

GOVP1200616829  
T0008142

최 종  
연구보고서

## 파프리카의 저장성 향상에 관한 연구

Establishment of Postharvest Technology on Quality  
Maintenance in Paprika Fruits

연구기관

경상대학교

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “파프리카의 저장성 향상에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 05 월 24 일

주관연구기관명 : 경 상 대 학 교

총괄연구책임자 : 조 정 래

세부연구책임자 : 조 정 래

연 구 원 : 강 성 모

연 구 원 : 임 채 일

연 구 원 : 임 채 신

연 구 원 : 임 중 민

연 구 원 : 김 보 숙

연 구 원 : 정 중 수

협동연구기관명 : 경남농업기술원

협동연구책임자 : 황 해 준

연 구 원 : 심 재 석

연 구 원 : 정 병 만

연 구 원 : 이 애 란

# 요 약 문

## I. 제 목

파프리카의 저장성 향상에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

고추속 작물은 세계적으로 생산과 소비가 증가하는 채소류중의 하나이며 이러한 증가 추세는 새로운 품종의 개량과 육성을 통해 지속되어질 전망이다 (Andrew, 1995; Yun 등, 2002). 현재 재배종의 주류를 이루는 것은 Bell, Chili, Jalapeno, Cayenne, Cherry peppers 등 이다(Smith 등, 1987).

파프리카는 색상이 좋고 영양가가 높은 것으로 알려져 소비가 점차 증가해 가고 있으며 고추의 작물로서 인식이 높아짐에 따라 2001년 4월 재배면적이 133ha이었던 것이 2005년 3월 302ha로 생산 면적이 계속 증가하고 있는 추세이다. 그러나 파프리카는 건고추와 달리 일반적으로 생식으로 이용되기 때문에 신선도를 유지하는 것이 상품성 유지에 매우 중요하다.

고추는 고온성 작물로 7°C 이하에서 저장할 경우 저온장해를 받고 곰팡이 발생에 의한 2차 감염에 의해 반점성 부패현상을 보이며 수확전이나 수확 후 4 ~ 5°C 이하의 저온이 처리된 고추는 저장 중 회색 곰팡이균(*Botrytis cinerea*)에 의한 부패 발생률이 높다 (Salunkhe와 Desai, 1984). 또한 저장 중 수분 감소와 병해충에 의한 품질저하로 상품성이 떨어지며(Bae 등, 2003) 저온에 매우 민감한 작물로서 품종에 따라 0 ~ 10°C의 범위 안에서 저온장해 현상이 나타난다고 한다(Kader,1992). 국내에서 재배되고 있는 풋고추의 경우 CA 저장으로 4°C에서도 고품질을 유지할 수 있었다고 한다(Yang과 Lee, 1997). 그 외에도 고추의 품질 저하를 방지하기 위해서 PE 필름처리(Bae 등, 2003), MA (Fronney와 Lipton)저장 등 이에 관련하여 많은 연구가 있어왔다.

우리나라의 파프리카는 12~8월 수확하여 일본에 대량 수출되고 있지만 고품질 유지를 위한 체계적인 기술이 개발되어 있지 않은 실정이고 특히, 7~8월 고온기 수확 시에는 예냉이나 저온저장에 대한 체계적인 기술 개발이 필요한

실정이다. 네덜란드산 파프리카가 일본시장에 수출되는 거리는 국내산에 비해 더욱 길지만 일본시장에서는 고품질 파프리카로 호평을 받고 있다. 이것은 우수한 저장기술이 수확단계부터 유통단계까지 고품질 유지에 뒷받침되었기 때문인 것으로 보여진다. 장거리 유통이나 온도가 높은 여름철 수출시에 저장·수송 중 저하된 품질이 가격하락의 중요한 원인 중 하나인데 이것을 방지하기 위해서는 저장력을 극대화할 수 있는 기술개발이 매우 중요하다. 현재 경남지역 산간지에서 여름에 재배·생산된 파프리카는 관행적으로 약 10~15°C에서 저장·유통되고 있으나 일관성이 없으며 체계화 되어있지 않다. 파프리카는 가격이 높아 고부가가치를 창출해내는 품목으로 많은 농가들이 장미, 토마토, 고추 등에서 파프리카로 작목을 전환하고 있는 실정이다. 하지만 파프리카의 수확 후 저장유통에 관한 연구는 국내에서는 거의 이루어지지 않고 있다. 우리나라에서 생산된 파프리카가 국제시장 경쟁력을 갖기 위해서는 생산 및 판매 현장을 방문하여 국내산 파프리카의 현지 실태를 조사·분석하고 우수한 저장기술 수집, 검정, 개발, 도입하여야 한다. 따라서 본 연구는 파프리카의 수확 후 저장 체계를 확립함으로써 내·외적인 품질 저하를 최소화하여 국내산 파프리카의 세계시장 경쟁력을 고취시키는데 그 목적을 두고 실시하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 적정 저장 조건 구명

