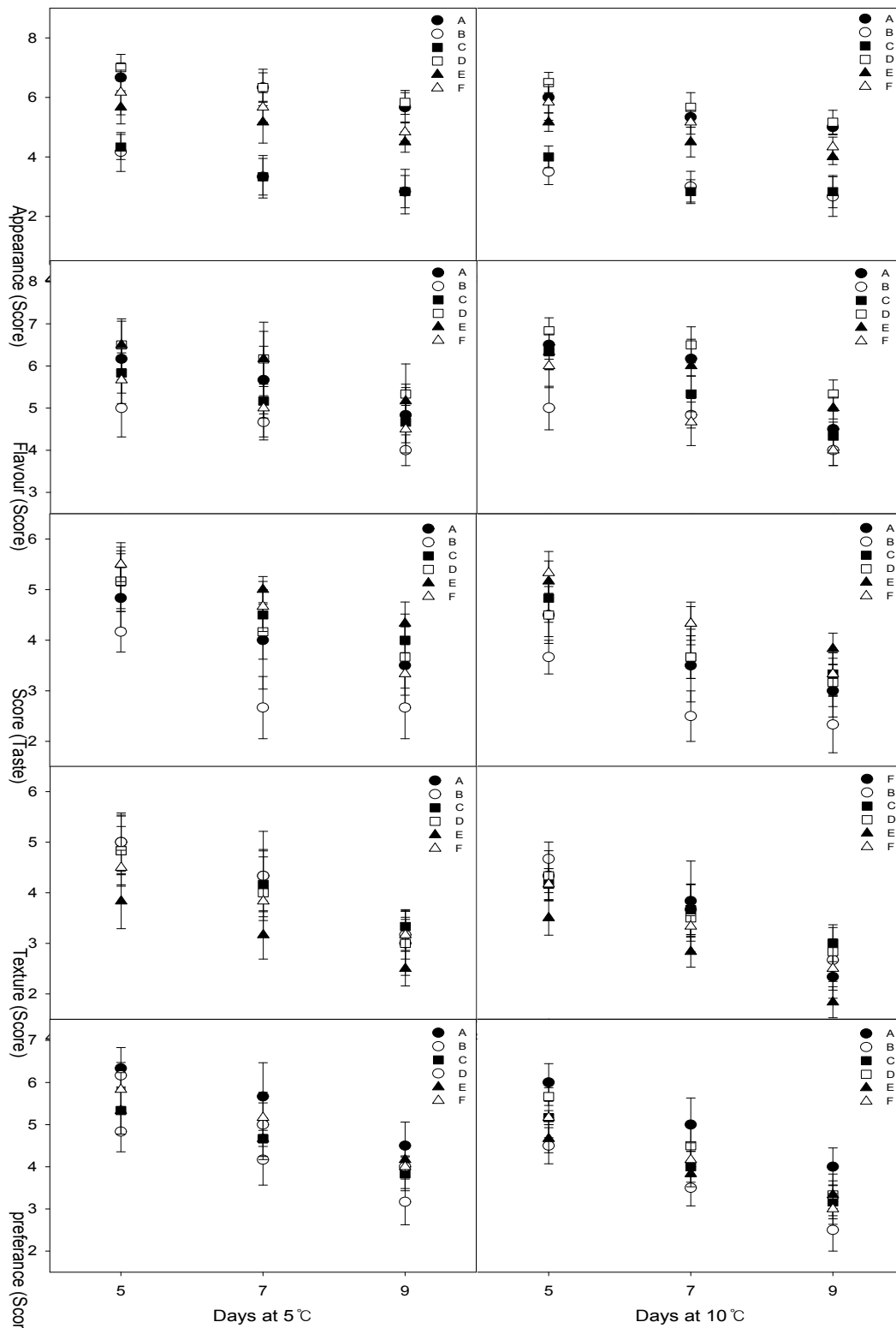


Fig. 119. Effect of gas treatment of various composition on the change in sensory score of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C and 10°C. (A; 5%+15%+80%, B; 10%+15%+75%, C; 50%+15%+35%, D; 70%+15%+15%, E; 0%+0%+100%, F; CT)

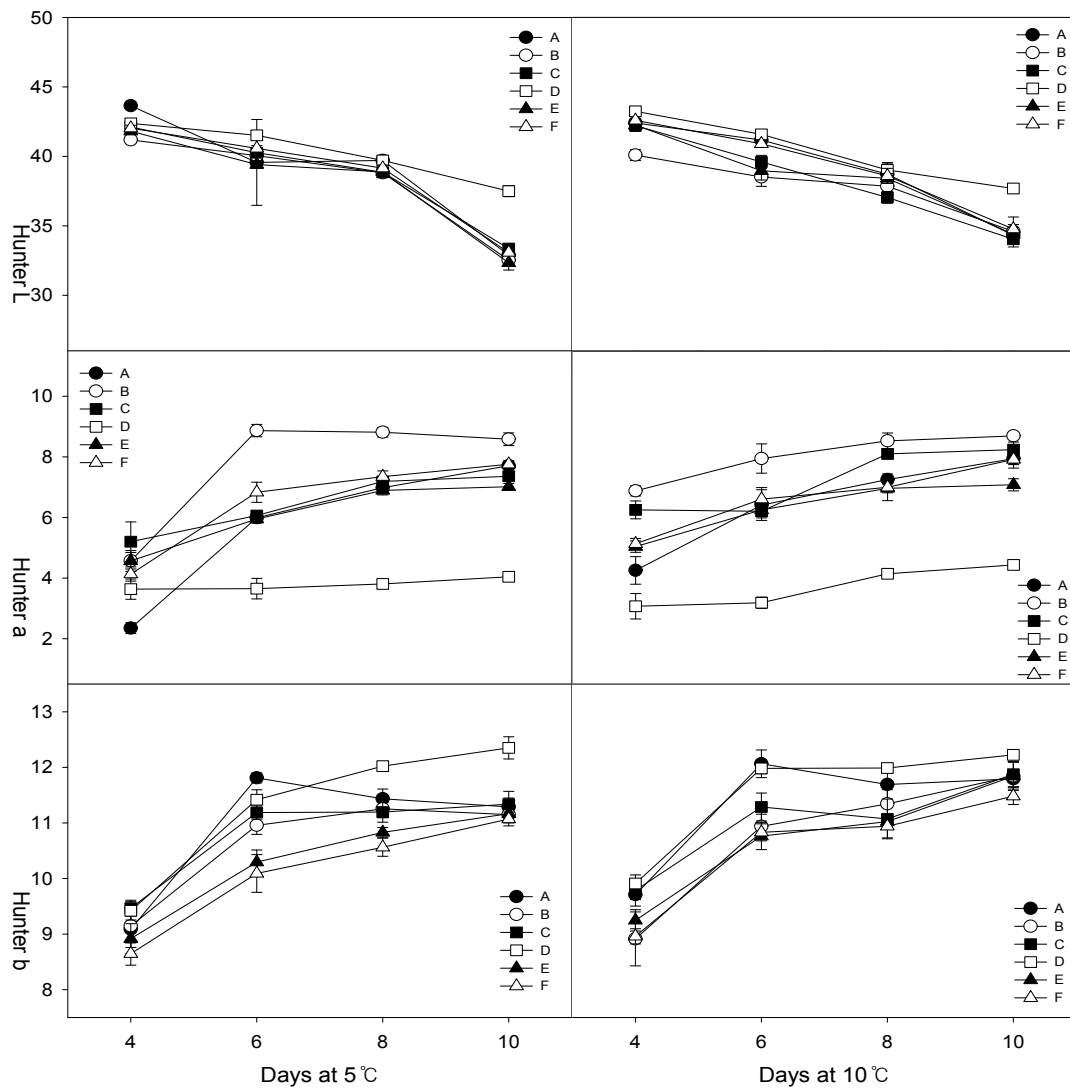


Fig. 120. Effect of gas treatment of various composition on the change in colour of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C and 10°C. (A; 5%+15%+80%, B; 10%+15%+75%, C; 50%+15%+35%, D; 70%+15%+15%, E; 0%+0%+100%, F; CT)



Fig. 121. Effect of gas treatment of various composition on the colour of fresh-cut tomatoes after 6 days at 5°C. (right; CT, left; 70%+15%+15%)

Table 13. Effect of gas treatment of various composition on the microbial growth of fresh-cut tomatoes during storage at 5°C and 10°C.

Temp.	Days	Treatments	Total microbe (CFU mL ⁻¹)	Coliform group (CFU mL ⁻¹)	
5°C	8	5%+15%+80%	N	N	
		10%+15%+75%	N	N	
		50%+15%+35%	N	N	
		70%+15%+15%	N	N	
		0%+0%+100%	N	N	
		CT	N	N	
		CT	N	N	
	10	10	5%+15%+80%	N	N
			10%+15%+75%	N	N
			50%+15%+35%	N	N
			70%+15%+15%	N	N
			0%+0%+100%	N	N
			CT	N	N
			CT	N	N
10°C	8	5%+15%+80%	N	N	
		10%+15%+75%	N	N	
		50%+15%+35%	N	N	
		70%+15%+15%	N	N	
		0%+0%+100%	1.1×10 ⁶	1.1×10 ⁶	
		CT	4.6×10 ⁵	2.6×10 ⁶	
		CT	4.3×10 ⁴	3.3×10 ⁴	
	10	10	10%+15%+75%	6.4×10 ⁴	4.5×10 ⁴
			50%+15%+35%	3.4×10 ⁴	4.3×10 ⁴
			70%+15%+15%	N	N
			0%+0%+100%	1.2×10 ⁷	2.1×10 ⁶
			CT	2.1×10 ⁶	3.5×10 ⁶
			CT	2.1×10 ⁶	3.5×10 ⁶
			CT	2.1×10 ⁶	3.5×10 ⁶

(다) 1-MCP 처리 효과 구명

유럽계 품종 토마토인 'Trust' 품종을 breaker와 pink stage에 수확한 후 한국식품연구원에 이송하여 세척, 건조, 신선편이 절단한 후 PP tray에 담아 밀폐용기에 넣은 후 250, 500, 및 750 ppb 1-MCP를 24시간 동안 처리하였다. 처리된 토마토는 vacuum packaging machine (Pocket 60, Technovac, Italy)을 이용하여 50 μ m PP film으로 밀봉한 후 10°C 저장고에 보관하면서 1일, 6일, 9일째에 색도, 가용성 고형물 함량, 산도, 경도 그리고 미생물 증식 정도를 측정하였다.

Breaker stage에 수확한 토마토에 24시간 동안 1-MCP 처리한 직후의 Hunter L 값을 살펴보면 750 ppb 1-MCP 처리구가 가장 높은 값을 나타내었으며 이 외의 처리구는 무처리구와 동일하게 낮은 값을 나타내었다(Fig. 122). 750 ppb 농도 처리구의 경우 처리 후 시간이 지날수록 Hunter L 값이 급격히 낮아져 6일까지는 다른 처리에 비해 높은 수준을 유지하지만 9일 후에는 1-MCP 처리에 따른 영향이 소멸되어 다른 처리구와 같은 수준으로 낮아졌다. Pink stage에 수확한 토마토는 신선편이 가공 후 저장기간 동안 Hunter L 값의 변화가 거의 없으므로 1-MCP 처리에 의한 영향이 없었다.

신선편이 토마토에 1-MCP 처리하여 붉은 색의 발현 정도에 미치는 영향을 살펴 보았다(Fig. 123). Breaker stage에 수확한 토마토에 1-MCP 처리 후 24시간 후(1일 후)의 Hunter a 값을 살펴보면 750 ppb 처리한 실험구가 -1 정도로 그 외의 시험구들보다 낮은 값을 나타내었으며 저장기간 동안 증가추세가 이어졌다. 무처리구와 다른 저농도 처리구는 24시간 후 높은 Hunter a 값을 나타내고 그 이후에는 초기값을 유지하는 결과를 나타내었다. 따라서 6일 후까지는 1-MCP 처리에 의해 Hunter a 값이 낮아지나 그 이후로는 처리구에 따른 차이가 없었다. Pink stage에 수확한 토마토의 경우 Hunter a 값이 저장 9일 동안 상승하나 1-MCP 처리구는 상대적으로 상승이 억제되어 9일 후에는 무처리구에 비해 1-MCP 처리구가 낮은 값을 유지하였다. Breaker stage에 수확하여 신선편이 가공한 경우 저장 기간 동안 Hunter b 값의 변화는 거의 일어나지 않아 1-MCP 처리에 의한 영향도 없었으며, pink stage에 수확하여 신선편이 가공한 경우에는 무처리구의 경우 6일 이후 Hunter b 값이 급격히 증가하는 반면 1-MCP 처리구는 저장기간 동안 Hunter b 값의 변화가 없어 무처리구에 비해 낮은 값을 유지하였다(Fig. 124). 이상의 결과에서 알 수 있듯이 1-MCP 처리시 신선편이 토마토의 색 변화를 억제하는 효과가 나타났는데, breaker의 경우 저장 초기에 발생하는 색 변화가 억제되어 Hunter L 값과 a 값의 변화가 억제되었으나 저장기간이 길어짐에 따라 이러한 효과가 소실되었고, pink 토마토의 경우 무처리시 Hunter a 값과 b 값이 급격히 변화하는 반면 1-MCP 처리구에서는 처

리 농도에 관계없이 이러한 색 변화가 억제되는 효과가 있었다(Fig. 125, 126).

