



## Changes in physiological characteristics and functional compounds of ‘Kkwariput’, ‘Gilsang’ and ‘Cheongyang’ pepper fruit after harvest

Me-Mea Park<sup>1</sup>, Eun-Young Yang<sup>2</sup>, Dong-Ryeol Baek<sup>1</sup>, Soo-Young Chae<sup>2</sup>,  
 Jung-Soo Lee<sup>1</sup>, Yoon-Pyo Hong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Postharvest Technology Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

<sup>2</sup>Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

### ‘과리풋’, ‘길상’, ‘청양’ 고추의 수확 후 생리특성 및 기능성 성분 변화

박미희<sup>1</sup> · 양은영<sup>2</sup> · 백동렬<sup>1</sup> · 채수영<sup>2</sup> · 이정수<sup>1</sup> · 홍윤표<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 저장유통과, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 채소과

#### Abstract

Three cultivars of green pepper with unique fruit shapes, ‘Kkwariput’, ‘Gilsang’, and ‘Cheongyang’, were investigated for changes in physiology and functional compounds during storage to optimize postharvest management. The results showed that the respiration and ethylene production rates of ‘Gilsang’ were lower than those of ‘Kkwariput’ and ‘Cheongyang’, having the lowest weight loss during storage at both 4°C and 20°C. The ‘Cheongyang’ pepper exhibited the highest firmness among the three cultivars, and it remained high until the end of storage. The soluble solids content and the titratable acidity were significantly higher in ‘Cheongyang’ than in ‘Gilsang’ and ‘Kkwariput’. With regards to fruit color, in all three cultivars the L\* values decreased while the a\* values increased with storage time. Based on the appearance index, ‘Cheongyang’ had a longer shelf life at 20°C than ‘Gilsang’ or ‘Kkwariput’. However, ‘Gilsang’ showed the lowest seed browning rate at 5 day at 20°C among the three cultivars after 14 day of cold storage at 4°C. The results of functional compounds analysis showed that capsaicin content increased with storage time, with the highest content found in ‘Cheongyang’. Antioxidant capacity, as determined by ABTS and DPPH assays, increased with storage time, and ‘Cheongyang’ showed higher antioxidant retention capacity than ‘Gilsang’ and ‘Kkwariput’. The highest vitamin C content was also found in ‘Cheongyang’. Based on the overall superior results of the ‘Cheongyang’ cultivar, this study suggests a close correlation between the retention capacity of functional compounds and the shelf life in green peppers.

Key words : antioxidant, capsaicin, *Capsicum annuum*, fruit shape, shelf-life

#### 서론

고추(*Capsicum annuum*)는 가지과 채소에 속하는 작물로 우리나라 채소류 생산액의 10.8%를 차지하고 있는 주요

원예 작물이다(1). 소비자들이 고추에 함유된 비타민 C, 캡사이신 등 기능성 성분에 대한 관심이 높아지면서 매년 소비가 증가하고 있다(2). 고추의 이용형태는 고춧가루가 주로 이용되어 왔지만 최근에는 풋고추 단독 또는 혼합형으로 이용되는 경향이 있다. 풋고추는 6월부터 9월까지 수확하는 일반 작형과 2월부터 6월까지 재배하는 축성재배 작형으로 대부분 시설하우스에서 재배되며 과실의 함수율이 높고, 부패하기 쉬운 연한 조직을 가지고 있어 저장이 어렵다(3). 풋고추의 품질저하의 원인은 주로 수분손실과 미생물에 의한 부패이며(4) 저온에 민감한 작물로 7°C 이하에서

\*Corresponding author. E-mail : hongyp0113@korea.kr  
 Phone : 82-63-238-6503, Fax : 82-63-238-6505  
 Received 2 August 2018; Revised 18 September 2018; Accepted 13 November 2018.  
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

장기저장 시 외부에 곰보현상, 수침 등의 장해증상이 있고, 내부의 태좌와 종자가 갈변되는 ‘저온 장해’(chilling injury)를 받는다(5,6). 또한 수확 후 유통 중 저장 시 온도가 높으면 수분 손실이 현저하게 증가하여 저장 수명이 짧아지는데 이는 품종에 따라 상이한 차이를 보인다(7). 따라서 고추 품종 특성에 따른 수확 후 생리작용을 이해하고 적정 수확 후 관리 방법을 개발하여 적용하는 것이 필요하다.

풋고추는 과실특성에 따라 ‘녹광형’(일반계), ‘청양형’(신미계), ‘파리형’, ‘할라페뇨형’, ‘오이형’ 고추로 나눌 수 있다(8). 청양형 고추는 재래종과 비슷한 매운맛을 지닌 품종으로 과장의 길이는 7-9 cm, 과폭은 1.5-2.5 cm 정도이다. 파리형 고추는 과실표면에 주글주글한 굴곡이 있고 육질이 연하고 부드러운 것이 특징이다. 오이형 고추는 과색은 농녹색이고 광택이 있으며 매운맛이 거의 없고, 향이 많은 풋고추이다(8). 이들 풋고추 품종은 형태 뿐만 아니라 매운 맛 정도, 아삭함에 있어서도 많은 차이를 보이고 있다(8).

고추의 매운맛의 원천은 캡사이신으로 항발암성 치료제로 사용되며(9) 지금까지 고추 품종별 또는 가공방법에 따른 캡사이신 함량 변화에 대한 연구가 수행되어져 왔으나 풋고추 저장중의 함량변화에 대한 연구는 거의 없다.

또한 고추는 비타민 C와 같은 항산화 성분의 주요 공급원으로서 비타민 C 함량은 품종과 숙기, 재배환경과 수확 후 처리과정에 따라 차이가 나는 것으로 알려져 있다(10-12). 고추의 항산화 성분 또한 수확 후 처리와 저장기간에 따라 함량이 변화한다고 보고되고 있으나(13,14) 풋고추 품종별로 수확 후 저장기간 동안의 기능성 성분변화에 대한 연구는 거의 없다. 최근 소비자들의 기능성 성분에 대한 관심이 높아짐에 따라 풋고추의 품종 특성에 맞는 유통 및 저장기간 중 고유의 성분을 유지시키는 수확 후 품질 관리법이 필요하다.

본 연구에서는 풋고추의 품종 특성에 따른 수확 후 관리법 개발을 위해 과실의 형태와 매운 맛에 차이를 보이는 파리형 ‘파리풋’, 오이형 ‘길상’, 청양형 ‘청양’ 품종의 수확 후 생리특성을 조사하고 저장 수명을 비교하였다. 또한 풋고추 저장기간 동안 기능성 성분을 조사하여 저장 수명과의 연관성을 고찰하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료 및 저장

고추 ‘생생맛파리풋(파리풋, Nongwoo Bio, Suwon, Korea), ‘길상’(Sakata Korea, Seoul, Korea), ‘청양’(Monsanto Korea, Seoul, Korea)은 국립원예특작과학원의 비가림하우스(‘파리풋’, ‘길상’) 및 노지(‘청양’)에서 ‘파리풋’은 2017년 2월 23일에 파종하여 2017년 4월 25일에 정식, ‘청양’은

2017년 2월 23일에 파종하여 2017년 5월 8일에 정식, ‘길상’은 2017년 3월 3일에 파종하여 2017년 4월 25일에 정식하였다. 개화 후 25-30일 사이의 고추를 2017년 7월 4일과 8월 2일에 수확하여 각각 상온저장, 저온저장 실험용으로 사용하였다. 수확 즉시 고추를 실험실(23°C±2°C)로 옮겨 품온을 낮추면서 건전과를 선별하였다. 선별된 건전과는 플라스틱 트레이에 담고 PE 필름으로 덮은 후 상온 저장 조건은 20±1°C에서 13일간 저장, 저온 저장조건은 4°C에서 14일간 저장 후 상온에서 5일간 저장하면서 품질을 조사하였다.