국내에서 가장 많이 재배되고 있는 품종을 일부 선택하여 저장기간을 최대화할 수 있는 최적 온도조건을 구명하고 각 처리 온도별 저장 중 품질 변화를 조사하여 적정 저장 온도 및 저장 중 주요 품질 하락 원인을 연구하였다. 또한 pitting, 경도, 이온누출량 등을 측정하여 저장 중 발생하는 품질변화와 이들 간의 관계를 조사하였다. 해외시장에 판매되고 있는 국내산과 외국산 파프리카의 품질을 비교분석하고 외국에서 파프리카 저장 유통정보를 입수하여 본 연구의 기초자료로 적극 활용하였다.

#### 2. 저장 전 처리 조건 구명

곰팡이나 세균번식에 의한 부패로 파프리카의 저장 중 손실률이 많은데 이를

최소화하기 위해 열수 및 화학 물질을 처리하였다. 열수처리는 dipping과 spray 방법을 적용하여 처리 온도와 시간을 연구하였다. 화학 물질은 NaOCl 및 ethanol을 처리하였다.

고온기에 생산되는 파프리카의 높은 호흡은 품질하락의 주원인으로 작용하여 과실의 저장성에 매우 깊이 관여하고 있다. 수확 후 과실 내 포장열 제거 방법을 연구하여 저장성을 장기화 하고자 하였다. 또한 화학 물질 및 열처리를 병행함으로써 전처리 효과를 배가 시키고자 하였다. 전처리 연구결과를 생산 현장에 적용함으로써 실용화 가능 여부를 검증하였다.

### 3. 품종 및 수확시기에 따른 저장성 비교

현재 많은 종류의 파프리카가 재배되고 있는데 저장성이 우수한 품종을 선발하여 장거리 수출시장의 대상작물선정에 기초자료를 마련하고자 하였다. 파프리카는 11월에 첫 수확되어 이듬해 7월에 마지막 수확되는데 약 6 단계로 착과 시기가 나누어져 있다. 각 착과단계별 저장성을 비교한 결과는 현재 없는 상태이다. 또한 재배지역 및 환경이 다른 조건에서 수확된 파프리카의 저장성을 비교하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

저장기간이 길어질수록 수분손실증가, 경도감소, 이온누출량, 과탁갈변, 부패율등이 많아지는 경향이었고 특히 저장 20일째부터 5, 8°C 온도 처리구에서 수분손실이 서서히 높아지기 시작했다. 과실의 저장 중 냉해정도를 판별하기 위해서 이온누출 측정이 널리 이용되고 있다. Jubilee의 경우 5°C에서 이온 누출이 많았던 반면 Romeca는 5°C에서도 이온누출이 낮은 것을 볼 때 저온에 대한 감응정도는 품종간에 약간씩 차이가 있는 것으로 보여진다.

저장고 내에서의 호흡은 고온조건에서 다소 높았으나 저장 후 상온에서의 호흡은 저온 저장된 과실에서 더 높았다. 과경갈변은 저온에 의한 냉해증상 또는 곰팡이 감염에 의한 것으로 알려져 있다. Pitting 증상과 같이 과경갈변 또한 저장기간이 길어질수록 저장 온도가 낮을수록 증가하는 추세였으며, 모든 온도 처리구에서 Romeca보다 Jubilee에서 그 정도가 심했다.

포장열제거를 위해 냉각법을 수행한 결과 공랭에 의한 품온저하 효율은 수냉

이나 빙냉에 비해 매우 낮았다. 5°C로 공랭한 과실의 온도에 비해 10°C로 수냉한 과실의 온도가 빨리 낮아졌다. 빙냉처리시 수초내로 초기품온 30°C에서 15°C로 감소하였고 2분 내로 품온은 1°C에 이르렀다. 과실의 품온이 15°C에 이르는데 수냉처리의 경우 5, 10°C 처리구에서 각각 1, 2분이 소요되었던 반면, 10°C 공랭처리의 경우 각각 9, 20분이 소요되었다. 냉매를 이용하여 강제로 품온을 감소시켰을 경우 처리 후 즉시 호흡 및 에틸렌 발생량이 현저하게 감소되었다.