신선편이 토마토의 가용성 고형물 함량은 저장기간 중 변화 없이 일정한 값을 유지하는 경향이었고 1-MCP 처리가 미치는 영향은 없었다(Fig. 127). 적정산도는 저장기간 중 지속적으로 감소하는 경향이었으며 가용성 고형물 함량에서와 마찬가지로 1-MCP 처리에 의한 영향은 없었다(Fig. 128).

Breaker 토마토의 신선편이 제품의 경도의 변화를 살펴보면 750 ppb 처리구가 다른 처리구 및 무처리구에 비해 높은 경도를 나타내었으며 이는 신선편이 가공 후 1-MCP 처리 기간 동안 발생하는 연화가 750 ppb 처리에 의해 억제되었다는 것을 나타낸다(Fig. 129). 그러나 1-MCP 처리 후 저장 온도에서 연화가 빠르게 일어나 6일 이후에는 1-MCP 처리 농도에 관계없이 무처리와 같은 경도로 연화되었다. 따라서 1-MCP 처리가 이루어지는 동안에는 그 효과가 크나 처리가 제거된 이후에는 이러한 효과가 감소되므로 저장 기간이 길어지면 그 효과가 인정되지 않는 것을 알 수 있었다. 이러한 현상은 여러 연구자에 의해 보고되고 있으며 에틸렌 receptor와 1-MCP의 결합력이 약해진 탓이 아니라 새로운 receptor가 생성되기 때문으로 추측되고 있다. Pink stage에 수확한 경우에는 1-MCP 처리가 경도에 미치는 영향이 없는 것으로 나타났다.

1-MCP 처리가 신선편이 제품의 부패에 미치는 영향을 살펴보기 위해 저장 9일 후 부패 정도를 비교한 결과 무처리, 250 ppb, 500 ppb 처리구에 비해 750 ppb 처리구의 부패가 경감되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 130). 따라서 1-MCP를 신선편이 가공 유통 중 전처리 형태로 적용할 때 750 ppb 이상의 처리시 색의 변화 및 연화를 억제하는 효과를 기대할 수 있으며, pink 보다는 breaker 상태에 처리할 때 더 효과적임을 알 수 있었다. 또한 속도에 관계없이 곰팡이에 의한 부패가 더 경감되는 효과도 나타났다.

미생물 증식 억제에 대한 효과를 조사한 결과 1-MCP 처리가 신선편이 토마토의 유통 중 총균과 대장균군의 증식에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났고 원료의 속도가 늦을수록 총균 및 대장균군의 증식이 높은 경향이였다(Table 14). 1-MCP 처리가 신선편이 토마토의 맛에 미치는 영향은 없었다(Fig. 131). 신선편이 제품을 10°C에서 저장하면 6일 이후부터 품질의 변성이 나타나 이취가 발생하기 시작하였으며 500 ppb 이상의 1-MCP 처리시 이취가 경감되는 결과를 나타내었다(Fig. 132). 이는 부패가 억제된 것에 기인한 것으로 판단되었다.

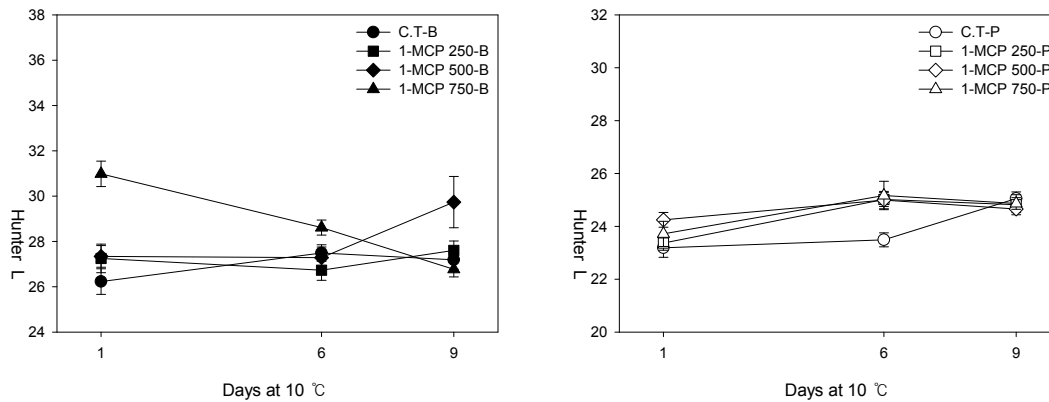


Fig. 122. Change in Hunter L value of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

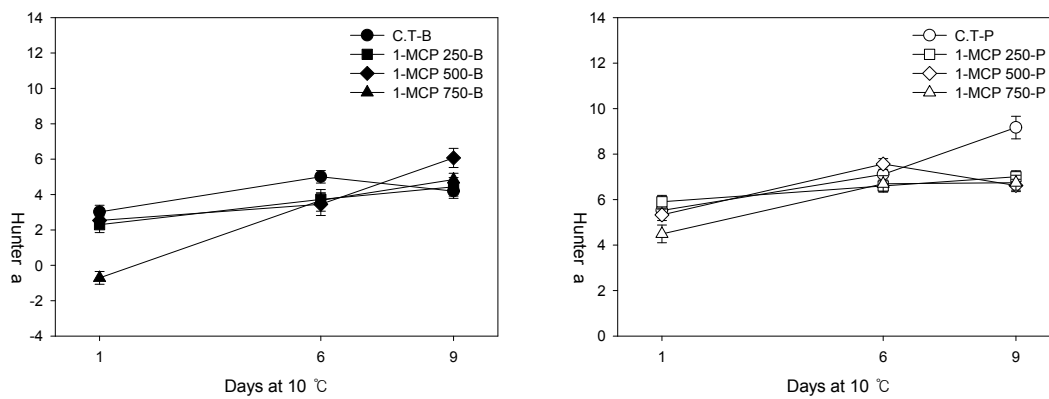


Fig. 123. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

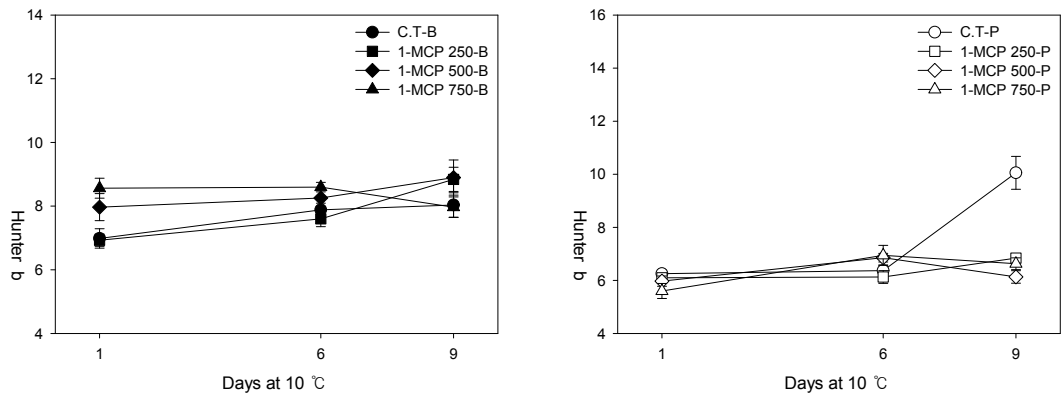


Fig. 124. Change in Hunter b value of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

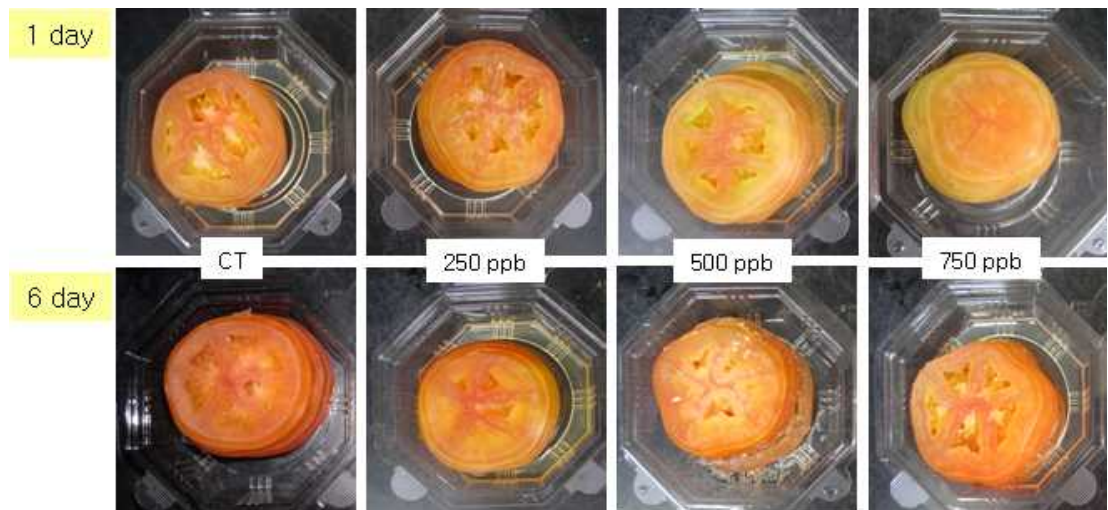


Fig. 125. Change in colour of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker stage by 1-MCP treatments after 1 and 6 days at 10°C.

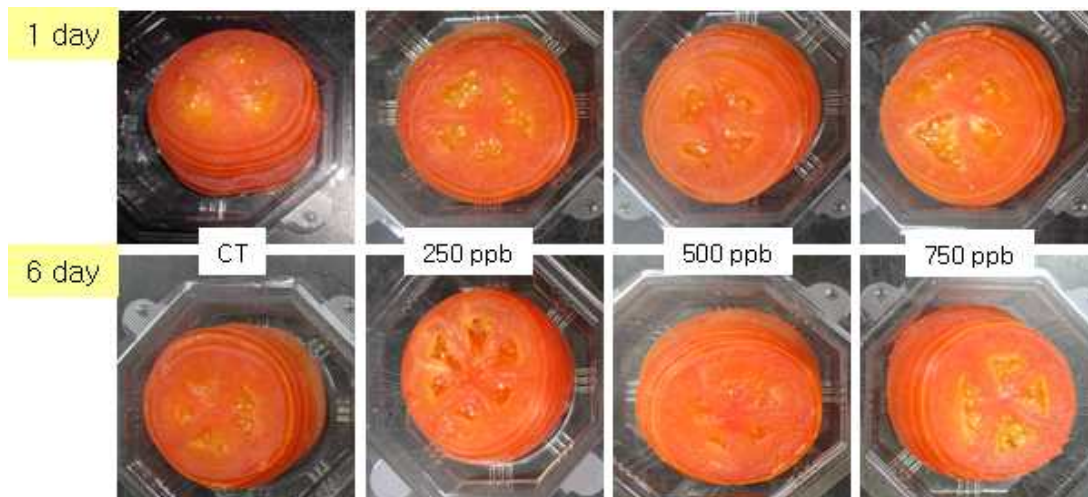


Fig. 126. Change in colour of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at pink stage by 1-MCP treatments after 1 and 6 days at 10°C.

