

## 천공필름을 이용한 방울 토마토의 저장 수명 연장에 관한 연구

최원석 · 황권택<sup>1</sup> · 김기명<sup>2\*</sup>

충주대학교 식품생명공학부, <sup>1</sup>남부대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>고려대학교 생명공학원

### Prolongation of Cherry Tomato Shelf-life Using Perforated Film Packaging

Won-Seok Choi, Kwon-Tack Hwang<sup>1</sup>, Ki-Myong Kim<sup>2,\*</sup>

*Division of Food and Biotechnology, Chungju National University, Chungbuk 368-701, Korea*

*<sup>1</sup>Department of Food & Nutrition, Nambu University, Gwangju 506-824, Korea*

*<sup>2</sup>School of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-713, Korea*

#### Abstract

Whole and stem-off cherry tomatoes were packaged using perforated films (LF05, LF10, LF20, and LF40). Gas composition (ethylene, O<sub>2</sub>, and CO<sub>2</sub>), firmness (compression and penetration force), color, brix degree, acidity, and total microbial counts were assessed during storage at 10°C and 85% relative humidity. Gas composition varied with film gas permeability, indicating that modified atmospheric (MA) conditions were achieved. Firmness fell during storage; samples packed using LF05 showed the lowest firmness, corresponding to low gas transmission conditions. L (lightness) and a (redness) values respectively decreased and rose slightly with increasing storage time, but the b (yellowness) values fell notably. Film permeability significantly affected acidity and soluble solid levels. When LF40 packaging was used, acidity and brix scale changes were similar to those seen after PET container packaging. Total microbial counts increased with time after packaging in most films, and pretreatment differences were not significant. Microflora varied between stem on/off tomatoes. Skin wrinkling and juice appearance were common in tomatoes stored in PET containers and LF films of low gas permeabilities (LF05, LF10, and LF20). White molds were partially found on stem-on tomatoes stored using packaging systems. When film packagings were compared, LF40 was optimal, permitting minimal pretreatment yet offering maximal sanitation.

**Key words** : cherry tomato, perforated film, modified atmosphere storage, shelf life, minimally

#### 서 론

토마토에는 리코펜, 플라보노이드, 글루타민산, β 카로틴, 비타민 C와 E 등 암과 각종 성인병을 예방할 수 있는 많은 물질들이 함유되어 있으며, 또한 토마토에 함유되어 있는 구연산은 식욕증진을 자극하여 식욕을 증진시키며, 니코틴의 해독과 함께 숙취에도 효과적인 것으로 알려져 있다(1). 더불어 풍부한 식이섬유는 육류 등의 지질을 많이 섭취하게 되는 현대인의 건강 유지에도 대단히 중요한 역할

을 한다(2,3). 최근 들어 국민소득의 향상과 더불어 TV, 신문 등 매스컴을 통해 토마토가 건강에 좋다는 사실이 알려지면서 토마토의 생산량 및 소비량은 계속 증가 추세에 있으며, 소비자의 선호도가 높아지고 작형이 다양화되면서 재배면적도 꾸준히 증가되고 있다.

한편, 토마토는 생과로 이용되는 과정에서 절단하여 먹는 불편함이 있어 최근에는 구미지역뿐 아니라 한국과 일본 등지에서도 방울 토마토의 재배와 수요가 급증하고 있다. 80년대 초반에 우리나라에 도입되어 80년대 후반부터 상업적 재배를 시작한 방울토마토는 절단 없이 식용이 간편할 뿐 아니라 도시락 산업에서도 많이 쓰이는 등 꾸준한 수요

\*Corresponding author. E-mail : kimhusker@korea.ac.kr,  
Phone : 82-02-3290-4282, Fax : 82-02-953-5892;

의 증가로 재배면적이 확대되고 있으며 농가의 소득작물로서 각광을 받고 있다(4).

과채류는 수확 후 저장이나 유통하는 동안 호흡작용, 증산작용 등의 생리작용이 활발해지고 곰팡이를 비롯한 미생물의 오염 및 성장에 의해 부패가 일어난다. 이런 부패가 진행되는 동안 과채류 자체의 경도가 저하되는 물리적인 변화뿐만 아니라 비타민, 유기산, 당분 등이 감소하는 영양적인 변화도 동반된다(5). 더불어 품질을 저하시킬 수 있는 수분, 색소함량 등도 감소됨으로써 외관, 맛, 신선도 등이 낮아져서 상품성이 떨어지게 된다. 이와 같은 과채류의 품질 저하를 억제하기 위해 적절한 포장에 필수적이다.