파프리카의 과경에 발생하는 곰팡이는 수확 후 2~3주 내에 발생하는데 과실 품질을 저하시키는 주원인으로 작용하고 있다. 열처리나 NaOCl, ethanol 등을 이용하여 저장 전 과경에 처리함으로써 곰팡이 번식에 의한 품질저하를 줄일 수 있었다. 무처리에 비해 열처리와 화학물질 처리의 곰팡이 발생억제효과는 매우 높았다. 열수처리는 온도가 높을수록, 처리시간이 길수록 곰팡이 발생억제에 효과적이었다. 파프리카는 수확 시 절단된 과경부위에서 곰팡이 번식이 시작되어 과탁, 과육으로 부패가 진행되는데 수확 후 열수처리를 함으로 부패에 의한 감모율을 줄일 수 있을 것으로 보여진다.

품종별 저장성 비교 실험에서 10°C 저장조건에서는 저장 3주까지 90%이상의 과실이 높은 상품성을 유지하였으나 5°C 이하의 저온저장에서는 경도감소, pitting과 같은 저온장해 증가로 상품과율이 감소하였다. Furore와 Special 품종의 저장성이 다른 품종에 비해 다소 높았다.

현재 파프리카는 고부가가치 채소작물로 재배면적 및 생산량이 급증하고 있는데 수확 후 품질 유지를 위한 전처리 및 저장성 향상에 관한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구 결과를 수출시장에 적용함으로써 국내산 파프리카의 신선도 및 품질을 유지시킬 수 있을 것으로 보여진다.

## SUMMARY

All amount of paprika produced in Korea is being exported to Japan fresh market. Its demand throughout the year has geared to develop two growing patterns such as low-land and high-land cultivation under greenhouses or plastic film houses in Korea. The study of postharvest technology on paprika quality maintenance is very important to provide consumers in Japan with the best quality of fruits and to open up a new market in distant countries with exporting fresh fruits. There are, however, no investigations in maintaining fruit quality of paprika produced in Korea during prolonged storage. This study was carried out to establish postharvest technology on quality maintenance in paprika fruit.

Water loss usually is the most important factor shortening storage life and reducing the quality of horticultural crops. Most fruits and vegetables lose their freshness when they transpire more than 3 ~ 10% of their weight that usually causes significant wilting, low firmness, shriveling, and poor taste. Because fruits used in this study were packed with polyethylene film bags, the fruit weight loss did not exceed 3% during storage at any conditions examined. Paprika fruit lost fresh weight and firmness linearly with storage time. In fruit firmness comparison on cultivars, 'Jubilee' showed slightly higher firmness than 'Romeca' during storage at different temperatures. Higher quality maintenances were observed in fruits stored at 12°C.

Paprika originated from tropical region is well known to be susceptible to chilling injury at temperatures below 7 ~ 10°C, depending on the cultivar and the duration of exposure. Physiological manifestations of chilling injury occurred in fruits exposed to 5°C with increasing electrolyte leakage.

The main quality deterioration in paprika as a result of this experiment was fruit stalk discoloration caused by *Botrytis cinerea* proliferation and

stalk end dry. This phenomenon limits the storage life and leads to losing quality. Hot water and NaOCl treatment were effective for fungal pathogene control. Microbial counts of paprika fruits treated with 60°C hot water spray for 1 minute was significantly lower by 60% reduction compared with those of tap water spray after 14 days storage at 10°C.

Storage life and overall fruit quality of paprika fruits were affected by cultivars and storage temperatures and duration. The quality of paprika fruits was deteriorated rapidly when stored at temperature range below 5°C, whereas storage life of fruits was retained much better at 12°C.



# CONTENTS

I . Introduction -----	10
1. Objectives -----	10
2. Importance -----	11
3. Goals and Scope -----	13
4. Experiment procedure -----	14
II. Current Development of Related Technology -----	16
III. Research Content: approaches, result, and discussion -----	19
1. Optimum storage condition -----	19
2. Prestorage treatment -----	61
3. Storability on cultivars and growing condition -----	99
IV. Achievement Evaluation -----	138
V. Practical Application of the Results -----	140
VI. Scientific Information Collected through the Project -----	141
VII. Literature Cited -----	142