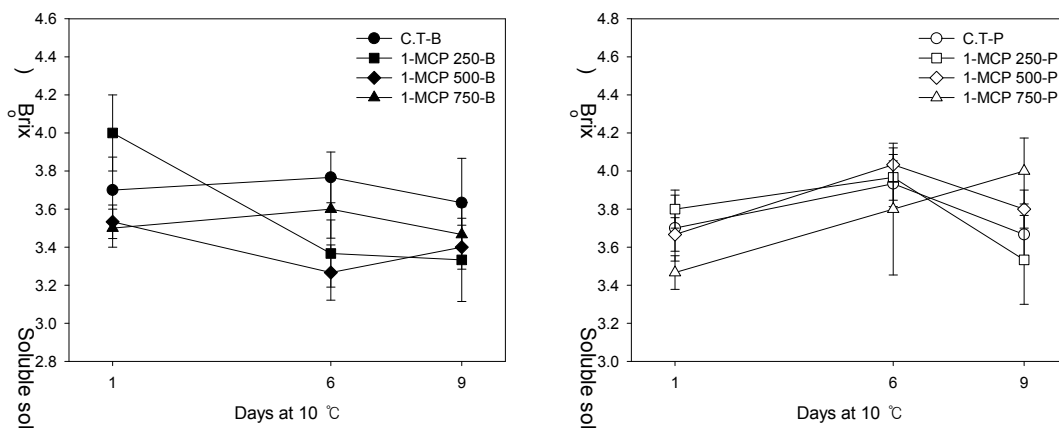


Fig. 127. Change in SSC of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

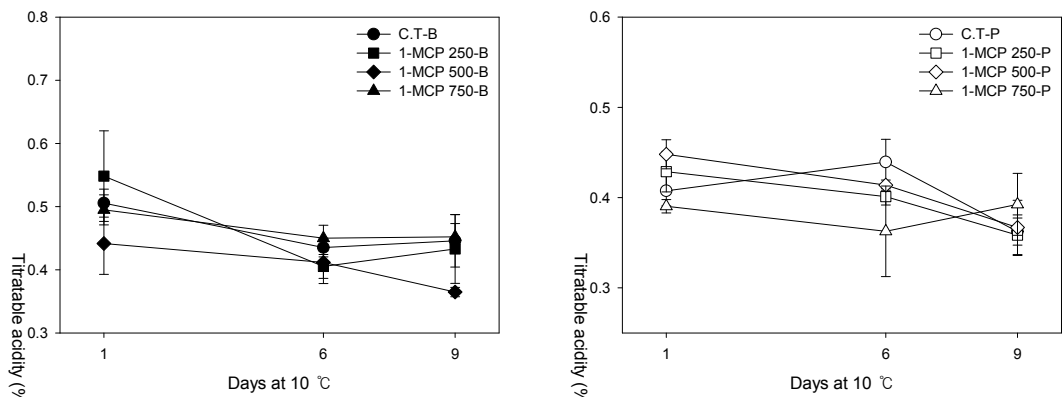


Fig. 128. Change in titratable acidity of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

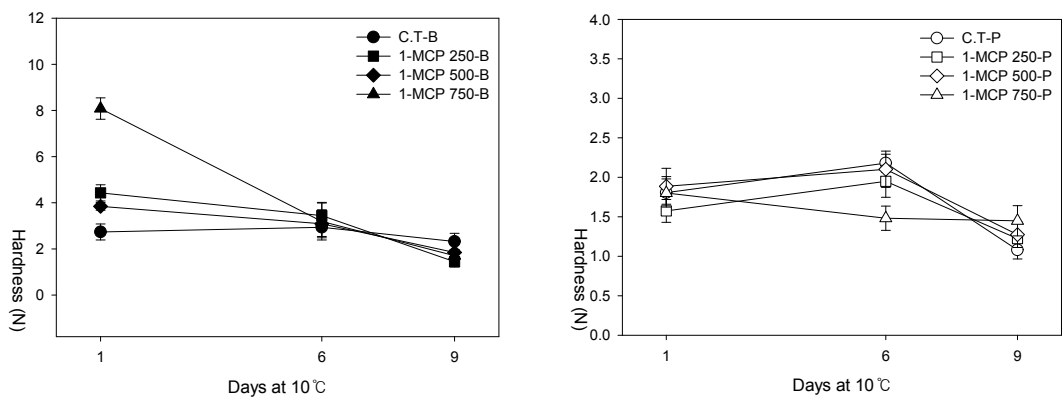


Fig. 129. Change in hardness of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

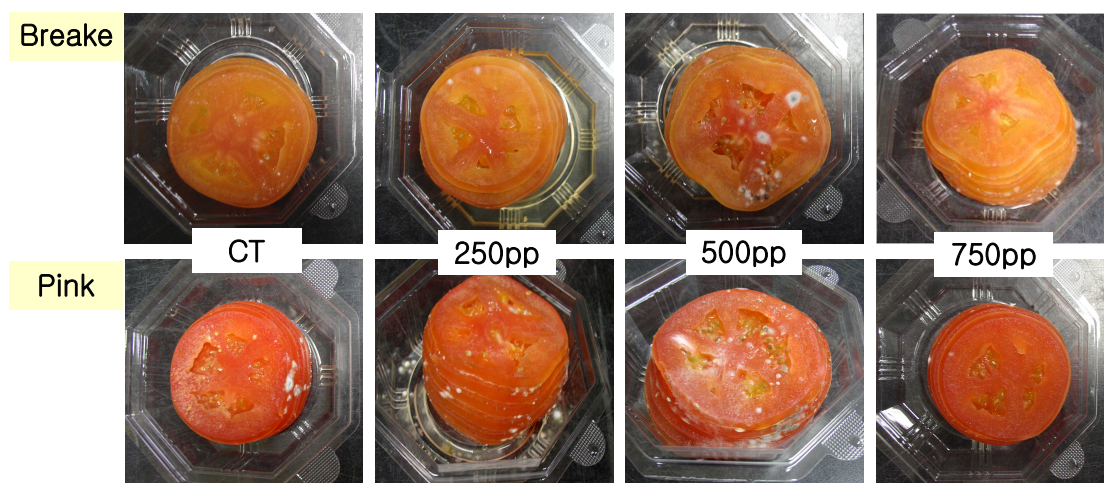


Fig. 130. Change in decay of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker and pink stages by 1-MCP treatments after 9 days at 10°C.

Table 14. Effect of the 1-MCP treatments on microbial growth of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker and pink stages during storage at 10°C.

Maturity stage	1-MCP (ppb)	Total microbe (CFU mL ⁻¹)			Coliform group (CFU mL ⁻¹)		
		1	6	9	1	6	9
Breaker	CT	ND*	5.34×10 ⁴	5.10×10 ⁶	ND	6.97×10 ³	1.10×10 ⁵
	250	ND	1.08×10 ⁴	7.01×10 ⁶	ND	7.13×10 ³	1.18×10 ⁵
	500	ND	1.38×10 ⁴	5.13×10 ⁶	ND	5.30×10 ³	1.06×10 ⁵
	750	ND	1.44×10 ⁴	1.42×10 ⁶	ND	3.65×10 ³	1.12×10 ⁵
Pink	CT	ND	1.99×10 ⁵	1.10×10 ⁷	ND	2.74×10 ⁴	1.02×10 ⁶
	250	ND	5.10×10 ⁵	3.10×10 ⁷	ND	2.35×10 ⁴	7.43×10 ⁶
	500	ND	2.80×10 ⁵	9.10×10 ⁷	ND	1.12×10 ⁴	8.13×10 ⁶
	750	ND	3.31×10 ⁵	7.60×10 ⁷	ND	1.11×10 ⁴	7.93×10 ⁶

* ND; Non-detected

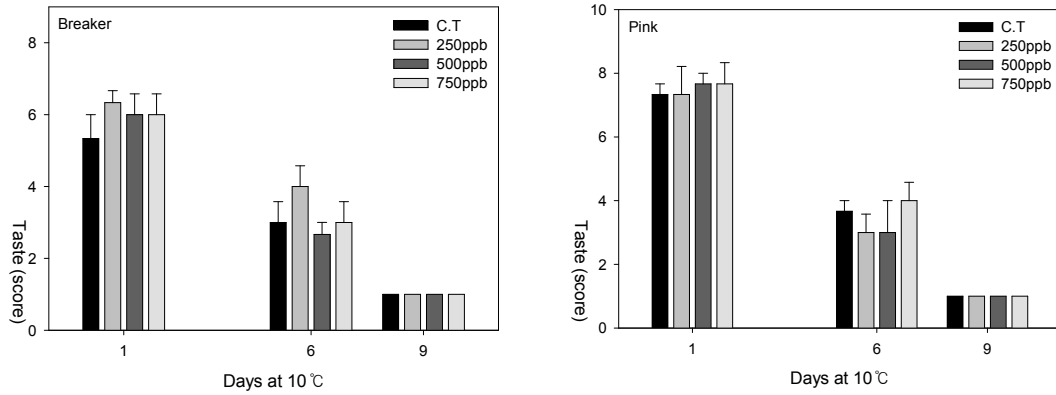


Fig. 131. Change in taste of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

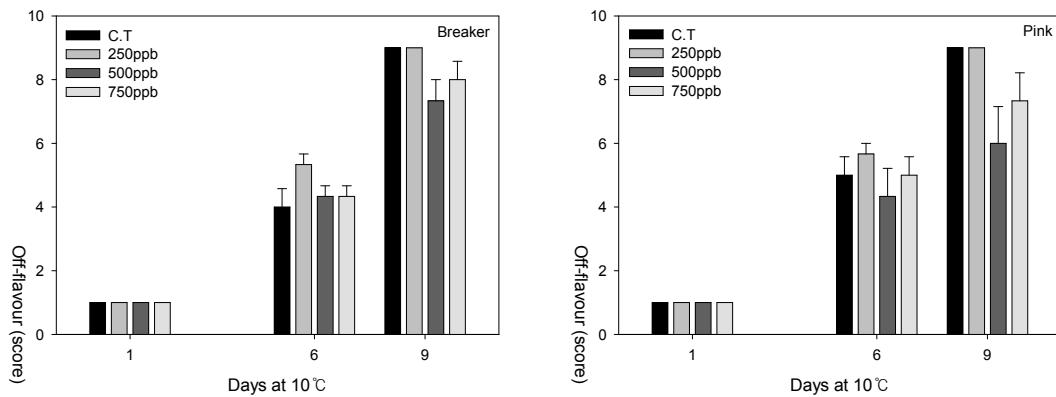


Fig. 132. Change in off-flavour of fresh-cut 'Trust' tomatoes processed with whole tomatoes harvested at breaker (left) and pink (right) stages by 1-MCP treatments during storage at 10°C.

선행연구에 비해 고농도인 1 ppm의 1-MCP를 pink 단계의 토마토에 24시간 처리하였다. 처리직후와 10°C에서 2주 동안 저장된 원료를 각각 신선편이 가공하여 10°C에서 5일 동안 보관한 후 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 신선편이 토마토의 용기내부의 산소 및 이산화탄소 축적량을 측정된 결과 원료의 저장 여부에 관계없이 1-MCP 처리에 의한 영향은 없었다(Fig. 133). 1-MCP를 전처리한 경우 신선편이 토마토 포장용기 내부의 에틸렌 축적량은 무처리보다 낮았으며, 저장된 시료로 가공한 경우는 그 효과가 경감되었다(Fig. 134). 저장된 원료로 가공된 신선편이 제품은 5일간의 유통 후 Hunter L 값이 현저히 낮아지는데 1-MCP 전처리시 Hunter L값이 높게 유지되는 효과를 나타내었다(Fig. 135). 1-MCP 전처리가 Hunter a의 증가를 억제하는 효과를 보였으나, 저장된 원료로 가공한 경우에는 그 효과가 없었다(Fig. 136). 1-MCP 전처리는 연화 억제에 큰 효과를 보였으며, 1-MCP 전처리 후 저장된 원료를 가공한 경우에는 그 효과가 경감되었다(Fig. 137). 1-MCP 전처리가 신선편이 제품의 가용성 고형물 함량의 변화에 미치는 영향은 없었으나 저장된 원료 사용시 당도의 하락을 경감시키는 효과가 있었다(Fig. 138). 수확직후 신선편이 가공할 경우 산도의 변화가 적어 1-MCP에 의한 영향이 없었으나 저장된 원료를 이용하여 신선편이 가공할 때에는 무처리구의 산도가 하락하며 1-MCP를 처리한 실험구는 상대적으로 산도가 높게 유지되는 효과가 있었다(Fig. 139).

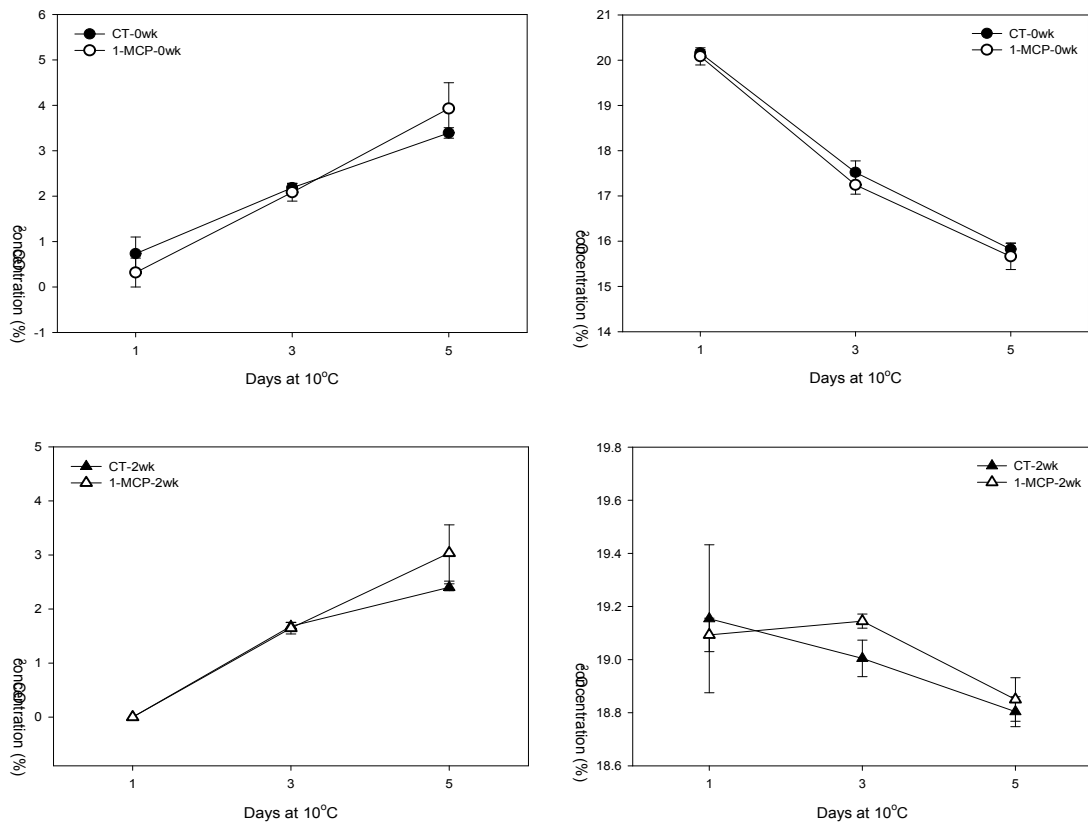


Fig. 133. Change in CO₂ and O₂ concentration in the packaging of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (up) or after 2 weeks of storage at 10°C (down) after 1-MCP treatment.