현재까지 개발 또는 사용되고 있는 MAP(Modified Atmosphere Packaging)용 기능성 필름으로는 범용의 폴리에틸렌 수지(특히 LDPE, LLDPE)에 미세한 무기질 분말을 대량 섞어 필름화한 것들이 많이 알려져 있다. 그러나 이러한 필름의 경우 필름을 구성한 수지 본래의 물성이 현저하게 저하되어 포장재 및 상품의 가치를 저하시킨다(6). 특히 PE계일 경우 투명성이 매우 저하되거나, 인쇄에 한계를 가지며, 높은 투과도에 따라 일시적인 유통을 위한 포장만 가능하나 장기간 보존이나 수출용 포장으로서는 기능을 전혀 수행하지 못한다. 따라서 소비자를 대상으로 하는 포장재로서 방담 처리된 OPP에 미세한 천공을 하거나 요철 가공을 한 포장재에 대한 개발 필요성이 대두되고 있다.

신선도 유지 포장재 중 punch hole film이나 needle hole film이 현재 숨쉬는 필름 등으로 불리며 작년부터 일부 수입되어 국내 야채, 청과류에 일부 적용이 되고 있으나 미세천공이나 요철가공 필름의 경우 아직 국내 개발은 되지 않고, 미세천공 필름에 대한 청과류의 보존효과에 대해서도 비교 연구가 미흡한 실정이다. 한편, 선진국에서는 오래 전부터 천공 필름이 개발되어 주목을 받아 왔으며, 이들 포장재의 가격이 일반 방담필름의 4-6배 수준으로 원가부담이 높아 국내개발이 필요한 상황이다. 또한 최소가공야채 등의 수요 증가가 예상되는 시점에서 외국산 수입 포장재의 수입도 증가할 것으로 예상되어 수입대체가 시급한 상황이다.

본 연구에서는 점차 증가일로에 있는 천공필름 저장을 일반 마켓에서 팔리는 방울 토마토에 적용하여 이들의 MA 효과를 실험적으로 그리고 수학적으로 명확히 제시하고자, 각기 통기성이 다른 천공필름내부에 꼭지를 제거하지 않은 것과 최소가공 처리인 꼭지를 제거한 방울 토마토를 저장함으로써, 저장 중 포장필름내의 에틸렌, 산소 그리고 이산화탄소의 조성 변화와 이 변화에 의해 방울 토마토의 품질, 즉 과육의 강도, 색도, 당도 및 산도 그리고 미생물의 변화 등에 미치는 영향을 살펴보고, 또한 꼭지를 제거한 최소가공 처리 방울 토마토의 최적 천공필름 포장조건을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 포장

방울 토마토는 2008년 10월부터 1월까지 세도농협(충남 부여)을 통하여 구매하였으며, 재배한 직후 24시간 내로 배송되어 실험에 사용되었다. 미세 천공필름은 (주)한진피앤씨(충남, 공주)에서 네 종류의 다른 투과성을 가진 천공필름, LF05, LF10, LF20, 그리고 LF40을 제공받아 사용하였다. 각각의 산소투과성은 5,000, 8,500, 20,000 그리고 40,000 cc/m<sup>2</sup>/day 이었으며 모든 재질의 두께는 27 μm ± 1 μm였다. 조직감, 당도, 미생물시험에서는 대조구로 시중 마켓에서 흔히 볼 수 있는 형태의 PET box 용기에 저장한 방울 토마토를 사용하였고, 기체조성실험에 사용된 대조구로는 PET 용기에 저장할 경우 기체조성은 의미가 없으므로 OPP/PE 필름으로 만든 파우치 (40 μm/20 μm; 삼민 F&FP Corp., 안산)에 저장한 방울 토마토를 사용하였다. 실제 OPP/PE 파우치는 수출용 파우치 필름으로 사용된다. 실험에 대조구로 사용된 OPP/PE의 산소투과도는 2,000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 24 h 0.1 MPa 이었다. 방울 토마토는 20 cm x 30 cm의 크기로 만든 파우치 내에 200 g 씩 빠른 세척과 상온건조를 거친 후에 넣었으며, 이때 방울 토마토는 꼭지부분을 제거한 것과 제거하지 않은 것으로 구분하였다. 파우치는 곧바로 heat sealer를 이용 열 봉합을 하였으며, 모든 재료는 10°C에 저장하였다.

### 기체 조성 실험

각 필름 파우치에서 저장일수에 따라 0일부터 23일까지 내부의 에틸렌 조성, CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 조성을 측정하였다(2). 기체 조성 실험에 사용된 대조구로는 OPP/PE 필름으로 만들어진 것을 대조구로 사용하였다. 에틸렌 가스분석에는 GC-FID(Column, Porapak-1, 60°C; injector, 200°C; detector, 200°C; carrier gas, N<sub>2</sub>; flow rate, 50 mL/min, Model 163; Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 각 포장별 시료의 headspace 0.5 mL를 취하여 주입하였다. 이산화탄소와 산소의 정량 분석에는 GC-TCD (Column, CTR-1, 50°C; injector, 50°C; detector, 150°C; carrier gas, He; flow rate, 50 mL/min, Model 163; Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 역시 headspace 0.5 mL를 취하여 주입하였다.