### 호흡 및 에틸렌 발생량 측정

고추의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 ‘파리풋’과 ‘청양’ 각각 15개체, ‘길상’ 10개체를 1.4 L의 밀폐용기에 밀봉한 후 저온(4°C)과 상온(20±1°C)에서 4시간 동안 가스를 축적한 후 1 mL를 주사기로 포집하여 GC(7890B GC, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 과실을 담은 용기를 하나의 반복으로 하여 각 처리별 3반복으로 수행하였다. 호흡량은 packed 컬럼인 Porapak Q(G3591-80013, Agilent Technologies) 컬럼과 TCD 검출기로 주입온도는 100°C, 컬럼온도는 80°C, 검출 온도는 250°C 조건에서 분석하였다. 에틸렌 발생량은 Capillary 컬럼인 CaboBOND (Agilent Technologies) 컬럼과 FID 검출기로 주입온도 150°C, 컬럼온도는 80°C, 검출온도는 300°C 조건에서 분석하였다.

### 중량감소율, 외관, 가용성 고형물 함량과 경도, 색도, 적정산도 측정

고추의 중량감소율은 ‘파리풋’과 ‘청양’ 각각 plastic 용기를 하나의 반복으로 하여, 상온과 저온 저장기간 동안 동일한 tray를 측정하여 초기 중량에 대해 감소하는 중량을 백분율로 표시하였으며, 각 품종별로 3반복 조사하였다. 외관 품질 평가는 30개체씩 담은 plastic 용기를 하나의 반복으로 하여, 저장기간 동안 동일한 tray를 측정하여 기준 점수로 표시하였으며, 각 품종별로 3반복 조사하였다. 가용성 고형물 함량은 과실을 착즙 후 굴절당도계(Digital Refractometer PAL-1, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 3반복 조사하였다. 경도는 품종별로 15개체를 선별하여 개체당 과피 2부분을 직경 3 mm probe를 사용하여 속도는 0.5 mm/sec로 경도계(TA Plus, Lloyd Instruments Ltd., Bognor Regis, UK)로 측정하였다. 과피색은 품종별로 15개체를 선별하여 개체당 2부분을 색차계(Model CR-400; Minolta, Tokyo, Japan)로 Hunter L\*, a\* 및 b\* 값으로 표시하였다. 적정산도는 착즙액 5 mL를 채취하여 3차 초순수 20 mL를 첨가하여 희석 후 자동산도적정기(Titroline easy; SCHOTT Instruments GmbH, Mainz, Germany)를 이용하여 0.1 N NaOH로 적정하여 구연산 함량으로 환산하여 표시하였다. 외관지수는 과실의 신선함, 물러짐, 부패를 고려한

0-4로 평가하였다. 0, 가장 우수(수확당시의 신선함); 1, 우수; 2, 보통; 3, 불량(꼭지갈변, 물러짐); 4, 매우 불량(부패)에서 2점을 상품성 한계점으로 하였다.

### 비타민 C 함량 측정

고추의 비타민 C 함량측정은 2,6-dichlorophenolindophenol (DCIP)법(15)을 기본으로 하여 Hiromi 등(16)과 Ignat 등(17)의 방법을 변형하여 수행하였다. 고추 생체시료 5 g과 5% metaphosphoric acid-8% acetic acid 용액 20 mL를 균질기(T25 digital ULTRA TURRAX, IKA, Staufen, Germany)를 이용하여 10,000 rpm으로 1분 동안 균질화 시켰다. 그 후 원심분리기(LaboGene 2236R, Gyrozen, Daejeon, Korea)를 이용하여 4°C, 15,000 rpm 조건에서 15분 원심 분리하였다. 분리된 상등액을 PTFE 0.45 µm 주사기 filter를 이용하여 여과하여 측정용에 이용하였다. 0.1% DCIP 100 µL에 추출액을 넣어가며 rose pink색이 5초 이상 유지 될 때의 양을 확인하였고 0.1% ascorbic acid를 표준물질로 이용하여 정량 하였다.

### 분석시료 전처리

고추 분석시료 전처리는 Collins 등(18)의 방법에 의해 수행하였다. 동결 건조한 고추 분말시료와 acetonitrile을 1:10비율로 sonicator(RK510H, Bandelin, Berlin, Germany)를 사용하여 1시간 교반 후 중탕기에서 80°C로 4시간 중탕 시켰다. 그 후 원심분리기(LaboGene 2236R, Gyrozen)를 이용하여 4°C, 15,000 rpm 조건에서 15분 원심 분리하였다. 분리된 상등액을 PTFE 0.45 µm 주사기 filter를 이용하여 여과하여 분석에 이용하였다. 실험에 사용한 모든 시약은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입 하였으며, 고성능 액체크로마토그래피를 이용한 분석에는 LC용 시약 및 유기용매를 사용하였다.

### Capsaicin 함량 측정

고추의 캡사이신은 Collins 등(18)의 방법으로 UPLC (ACQUITY UPLCTM system, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 정량 하였다. 표준물질은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물을 사용하였다. Column은 BEH C<sub>18</sub>(2.1 mm×50 mm, 1.7 µm, Waters Co.)을 사용하였고 용매로는 acetonitrile:water(30:70-95:5)의 농도로 gradient를 주었으며 유속은 0.4 mL/min였다. UV 조건은 280 nm였으며 시료 주입량은 10 µL였다.

### ABTS 및 DPPH Free Radical 소거 활성에 의한 항산화 활성 측정

고추의 ABTS assay는 Re 등(19)의 방법을 변형하여 수행하였다. 실험 전 7 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)와 2.45 mM

potassium persulphate를 상온에서 12시간 이상 암반응을 시켜 원액을 만든 후 흡광값을 734 nm에서 0.7±0.02가 되도록 희석하여 준비하였다. 96-well plate 추출액 20 µL와 ABTS 희석액 180 µL를 넣고 20분간 암반응 후 흡광값을 734 nm에서 측정하였다. 표준곡선은 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid(trolox)를 이용하여 0 mM과 0.3 mM 사이에서 유의적으로 작성하였다. DPPH assay는 Dietz 등(20)의 방법을 변형하여 수행하였다. 96-well plate에 추출액 20 µL와 0.18 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 180µL를 넣고 20분간 암반응 후 흡광값을 515 nm에서 측정하였다. 표준곡선은 trolox를 이용하여 0 mM과 0.8 mM 사이에서 유의적으로 작성하였다. 흡광값은 multiplate reader (Epoch2, BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 이용하여 측정하였으며 측정된 흡광값을 trolox equivalent로 환산하였다.

### 통계분석

고추의 호흡량, 에틸렌발생량 및 중량감소율은 3반복씩 조사하여 평균값을 구한 후 표준오차(standard error, SE)로 나타내었다. 고추의 품질 특성 중 경도, 색도는 15개체를 조사하여 평균값을 구한 후 표준오차로 나타내었으며, 가용성 고형물 함량과 적정산도는 5개체를 1반복으로 하여 3반복 조사 후 처리간 유의성을 검정하였다. Capsaicin 함량, 항산화 활성, 비타민 C 함량은 균질화된 시료를 사용하여 3반복으로 분석하였다. 처리간의 유의성 검정은 SAS 프로그램(SAS 9.2, SAS Institute Inc., NC, USA)을 이용하여 ANOVA를 실시한 후, Duncan's multiple range test(DMRT)를 하여 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 고추 품종별 저장 기간 동안 호흡량 및 에틸렌 발생량 변화

고추 '파리꽃', '길상', '청양' 품종을 수확 후 상온(20°C)에 저장 한 후 호흡 및 에틸렌 발생량을 조사한 결과, 수확 당일 호흡량은 '파리꽃', '길상', '청양'이 각각 58.9 mL/kg·h<sup>-1</sup>, 44.2 mL/kg·h<sup>-1</sup>, 100.4 mL/kg·h<sup>-1</sup>으로 나타났으며, 저장초기에 감소했다가 상온 저장기간이 지남에 따라 증가하였다. 이는 수확 시의 스트레스로 인하여 호흡량이 일시적으로 증가한 후 안정적으로 유지된 후 저장기간 동안 후속이 진행되면서 호흡량이 증가한 것으로 판단된다. 품종간에는 '청양'이 호흡량이 가장 높고 '길상'이 상온 저장기간 동안 가장 낮게 유지되었다(Fig. 1A). 저온(4°C)에 14일 저장과 5일간 상온유통기간 동안 고추의 호흡량을 조사한 결과, 저온저장 14일 동안은 수확당일 저온저장 시 '파리꽃', '길상', '청양'이 각각 54.87 mL/kg·h<sup>-1</sup>, 38.36 mL/kg·h<sup>-1</sup>, 50.45mL/kg·h<sup>-1</sup>로 나타났으며, 저온저장 14일 동안 8.9-19.4

$\text{mL/kg}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 낮게 유지되었다. ‘파리꽃’과 ‘청양’이 저온저장 후 상온 유통 시 ‘길상’보다 높게 급상승하는 것으로 나타났다(Fig. 1B). 이는 호흡량이 저장온도와 유의적인 상관관계를 가지고 있기 때문인 것으로 보인다.