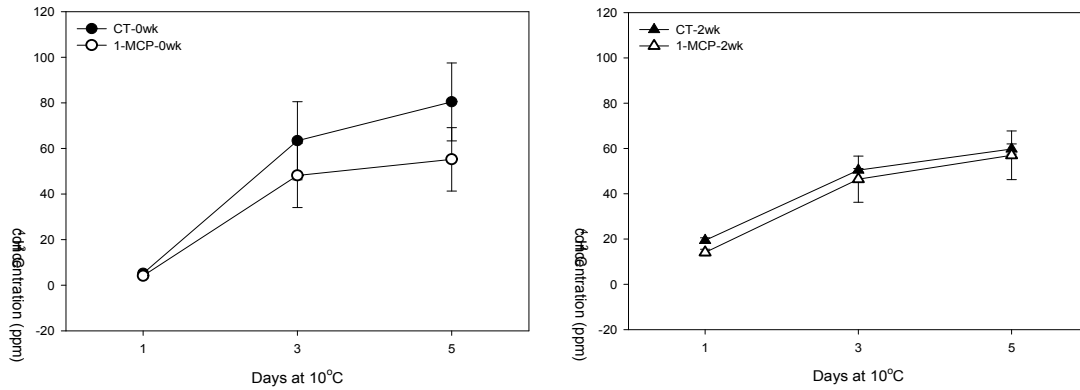


Fig. 134. Change in ethylene concentration in the packaging of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

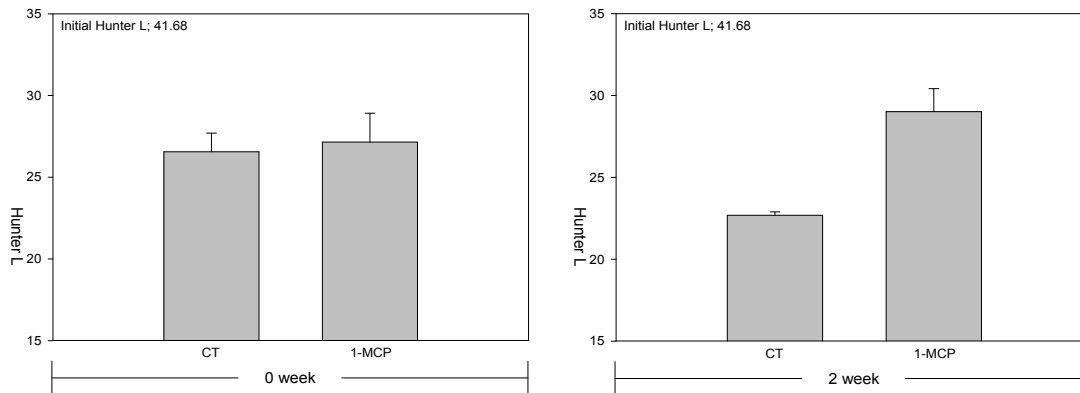


Fig. 135. Change in Hunter L value of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

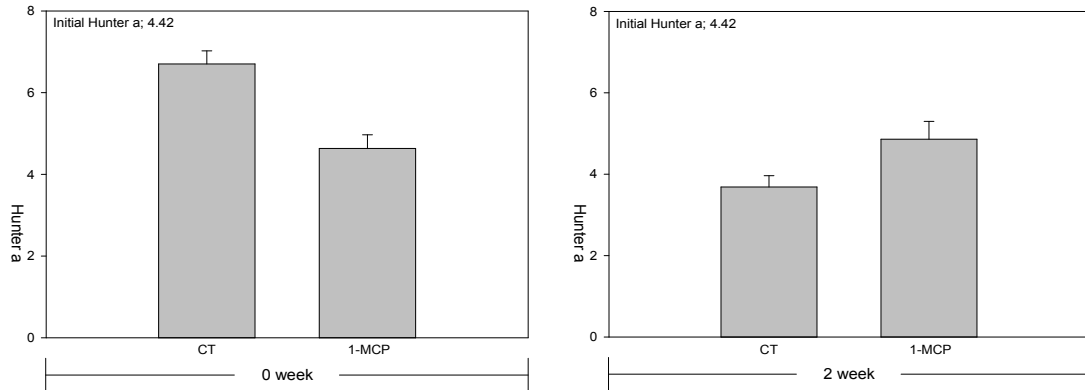


Fig. 136. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

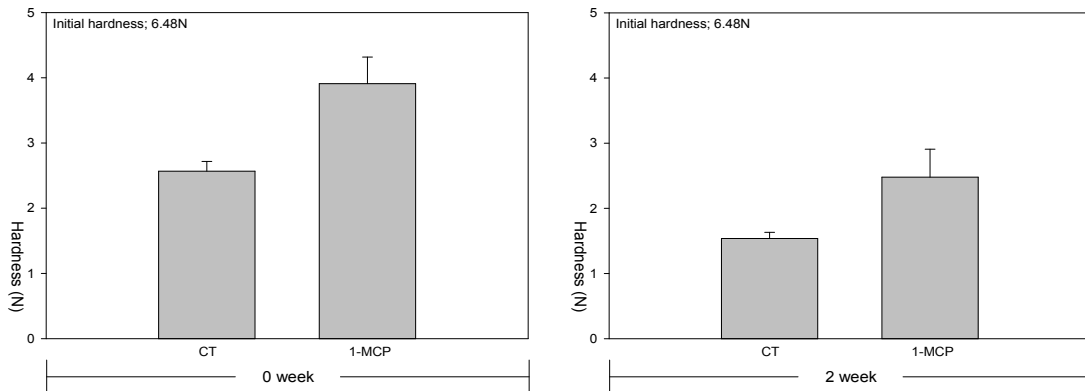


Fig. 137. Change in hardness of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

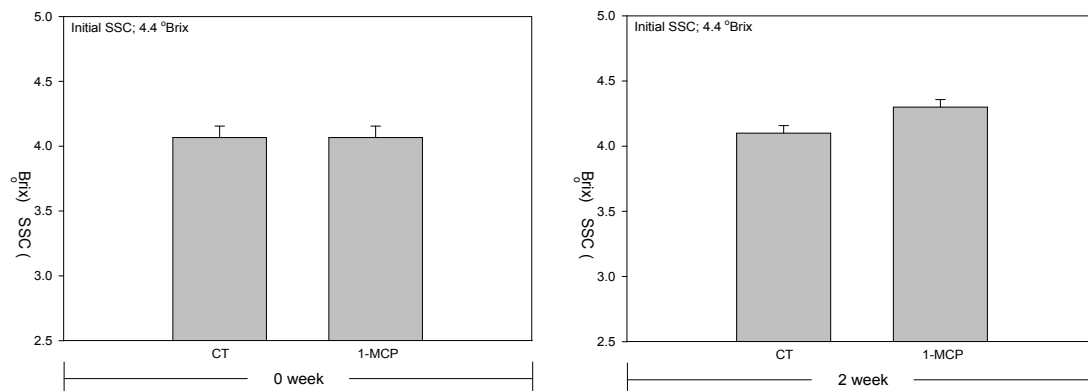


Fig. 138. Change in SSC of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

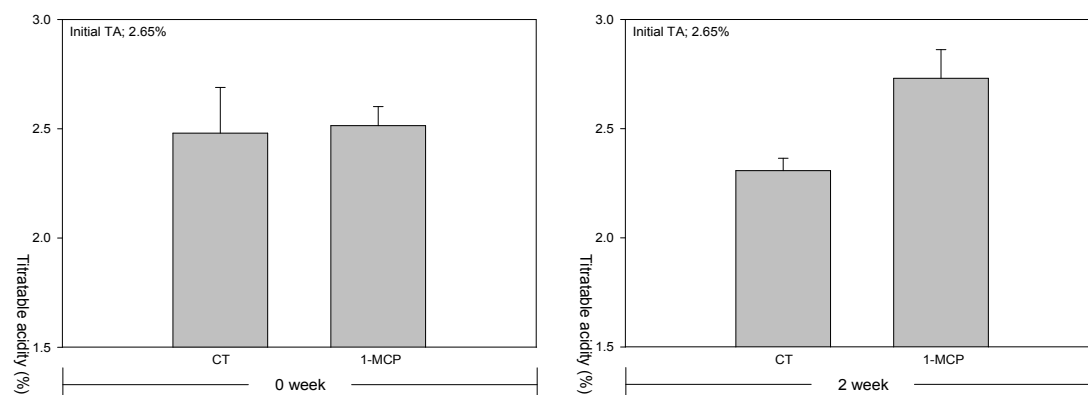


Fig. 139. Change in TA of fresh-cut 'Madison' tomatoes by 1-MCP treatments during storage at 10°C. Whole tomatoes were used for processing right after (left) or after 2 weeks of storage at 10°C (right) after 1-MCP treatment.

(라) 에틸렌 흡착제 처리 효과

유럽계 품종 토마토인 'Rapsodie' 품종을 breaker와 pink stage에 수확한 후 한국 식품연구원에 이송한 후 세척, 건조, slice 형태로 절단한 후 PP tray에 담아 vacuum packaging machine(Pocket 60, Technovac, Italy)을 이용하여 50 μ m PP film으로 밀봉한 후 10°C 저장고에 보관하였다. 에틸렌 흡착제는 포장용기 안쪽에 부착하였고, 이때 에틸렌 흡착제가 토마토 과육이나 과즙에 닿지 않도록 상부에 부착하였다.

Breaker 토마토의 경도 변화를 보면 저장 초기인 3일 이후까지는 에틸렌 흡착제 처리구가 무처리구보다 다소 높은 경향을 보였으나 6일 이후에는 차이가 없었다(Fig. 140). Pink 토마토의 경우 에틸렌 흡착제 처리구는 경도의 감소가 완만하나 무처리구는 6일 이후 급격히 감소하여 에틸렌 흡착제 처리구에 비해 경도가 낮았다. 결과적으로 9일 이후에는 무처리구나 처리구 모두 비슷한 경도를 보였으나 저장 6일까지는 에틸렌 흡착제 처리구가 무처리구에 비해 높은 경도를 나타내었다. 따라서 에틸렌 흡착제 처리가 pink 토마토의 연화를 억제하는 효과가 있는 것으로 판단할 수 있다.

신선편이 제품의 저장 중 Hunter a 값의 변화를 살펴보면 breaker 토마토는 저장 중 변화 없이 수확시의 값을 유지하여 붉은 색의 발현이 되지 않았고, pink 토마토는 신선편이 가공 후 Hunter a 값이 증가하는 경향을 나타내었으며 에틸렌 흡착제 처리구 또한 동일한 수준의 증가추세를 나타내어 에틸렌 흡착제 처리에 의한 영향은 없는 것으로 나타났다(Fig. 141). Hunter b 값은 breaker와 pink 토마토가 유사한 수준의 값을 나타내었고 breaker 토마토는 저장 3일 이후 증가하는 추세를 보이며 pink 토마토는 6일 동안 변화를 보이지 않고 그 후 9일 이후에는 급증된 값을 나타내었다. 이러한 Hunter b 값의 변화는 에틸렌 흡착제 처리시 억제되는 경향을 보였다(Fig. 142).

Breaker 토마토의 신선편이 제품의 가용성 고형물 함량의 변화를 보면 지속적으로 급격히 감소하는 경향이었으며, 두 처리 간에 가용성 고형물 함량 차이는 없으므로 에틸렌 흡착제의 처리가 가용성 고형물 함량의 변화에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다(Fig. 143). 그리고 pink 토마토의 신선편이 제품은 저장 기간 동안 가용성 고형물 함량의 변화는 적은 편이었으며 breaker 토마토에서와 동일하게 에틸렌 흡착제에 의한 유의적 영향은 없었다. 적정산도는 저장기간 동안 감소하는 경향을 보이고 에틸렌 흡착제에 의한 유의적 영향은 없었다(Fig. 144). 9일 간의 저장기간 동안 포장 내의 기체의 조성을 조사하였다. 저장기간 동안 CO₂는 증가하고 O₂는 감소하는 일반적인 경향이었으며 무처리구와 처리구간에 공기 조성의 차이는 없

었으므로 호흡량에 미치는 영향이 없는 것으로 간접적으로 판단할 수 있었다(Fig. 145). 부패 정도를 육안으로 관찰하기 위해 9일까지 저장한 후 부패정도를 관찰한 결과 breaker 토마토가 pink 토마토에 비해 부패 정도가 약하였고 두 숙도 모두 에틸렌 흡착제 처리를 한 경우 곰팡이 발생이 적었다(Fig. 146). 선행 연구에서 1-MCP 처리시 곰팡이에 의한 부패가 경감되었고 본 연구에서도 에틸렌 흡착제 처리시 부패가 경감되는 결과를 얻었으므로 에틸렌의 작용을 억제하면 곰팡이의 생육을 억제하는 효과가 있는 것으로 판단할 수 있었다.