## 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	10
제 1절	연구개발의 목표	10
제 2절	연구개발의 필요성	11
제 3절	연구개발의 내용 및 범위	13
제 4절	연구개발의 추진체계	14
제 2 장	국내외 기술개발 현황	16
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	19
제 1절	적정 저장 조건 구명	19
제 2절	저장 전처리 방법 연구	61
제 3절	품종 및 재배환경별 저장성 연구	99
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	138
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	140
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	141
제 7 장	참고문헌	142

## 제 1절 연구개발의 목표

파프리카(*Capsicum annuum L*)는 희랍어에서 파생된 말로 유럽에서는 모든 고추를 총칭한다. 영명으로는 sweet pepper 또는 bell pepper, 일본에서는 불어 piment를 피망으로 부르고 있지만 우리나라에서는 매운 맛이 없는 bell type인 착색 단고추를 파프리카라 한다.

파프리카는 매운 맛이 없고 단맛이 강하며 비타민 C가 풍부하여 미숙과 또는 숙과를 샐러드, 소박이에 주로 사용하는데 그 외에 튀김, 고기요리 등 한식, 양식, 화식(和食)등에 많이 사용되며 소비가 점차 늘어나고 있는 추세이다. 현재 파프리카는 내수기반 미확보로 생산의 전망을 수출에 의존하고 있으며 대부분이 일본에 수출되고 있다. 이것은 다른 나라에 비해 수송거리가 매우 짧아 수송단가가 매우 낮기 때문이다. 2001년 일본의 총 수입량 중 네덜란드산 6,700톤(27%), 뉴질랜드산 3,600톤(14%)에 비해 국내산이 14,400톤으로 전체의 58%를 차지했고 2003년에는 일본파프리카 시장의 65%를 차지한 것으로 볼 때 일본은 전체 파프리카 수입량 중 절반 이상을 한국산에 의존하고 있다. 파프리카의 국내 생산량은 2000년 2천 톤에 불과하던 것이 2005년에는 2만4천 톤으로 12배나 증가하였다. 가격 면에서는 2000년 톤당 약 6만4천 달러이던 것이 2001년에는 40만 달러로 가격이 1년 동안 6배 이상 증가했으나 2002년에는 35만 8천 달러로 2001년에 비해 약 4만 2천 달러가 감소했다(Kim, 2003). 이와 같은 한국산 파프리카의 가격하락은 파프리카의 수요가 급증함에 따라 “고품질 생산” 보다는 “생산량 증수”에만 주력된 생산형태로 변화됨에 따라 저급품 파프리카가 공급되었기 때문인 것으로 보여진다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 즉 세계시장에서 경쟁력을 높여 고부가가치를 실현하기 위해서는 고품질 상품을 생산·수출해야한다. 이를 위해서는 재배적인 측면이 우선 고려되어야 함과 동시에 수확 후 취급의 중요성이 간과되어서는 안된다. 파프리카를 비롯한 고온성 채소류는 각 작물에 대한 저온 한계온도 이하에 노출될 때 냉해(Chilling injury)를 받게 된다. 냉해는 실제 원예산물의 저장 중 큰 문제점이 될 수 있는 저장장해 중의 하나로서 파프리카와 같이 저온에 민감한 작물을 단순히 한계온도(Threshold temperature)이상의 온도에 저장함으로써 장해를 방지 할 수 있다. 그러나 저온은 작물 저장의 효과적인 수단으로 널리 이용되므로 작물의 냉해가 발생되지 않는 가능한 낮은 온도에서 저장하는 방법을 찾는 것이 필요하

다. 지금까지 수확 후 냉해에 관한 연구는 대부분 고추와 피망에 국한되어 왔으나 현재 그 수요와 생산이 증가하고 있는 국내산 수출 파프리카에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이며 그 연구 결과 또한 실험실에 국한되어 연구되고 있고 아직 실용화 되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 생산 시기·지역에 따른 파프리카 저장력을 비교하고 저장 중 냉해의 원인과 방지 방법을 구명하여 저장 가능한 기한을 예측하고 체계화하여 실용화시켜 국내산 파프리카의 국제 시장에서의 경쟁력을 높이고자 한다.