‘파리꽃’, ‘길상’, ‘청양’ 고추의 에틸렌 발생량은 상온 저장기간이 지날수록 증가하였다. 저온 저장기간 동안  $1\text{mL/kg}\cdot\text{h}^{-1}$  이하로 낮게 유지되었으며 상온 유통 시 약간 증가하였으나, ‘파리꽃’을 제외하고는 증가폭이 크지 않았다(Fig. 1). 고추는 호흡패턴이 비급등형작물이며 에틸렌 발생량이 낮은 것으로 보고 되고 있다(21).

### 고추 품종별 상온 저장기간 동안 품질의 변화

고추 품종별 수확 후 저장기간 동안 품질의 변화를 상온 저장과 저온 저장기간으로 나누어 조사하였다. 상온 저장기간 동안 품질을 조사한 결과 고추의 중량감소율은 ‘길상’이 상온저장 13일까지 13.6%로 가장 낮게 나타났으며, 이는 타 품종에 비해 호흡량이 낮게 나타난 것과 연관이 있는

것으로 판단된다(Fig. 2A). 일반적으로 호흡량이 높은 작물이 대사작용이 활발하여 수분을 포함한 저장양분이 호흡의 기질로 쓰이기 때문이다. 경도는 ‘청양’이 저장기간 동안 8.8-11.6 N을 유지하면서 타 품종에 비해 유의적으로 가장 높게 나타났다(Fig. 3A). ‘길상’은 수확 당시에는 경도가 10.8 N으로 ‘청양’ 11.6 N과 비교 시 유의적인 차이가 없었으나, 저장기간이 지날수록 4.4-5.9 N으로 급격히 낮아졌다. ‘파리꽃’의 경도는 상온 저장기간 동안 4.2-6.9 N 를 유지했다. 가용성 고형물함량은 세 품종 모두 저장기간이 지남에 따라 유의적으로 증가하였는데 ‘파리꽃’이 4.1-6.0 °Brix, ‘길상’이 4.0-5.0 °Brix내외이며 ‘청양’이 상온 저장 기간 동안 5.0 °Brix에서 6.4 °Brix로 증가하면서 유의적으로 가장 높게 나타났다. 상온저장 중 고추의 산도는 수확초기에 ‘길상’이 0.08%이 ‘파리꽃’ 0.15%, ‘청양’ 0.19%에 비해 낮게 나타났으며, 세 품종 모두 저장기간이 지남에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 저장기간과 품종간의 유의적인 상관관계가 나타났다(Table 1). 이는 각각의 고추 품종 고유의

**Table 1. Changes in soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), and skin color variables of green pepper fruit in three green pepper cultivars stored at 20°C for 13 days**

Cultivar	Storage period (days)	SSC (°Brix)	TA (%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Kkwariput	0 <sup>1)</sup>	4.1±0.1 <sup>2)</sup>	0.15±0.00 <sup>bc</sup>	47.43±0.79 <sup>a</sup>	-12.39±0.40 <sup>bc</sup>	17.17±1.04 <sup>b</sup>
	3	4.8±0.2 <sup>c</sup>	0.16±0.01 <sup>bc</sup>	42.22±0.59 <sup>b</sup>	-13.28±0.21 <sup>c</sup>	17.77±0.57 <sup>ab</sup>
	6	5.5±0.0 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>bc</sup>	42.86±0.65 <sup>b</sup>	-11.45±0.64 <sup>bc</sup>	16.67±0.87 <sup>b</sup>
	8	5.4±0.1 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>c</sup>	42.71±0.47 <sup>b</sup>	-9.70±1.14 <sup>ab</sup>	16.08±0.64 <sup>b</sup>
	10	6.0±0.3 <sup>a</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>	39.73±0.52 <sup>c</sup>	-8.02±1.43 <sup>a</sup>	19.83±0.50 <sup>a</sup>
	13	5.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	38.56±0.39 <sup>c</sup>	-7.05±1.84 <sup>a</sup>	17.92±0.82 <sup>ab</sup>
Gilsang	0	4.0±0.0 <sup>c</sup>	0.08±0.00 <sup>d</sup>	46.35±0.76 <sup>a</sup>	-11.79±0.37 <sup>b</sup>	16.43±0.89 <sup>a</sup>
	3	4.6±0.1 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>c</sup>	42.56±0.60 <sup>b</sup>	-11.35±0.25 <sup>b</sup>	14.67±0.54 <sup>a</sup>
	6	4.6±0.1 <sup>b</sup>	0.11±0.00 <sup>bc</sup>	41.48±0.33 <sup>b</sup>	-10.03±0.38 <sup>a</sup>	11.87±0.47 <sup>b</sup>
	8	4.6±0.1 <sup>b</sup>	0.12±0.00 <sup>b</sup>	41.74±0.42 <sup>b</sup>	-9.51±0.40 <sup>a</sup>	10.14±0.35 <sup>b</sup>
	10	4.9±0.0 <sup>a</sup>	0.13±0.00 <sup>c</sup>	37.90±0.41 <sup>c</sup>	-9.73±0.49 <sup>a</sup>	11.67±0.87 <sup>b</sup>
	13	5.0±0.1 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	37.98±0.35 <sup>c</sup>	-9.11±0.30 <sup>a</sup>	11.36±0.60 <sup>b</sup>
Cheongyang	0	5.0±0.1 <sup>c</sup>	0.19±0.00 <sup>ab</sup>	45.02±0.46 <sup>a</sup>	-12.08±0.44 <sup>d</sup>	16.50±0.99 <sup>a</sup>
	3	5.6±0.1 <sup>d</sup>	0.16±0.01 <sup>bc</sup>	41.19±0.22 <sup>b</sup>	-11.61±0.26 <sup>cd</sup>	13.70±0.50 <sup>b</sup>
	6	6.1±0.1 <sup>bc</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	41.19±0.24 <sup>b</sup>	-10.90±0.19 <sup>bc</sup>	12.22±0.37 <sup>bc</sup>
	8	5.8±0.2 <sup>bc</sup>	0.16±0.01 <sup>c</sup>	41.68±0.25 <sup>b</sup>	-9.80±0.17 <sup>ab</sup>	10.05±0.27 <sup>d</sup>
	10	6.8±0.2 <sup>a</sup>	0.20±0.00 <sup>a</sup>	38.45±0.36 <sup>c</sup>	-10.48±0.38 <sup>bc</sup>	12.83±0.76 <sup>bc</sup>
	13	6.4±0.1 <sup>ab</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>	37.83±0.45 <sup>c</sup>	-8.86±0.69 <sup>a</sup>	11.33±0.93 <sup>cd</sup>
Significance						
Cultivar (A)		*** <sup>3)</sup>	***	***	NS	***
Storage period (B)		***	***	***	***	***
A×B		*	***	NS	NS	***

<sup>1)</sup>Data at 0 day represent the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

<sup>2)</sup>Means with the same lowercase letter within the column were not significantly different at  $p<0.05$  with Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup>NS, \*, \*\*, and \*\*\* nonsignificant or significant at  $p<0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively.