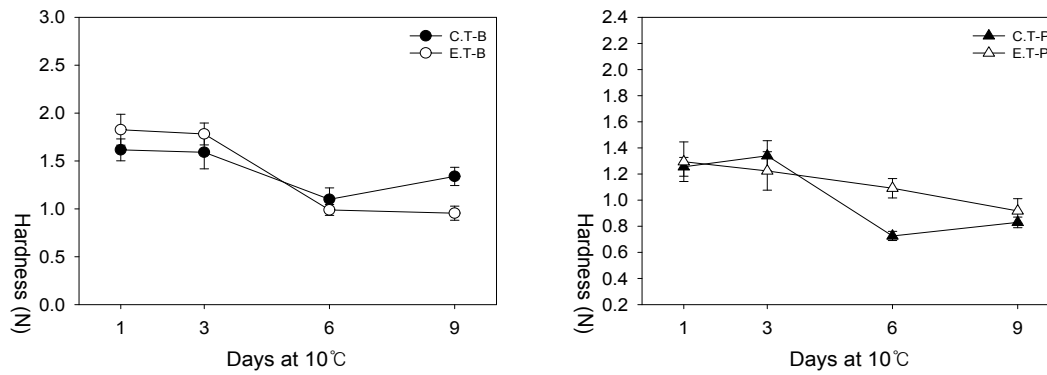


Fig. 140. Change in hardness of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

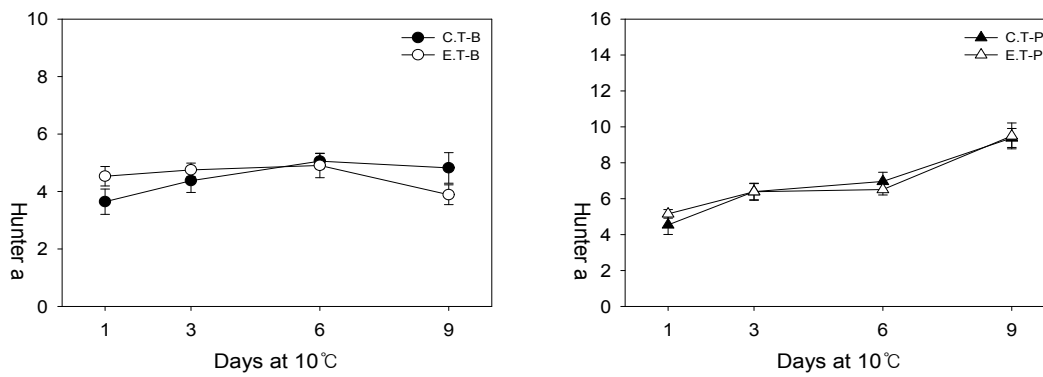


Fig. 141. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

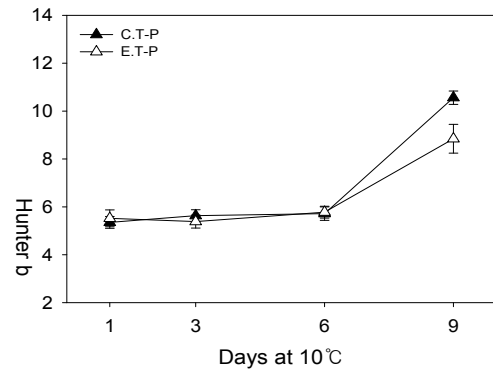
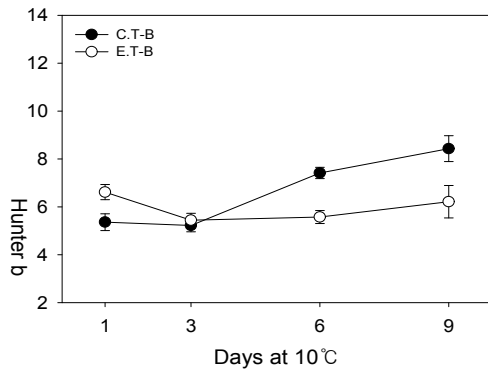


Fig. 142. Change in Hunter b value of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

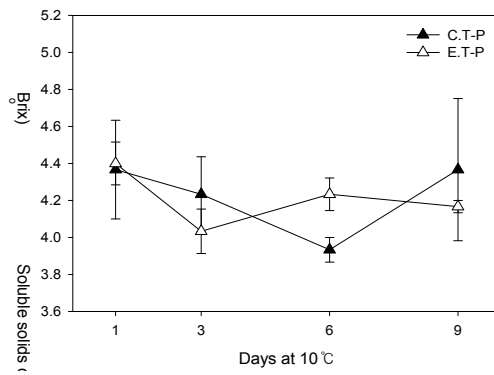
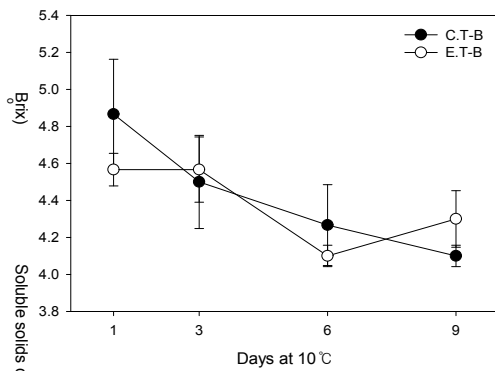


Fig. 143. Change in SSC of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

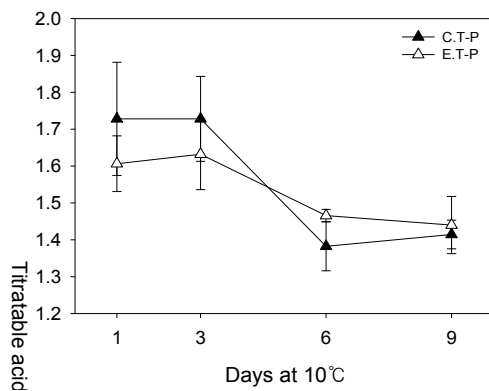
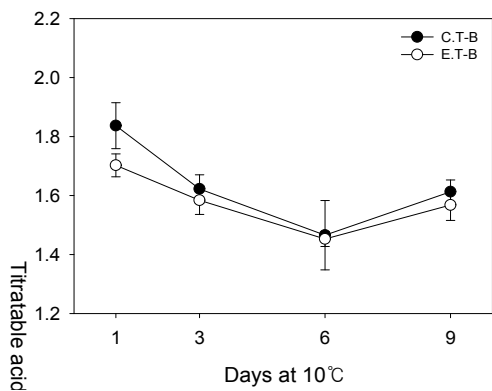


Fig. 144. Change in titratable acidity of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

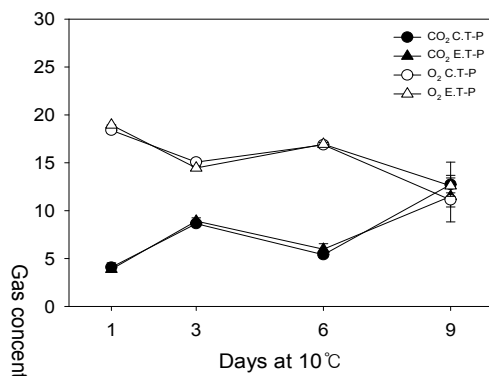
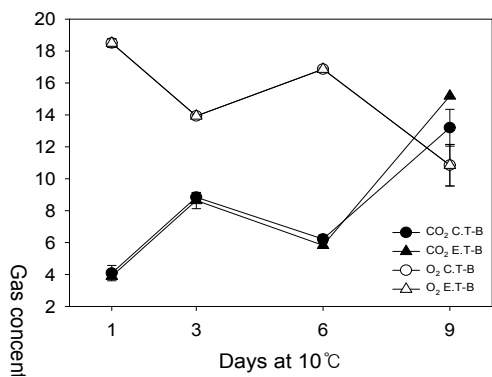


Fig. 145. Change in gas concentration of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

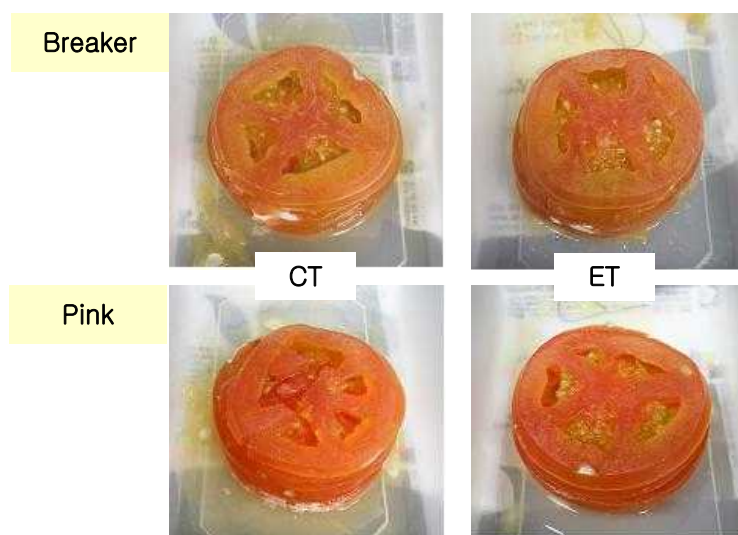


Fig. 146. Change in decay of fresh-cut 'Rapsodie' tomatoes harvested at breaker and pink stage by ethylene absorbent treatments after 9 days at 10°C.

신선편이 제품 유통시 용기 내부에 존재하는 에틸렌이 품질에 미치는 영향을 구명하고 이를 제거할 때 나타나는 효과를 조사하였다. 본 실험을 위하여 'Madison' 품종을 pink와 red 단계에 수확한 후 신선편이 가공하여 포장하였으며 이 때 용기 내부의 상부에 에틸렌 흡착제를 부착하였으며 일부 처리구는 인위적으로 1,000 ppm의 에틸렌을 처리하였다.

용기내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변화를 분석해 본 결과 red 토마토에 비해 pink 토마토의 이산화탄소 축적량 및 산소의 감소 정도가 더 큰 결과를 보여 호흡률이 red 단계에서 더 높은 것을 간접적으로 추론할 수 있었다(Fig. 147). 이는 성숙단계에 따른 호흡속도를 측정한 선행연구 결과와 일치하는 결과이다. 에틸렌 처리 및 에틸렌 흡착제에 영향은 유의적 경향을 나타내지 않았다. 에틸렌의 축적량은 에틸렌 처리구에서 확연히 높았으며 에틸렌 흡착제를 처리할 때 다시 그 농도가 낮아지는 결과를 보여 흡착제 처리가 에틸렌을 제거하는 효과가 매우 높은 것을 알 수 있었다(Fig. 148). 이와 같이 용기내부에 에틸렌 흡착제를 처리할 때 1,000 ppm의 에틸렌을 제거하는 효능이 있으므로 에틸렌 제거시 품질에 미치는 영향을 살펴 보았다. Hunter L 값은 모든 실험구가 동일한 변화 양상을 나타내어 에틸렌 처리에 의한 변화 촉진이나 흡착제 처리에 의한 억제 효과가 없었다(Fig. 149). Hunter a 값의 변화를 살펴보면 무처리구는 저장기간 동안 증가하는 변화를 나타내며 에틸렌 흡착제 처리구는 이러한 변화가 억제되는 결과가 나타났었다(Fig. 150). 에틸렌 처리구의 경우 초기에 Hunter a 값이 높아지며 에틸렌 흡착제 처리에 의해 Hunter a 값이 낮아지는 영향이 있었다. Red 토마토의 경우 Hunter a 값이 지속적으로 낮아져 붉은 색의 정도가 오히려 감소하는 결과를 나타내었다. 7일 후 경도를 비교해 보면 무처리구에 비해 흡착제 처리한 경우 크게 높은 수치를 나타내었고 에틸렌 처리시 연화가 촉진된 결과가 나타났었다(Fig. 151). 에틸렌 처리시 흡착제를 동시에 사용하면 에틸렌 처리구에 비해 높은 경도를 나타내었다. 따라서 에틸렌 흡착제 처리를 통해 용기내부의 에틸렌을 제어함으로써 에틸렌에 의해 촉진된 색의 변화 및 연화를 억제시킬 수 있을 것으로 기대되었다.