### 조직감 측정

각 포장재에서 일정기간 저장 후 방울 토마토의 조직감 변화를 측정하기 위해 Texture analyzer (TX-XT2, Stable Micro Systems, England)를 이용하여 침투실험 (penetration test)과 압착실험 (compression test)을 실시하였다(7). 침투 실험은, 토마토 옆면을 지름 2 mm의 알루미늄 원통형 probe를 사용하여 침투속도 2.5 mm/sec, 변형율 50%의 조건으로 실험하였으며, 이과정중에 나타난 최대 peak의 값(N)을 측

정하였다. 더불어 방울 토마토 내부의 조직감 변화를 측정하기 위해 압착실험을 시행하였으며, 실험조건은 방울토마토 보다 큰 지름 50 mm의 알루미늄 원통형 probe를 이용하여 방울 토마토 옆면을 5 mm/sec의 속도 및 변형을 70%의 조건으로 압착 실험을 하였다. 이 압착실험의 경우 예비실험결과 최대 peak값이 아닌 방울 토마토의 최초 과열로 인해 나타나는 처음 peak 값(N)이 조직감 변화와 밀접한 상관관계를 보였으며 (자료 미제시), 따라서 이를 조직감 변화의 지표로 사용하였다. 각 peak값들은 5회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

### 색 도

각 포장재 별 저장기간에 따른 방울 토마토의 색상변화를 측정하기 위해 Chroma Meter (CR-300, Minolta Co. Ltd., Japan)를 사용하였으며, 동일 방울 토마토 표면의 3곳 이상에서 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)을 측정하여 평균값으로 나타내었다.

### 산도 및 당도

각 포장재에서 일정 기간 동안 저장된 토마토시료를 blender (LEQUIP, 아로나전자, 한국)로 마쇄한 후, 즙액을 거름종이로 여과하여 고형물을 걸러낸 액을 시료로 사용하였다. 산도는 시료 액 10 mL를 취한 후 0.1% phenolphthalein 지시약 (Sigma, USA)을 첨가하여 0.1 N NaOH (동양제철화학, 한국) 용액으로 적정하였으며, 소비된 NaOH 용액의 양을 다음 식에 의하여 lactic acid(% W/V)의 양으로 환산하였다(8).

$$\text{Acidity}(\%, \text{ as lactic acid}) = (0.009 \times \text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{F} \times \text{dilution factor}) / \text{sample}(\text{g}) \times 100 \quad (\text{F : factor of 0.1 N NaOH})$$

당도는 굴절당도계 (PAL-2, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다. 거름종이로 걸러진 방울 토마토 즙 원액을 측정에 사용하였다.

### 총균수

무균 상태에서 취한 방울 토마토 20 g을 멸균 stomacher bag(Mayo, Italy) 에 넣고 0.85%의 식염수(동양제철화학, 한국) 100 mL 를 가하여 stomacher에서 1분 동안 균질화를 시켰다. 이 시료액 1 mL를 멸균수에 10배 희석법으로 희석한 후 희석액 1 mL를 취해 PCA(Plate Count Agar) 배지에 spreading culture method로 접종한 다음 30°C의 항온 배양기 (LMI 2004R, LabTech., 한국)에서 48시간 동안 배양한 후 colony수를 계수하였고 시료액 1 mL당의 총균수로 환산하였다.

## 결과 및 고찰

### 가스조성 변화

에틸렌 가스농도는 초기 일주일 동안 포장재 내부에서 증가되는 경향을 보였으며 천공필름 중 투과성이 가장 낮은 LF05에서 상대적으로 투과성이 높은 LF10, LF20, 그리고 LF40에 비해 높은 값을 보였고, 꼭지 유무에 따른 차이는 LF10에서의 경우 꼭지를 제거한 것과 제거하지 않은 시료 구 모두 높은 농도로 비슷한 분압을 유지했으나 LF10, LF20, 그리고 LF40의 포장구에서 꼭지를 제거한 것이 제거하지 않은 것에 비해 약간 높은 값을 보였다(Fig. 1). 모든 포장구는 20일을 지나면서 비슷한 농도로 수렴하고 있었으며, 이는 내부에서 발생한 에틸렌 가스가 투과성이 낮은 포장구나 높은 포장구 모두 필름 자체가 가지는 고유한 투과성에 의하여 외부로 유실되는 것으로 보인다. 저장 기간 중 과실의 숙성 호르몬인 에틸렌 농도가 증가하는 것은 에틸렌 생합성의 전구물질로 알려진 1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)의 축적에 기인하는 에틸렌 생합성의 증가로 생각되며(7), 필름의 투과성이 낮을수록 초기에 상대적으로 높은 값을 보이고 있는 것은 두께를 달리하여 투과성을 변화시킨 PE필름저장 토마토의 결과와 비슷한 결과를 보였다(1).