신미로 인하여 품종간의 가용성 고형물 함량과 산도의 품종간의 높은 유의적인 차이가 나타난 것으로 보인다. 고추의 과피색은 '파리꽃', '길상', '청양' 세 품종 모두 L\* 값은 수확당일 45.0-47.4 사이에서 상온 저장기간이 지남에 따라 37.8-38.4 로 낮아졌으며 붉은 색을 나타내는 a\* 값은 저장기간이 지남에 유의적으로 증가하였다(Table 1). 이러한 결과는 Kim 등(22)에 의한 파리고추가 저장기간이 지남에 따라 a\* 값이 증가하고 b\* 값이 감소한다는 결과와 일치한다. 상온 저장기간 동안 L\* 값과 a\* 값은 품종과 상온 저장기간 간의 유의적인 차이는 없었으나, 황색도를 나타내는 b\*값은 품종과 상온 저장기간 간의 유의적인 차이를 보였다. 다시 말해 고추의 붉은색을 나타내는 a\* 값의 변화는 품종간의 차이보다는 저장기간과 연관성이 높은 것으로 나타났다. 이상의 과실의 상온저장기간 동안 품질의 변화가 반영된 과실의 상품성을 과실의 신선함, 물러짐, 꼭지갈변, 부패 등을 고려한 외관지수로 측정하였다. 그 결과, 외관지수 2를 상품성 한계점으로 볼 때 '청양'은 9일, '파리꽃'과 '길상'은 7일이 상온 저장 한계기간으로 판단된다(Fig. 4).

**고추 품종별 저온 저장기간 동안 품질의 변화**

고추 '파리꽃', '길상', '청양' 품종을 저온에 2주 저장한 후 상온 유통 5일 동안 품질의 변화를 조사한 결과, 중량감소율은 저온 저장 2주 동안에는 6-10% 이었으나 상온 유통기간 동안 급격히 증가하였으며 '파리꽃', '청양', '길상' 순으로 중량감소율이 높았다(Fig. 2B). 경도는 수확초기 '파리꽃', '길상', '청양'이 8.1 N, 11.6 N, 12.7 N으로 나타나 저온 저장기간 동안뿐만 아니라 저온 저장 후 상온 유통기간 동안에도 '청양'이 '파리꽃'과 '길상'에 비해 유의적으로 높게 유지되었다(Fig. 3B). 반면에 '길상'은 2주 동안 저온 저장 후 상온 유통 5일 동안 경도가 급격히 낮아지는 경향을 보였다. '청양', '길상', '파리꽃'의 과피조직을 분석한 결과, '청양'과 '파리꽃'의 과육의 두께는 평균 1 mm, '길상'의 과육의 두께는 1.5 mm 로 나타났다. 상온에서는 수확 후 일수가 지남에 따라 수분 손실로 과육이 얇아진 경향이 있으나, 저온 저장에서는 저장 후 14일까지는 초기치에 비해 크게 차이가 나지 않았다(data not shown). 따라서 과피조

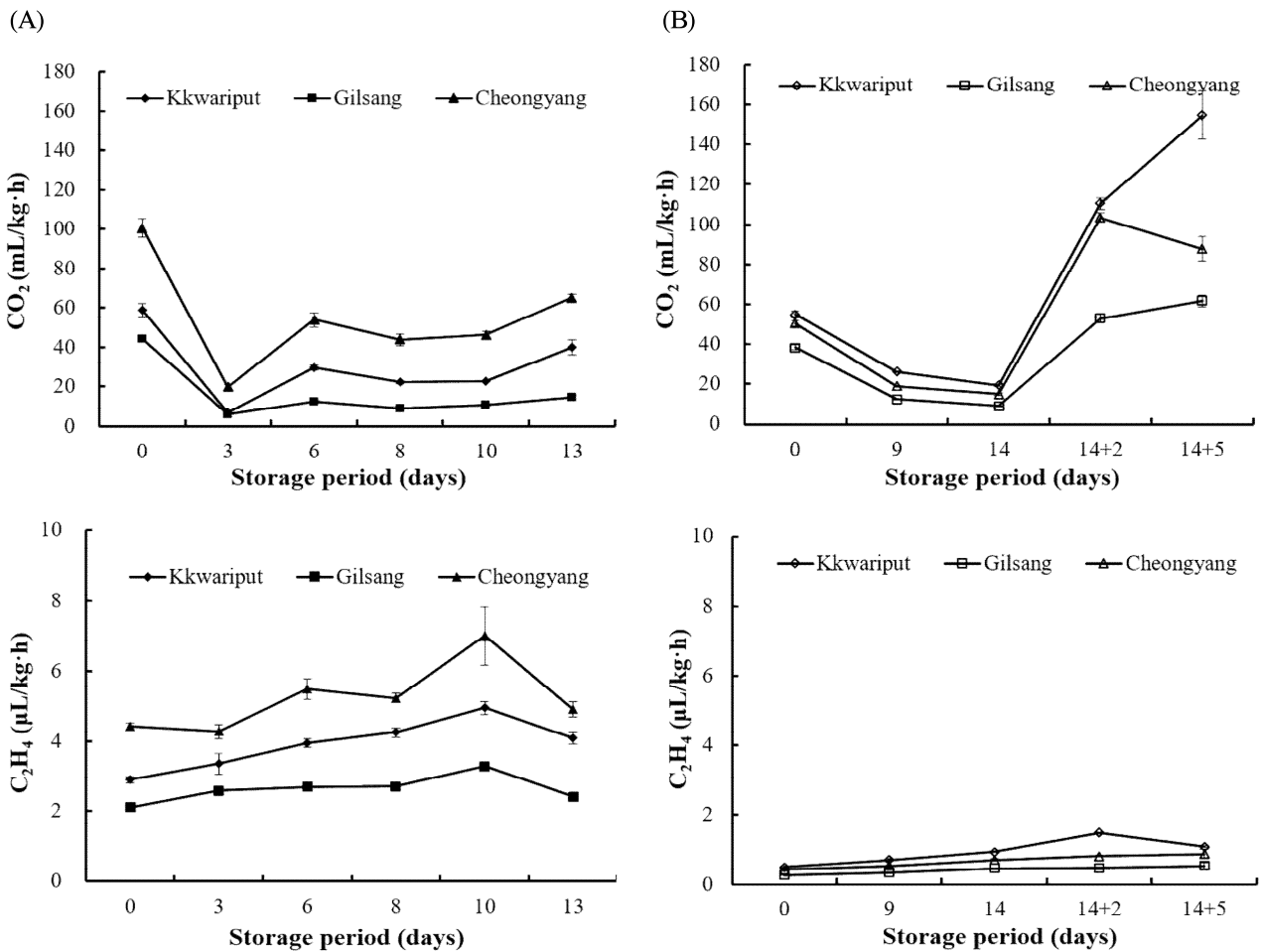


Fig. 1. Changes in respiration rate (upper) and ethylene production (lower) of green peppers 'Kkwariput', 'Gilsang', 'Cheongyang' at 20°C for 13 days (A), at 4°C for 14 days and/or followed by 5 days at 20°C (B).

Vertical bars represents standard error (n=3).