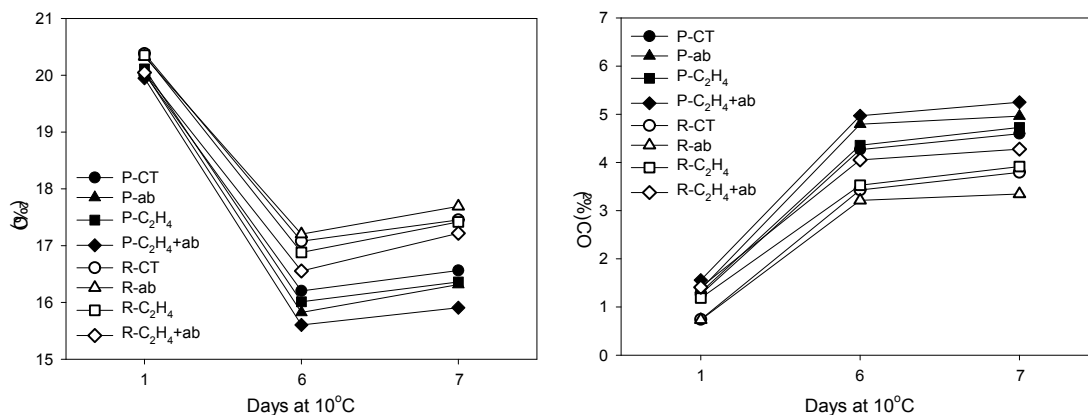


Fig. 147. Change in gas concentration of fresh-cut 'Madison' tomatoes at pink and red stages by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

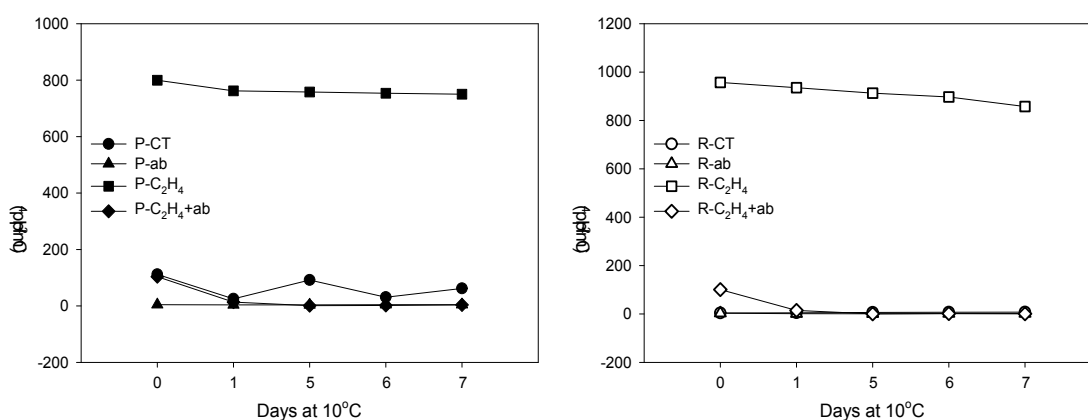


Fig. 148. Change in ethylene concentration of fresh-cut 'Madison' tomatoes at pink (left) and red stages (right) by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

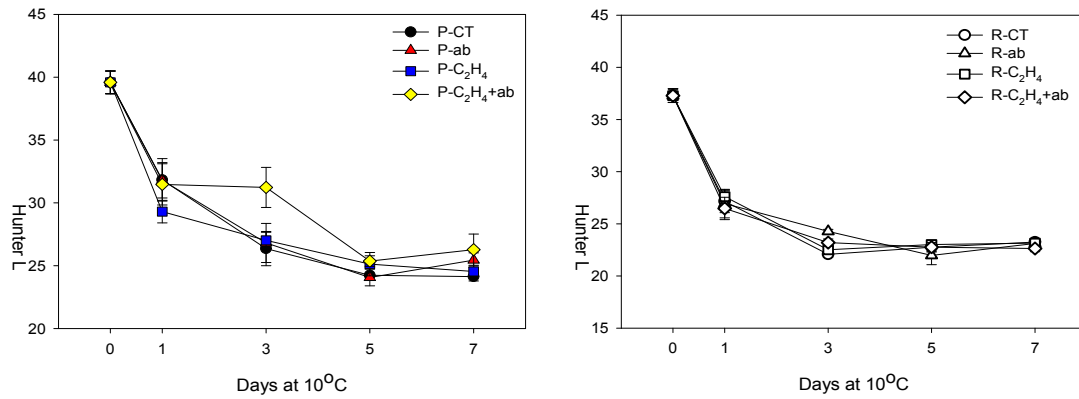


Fig. 149. Change in Hunter L value of fresh-cut 'Madison' tomatoes at pink (left) and red stages (right) by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

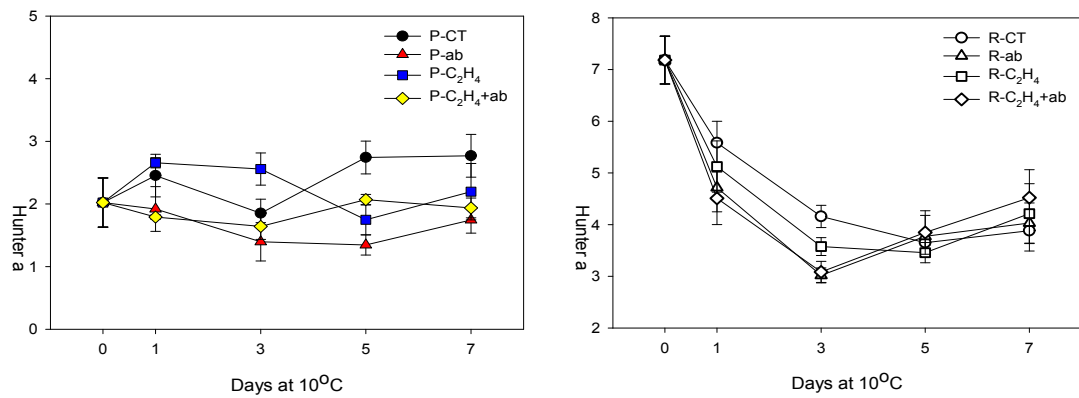


Fig. 150. Change in Hunter a value of fresh-cut 'Madison' tomatoes at pink (left) and red stages (right) by ethylene absorbent treatments during storage at 10°C.

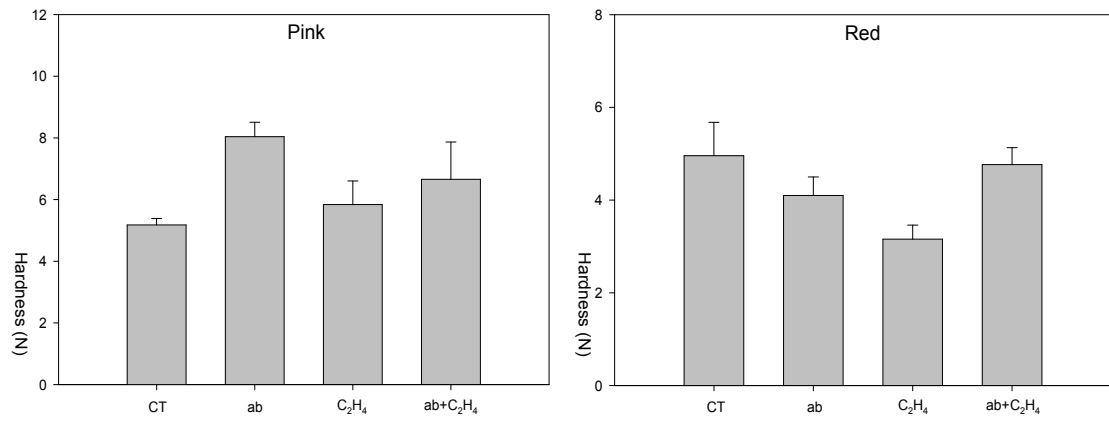


Fig. 151. Change in hardness of fresh-cut 'Madison' tomatoes at pink (left) and red stages (right) by ethylene absorbent treatments after 7 days at 10°C.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

국내에서 재배되고 있는 유럽계 품종 및 일본계 품종 토마토를 수집하여 품질 특성 및 저장 중 품질변화 양상을 조사한 결과 원료가 가지는 색, 맛, 향 등의 품질 특성보다는 조직감, 젤리층과 과육의 결합력, 과즙의 이액현상, 저장 중 품질 변화 속도가 신선편이 가공 적성을 결정짓는 중요한 품질 인자임을 구명하였다. 이를 통해 조직이 강하고 저장 중 품질 변화가 느린 유럽계 품종이 신선편이 가공에 적합하였으며, 그 중 'Ofira', 'Danilaela', 'Madison', 'Rafito' 품종이 신선편이 가공에 적합한 품종으로 선발되었다. 그러나 현재까지는 국내에서의 토마토 생산은 주로 일본계 품종이 주를 이루고 있으므로 품종간 품질 특성을 비교 검토하여 일본계 품종 중 'Resend summer' 품종을 신선편이 가공용으로 선정하였다.

유럽계 품종 중 'Rafito'와 'Madison' 품종을 대상으로 속도에 따른 저장조건 설정 연구를 실시하였다. Breaker stage에 수확하여 5°C 및 10°C에 저장할 때 경도가 유지되는 장점이 있으나 저장 기간 동안 후숙이 정상적으로 이루어지지 않으며 lycopene 함량이 최고 수준에 이르기 위해서는 10°C에서 2주의 기간이 요구되었다. 5°C에서는 저장기간 동안 lycopene 함량의 변화가 거의 없었고 'Rafito' 품종은 완숙 전에 수확한 경우 10°C에서 그 함량이 증가하였다. 'Rafito' 품종은 5°C에서는 저장 3주 동안 부패가 발생하지 않으나 10°C에서는 모든 속도에서 80% 이상의 부패율을 보였다. 'Madison' 품종은 부패가 적게 발생하지만 5°C에서 저온장해가 발생하며 breaker stage에 수확할 때 가장 높은 장해율을 보였고 pink stage가 가장 적었다. 따라서 품종이나 속도에 관계없이 10°C에 저장하면 미숙과의 경우에는 후숙이 완성되는 장점이 있고 pink 및 red 과실을 수확한 경우에도 'Rafito'는 2주, 'Madison'은 3주 동안 품질이 유지되었다.

10°C에 원료를 저장할 때 나타나는 연화는 원료 상태로 유통될 때는 문제되지 않으나 신선편이 가공과 유통을 어렵게 하므로 이를 억제하기 위한 기술개발을 실시하였는데 에틸렌 작용을 억제하는 1-MCP나 NO 처리시 그 효과가 미미하였고 100% CO₂를 3~9시간 동안 전처리하여 10°C에 저장할 때 연화, 색의 변화, 곰팡이균에 의한 부패가 억제되는 효과가 있음을 밝혔다. 이러한 처리의 효과는 품종에 따라 다르게 나타나며 저장성이 매우 강한 'Madison' 품종에서는 이러한 처리들의 효과가 낮았다. 유럽계 품종 토마토의 경우 에틸렌의 존재보다 온도의 상승이 수확 후 품질 변화에 크게 영향을 미치므로 수확 후 품온을 신속히 하락시키는 것이 품질변화 억제에 유리하며, 이는 반대로 후숙을 원할 때는 온도를 상승시키는 것이

중요하다는 것을 의미한다. 미숙과를 대상으로 에틸렌 처리를 통해 색과 lycopene 함량이 증가하며 100~200 ppm 처리에서는 연화는 촉진되지 않으므로 외관과 기능성을 높이고 조직감은 유지할 수 있는 후숙 조건으로 제시되었다.

원료의 재배시기에 따라 신선편이 토마토의 미생물 증식 정도가 차이가 나타나며 특히 하절기에 재배된 원료로 신선편이 할 경우 미생물 증식을 억제할 수 있는 철저한 관리가 요구되었다. 성숙도가 높은 원료일수록 미생물 증식이 증가되며 이 때 hexanal 0.075 ppm 처리를 통해 총균 및 대장균군 증식을 억제할 수 있었다. 70% O₂+15% CO₂ MAP 포장을 통해 미생물 증식이 크게 억제되므로 포장 단계에서 산업체에 활용할 수 있을 것으로 기대되었다. 또한 신선편이 제품을 50% CO₂로 치환 포장 하였을 때 산도가 높게 유지되며 Hunter L 값의 하락을 막아 신선도가 향상되는 효과가 있으므로 실용적인 기술로 응용이 가능할 것으로 판단된다. 에틸렌의 작용을 억제하여 많은 작물의 신선도를 향상시키는 것으로 알려진 1-MCP는 신선편이 토마토의 색 변화를 지연시키는 효과가 있으나 연화를 억제하는 효과는 매우 낮은 것으로 나타났으므로 에틸렌 제거를 통한 신선도 연장 효과보다는 CO₂ 처리나 active MAP 처리가 더 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 학술적 성과

최정희, 정문철, 김병삼, 강예정. 2007. CO₂-shock 처리가 fresh-cut 토마토의 저장 중 품질 특성에 미치는 영향. 한국원예학회

최정희, 김찬우, 김동만, 정문철, 이승구. 2008. 혼합가스 농도에 따른 신선편이 토마토의 품질 변화. 한국식품과학회

Eun Ho Jeong, Seung Koo Lee. 2008. Effect of storage temperature, ripening stage, and CO₂ treatment on fruit quality and storage life in 'Madison' tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh-cut. AHC.