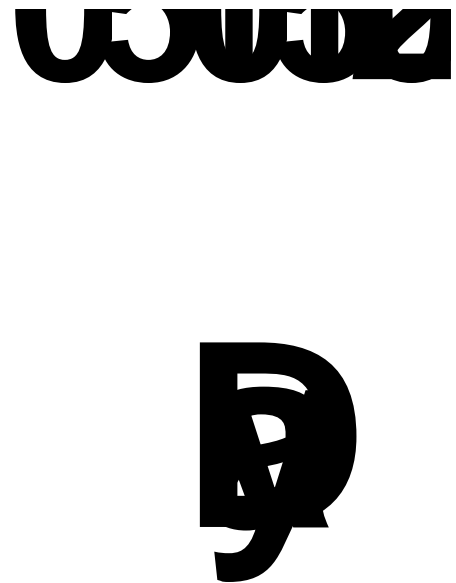


Fig 1. Changes of ethylene concentration in perforated films during 3 week storage at 10°C.

산소 분압의 경우 투과성이 상대적으로 낮은 OPP/PE 와 LF05 저장 방울 토마토 경우에서 최종적으로 낮은 분압을 보이고 있었으며, OPP/PE 포장구는 초반에 매우 급격하게 산소를 소진하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 2). 대체적으로 LF10, LF20, 그리고 LF40 필름은 약 17%~18% 정도의

산소 분압을 포장 내에 유지하는 것으로 보아 내부에 어느 정도의 MA조건이 형성되고, 따라서 이러한 필름 내부의 공기조성이 생리적 활성이나 변화에 영향을 미치고 있을 가능성을 시사한다. 꼭지를 제거한 것과 제거하지 않은 것의 차이는 유의적이지 않았다. 이산화탄소의 분압의 결과는 산소의 분압의 결과에 비해 매우 흥미로운 결과를 보였다(Fig. 2). 투과성이 낮은 OPP/PE 및 LF05 필름내부에서 모두 높은 이산화탄소의 농도를 보이고 있었으며, 산소농도의 결과와는 달리 꼭지유무에 대한 차이가 유의적으로 나타났다. 즉, LF10, LF20 그리고 LF40 필름내부에서 꼭지를 제거하지 않은 경우 모두 초반에 낮은 값의 이산화탄소의 분압을 보인데 반해, 꼭지를 제거한 것은 초반에 상대적으로 높은 수준의 이산화탄소의 농도를 보인 후 후반에는 거의 일정한 이산화탄소의 농도를 보여주었다. 이는 후반에는 조절된 생리효과와 포장재의 투과성에 의해 포장외부로 이산화탄소가 유실되어 거의 일정한 값을 유지하기 때문인 것으로 보인다. Beaudry(10) 가 조사한 바로 토마토의 MA 조건으로서 적당한 산소, 이산화탄소의 분압이 모두 5 kPa로 유지되는 조건을 언급하였으나, 이는 대과종을 기준으로 한 것으로써 동일한 포장조건에서 더욱 표면적이 넓은 방울 토마토의 경우는 아직 최적의 산소, 이산화탄소의 MA 포장에서의 분압조건을 찾을 수는 없으나, 대과종에 비해 더욱더 산소에 대한 요구량이 클 것으로 사료된다.

토마토가 저장 5일 이후부터 급격히 감소하여 저장 10일 이후 가장 낮은 값을 나타냈으며, 반면에 PET 용기에 저장된 방울 토마토의 경우 저장초기 10일 이전까지는 가장 높은 침투력을 보여 주었다(Fig. 3). 이는 천공필름에 방울 토마토를 저장할 경우 투과성이 가장 낮은 LF05 필름에 저장한 방울 토마토의 표면이 급격히 연화됨을 의미하며, LF10, LF20 또는 LF40 필름에 저장된 방울 토마토의 표면 연화가 비교적 작음을 의미하는 것이다. 한편 PET 용기의 경우, 다른 포장방법에 비해 완전한 밀폐가 되지 않아 수분 출입이 자유로우므로, 저장초기 수분손실로 인해 방울 토마토의 표면에 경화가 나타나 일어난 현상으로 추정된다(12). 꼭지유무에 의한 침투력 차이는 거의 나타나지 않았으나, LF05 필름에 저장된 방울 토마토에서만 저장 15일 이후에 유의적인 차이를 보여주었다.



Fig. 2. Changes of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentration in perforated and OPP/PE films during 3 week storage at 10°C.

**조직감 변화**

저장기간이 길어질수록 전체적으로 침투 및 압착 강도가 유의적으로 떨어지는 것으로 나타났으며(Fig. 3), 이는 방울 토마토의 표면 및 내부 조직감이 연화됨을 의미하는 것이며, Moon 등(11)의 결과에서 알 수 있듯이 세포벽 uronic acid의 등의 감소로 인한 pectin fraction의 분해에 의해서 기계적 강도가 감소하는 현상으로 추정된다.

방울 토마토의 표면 조직감 변화를 조사하기 위한 침투 실험에서, 투과성이 가장 낮은 LF05 필름에 저장된 방울



Fig. 3. Changes in firmness of cherry tomatoes in perforated films and PET container during 3 week storage at 10°C

표면 및 내부 전체의 조직감 변화를 측정하기 위한 압착 실험에서도 침투실험결과와 유사하게 LF05 필름에 저장된 방울 토마토에서 상대적으로 급격한 압착력의 변화를 나타냈으며, PET 용기에 저장된 방울 토마토에서 높은 압착력을 보여주었다. 압착실험결과에서도 천공필름 중 LF10, LF20 및 LF40 필름에 저장된 방울 토마토가 상대적으로 조직감의 변화가 비교적 적었음을 보여주었다(Fig. 3).