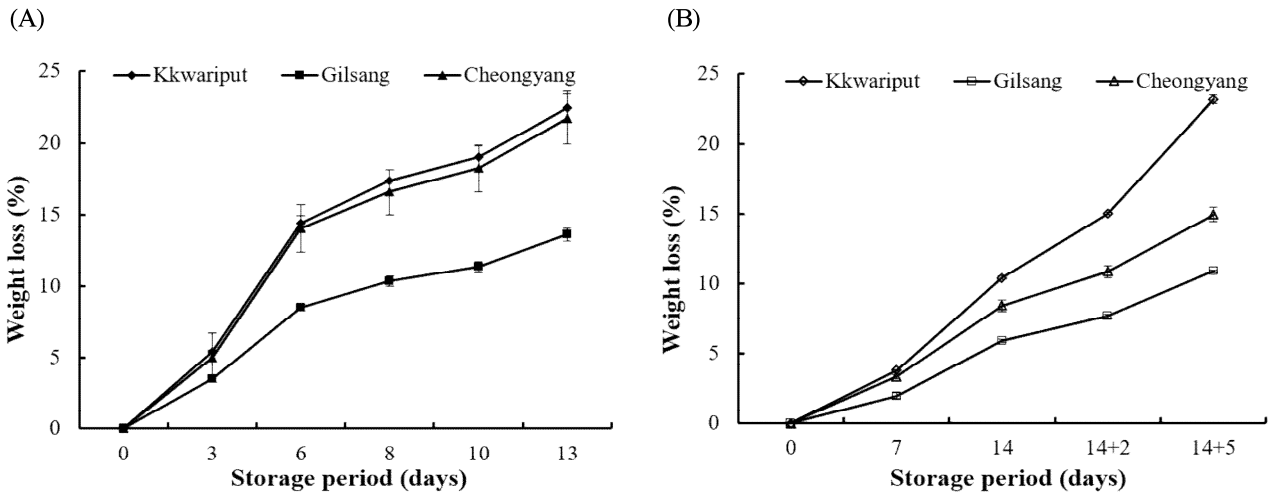


Fig. 2. Changes in weight loss of green peppers 'Kkwariput', 'Gilsang' and 'Cheongyang' stored at 20°C for 13 days (A) or 4°C for 14 days and transfer to 20°C for another 5 days (14+5) (B).

Values represent the mean of 3 replicates and each replicate had 15 samples. Vertical bars represents standard error (n=3). Data at 0 day represents the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

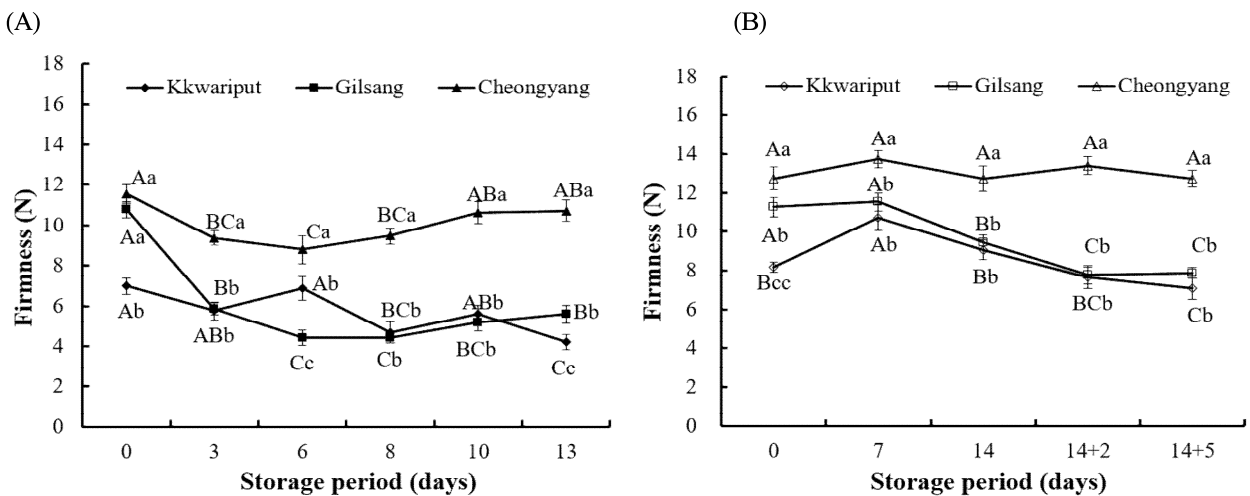


Fig. 3. Changes in firmness of green peppers 'Kkwariput', 'Gilsang' and 'Cheongyang' stored at 20°C for 13 days (A) or 4°C for 14 days and transfer to 20°C for another 5 days (14+5) (B).

Values represent the mean of three replicate, vertical bar represent standard error (n=15). Different uppercase letter above line indicate significant difference among storage periods for each cultivar and different lowercase letter above line indicate significant difference among cultivar for each storage period by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ). Data at 0 day represents the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

직의 두께보다 조직 검경으로 세포 내 간극 등에 대한 정밀한 검토가 필요할 것으로 보인다. 가용성 고형화합물의 함량은 '파리꽃', '길상', '청양' 모두가 저온 저장기간 및 상온 유통기간 동안 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며 가용성 고형물 함량은 품종과 저장기간 간의 유의적인 상관관계를 나타냈다. 그 중 '청양'은 수확 당시 6.7 °Brix로서 '파리꽃' 5.0 °Brix, '길상' 4.8 °Brix에 비해 높게 나타났으며 저온 저장 후 상온 유통 시 9.5 °Brix으로 타 품종에 비해 유의적으로 높게 나타났(Table 2). 적정 산도는 '파리꽃'은 저온 저장 후 상온 유통 시 낮아지는 반면에 '청양'은 높아지는 경향을 보였으며, 품종간에는 '청양'이 산도가

가장 높게 나타났(Table 2). 과피색은 저온 저장기간 동안 '파리꽃', '길상'과 '청양'의 L\* 값은 저온 저장기간 동안 낮아졌다가 상온으로 옮기면서 높아지는 경향을 보였다. 붉은색을 나타내는 a\* 값은 저온 저장기간 동안 세 품종 모두 큰 변화가 없었으나, 상온 유통기간 동안 증가하였으며, 특히 '청양'의 a\* 값이 급격히 높아지며 붉은 색으로 변하기 시작하였다(Table 2). b\* 값은 저장기간이 지남에 따라 세 품종 모두 유의적으로 낮아지는 경향을 보였으며 '길상'이 12.4로 가장 낮게 나타났(Table 2). 통계분석 결과, 저온 저장과 저온 저장 후 상온 유통기간 동안의 고추의 가용성 고형물 함량, 산도, 과피색은 고추의 품종과 저장기

**Table 2. Changes in soluble solids content(SSC), titratable acidity (TA), and skin color variables of green pepper fruit in three green pepper cultivars stored at 4°C for 14 days followed by 5 days at 20°C**

Cultivar	Storage period (days)	SSC (°Brix)	TA (%)	Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)
Kkwariput	0 <sup>1)</sup>	5.0±0.1 <sup>2)</sup>	0.20±0.01 <sup>b</sup>	46.87±0.51 <sup>ab</sup>	-14.29±0.17 <sup>d</sup>	21.23±0.76 <sup>a</sup>
	7	5.6±0.1 <sup>ab</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	45.45±0.48 <sup>bc</sup>	-12.58±0.18 <sup>e</sup>	18.24±0.51 <sup>b</sup>
	14	5.8±0.2 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	42.06±0.53 <sup>d</sup>	-12.46±0.22 <sup>e</sup>	19.04±0.37 <sup>b</sup>
	14+2	5.8±0.2 <sup>a</sup>	0.19±0.01 <sup>b</sup>	44.28±0.50 <sup>c</sup>	-9.39±0.24 <sup>b</sup>	16.33±0.59 <sup>c</sup>
	14+5	5.3±0.1 <sup>bc</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>	48.28±0.52 <sup>a</sup>	-8.13±0.82 <sup>a</sup>	18.63±0.79 <sup>b</sup>
Gilsang	0	4.8±0.1 <sup>c</sup>	0.16±0.04 <sup>a</sup>	45.91±0.39 <sup>a</sup>	-13.39±0.19 <sup>d</sup>	18.84±0.47 <sup>a</sup>
	7	5.6±0.1 <sup>b</sup>	0.20±0.00 <sup>a</sup>	42.91±0.24 <sup>b</sup>	-10.60±0.17 <sup>e</sup>	13.87±0.26 <sup>c</sup>
	14	6.1±0.1 <sup>ab</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	40.09±0.34 <sup>c</sup>	-11.16±0.26 <sup>cd</sup>	15.81±0.46 <sup>b</sup>
	14+2	6.2±0.4 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>a</sup>	42.98±0.30 <sup>b</sup>	-7.93±0.35 <sup>b</sup>	13.20±0.82 <sup>d</sup>
	14+5	6.5±0.1 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	44.96±0.40 <sup>a</sup>	-2.91±2.00 <sup>a</sup>	12.46±0.69 <sup>c</sup>
Cheongyang	0	6.7±0.1 <sup>d</sup>	0.25±0.01 <sup>b</sup>	45.83±0.26 <sup>b</sup>	-13.29±0.18 <sup>e</sup>	18.41±0.38 <sup>b</sup>
	7	6.8±0.1 <sup>d</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	45.01±0.29 <sup>c</sup>	-12.67±0.15 <sup>e</sup>	18.30±0.37 <sup>Ab</sup>
	14	8.0±0.2 <sup>c</sup>	0.22±0.01 <sup>bc</sup>	44.04±0.20 <sup>d</sup>	-13.20±0.24 <sup>e</sup>	20.34±0.47 <sup>a</sup>
	14+2	8.6±0.1 <sup>b</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>	47.65±0.34 <sup>a</sup>	-1.18±1.15 <sup>b</sup>	18.68±0.53 <sup>b</sup>
	14+5	9.4±0.2 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	47.27±0.17 <sup>a</sup>	13.99±3.64 <sup>a</sup>	18.24±0.29 <sup>b</sup>
Significance						
Cultivar (A)		*** <sup>3)</sup>	***	***	***	***
Storage period (B)		***	NS	***	***	***
A×B		***	***	***	***	***