## 제 2절 연구개발의 필요성

파프리카 수확 직후에는 클로로필, 카로틴, 비타민C의 함량이 높고 표피에 광택이 나지만 저장일수가 길어짐에 따라 이 성분함량이 감소하고 광택이 서서히 사라진다. 수확 후 저온에 저장 하면 호흡이 감소하고 양분과 수분의 소모가 적으나 상온에 두면 급격히 호흡이 증가하여 이들 성분 소모가 많아진다. 따라서 수확 후 고품질을 유지시키기 위해서는 저장양분의 손실을 최소화하면서 저장기간을 연장시킬 수 있는 체계화된 저장방법 확립이 시급하다. 우리나라의 파프리카는 12~8월 수확하여 일본에 대량 수출되고 있지만 고품질 유지를 위한 체계적인 기술이 개발되어 있지 않은 실정이고 특히, 7~8월 고온기 수확 시에는 예냉이나 저온저장에 대한 체계적인 기술 개발이 필요한 실정이다. 네덜란드산 파프리카가 일본시장에 수출되는 거리는 국내산에 비해 더욱 길지만 일본시장에서는 고품질 파프리카로 호평을 받고 있다. 이것은 우수한 저장기술이 수확단계부터 유통단계까지 고품질 유지에 뒷받침되었기 때문인 것으로 보여진다. 장거리 유통이나 온도가 높은 여름철 수출시에 저장·수송 중 저하된 품질이 가격하락의 중요한 원인 중 하나인데 이것을 방지하기 위해서는 저장력을 극대화할 수 있는 기술개발이 매우 중요하다. 현재 경남지역 산간지에서 여름에 재배·생산된 파프리카는 관행적으로 약 10~15°C에서 저장·유통되고 있으나 체계화 되어있지 않다. 파프리카는 가격이 높아서 고부가가치를 창출해내는 품목으로 많은 농가들이 기존의 화훼, 토마토, 고추 등에서 파프리카로 작목을 전환하고 있는 실정이다. 하지만 파프리카의 수확 후 저장유통에 관한 연구는 국내에서는 거의 이루어지지 않고 있다. 우리나라에서 생산된 파프리카가 국제시장 경쟁력을 갖기 위해서는 생산 및 판매 현장을 방문하여 국내산 파프리카의

현실태를 조사·분석하고 우수한 저장기술 수집, 검정, 개발, 도입이 간과되어서는 안된다. 본 연구로 품종, 재배지역, 재배시기에 따른 수확 후 저장 체계를 확립함으로써 내·외적인 품질 저하를 최소화하여 국내산 고품질 파프리카의 세계 시장 경쟁력을 고취시킬 수 있음은 물론 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

### 1. 기술적 측면

#### 가. 파프리카의 저장 체계 확립

- 1) 저장 수명연장을 위한 저장 전처리 구명
- 2) 무공해 화학 물질 처리에 따른 저장성 비교
- 3) 저장 중 저장고 온도에 따른 냉해증상 비교

#### 나. 처리 방법에 따른 품질 변화

#### 다. 저장 후 출하 가능기간 구명

#### 라. 주요 냉해증상 구명

- 1) 저장 중 냉해의 종류 구명
- 2) 저장 조건별 냉해 증상 구명

#### 마. 재배 환경조건에 따른 저장성 비교

#### 바. 수확시기, 수확그룹별 저장성 비교

#### 사. 품종별 저장성 비교

### 2. 경제·산업적 측면

#### 가. 저장성 향상으로 농가소득 증대

#### 나. 장거리 유통 가능 - 일본이외의 수출국 다변화

#### 다. 효율적인 저장방법 구명으로 유통 손실률 감량

#### 라. 고품질 파프리카 수출로 세계시장 경쟁력 확보

#### 마. 저장 단가 절감

#### 바. 파프리카 이외의 작물에 적용 가능

### 3. 사회·문화적 측면

#### 가. 저장 체계 확립을 통한 고품질의 농산물 생산 및 공급

#### 나. 시기에 따른 안정적인 출하로 지속적인 생산기반 유지

## 제 3절 연구개발의 내용 및 범위

### 1. 적정 저장 조건 구명

국내에서 가장 많이 재배되고 있는 품종을 일부 선택하여 다양한 온도를 처리하여 저장기간을 최대화 할 수 있는 최적 온도조건을 구명하고 각 처리 온도별 저장 중 품질 변화를 조사하여 적정 저장 온도 및 저장 중 주요 품질 하락 원인을 연구하였다. 또한 pitting 발생, 경도감소, 이온누출량 등을 측정하여 저장 중 발생하는 품질변화와 이들 간의 관계를 조사하였다. 해외시장에 판매되고 있는 국내산과 외국산 파프리카의 품질을 비교분석하여 본 연구의 기초자료로 적극 활용하였다.