천공필름저장에서의 경우 꼭지 유무에 따른 압착력의 변화는 꼭지를 제거한 경우가 상대적으로 낮은 압착력을 나타내었는데, 이는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 꼭지를 제거함으로써 활발한 호흡이 발생하였으며, 반면 천공필름이 완벽한 MA효과를 발휘하지는 못해 생리적대사의 진행속도가 빨라짐으로 인해 과육의 강도가 약해져서 나타난 결과로 보인다(13). 반면에 PET 용기에서는 꼭지가 제거된 방울 토마토에서 높은 압착력을 보였는데, 이는 생리적 대사가 활발해진 꼭지 없는 방울 토마토에서 PET용기의 높은 투과성으로 지속적인 호흡이 일어나고, 생성되는 수분과 기존 수분의 손실이 원활이 일어나 외피가 건조되면서 나타난

현상으로 사료된다. 포장재별 조직감의 차이로 LF05 포장구는 심한 혐기적 조성으로 비정상적인 대사가 일어나 유의적으로 낮은 굳기를 보여주었으며, 수증기 투과를 조절할 능력이 없는 PET 용기는 수분의 소실로 인하여 표피가 건조됨에 따라 상대적으로 강도가 유지되는 것으로 보이나 표면상의 주름으로 인하여 상품성은 없었다.

**색도변화**

포장재 차이 및 꼭지 유무에 의한 저장기간별 색도변화를 관찰한 결과 일정한 경향성은 발견할 수 없었다. 즉, 방울 토마토의 색도변화에서, L값과 a값의 경우 포장재 차이 및 꼭지유무에 상관없이 일정한 경향을 보이지 않고 각각 다소 감소하거나 증가하는 듯 보였으며, b값의 경우 저장기간이 길어질수록 뚜렷이 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 4). Moon 등(1)과 Lee 등(14)의 논문에서도 a값의 경우 저장기간 중 전반적으로 증가하는 경향을 보였고 L값 및 b값의 경우 대체로 감소하였다고 보고하여 본 실험결과와 유사하였다.

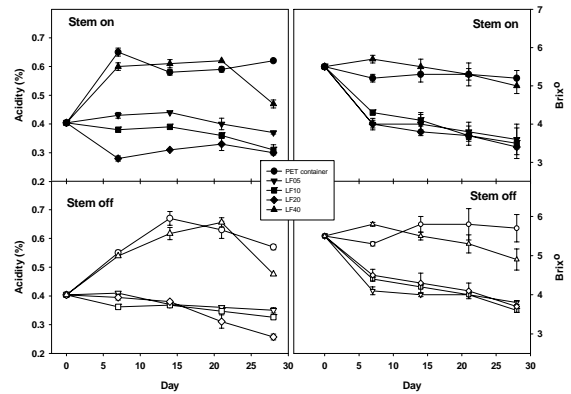


Fig. 5. Changes in acidity and Brix of cherry tomatoes in perforated films and PET container during during 3 week storage at 10°C.

있어 산소의 수준을 낮추고, 이산화탄소의 수준을 높여 수동적인 modified atmospheric (MA) 효과를 보여줄 수 있는 포장재는 공기 투과성이 낮은 LF05, LF10, 그리고 LF20