<sup>1)</sup>Data at 0 day represent the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

<sup>2)</sup>Means with the same lowercase letter within the column were not significantly different at p<0.05 with Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup>NS, \*, \*\*, and \*\*\* Nonsignificant or significant at p<0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

간과 매우 높은 상관관계를 나타냈다. 이러한 고추 품질 지표와 더불어, 고추의 상품성의 영향을 미치는 주요한 요인이 저온장해이다. 고추는 한계온도 이하에서 장기 저온 저장 시 종자갈변, 핏팅 등의 저온장해 현상이 일어난다. 저온장해 현상은 저온 저장보다 상온 유통 중에 더 선명하게 나타난다(5). 또한 고추의 종자갈변율은 저온 저장 온도 및 기간에 유의적인 상관관계를 나타낸다(23). 본 연구에서는 '파리꽃', '길상', '청양'을 저온 저장 2주 후 상온 유통기간 동안 종자갈변도를 조사한 결과 '파리꽃'이 저온 저장 7일에 30%, '청양'은 10% 나타났으며, 저온저장 14일에 '파리꽃' 56.6%, '길상'이 13.3%, '청양' 46.6%로 나타났다 (Fig. 5) 저온 저장 후 상온 유통 5일째, 종자갈변율은 '파리꽃' 61.8%, '길상' 25.0%, '청양'이 53.3%로 나타나 고추의 저온 저장 수명을 종자갈변율을 기준으로 살펴보았을 때 '길상'이 상품과율이 가장 높은 것으로 나타났다.

#### 고추의 저장기간 동안 기능성 성분변화

고추의 품질 지표가 될 수 있는 capsaicinoid는 capsaicin과 dihydrocapsaicin으로 나누어진다(9). 고추의 매운 맛을 가진 capsaicin 함량을 조사한 결과 상온 저장 13일째에 '파

리꽃'은 15.35 mg/100 g, '청양'은 117.30 mg/100 g으로 '길상'은 단위 범위 아래로 나타났다(Table 3). 고추의 저장기간 동안 capsaicin 함량의 변화는 상온 저장이 지남에 따라 증가하였으며, '청양'이 293.31 mg/100 g으로 '파리꽃' 57.63 mg/100 g, '길상' 2.18 mg/100 g에 비해 가장 많이 증가하였다(Table 3). 한편 저온 저장 후 상온 5일째의 capsaicin 함량은 '청양'은 140.61 mg/100 g, '파리꽃'은 69.14 mg/100 g, '길상' 4.45 mg/100 g (Table 3)으로 나타났다. '청양'의 경우 '파리꽃'과 '길상'과 달리 지속적인 상온 저장한 경우보다 저온 저장 후 상온 저장한 과실에서의 capsaicin 함량이 낮게 나타나, 타 품종에 비해 저온이 캡사이신 합성에 큰 영향을 미치는 것으로 추정된다. Dihydrocapsaicin의 함량도 비슷한 경향으로 상온 저장기간이 지남에 따라 세 품종 모두 함량이 수확 당일보다 증가하였으며 청양이 가장 높게 나타났다(Table 3). 풋고추의 capsaicin 함량은 저장기간 동안 증가하였고 변색기일 때 최고로 높아진다고 보고(24)된 결과와 일치한다. Capsaicinoid의 함량은 품종이나 재배지역에 따라 차이가 나는 것으로 알려져 있다(25). 또한 고추의 매운맛의 정도는 비료, 광 조건 등의 재배환경과의 상호작용에 영향을 받는다(26).

**Table 3. Changes in capsinoids content of green peppers during storage**

Cultivar	Capsaicin (mg/100 g)			Dihydrocapsaicin (mg/100 g)		
	0 <sup>1)</sup>	13 <sup>2)</sup>	14+5 <sup>3)</sup>	0	13	14+5
Kkwariput	15.35±0.73 <sup>Bb4)</sup>	57.63±15.10 <sup>Ba</sup>	69.64±6.93 <sup>Ba</sup>	7.79±0.64 <sup>Bb</sup>	32.81±7.98 <sup>Ba</sup>	42.66±2.90 <sup>Aa</sup>
Gilsang	0.00±0.00 <sup>Cc</sup>	2.18±0.45 <sup>Cb</sup>	4.45±0.23 <sup>Ca</sup>	0.00±0.00 <sup>Ca</sup>	0.00±0.00 <sup>Ca</sup>	0.62±0.62 <sup>Ca</sup>
Cheongyang	117.30±3.18 <sup>Ac</sup>	293.31±10.81 <sup>Aa</sup>	140.61±3.24 <sup>Ab</sup>	22.98±1.33 <sup>Ac</sup>	88.76±1.92 <sup>Aa</sup>	35.56±1.35 <sup>Bb</sup>

<sup>1)</sup>Data at 0 day represent the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

<sup>2)</sup>Data at 13 represent the value of green peppers stored for 13 days at 20°C.

<sup>3)</sup>Data at 14+5 represent the value of green peppers stored for 14 days stored at 4°C followed by 5 days at 5°C.

<sup>4)</sup>Means with the same uppercase letter in the column or same lowercase letter in the row were not significantly different at p<0.05 with Duncan's multiple range test.