최정희, 김동만, 정문철, 박미정. 2009. High CO₂ MAP 처리시 O₂ 농도가 신선편이 토마토의 신선도에 미치는 영향. 한국원예학회

Eun Ho Jeong, Seung Koo Lee, Jeong Hee Choi. 2009. Effect of 1-MCP treatment on fruit quality and storage life in 'Madison' tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh-cut use. 한국원예학회

최정희, 박미정, 정문철, 김동만. 2010. 1-MCP 전처리가 신선편이 토마토의 품질에 미치는 영향. 한국원예학회

최정희, 박미정, 정문철, 김동만. 2010. CO₂ 전처리가 토마토의 저장성 및 신선편이 가공 후의 품질에 미치는 영향. 한국원예학회

2. 산업적 성과

신선편이 토마토의 원료 선택 기준 수립 및 저장성 향상 기술을 개발하고 신선편이 토마토의 유통 중 신선도 연장을 위한 전처리 및 포장기술을 개발하여 수원지구 원예농협 산지유통센터에 기술 이전 하였으며(핵심기술명; 신선편이 토마토를 위한 원료 관리 기술 및 신선편이 토마토의 신선도 연장 기술, 2010. 4), 본 과제 수행을 통해 얻은 결과를 토대로 국내 특허를 출원하였다(과채류의 전처리 방법 및 장치 개발, 출원번호: 10-2010-0043131).

3. 성과활용 계획

본 과제 수행 중에 얻은 연구 결과의 일부는 ASEAN-ROK 프로그램에 참가한 동남아 연수생 20인 및 국내 농산물 유통 전문가 30인에게 기술교육 내용으로 활용 됨.

특허 출원 관련 내용은 기초 자료를 보완하여 향후 한국식품과학회지, 한국원예학

회지, 한국식품저장유통학회지, Postharvest Biology and Technology 등 국내외 학술지에 게재할 예정이다. 또한 volatile compound 처리 효과를 현장에서 용이하게 이용할 수 있는 실용적 처리 기술로 발전시켜 특허 출원할 예정이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables

This guidance represents the Food and Drug Administration's (FDA's) current thinking on this topic. It does not create or confer any rights for or on any person and does not operate to bind FDA or the public. You can use an alternative approach if the approach satisfies the requirements of the applicable statutes and regulations. If you want to discuss an alternative approach, contact the FDA staff responsible for implementing this guidance. If you cannot identify the appropriate FDA staff, call the appropriate telephone number listed on the title page of this guidance.

I. Introduction

The Federal Government provides advice on healthful eating, including consuming a diet rich in a variety of fruits and vegetables, through the Dietary Guidelines for Americans and the related My Pyramid food guidance system. In response, per capita consumption data show that Americans are eating more fresh produce. With \$12 billion in annual sales in the past few years, the fresh-cut sector of the produce industry is its fastest growing segment. As the fresh-cut produce market continues to grow, the processors of such produce are faced with the challenge of processing an increasing variety and volume of products in a manner that ensures the safety of this produce. From 1996 to 2006, seventy-two food-borne illness outbreaks were associated with the consumption of fresh produce. Of these produce related outbreaks, 25 percent (18 outbreaks) implicated fresh-cut produce. Many factors may play a role in the incidence and reporting of food-borne illness outbreaks that implicate fresh produce, such as an aging population that is susceptible to food-borne illness, an increase in global trade, a more complex supply chain, improved surveillance and detection of food-borne illness, improvements in epidemiological investigation, and increasingly better methods to identify pathogens.

Processing fresh produce into fresh-cut products increases the risk of bacterial growth and contamination by breaking the natural exterior barrier of the produce. The release of plant cellular fluids when produce is chopped or shredded provides a nutritive medium in which pathogens, if present, can survive or grow. Thus, if pathogens are present when the surface integrity of the fruit or vegetable is broken, pathogen growth can occur and contamination may spread. The processing of fresh produce without proper sanitation procedures in the processing environment increases the potential for contamination by pathogens (see Appendix B, "Foodborne Pathogens Associated with Fresh Fruits and Vegetables."). In addition, the degree of handling and product mixing common to many fresh-cut processing operations can provide opportunities for contamination and for spreading contamination through a large volume of product. The potential for pathogens to survive or grow is increased by the high moisture and nutrient content of fresh-cut fruits and vegetables, the absence of a lethal process (e.g., heat) during production to eliminate pathogens, and the potential for temperature abuse during processing, storage, transport, and retail display. Importantly, however, fresh-cut produce processing has the capability to reduce the risk of contamination by placing the preparation of fresh-cut produce in a controlled, sanitary facility.

This guidance is intended for all fresh-cut produce processing firms, both domestic firms and firms importing or offering fresh-cut product for import into the U.S., to enhance the safety of fresh-cut produce by minimizing the microbial food safety hazards. This guidance does not set binding requirements or identify all possible preventive measures to minimize microbial food safety hazards. We recommend that each fresh-cut produce processor assess the recommendations in this guidance and then tailor its food safety practices to the processor's particular operation. Alternative approaches that minimize microbial food safety hazards may be used so long as they are consistent with applicable laws and regulations.

This guidance primarily addresses microbiological hazards and appropriate control measures for such hazards. However, some chapters in the guidance discuss physical and chemical hazards.

FDA's guidance documents, including this guidance, do not establish legally

enforceable responsibilities. Instead, guidances describe the Agency's current thinking on a topic and should be viewed only as recommendations, unless specific regulatory or statutory requirements are cited. The use of the word should in Agency guidances means that something is suggested or recommended, but not required.

II. Scope and Use

Fresh-cut Produce: This guidance covers fresh-cut fruits and vegetables that have been minimally processed (e.g., no lethal kill step), and altered in form, by peeling, slicing, chopping, shredding, coring, or trimming, with or without washing or other treatment, prior to being packaged for use by the consumer or a retail establishment. Examples of fresh-cut products are shredded lettuce, sliced tomatoes, salad mixes (raw vegetable salads), peeled baby carrots, broccoli florets, cauliflower florets, cut celery stalks, shredded cabbage, cut melon, sliced pineapple, and sectioned grapefruit.⁽²⁾ Fresh-cut produce does not require additional preparation, processing, or cooking before consumption, with the possible exception of washing⁽³⁾ or the addition of salad dressing, seasoning, or other accompaniments. As the fresh-cut produce market continues to evolve, the scope of this guidance may need to be modified to address new or novel types of products.

Fresh-cut Produce and Current Good Manufacturing Practice requirements for foods (CGMPs) (21 CFR Part 110) (4): FDA's regulations in 21 CFR Part 110 establish CGMPs in manufacturing, packing, or holding human food. However, raw agricultural commodities (RACs), as defined in section 201(r) of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (the Act), are not subject to the CGMP requirements by virtue of the exclusion in 21 CFR 110.19. Section 201(r) defines a raw agricultural commodity as any food "in its raw or natural state..." Fresh-cut fruits and vegetables are not RACs because they are no longer "in [their] raw or natural state" and instead have become "processed food" as that term is defined in the Act. Section 201 of the Act defines a "processed food" as "any food other than a raw agricultural commodity and includes any raw agricultural commodity that has been subject to processing, such as canning, cooking, freezing, dehydrating, or milling." Under 21 CFR 110.3, the definitions in

section 201 of the Act apply to Part 110. Thus, fresh-cut fruits and vegetables are appropriately considered "processed foods" and are subject to the CGMPs in Part 110. The conclusion that fresh-cut produce are not RACs is consistent with the preamble to the proposed revisions to the CGMP regulation (44 FR 33238 at 33239, June 8, 1979), which states, when discussing the exclusion for RACs, that such products may be excluded because "food from those commodities is... brought into compliance with the Act at the later stages of manufacturing, processing, packing, or holding." The CGMPs establish food safety practices applicable to processors who manufacture, process, pack, or hold processed food. FDA believes that the recommendations in this guidance complement the CGMPs by suggesting more specific food safety practices for processors of fresh-cut produce.

Fresh-cut Produce and HACCP Systems: A Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system is a prevention-based food safety system designed to prevent, reduce to acceptable levels, or eliminate the microbial, chemical, and physical hazards associated with food production. One strength of HACCP is its proactive approach to prevent food contamination rather than trying to identify and control contamination after it has occurred.

Although HACCP is not currently required for the processing of fresh-cut produce, the United Fresh Produce Association recommends use of HACCP principles, and according to the association, many segments of the fresh-cut produce industry have adopted HACCP principles.

FDA encourages fresh-cut produce processors to take a proactive role in minimizing microbial food safety hazards potentially associated with fresh-cut produce. We recommend that fresh-cut processors consider a preventive control program to build safety into the processing operations for fresh-cut fruits and vegetables. Awareness of the common risk factors discussed in this guidance and implementation of preventive controls determined by a firm to be appropriate to its individual operations will enhance the safety of fresh-cut fruits and vegetables. FDA also recommends that processors encourage the adoption of safe practices by their partners throughout the supply chain, including produce growers, packers, distributors, transporters, importers, exporters, retailers, food service operators, and consumers, to ensure that the processor's efforts will be

enhanced.

This guidance begins with a discussion of primary production and harvesting of fresh produce and continues with recommendations for fresh-cut processing in four areas-- (1) personnel health and hygiene, (2) training, (3) building and equipment, and (4) sanitation operations. Following this discussion, the guidance covers fresh-cut produce production and processing controls from product specification to storage and transport. The final chapters provide recommendations on record keeping and on recalls and trace backs.

III. Primary Production and Harvesting of Fresh Fruits and Vegetables

In general, anything that comes into contact with fresh produce has the potential to contaminate it. Fresh produce may become contaminated at any point along the farm-to-table continuum. The major source of contamination of fresh produce with microbial pathogens is animal or human feces. Once fresh produce has been contaminated, removing or killing the microbial pathogens is very difficult. Prevention of microbial contamination at all steps in the farm to table continuum is preferable to treatments to eliminate contamination after it has occurred. On the farm, potential contamination avenues include contact with untreated manure used as fertilizer, contaminated water, infected field workers, or conditions in the field or packing facility such as unclean containers and tools used in harvesting and packing, and the presence of animals. In transport, conditions such as unclean floors and walls of the transport vehicle and unclean containers can potentially contribute to contamination with pathogens. Thus, it is important that fresh-cut produce processors be aware of the conditions under which their fresh produce is grown, harvested, packed, and transported. FDA's 1998 "Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables" (GAPs Guide), provides recommendations for growers, packers, and shippers to use good agricultural and good manufacturing practices in those areas over which they have control to minimize microbial food safety hazards in fresh produce. The GAPs Guide provides recommendations for growers and packers for preventing the contamination of fresh produce with pathogens. Potential sources of contamination identified in the GAPs Guide are biosolids and manure, water, field workers, equipment, and containers.

IV. Worker Health and Hygiene

1. Disease Control

FDA recommends that employees with direct access (such as processing, storage, and transport workers) and indirect access (such as equipment operators, buyers, and pest control operators) to the production areas of fresh-cut fruits and vegetables follow good hygienic practices for maintaining personal health and hygiene in order to protect the product from contamination.

FDA recommends the following practices to prevent food, food contact surfaces, and food packaging materials from becoming contaminated with microbial pathogens from an employee with an infectious illness or wound: Establishing a company policy that requires employees to report any active case of illness to supervisors before beginning work. Training supervisors to know the typical signs and symptoms of infectious disease

We recommend that firms train employees to report to their supervisor any information about personal health status or activities relating to diseases transmitted through food. Such information would include reporting an active case of illness. FDA recommends that supervisors be trained to recognize the symptoms of active infectious disease; these symptoms are vomiting, nausea, diarrhea, and abdominal cramps. We recommend that employees with these symptoms be excluded from any operations which may be expected to result in contamination of fresh or fresh-cut produce or food contact surfaces, including equipment and utensils, until the medical condition is resolved.

Covering cuts and wounds with a suitable water proof dressing when workers with such injuries are permitted to continue working.

We recommend that firms maintain an adequate supply of bandages that provide protection from any wound. A wound containing pus (such as an open and draining boil or other infected wound) that is located on a part of the body that could contact fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment, or tools, presents a risk of contaminating fresh-cut produce. When a worker in the processing area needs a bandage, we recommend that the firm consider using a bandage that is detectable by a metal detector if there is a metal detector in the processing line. Using detectable bandages will allow the facility to detect when

a bandage has fallen into the processing line so that corrective action can be taken. We also recommend that a worker with a wound that cannot be covered to prevent contact with fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment, or tools not work with any aspect of fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment or tools until the wound has healed.