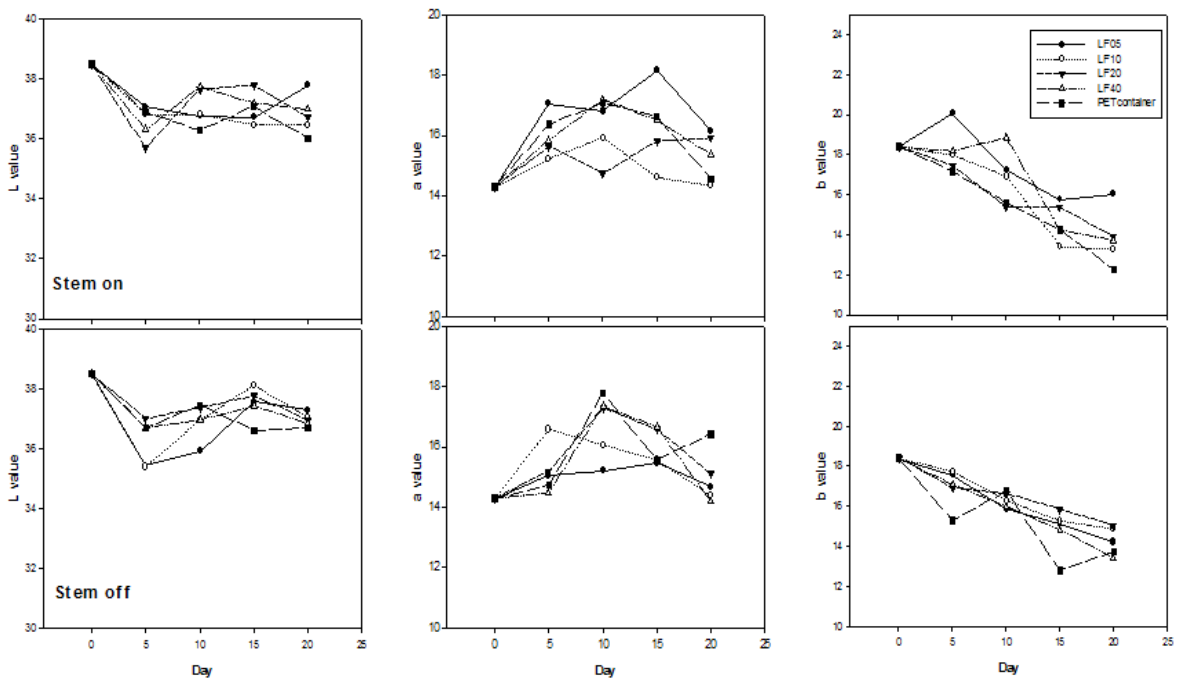


Fig. 4. Changes in color of cherry tomatoes during 3 week storage at 10°C.

**당도 및 산도 변화**

당도와 산도의 변화는 서로간에 밀접한 상관관계를 보였다. 포장지 별로, 투과성이 낮은 LF05, LF10 그리고 LF20 필름에 저장된 방울 토마토의 당도는 저장기간이 길수록 감소되고 산도는 일정수준을 유지한 반면에, 투과성이 높은 PET 용기에 보존한 방울 토마토와, LF40 필름에 넣어 보존한 것은 당도가 천천히 떨어지거나 비슷한 수준으로 유지되고, 산도는 증가하는 변화를 나타냈다(Fig 5). 공기조성에

이때, 이 결과는 내부 headspace의 공기조성의 결과에서 알 수 있었다. 보통 이런 MA 공기 조성은 생물체의 대사 속도를 느리게 하여 대사산물의 발생이 미약해짐을 것을 예상할 수 있다. Kader 등(15)는 토마토의 모식물체에서 성숙시킨 과실과 수확 후 추숙한 과실 사이에는 당과 산의 함량에 차이가 있어 모식물체에서 익은 과실의 당함량이 높았다고 보고하였다. 한편, 추숙을 수동적 공기조성 조건 하에서 수행한 연구는 드물어 선행된 연구결과들과 차이점

을 비교하기는 어려웠으나, Picha(16)에 의하면 토마토 과실에서 fructose 가 주된 당이라고 하였고, Yu 등(3)의 연구 결과에서는 fructose가 모식물체에서 성숙된 시료보다 turning 및 vine-ripen의 가공 단계에서 더 높은 함량으로 검출되었으며, turning 및 vine-ripen 간에서는 큰 차이가 없었다는 결론은, 본 실험에서의 PET 용기와 LF40 저장방울 토마토에서 당함량이 큰 차이가 없는 결과와 일치하고 있다. 그러나 LF40에 비해 공기 차단성이 뛰어난 LF05, LF10, LF20의 경우는 오히려 이런 MA 조건이 방울 토마토에 스트레스를 주게 되어 대사가 촉진됨으로써 저분자 당은 미약하나마 지속적으로 호흡과 대사에 관여하여 소비될 것이며, 그 결과 저분자 당의 농도는 감소되는 것으로 추측된다.

한편 산도의 경우, Fig. 5에서 보듯이 가스투과성이 비교적 자유로운 군(LF40, PET 용기)과 가스투과성 낮은 군(LF05, LF10, LF20)에서 확실한 산도의 차이를 보이고 있다. 가스투과도가 높은 군들은 꼭지 탈락유무에 상관없이 저장 1주 만에 빠른 산도의 증가를 보였고 이후 4주 동안 큰 변화를 보이지 않았으며, 낮은 가스투과도 군의 방울 토마토에서는 4주 동안 초기값과 커다란 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 일반적으로 토마토의 저장성 시험에서 나타났던 저장기간의 증가에 따라 산도가 감소한다는 결과와 다소 다른 경향을 보여주고 있다. 따라서 향후 이들 결과에 대한 적극적인 관찰과 분석이 필요할 것으로 여겨진다.