### 2. 저장 전 처리 조건 구명

곰팡이나 세균번식에 의한 부패로 파프리카의 저장 중 손실률이 많은데 이를 최소화하기 위해 열수 및 화학 물질을 처리하였다. 열수처리는 dipping과 spray 방법을 적용하여 적정 온도와 시간을 연구하였다. 화학 물질은 NaClO 및 ethanol을 처리하였다.

고온기에 생산되는 파프리카의 높은 호흡은 품질하락의 주원인으로 작용하여 과실의 저장성에 매우 깊이 관여하고 있다. 수확 후 과실 내 포장열 제거 방법을 연구하여 저장성을 장기화하고자 하였다. 또한 화학 물질 및 열처리를 병행함으로써 전처리 효과를 배가 시키고자 하였다. 전처리 연구결과를 현장에 적용할 수 있도록 수행하였다.

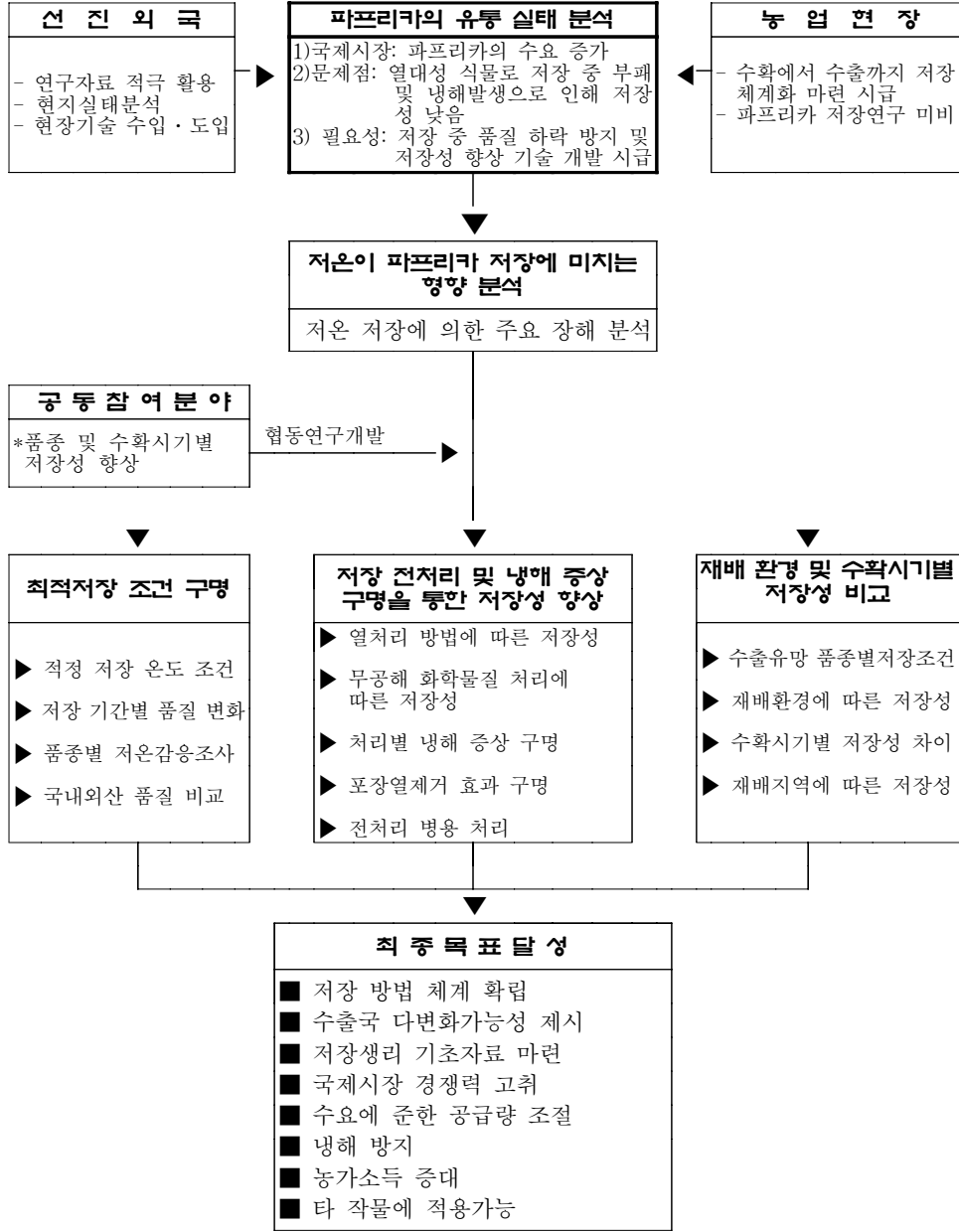
### 3. 품종 및 수확시기에 따른 저장성 비교

현재 많은 종류의 파프리카가 재배되고 있는데 저장성이 우수한 품종을 선발하여 장거리 수출시장의 대상작물선정에 기초자료를 마련하고자 하였다. 파프리카는 11월에 첫 수확되어 이듬해 7월에 마지막 수확되는데 약 6 단계로 착과 시기가 나누어져 있다. 이들 간 단계별 저장성 비교연구는 현재 없는 상태이고 이들 간의 차이를 연구하였다. 또한 재배지역 및 환경에 따른 저장성을 비교하였다.