2. Cleanliness

FDA recommends that employees use the following food protection practices to prevent fresh or fresh-cut produce or food contact surfaces including equipment or utensils from becoming contaminated as a result of poor employee hygiene or inappropriate employee conduct: Maintaining adequate personal cleanliness, Washing hands frequently and effectively and sanitizing hands if needed

FDA recommends that employees wash their hands before beginning work and after engaging in any activity that may contaminate their hands. FDA's recommendations regarding when employees should wash their hands are reflected in the following list

- Before beginning work, especially if the employee has direct contact with fresh produce
- Before putting on a new pair of disposable or non-disposable gloves and after removing the gloves
- After touching human body parts or anything other than food or food contact surfaces
- After using the toilet; after coughing, sneezing, using a handkerchief or tissue
- After using tobacco, eating, or drinking
- After engaging in any activity that may contaminate hands, such as handling garbage, cleaning chemicals, or incoming produce before it has been washed
- After caring for or touching animals
- Before returning to a workstation
- Washing and sanitizing non-disposable gloves before starting work, and as needed

- Changing disposable gloves whenever contamination is a possibility

Improperly used gloves may become a vehicle for spreading pathogens. The use of gloves does not lessen the need for, or importance of, hand-washing and other proper hygiene practices. We recommend that if gloves are used in a facility, the firm develop guidelines for their safe use, sanitation, and changing.

3. Wearing appropriate attire on the job

FDA recommends that employees wear clean clothes and any additional outer items (e.g., hairnets and beard covers, lab coats, aprons, and appropriate footwear) that will help protect fresh and fresh-cut produce from inadvertent contamination during processing. Not engaging in certain activities where food may be exposed or utensils are washed. FDA recommends that employees in food processing areas not engage in activities that could contaminate food, such as eating, using tobacco, chewing gum, or spitting.

제 7 장 참고문헌

- Abushita, A.A., E.A. Hebshi, H.G. Daood, and P.A. Biacs. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry* 60:207-212.
- Aguayo, E., R. Jansasithorn, and A.A. Kader. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharv. Biol. Technol.* 40:269-278.
- Aguayo, E., V.H. Escalona, and F. Artés. 2006. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 39:169-177.
- Allende, A., M.V. Selma, F. Lopez-Galvez, R. Villaescusa, and M.I. Gil. 2008. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 49:155-163.
- Archbold, D.D., T.R. Hamilton-Kemp, M.M. Barth, and B.E. Langlois. 1997. Identifying natural volatile compounds that control gray mold (*Botrytis cinerea*) during postharvest storage of strawberry, blackberry, and grape. *J. Agric. Food Chem.* 45:4032-4037
- Bae, R.N., J.H. Choi, I.G. Mok, and D.S. Jung. 2003. Effect of perforated film packaging and storage temperature on quality of red pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:49-51.
- Bai, J., E.A. Baldwin, R.C. Soliva Fortuny, J.P. Mattheis, R. Stanley, C. Perera, and J.K. Brecht. 2004. Effect of pretreatment of intact 'Gala' apple with ethanol vapor, heat, or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 129:583-593.
- Barth, M.M., C. Zhou, J. Mercier, and F.A. Payne. 1995. Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *J. Food Sci.* 60:1286-1288.
- Beaulieu, J.C., and M.E. Saltveit. 1997. Inhibition or promotion of tomato fruit ripening by acetaldehyde and ethanol is concentration dependent and varies with initial fruit maturity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122:392-398.
- Ben-Yehoshua, S., V. Rodov, and J. Peretz. 1998. Constitutive and induced

resistance of citrus fruits against pathogens. In: Johonson, G.I., Highly, E. and Joyce, D.C., Editors, Disease resistance in fruits. ACIAR Proceeding. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia 80:78-89.

Bowyer, M.C., R.B.H. Wills, D. Badiyan, and V.V.V. Ku. 2003. Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide comparison of fumigation and in vivo delivery. *Postharvest Biol. Technol.* 30:281-286.

Buta, J.G., and D.W. Spaulding. 1997. Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation. *Journal of Plant Growth and Regulation* 16:43-46.

Cano, A., M. Acosta, and M.B. Arnao. 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology* 28:59-65.

Choi, J.H., M.C. Jeong, B.S. Kim, and D.M. Kim. 2007. Effect of high CO₂ pre-storage treatment on the quality of tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill.) during ripening. *Kor. Soc. J. Food Preserv.* 14:578-583.

Choi, Y.H., and M.S. Kim. 2001. Effect of CO₂ absorbent in the PE film bag and styrofoam box during the ginger storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8:286-290.

De Wild, H.P.J., P.A. Balk, E.C.A. Fernandes, and H.W. Peppelenbos. 2005. The action site of carbon dioxide in related to inhibition of ethylene production in tomato fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 36:273-280.

Del Nobile, M.A., A. Baiano, A. Benedetto, and L. Massignan. 2006. Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering* 74:60-69.

Escalona, V.H., B.E. Verlinden, S.G. Bart, and M. Nicolai. 2006. Changes in respiration of fresh-cut butterhead lettuce under controlled atmospheres using low and super atmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels. *Postharvest Biol. Technol.* 39:48-55.

Giovanelli, G., V. Lavelli, C. Peri, and S. Nobili. 1999. Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *Journal of Science of Food and Agriculture* 79:1583-1588.

Grierson, D., and A.A. Kader. 1986. Fruit ripening and quality. In: J.G. Atherton and J. Rudich, Editors, *The tomato crop: A scientific basis for*

improvement, Chapman and Hall, London 241-280. Grierson & Kader
Hamilton-Kemp, T.R., D.D. Archbold, J.H. Loughrin, R.W. Collins, and M.E.
Byers. 1996. Metabolism of natural volatile compounds by strawberry fruit. *J.
Agric. Food Chem.* 44:2802-2805.

Hong, J.H., J.M. Duglas, J.C. Mary, and K.C. Gross. 2000. Tomato cultivation
systems affect subsequent quality of fresh-cut fruit slices. *J. Amer. Soc. Hort.
Sci.* 125:729-735.

Hunt, G.M., and E.A. Baker. 1980. Phenolic constituents of tomato fruit
cuticles. *Phytochemistry* 19:1415-1419.

Jamie, P., and M.E. Saltveit. 2002. Postharvest changes in broccoli and lettuce
during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2%
oxygen. *Postharvest Biol. Technol.* 26:113-116.

Kalt, W., C.F. Forney, A. Martin, and R.L. Prior. 1999. Antioxidant capacity,
Vitamin C, Phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits.
Journal of Agriculture and Food Chemistry 47:4638-4644.

Karaca, H., and Y.S. Velioglu. 2007. Ozone applications in fruit and vegetable
processing. *Food Rev. Int.* 23:91-106.

Karalabut, O.A., U. Arslan, G. Kuruoglu, and T. Ozgenc. 2004. Control of
postharvest diseases of sweet cherry with ethanol and hot water. *J.
Phytopathol.* 152:298-303.

Khachik, F., L. Carvalho, P.S. Bernstein, G.J. Muir, D.Y. Zhao, and N.B. Katz.
2002. Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their
impact on human health. *Experimental Biology and Medicine* 227:845-851.

Kim, D.M. 1995. Minimally processing of fruits and vegetable. *Bull. Food
Technol.* 8:85-92.

Kim, J.K., K.D. Moon, and T.H. Sohn. 1993. Effect of PE film thickness on
MA(Modified Atmosphere) storage of strawberry. *J. Korean Soc. Food Nutr.*
21:78-84.

Ku, V.V.V. 2000. Use of gaseous ethylene inhibitors to extend the postharvest
life of horticultural produce. PhD Thesis, University of Newcastle, Australia.

Kute, K.M., C. Zhou, and M.M. Barth. 1995. The effect of ozone exposure on
total ascorbic acid activity and soluble solids contents in strawberry tissue.
Proceedings of the Annual Meeting of the Institute of Food Technologists

(IFT) New Orleans, LA, USA. 2:82.

Lanciotti, R., M.R. Corbo, F. Gardini, M. Sinigaglia, and M.E. Guerzoni. 1999. Effect of hexanal on the shelf-life of fresh apple slices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:4769-4776.

Lee, Y.S., and J.N. Kim. 2007. Review of quality changes of postharvest fruits and packaging applications to extend their shelf life. Korea agricultural trade information.

Leshem, Y.Y., R.B.H. Wills, and V.V. Ku. 1998. Evidence for the function of the free radical gas - nitric oxide (NO.) - as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plant. *Plant Physiol. Biochem.* 36:825-833.

Lipton, W.J. 1987. Carbon dioxide-induced injury of romaine lettuce stored in controlled atmospheres. *HortScience* 22:461-463.

Longhurst, T.J., H.F. Tung, and C.J. Brady. 1990. Development regulation of the expression of alcohol dehydrogenase in ripening tomato fruits. *J. Food Biochem.* 14:421-433.

Mathooko, F.M., Tsinashima, W.Z.O. Owino, Y. Kubo, and A. Inaba. 2001. Regulation of genes encoding ethylene biosynthetic enzymes in peach (*Prunus persica* L.) fruit by carbon dioxide and 1-methylcyclopropene. *Postharv. Biol. Technol.* 21:265-281.

Maul, E., S.A. Sargent, C.A. Sims, E.A. Baldwin, M.O. Balaban, and D.J. Huber. 2000. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature, *Journal of Food Science* 65:1228-1237.

Nadas, A., M. Olmo, and J.M. Garcia. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *J. Food Sci.* 68:1798-1802.

Nam, S.Y., K.M. Kim, J.C. Park. S.J. Joo, and J.H. Jung. 1997. Effect of film packaging on storage life of grape, sheridan. *Korean J. Post-harvest Sci. Tech. Agri. Products* 4:11-15.

Newberne, P., R.L. Smith, J. Doull, V.J. Feron, J.I. Goodman, I.C. Murno, P.S. Portoghese, W.J. Waddel, B.M. Wagner, C.S. Weil, T.B. Adams, and J.B. Hallagan. 2000. GRAS flavouring substances. *Food Technology* 54:66-83.

Palou, L., C.H. Crisosto, J.L. Smilanick, J.E. Adaskaveg, and J.P. Zoffoli. 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage,

- Postharvest Biol. Technol. 24:39-48.
- Perez, A.G., C. Sanz, J.J. Rios, R. Olias, and J.M. Olias. 1999. Effects of ozone treatment on postharvest strawberries quality. *J. Agric. Food Chem.* 47:1652 - 1656.
- Plotto, A., J. Bai, E.A. Baldwin, and J.K. Brecht. 2003. Effect of pretreatment of intact 'Kent' and 'Tommy Atkins' mangoes with ethanol vapor, heat or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 116:394-400.
- Rocculia, P., E. Coccia, S. Romania, G. Sacchetti, and M.D. Rosa. 2009. Effect of 1-MCP treatment and N₂O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple. *Postharv. Biol. Technol.* 51:371-377.
- Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15:279-292.
- Saltveit, M.E. 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut 'iceberg' lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 34:75-80.
- Saltveit, M.E., and A.R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117:793-798.
- Salvador, A., I. Abad, L. Arnal, and J.M. Martinez-Javega. 2006. Effect of ozone on postharvest quality of Persimmon. *J. Food Sci.* 71:S443-S446.
- Senter, D., R.J. Horvat, and W.R. Forbus. 1988. Quantitative variation of total phenols in fresh market tomatoes at three stages of maturity. *Journal of Food Science* 53:639-640.
- Skog, L., and C.L. Chu. 2001. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Can. J. Plant Sci.* 81:773-778.
- Smilanick, J.L. 2003. Postharvest Use of Ozone on Citrus Fruit. *Packinghouse Newsletter USA.* 199:1-6.
- Smith, S., J. Green, and J. Stow. 1987. Production of modified atmosphere indeciduous fruits by the use of films and coatings. *Hort. Sci.* 22:772-776.
- Soegiarto, L., R.B.H. Wills, J.A. Seberry, and Y.Y. Leshem. 2003. Nitric oxide degradation in oxygen atmospheres and rate of uptake by horticultural produce. *Postharvest Biol. Technol.* 28:327-331.

- Theologis, A., T.I. Zaremski, P.W. Oeller, D. Liang, and S. Abel. 1992. Modulation of fruit ripening by suppressing gene expression. *Plant physiol.* 100:549–551.
- Toor, R.K., and G.P. Savage. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem.* 99:724–727.
- Tzortzakisa, N., A. Borlanda, I. Singletona, and J. Barnes. 2007. Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 45:317–325.
- Utto, W., A.J. Mawson, and J.E. Bronlund. 2008. Hexanal reduces infection of tomatoes by *Botrytis cinerea* whilst maintaining quality. *Postharv. Biol. Technol.* 47:434–437.
- Vinson, J.A., Y. Hao, X. Su, L. Zubik, Y. Hao, and X.H. Su. 1988. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:3630–3634.
- Wills, R.B.H., and V.V.V. Ku. 2001. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharv. Biol. Technol.* 26:85–90.
- Wills, R.B.H., M.A. Warton, and V.V.V. Ku. 2000. Ethylene levels associated with fruit and vegetables during marketing. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:465–470.
- Wills, R.B.H., P. Pristijono, and J.B. Golding. 2008. Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric oxide (NO). *Food Chemistry* 107:1387–1392.
- Wilson, C.L., and M.E. Winiewski. 1989. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables. An emerging technology. *Annual Reviews in Phytopathology* 27:425–441.
- Yang, E.M., K.W. Park, and H.M. Kang. 2007. Comparison of storability of fresh pasley grown in different seasons in MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.* 16:67–71.