**미생물 및 외관변화**

모든 포장방법과 전처리 방법에서 저장기간이 길어질수록 미생물의 증가가 10<sup>6</sup>에서 10<sup>7</sup> 수준으로 관찰되었다(Fig. 6). 특이할 만한 사실은 꼭지를 제거한 것과 제거하지 않은 것의 미생물의 수와 성상이라고 할 수 있었다. 꼭지를 제거하지 않은 것은 주로 흰색의 곰팡이가 투과성이 낮은 필름에 보관된 시료구에서 발견되었으며, 다량의 물이 생성되었고 그와 동시에 이취를 보이거나, 연화현상이 크게 진행되었다(자료사진 미제시). 10℃ 저장온도에서는 저장기간 5일 이후 관능적 상품성을 상실하기 시작하였고, 저장중의 전체적인 상품성 저하는 꼭지를 제거하지 않은 방울 토마토와 제거한 토마토사이에 큰 차이는 없었으나, Fig. 6에서와 같이 미생물의 균총이 꼭지를 제거하지 않은 방울 토마토와 약간의 차이가 있어 방울 토마토의 미생물의 오염은 꼭지부분에서 유래되는 것으로 보인다. 그러나 꼭지를 제거한 방울 토마토의 경우 꼭지를 제거하지 않은 것에 비해 육안으로 흰색곰팡이가 거의 관찰되지 않았지만 미생물의 수에 있어서는 큰 차이가 없는 것으로 보아, 꼭지를 제거하는 과정 중에 이차적인 오염이 생긴 것으로 사료된다. 또한 꼭지를 제거하지 않은 시료는 저장중에 검은 반점이 전반적으로 발견되기도 하였는데, 이런 현상은 토마토를 장기저

장 하는 경우 흔히 발견되는 것과 일치한다.(17)

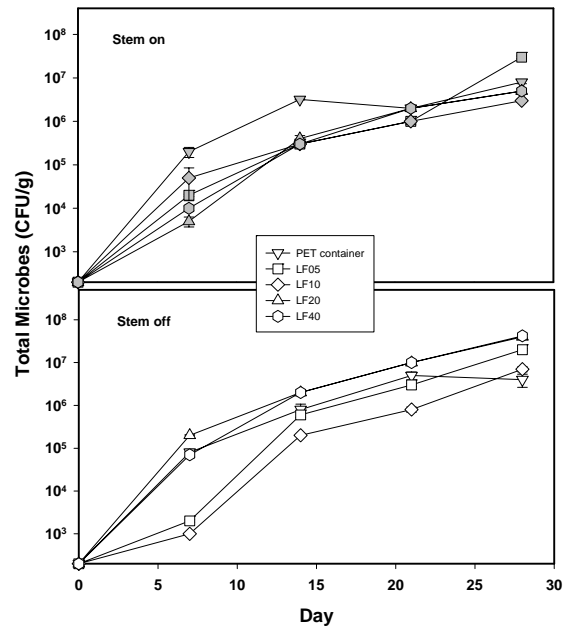


Fig. 6. Changes in total microbes of cherry tomatoes in perforated films and PET container during 3 week storage at 10℃.

본 실험 결과로 미루어 볼 때, 낮은 투과성의 필름으로 MA 효과를 시도할 경우, 오히려 품질에 더욱 나쁜 영향을 미치게 되는 것을 LF05, LF10, 그리고 LF20에서의 결과를 통해 알 수 있었다. 꼭지를 제거한 것과 제거하지 않은 경우, 내부 공기조성차이의 자료로부터 꼭지를 제거한 것은 꼭지를 제거하지 않은 방울 토마토에 비해 스트레스에 의한 활발한 호흡을 보이는 것으로 사료되나 실험범위 내 전체적 품질변화 측면에서는 유의적 차이는 없어, 세절, 껍질 제거 등의 최소가공 처리만큼의 심한 스트레스를 주지는 않는 것으로 보인다. 따라서 본 연구결과, 꼭지를 제거하는 최소가공처리는 저장 중 호흡을 증가시킬 수 있다는 단점보다 미생물에 의한 부패의 진행을 예방할 수 있는 측면에서 긍정적인 가공 처리 방법인 것으로 생각된다.

결론적으로 Fig. 7에서 보이는바와 같이 지나치게 투과성이 낮은 천공필름포장재(LF05)를 이용한 방울 토마토의 저장성은 외관적으로도 매우 좋지 않게 나타났으며, 또한 투과성이 높아 MA저장성이 없는 PET 박스포장저장의 경우도 표피에 심한 주름과 수축을 보이는 등 저장 중 외관변화가 바람직하지 않게 나타났다. 그러나 LF 40은 내부공기 조성을 변화시켜 적절한 정도의 MA저장성을 보유하고 있어, 다른 종류 LF 필름에 비해 방울 토마토의 저장성에 긍정적인 결과를 보여주었으며, 필름의 투과성과 방울토마토저장성에 관한 보다 세밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 더불어, 본 연구에서 수행한 저장온도 10℃는 가속화된 저장실험을 위해 적절치 못한 온도임을 감안할 때(18), 적절



Fig. 7. Photograph of stem on/off cherry tomatoes, after storage of 20days in PET container, LF05, LF10, LF20, and LF40 film packaging.