## 제 4절 연구개발 추진체계

본 연구를 위한 연구원은 작물 생리학 교수 1명, 채소학 및 저장생리 교수 1명, 저장이용 전문가 1명 등을 중심으로 하여 대학원 박사과정 2명 등 본 연구에 적합한 우수한 연구진으로 구성되어있다. 본 연구를 수행하기 위한 첫 단계로 일본어학에 능통한 연구원 외 1명을 일본 현지에 단기간 파견하여 국내산 파프리카의 품질을 타국산과 비교·평가하여 연구에 필요한 정보를 수집하였다. 그리고 전 세계로 파프리카를 수출하고 있는 네덜란드을 현지 방문하여 농가에서 선별부터 해외수송 및 선적까지 처리과정에 대한 정보를 수집하였다. 또한 저장·유통 현지연구소를 방문하여 시험시설 및 관련정보를 교환하고 앞으로 상호협력 가능성에 대해서도 논의하였다. 이러한 수집된 자료와 정보를 본 연구에 적용함과 동시에 현지 생산지와 저장고를 방문하여 국내 여건에 맞추어 그들의 우수 기술을 도입하고 문서화된 우수 연구결과들을 참고하여 분야별·단계별로 본 연구를 진행했다. 국내 파프리카 재배는 본 대학 인근 경남 지역을 중심으로 이루어지고 있으므로 재료확보에 유리한 지리적 장점을 충분히 이용하여 신선하고 고품질의 파프리카를 이용하여 연구를 실시하였다.

# 1. 추진 체계도





## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

고추는 호온성 작물로 7°C 이하에서 저장할 경우 저온장해를 받고 곰팡이의 2차 감염에 의해 반점성 부패현상을 보이며 수확전이나 수확 후 4~5°C 이하의 저온이 처리된 고추는 이후 저장 중 회색 곰팡이균(*Botrytis cinerea*)에 의해 부패 발생률이 높다(Salunkhe와 Desai, 1984). 또한 저장중 수분 감소와 병해충에 의한 품질저하로 상품성이 떨어지며(Bae 등 2003) 저온에 매우 민감한 작물로서 품종에 따라 0~10°C의 범위 안에서 저온장해 현상이 나타난다고 한다(Kader,1992). 그러나 풋고추의 CA 저장으로 4°C에서도 고품질을 유지할 수 있었다 (Yang과 Lee, 1997). 그 외에도 고추의 품질 저하를 방지하기 위해서 PE 필름처리(Bae 등 2003), MA (Froney와 Lipton)등 저장연구가 많이 되어왔다.

Bae(2003)에 따르면 홍고추를 천공 하지 않은 PE필름 처리에서 저장 중 무게감소는 물론 과피 흑반과 태좌부의 곰팡이 번식 또한 가장 낮았다고 한다. 반대로 꼭지 무름 증상은 천공 필름처리 후 5°C 저온저장에서 감소되었다고 한다. MA 상태로 파프리카를 저온 저장했을 경우 저온장해를 감소시켜 저장성을 높일 수 있었다 (Froney와 Lipton, 1990). 파프리카는 성숙단계(Mature-green)에서 수확을 하지만 고품질의 과실을 생산하기 위해서는 숙기와 깊은 관련을 가지고 있는 과피색의 발달이 필수적이다 (Biles 등, 1993; Lurie 등, 1986). 이들에 따르면 고추는 호흡 특성상 non-climacteric fruit로 분류되고 있으며, 에틸렌 처리에 의하여 bell type, chili 또는 pimento type등의 고추에서 과실 색의 발달이 증가되었다고 한다. 또한 착색을 증진시키기 위해 bell pepper의 수확전후에 에틸렌을 살포하여 착색시험을 하였는데 그 효과는 없었다고 한다 (Knavell와 Kemp, 1973). Yun 등(2002)은 온도에 따른 고추의 착색과 성분을 조사하였는데 25°C에서 착색이 가장 빨리 되었지만 부패과의 발생이 많았으며, 30°C처리에서 capsaicinoid 함량이 가장 높았고 25°C에서 가장 낮았다고 한다. 또한 capsaicin과  $\beta$ -carotene의 함량은 15°C에서 가장 높았지만 다른 온도에서는 처리 간 차이가 없었다고 한다. 여러 작물에서 색의 발달은 저온 보다는 고온인 30°C에서 저조한 것으로 나타났는데 carotenoid 형성에 대한 온도의 영향은 토마토의 lycopene 합성에서 폭넓게 연구되어왔다 (Young와 Erickson, 1961). 과실에서 30°C 이상에서 lycopene의 합성은 억제되지만  $\beta$ -carotene은 억