수확 후 캡사이신 변화에 관한 연구는 주로 홍고추를 대상으로 이루어져 있으며 건조방법에 따른 차이가 알려져 있다 (25,27). 본 연구를 통해 풋고추의 수확 후 capsaicin 함량의 변화는 품종의 영향이 큰 것으로 보인다. 고추의 주요 기능성 성분인 항산화성분을 DPPH와 ABTS의 라디칼 소거능으로 측정할 결과 ‘파리꽃’과 ‘길상’, ‘청양’ 세 품종 모두 수확 당시보다 상온 저장 13일째 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다. 수확 당시 과실의 DPPH 라디칼 소거능이 ‘파리꽃’은 2.84 µmol TE/g, ‘길상’은 3.56 µmol TE/g,

‘청양’은 4.28 µmol TE/g 으로 ‘청양’이 가장 높았으며, 상온 저장 13일 후 ‘파리꽃’은 3.66 µmol TE/g, ‘길상’은 3.67 µmol TE/g, ‘청양’은 5.31 µmol TE/g 으로 세 품종 모두 라디칼 소거능이 증가하였다(Table 4). 저온 저장 후 상온 저장 5일 후의 DPPH 라디칼 소거능은 ‘파리꽃’은 5.94 µmol TE/g, ‘길상’은 5.19 µmol TE/g, ‘청양’은 6.12 µmol TE/g 으로 지속적으로 상온 저장 한 고추에 비해 높게 나타났는데(data not shown), 이는 저온 저장에 의해 고추의 선도가 유지되었기 때문인 것으로 판단된다. ABTS 라디칼 소거

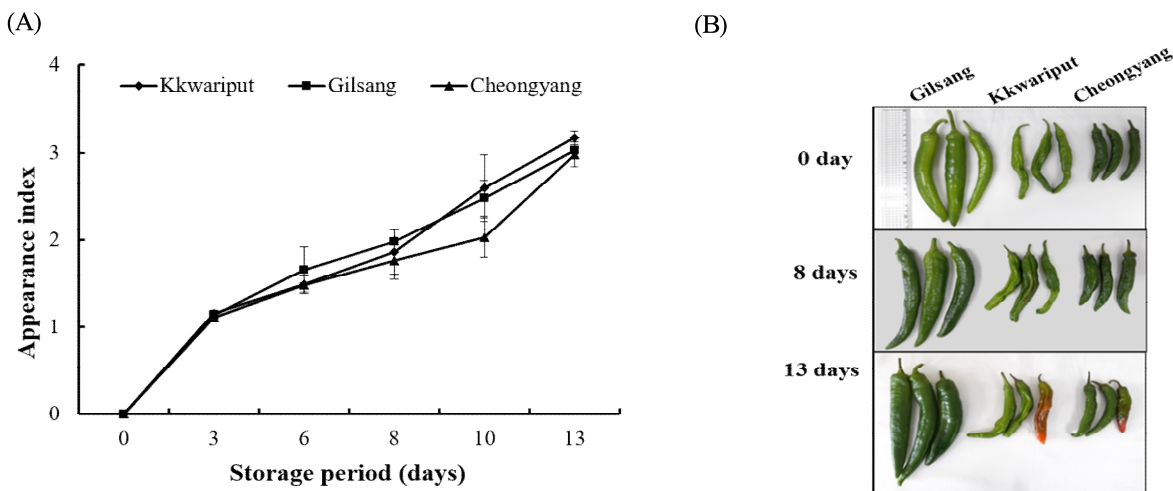
**Table 4. Changes in DPPH and ABTS radical scavenging activity, and Vitamin C content of green peppers stored at 20°C for 13 days**

Cultivar	DPPH (µmol TE <sup>1)</sup> /g)		ABTS (µmol TE/g)		Vitamin C (mg%)	
	0 <sup>2)</sup>	13	0	13	0	13
Kkwariput	2.84±0.04 <sup>Cb3)</sup>	3.66±0.06 <sup>Ba</sup>	15.00±0.26 <sup>Bb</sup>	19.15±0.94 <sup>Ba</sup>	6.67±0.43 <sup>Ba</sup>	6.49±0.17 <sup>Ba</sup>
Gilsang	3.56±0.07 <sup>Ba</sup>	3.67±0.20 <sup>Ba</sup>	16.73±1.80 <sup>Ba</sup>	18.96±1.07 <sup>Ba</sup>	7.40±0.50 <sup>Ba</sup>	4.94±0.35 <sup>Cb</sup>
Cheongyang	4.28±0.10 <sup>Ab</sup>	5.31±0.04 <sup>Aa</sup>	25.85±0.72 <sup>Ab</sup>	33.75±1.60 <sup>Aa</sup>	10.76±0.49 <sup>Aa</sup>	8.56±0.28 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>TE, Trolox equivalents.

<sup>2)</sup>Data at 0 day represent the initial value of green peppers before storage at first day after harvest.

<sup>3)</sup>Means with the same uppercase letter in the column or same lowercase letter in the row were not significantly different at p<0.05 with Duncan's multiple range test.



**Fig. 4. Changes in appearance of green peppers ‘Kkwariput’, ‘Gilsang’ and ‘Cheongyang’ stored at 20°C for 13 days (A). Pictures were taken from fruits stored for 13 days at 20°C (B).**

Appearance index: 0=excellent, 1=good, 2=fair, 3=poor, 4=very poor.



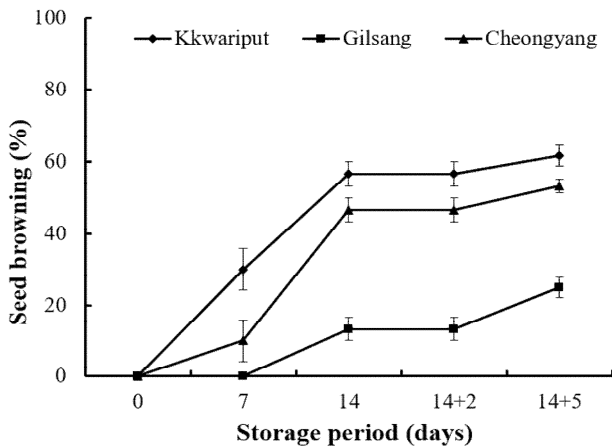


Fig. 5 Seed browning rate of green peppers 'Kkwariput', 'Gilsang' and 'Cheongyang' stored at 4°C for 14 days and transfer to 20°C for another 5 days (14+5).

The percentages of seed browning rate were considered as the ratio of the samples that showed symptoms from the total number in each batch. Each value is shown as the mean±SE of 45 replicates.

농도 상온 저장기간이 지남에 따라 증가하였으며, 특히 '청양'의 경우 수확 당시 25.85  $\mu\text{mol TE/g}$ 에서 상온 저장 13일째 33.75  $\mu\text{mol TE/g}$ 으로 유의적으로 증가하여 '파리꽃'과 '길상'에 비해 항산화능이 높은 품종으로 판단되었다 (Table 4). 일반적으로 고추의 항산화력은 품종과 재배환경에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있으며, 저장기간이 지나 노화가 진행됨에 따라 낮아지는 것으로 나타났다 (10,11,24).

풋고추는 일일 섭취 요구량보다 더 많은 비타민 C를 함유하고 있어 비타민 C의 공급원으로서 우수한 작목이며 천연 항산화제로 불린다(28). 고추 품종별 저장기간 동안 비타민 C(ascorbic acid)함량을 과실 생체시료를 사용하여 DICP법으로 조사하였다. 그 결과 고추의 상온유통기간 동안 비타민 C함량은 수확 당시 '파리꽃' 6.67 mg%, '길상'이 7.40 mg%, '청양'이 10.76 mg%로 나타났으며 저장말기 '청양'이 8.56 mg%로 가장 높게 유지되었다(Table 4). 본 연구결과는 Chitavathi 등(24)의 green chilies의 ascorbic acid가 저장기간이 지남에 따라 노화의 진행과 함께 점진적으로 감소한다는 결과와 Deeppa 등(29)과 Ghasemnazhad 등(30)에 의한 bell pepper의 ascorbic acid 분석 결과와도 일치한다. 비타민 C의 손실은 산화현상과 다른 식물 효소들로 인해 발생하며 (31) 이는 빛과, 산소, 열, peroxidase와 같은 효소에 의해 촉진된다. 이를 차단하기 위해 식용 코팅 처리한 것이 무처리에 비해 비타민 C의 감소를 줄일 수 있다고 보고되었으며 (32), modified atmosphere 포장법으로(24,33) anti-fog 필름 사용 시 ascorbic acid가 저장기간 동안 무포장에 비해 보유력이 높았으며 노화가 천천히 나타났다. 한편 본 연구에서 고추의 비타민 C 함량이 저장기간에 따라 줄어든 반면에

DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 증가한 것은 저장기간이 지남에 따라 항산화능을 가진 capsaicin과 색소 성분의 증가한 것에 기인한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 '청양'이 비타민 C함량 보유력을 비롯한 항산화능이 높고 저장력도 우수한 것으로 나타나 기능성 성분과 저장성과의 연관성이 제시되었다.