한 저장온도에서는 보다 향상된 저장결과를 가져올 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 사용이 증가되고 있는 천공포장재 필름을 방울 토마토 저장에 이용하여 방울 토마토의 품질변화를 조사하였으며, 또한 세척 및 꼭지 제거의 최소가공 처리유

가 방울 토마토의 저장성에 미치는 영향 및 최적 천공포장 조건을 살펴보았다. 에틸렌 가스 및 이산화탄소는 천공필름 중 투과성이 가장 낮은 LF05 및 OPP/PE 필름구 에서 상대적으로 투과성이 높은 LF10, LF20, LF40에 비해 높은 값을 보였고, 산소 분압의 경우 LF05에서 낮은 분압을 나타 내었다. 조직감은 LF05 필름에 저장된 방울토마토에서 경도의 급격한 감소가 일어났으며, 색도의 경우 포장재차이 에 의한 일정한 경향 없이 L값과 a값 각각 다소 감소하거나

증가하는 듯 보였으며, b값의 경우 저장기간이 길어질수록 뚜렷이 감소하는 경향을 나타내었다. 당도 및 산도변화를 관찰한 결과 투과성이 낮은 LF05, LF10, LF20 필름에 저장된 방울 토마토의 당도는 저장기간이 길수록 감소되고 산도는 일정수준을 유지한 반면에, 투과성이 높은 PET 용기에 보존한 방울 토마토와, LF40 필름에 넣어 보존한 것은 당도가 천천히 떨어지거나 비슷한 수준으로 유지되고, 산도는 증가하는 변화를 나타냈다. 천공포장재 별 미생물 균총의 경우, 꼭지를 제거한 경우와 제거하지 않은 경우 차이가 있어 방울 토마토의 주요한 균은 꼭지부분에서 유래되는 것으로 보인다. PET 박스 포장의 경우 표피에 심한 주름과 수축을 보이는 등 저장성이 좋지 않았다. 천공포장재 필름 중 LF 40 은 내부의 공기의 조성을 변화시켜 줄 수 있는 정도의 투과성을 보유하고 있어, 다른 LF 종류 필름에 비해 방울 토마토의 저장성에 긍정적인 결과를 보여주었다.

#### 참고문헌

1. 전도근, 안미숙, 이현수 (2005) 3색 파워푸드, 토마토, 마늘, 녹차. 성안당, 성남, 대한민국, p.23-31
2. Moon, K.D., Lee, C.H., Kim, J.K. and Sohn, T.H. (1992) Storage of tomatoes by polyethylene film packaging and CO<sub>2</sub> treatment. Korean J. Food Sci. Technol., 24, 603-609
3. Park, S.W., Lee, J.W., Kim, Y.C., Kim, K.Y. and Hong S.J. (2004) Changes in fruit quality of tomato 'dotaerang' cultivar during maturation and postharvest ripening. Kor. J. Hort. Sci. Technol., 22, 381-387
4. Yu, Y.M., Suh, H.D., Kim, J.K., Kang, N.K. and Son, K.C. (1997) Fruit characteristics and quality of vine-ripened and room-ripened fruit in several cherry tomato cultivars. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 38, 453-458
5. Park, W.P., Kim C.H, and Cho S.H. (2006) Quality characteristics of cherry tomato and unshiu orange packaged with box incorporated with antimicrobial agents. Korean J. Food Preserv., 13, 273-278
6. 한국과학기술정보연구원. (2002) 나노고분자 복합재료 기술. 경희인쇄정보(주), 서울, 대한민국, p.14-52.
7. Marangoni, A.G., Jackman R.L. and Stanley, D.W. (1995) Chilling-associated softening of tomato fruit is related to increased pectinmethylesterase activity. J. Food Sci., 60, 1277-1281
8. A.O.A.C. (1995) Official Methods of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington V.A., p.11-37
9. Lau, O.L., Liu, Y. and Yang S.F. (1984) Influence of storage atmosphere and procedures on 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid concentration in relation to flesh firmness in 'golden delicious' apple. Hortscience, 19, 425-432
10. Beaudry, R.M. (1999) Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. Postharvest Bio. Technol., 15, 293-303
11. Moon, K.D., Cheon, S.H. and Kim, J.G. (1996) Changes of sugar components in cell wall polysaccharides from tomato fruits during ripening. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products, 3, 113-120
12. Lee, D.H., Yoon, H.S. and Choi, J.U. (2001) Changes of quality characteristics on the cherry tomatoes during the CA storage. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 8, 239-245
13. 박현진, 이철호. (2008) 식품저장학. 고려대학교출판부, 서울, 대한민국, p.112
14. Lee, G.W., Bunn, J.M., Han, Y.J. and Christenbury, G.D. (1997) Ripening characteristics of light irradiated tomatoes. J. Food Sci., 62, 138-140
15. Kadder, A.A., Stevens, M.A., Albright, H.M., Morris, L.L. and Algazi, M. (1977) Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 102, 724-731
16. Picha, D.H. (1986) Effect of harvest maturity on the final fruit composition of cherry and large-fruited tomato cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci., 111, 723-727
17. John, C.B. and Mikal, E.S. (1995) Postharvest quality and pH of *Fusarium* inoculated redripe tomatoes stored under controlled atmospheres. Int. J. Food Int J Food Sci. Tech., 30, 379-389
18. 김진수. (2000) 식품냉동냉장학. 도서출판 효일, 서울, 대한민국, p.222

(접수 2009년 1월 6일, 채택 2009년 3월 27일)