## 요 약

고추의 품종에 따른 선도 유지 기술 개발과 저장성이 높은 품종 육성을 위하여 서로 다른 과실 형태를 가진 '파리꽃', '길상', '청양' 고추의 수확 후 생리특성을 조사하고 기능성 성분과 저장성을 비교하였다. 그 결과 호흡량은 '길상'이 상온 유통기간과 저온저장 후 상온 유통 시 '파리꽃'과 '청양'에 비해 낮게 나타났으며 저장기간 동안 중량감소율도 가장 낮았다. 경도는 '청양'이 가장 높게 나타났으며 저장 말기까지 유지되었다. 가용성 고형물 함량과 산도는 '청양'이 높았으며 과피색은 '길상' 고추가 L\* 값이 가장 낮고 저장기간이 지남에 따라 a\* 값이 증가하였다. 외관 품질 지수로 판단할 때 청양이 길상과 '파리꽃'에 비해 상온 저장 유통기간이 길게 나타났다. 저온 저장 후 상온유통 시 종자갈변율은 '길상'이 타 품종보다 낮게 나타났다. 풋고추의 저장기간 동안 기능성 성분의 변화를 조사한 결과, 캡사이신 함량은 '청양'이 가장 높게 나타났고, 저장기간이 지남에 따라 증가하였다. ABTS와 DPPH 소거능은 저장기간이 지남에 따라 증가하였는데 '청양'이 가장 높았다. 비타민 C함량도 '청양'이 가장 높게 나타났다. 또한 '청양'이 항산화 성분 보유력이 '길상'과 '파리꽃'에 비해 높은 것으로 나타났다. 본 연구로부터 풋고추의 기능성 성분 보유력과 저장수명의 연관성이 제시되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(PJ011356)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). <http://www.mafra.go.kr/mafra> (accessed September 2018)
2. Park SM, Kang WH, Kim IS, Jeong CS (2001) Effect of storage temperature and relative humidity on the quality of red hot pepper and sweet pepper. J Kor Soc

- Hort Sci, 42, 519-522
3. Rural Development of Administration (RDA) (2017) Storage In Pepper ed. Agriculture technology guide 115, RDA, Jeonju, Korea, p 286-293
  4. Gonzalez-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF, Ruiz-Cruz S, Acedo-Felix E, Diaz-Cinco ME (2004) Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. LWT-Food Sci Technol, 37, 817-826
  5. Shin SY, Park MH, Choi JW, Kim JG (2017) Gene network underlying the response of harvested pepper to chilling stress. J Plant Physiol, 219, 112-122
  6. Boonsiri K, Ketsa S, van Doorn WG (2007) Seed browning of hot peppers during low temperature storage. Postharvest Biol Technol, 45, 358-365
  7. Samira A, Woldetsadik K, Workneh TS (2013) Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. J Food Sci Technol, 50, 842-855
  8. Rural Development of Administration (RDA) (2017) Cultivar selection In Pepper ed. Agriculture technology guide 115, RDA, Jeonju, Korea, p 49-59
  9. Surh YJ, Lee SS (1996) Capsaicin in hot chilli pepper: Carcinogen, co-carcinogen or anticarcinogen?. Food Chem Toxicol, 34, 313-316
  10. Perez-Lopez AJ, Moises del Amor F, Serrano-Martinez A, Fortea MI, Nunez-Delicado E (2007) Influence of agricultural practices on the quality of sweet pepper fruits as affected by the maturity stage. J Sci Food Agric, 87, 2075-2080
  11. Serrano M, Zapata PJ, Castillo S, Guillen F, Martinez-Romero D, Valero D (2010) Antioxidant and nutritive constituents during sweet pepper development and ripening are enhanced by nitrophenolate treatments. Food Chem, 118, 497-503
  12. Lee SK, Kader AA (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol Technol, 20, 207-220
  13. Andrade Cuví MJ, Vicente AR, Concellon A, Chaves AR (2011) Changes in red pepper antioxidants as affected by UV-C treatments and storage at chilling temperatures. LWT Food Sci Technol, 44, 1666-1671
  14. Kevers C, Falkowski M, Tabart J, Defraigne JO, Dommes J, Pincemail J (2007) Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. J Agric Food Chem, 55, 8596-8603
  15. Horwitz W (1990) Vitamin C (ascorbic acid), 2,2 dichloroindophenol tetrameric method. In: Helrich Ed, AOAC: Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> ed, Arlington, VI, USA, p 1058-1059
  16. Hiromi K, Kuwamoto C, Ohnishi M (1980) A rapid sensitive method for the determination of ascorbic acid in the excess of 2,6-dichlorophenolindophenol using a stopped-flow apparatus. Anal Biochem, 101, 421-426
  17. Ignat T, Schmilovitch Z, Fefoldi J, Steiner B, Alkalai-Tuvia S (2012) Non-destructive measurement of ascorbic acid content in bell peppers by VIS-NIR and SWIR spectrometry. Postharvest Biol Technol, 74, 91-99
  18. Collins MD, Wasmund LM, Bosland PW (1995) Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. HortScience, 30, 137-139
  19. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol Med, 26, 1231-1237
  20. Dietz BM, Kang YH, Liu G, Egger AL, Yao P, Chadwick LR, Pauli GF, Farnsworth NR, Mesecar AD, van Breemen RB, Bolton JL (2005) Xanthohumol isolated from *Humulus lupulus* inhibits menadione-induced DNA damage through induction of quinone reductase. Chem Res Toxicol, 18, 1296-1305
  21. Lee SH, Chung EJ, Joung YH, Choi D (2010) Non-climacteric fruit ripening in pepper: increased transcription of *EIL*-like genes normally regulated by ethylene. Funct Integr Genomics, 10, 135-146
  22. Kim HK, Kim HS, Lee GD, Lee BY (1996) Quality attributes of quarri green peppers at different storage temperatures. Korean J Food Sci Technol, 28, 220-225
  23. Cantwell M (2009) Chile pepper, Recommendations for maintaining postharvest quality. [http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity\\_Resource/Fact\\_Sheets/Datastores/Vegetables\\_English/?uid=12&ds=799](http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resource/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=12&ds=799) (accessed September 2018)
  24. Chitravathi K, Chauhan OP, Raju PS (2015) Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). Food Packaging Shelf Life, 4, 1-9
  25. Kim CH, Ryu SH, Lee MJ, Baek JW, Hwang HC, Moon GS (2004) Characteristics of red pepper (*Capsicum Annuum* L.) powder using N<sub>2</sub>-circulated low temperature drying method. Korean J Food Sci Technol, 36, 25-31
  26. Govindarajan VS, Rajalakshmi D, Chand N, Salzer UJ (1987) Capsicum-Production, technology, chemistry, and

- quality. Part IV. Evaluation of quality. CRC Crit Rev Food Sci Nutr, 25, 185-282
27. Lim JH, Seong JM, Park KJ, Jeong JW (2008) Effects of freezing and/or thawing conditions on the quality of mashed red pepper. Korean J Food Preserv, 15, 675-681
  28. Howard LR, Talcott ST, Brenes CH, Villalon B (2000) Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. J Agric Food Chem, 48, 1713-1720
  29. Deepa N, Kaur C, George, B, Singh B, Kapoor HC (2007) Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. LWT-Food Sci Technol, 40, 121-129
  30. Ghasemnezhad M, Sherafati M, Payvast GA (2011) Variation in phenolics compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell peppers (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest times. J Funct Foods, 3, 44-49
  31. McErlain L, Marson H, Ainsworth P, Burnett SA (2001) Ascorbic acid loss in vegetables: adequacy of a hospital cook-chill system. Int J Food Sci Nutr, 52, 205-211
  32. Ayranci E, Tunc S (2004) The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). Food Chem, 87, 339-342
  33. Qin Y, Zhuang Y, Wu Y, Li L (2016) Quality evaluation of hot peppers stored in biodegradable poly (lactic acid)-based active packaging. Sci Hortic, 202, 1-8