제 되지 않았으며 대부분의 작물에서 carotenoid 합성에 적합한 온도는 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있는데 당근과 beet roots는 15~21°C에서 매우 급속하게 발생했지만 수박과 망고에서는 고온에서도 carotenoid의 형성이 억제되지 않았다(Vogele, 1973). 이와 같이 작물에 따라 색소의 발달정도는 다른 것으로 보여진다.

파프리카는 저장 중 냉해에 매우 민감한 작물중의 하나로 저장온도가 7°C이하로 떨어질 경우 그 피해는 더욱 증가한다 (Hardenburg 등, 1986). 냉해는 고추 뿐만 아니라 다른 원예작물 저장에서도 흔히 발생하는 심각한 문제중의 하나이다(Wang, 1993). 저장 중에 시각적으로 냉해 증상을 판단하면서 저장 조건을 조절하면 저장수명을 증가시킬 수 있겠지만 이것은 매우 어렵다. 시각적으로 나타나는 냉해증상은 에틸렌 증가나 호흡 그리고 내부의 이온 누출과 함께 일어나기도 하지만 대부분 그 후에 일어나기 때문이다. 즉 상품의 내부 성분이 변화된 후에 시각적으로 냉해증상을 판단할 수 있다는 것이다. 저장 중 냉해에는 착색 불균일, 노화촉진, 성숙저해, 과육의 연화 증가, pitting, water-soaking 등이 있는데(Purvis, 2002) 파프리카에서 흔히 나타나는 냉해증상으로는 pitting과 악편 변색(Calyx discoloration)이다(Gonzalez-Aguilar, 2000). 이러한 증상들을 방지하기 위해서 약제처리, 에틸렌처리, 성장조절제 처리, waxing, plastic wrapping, CA저장, 고온처리 그리고 온도조절 등에 관한 연구들이 많이 행해졌다 (Hong, 2000; Lurie, 1998; Wang, 1990, 1994). 에틸렌을 처리함으로써 'Honeydew' muskmelons (*Cumumis melo* L.)(Lipton and Aharoni, 1979), 고구마(*Ipomoea batatas* Poir.)(Buescher, 1977) 그리고 토마토 (Hong, 2000)의 저장 중 냉해를 줄일 수 있었다고 한다. 하지만 아직 파프리카의 저장 중 냉해증상과 에틸렌처리간의 관계에 대한 연구는 아직 없다.

온도와 HSP(Heat shock protein)간의 관계에 관한 연구는 예전부터 수행되어져 왔지만 고온 스트레스를 받은 식물체는 저온에서 대한 저항성이 높다는 것은 최근에 밝혀졌다 (Lurie, 1998). 토마토를 38°C 공기로 2~3일 동안 처리 후 저장했을 경우 저온에 대한 민감성이 떨어져서 저온(2°C)하에서도 냉해를 받지 않고 한 달 동안 저장되었다고 한다 (Lurie와 Klein, 1991; Sabehat 등, 1996; Lurie와 Sabehat, 1997). 이와 같이 저온 하에서 강한 저항성을 보였던 것은 HSP(Heat shock protein)의 발현에 관한 것으로 추정된다 (Sabehat 등, 1996).

아보카도를 포함한 많은 과일에서도 고온에 처리되었을 경우 HSP의 발현율이 매우 높았고 냉해에 대한 저항성 또한 매우 높았다고 한다 (Woolf 등 1995).

이와 같이 과실의 수확 후 과실의 품질을 유지시키기 위해서 다각적인 방법으로 많은 연구를 해 왔지만 실용화되어 있지 않다. 뿐만 아니라 국내 수출 1위 작물로 자리매김하고 있는 파프리카는 재배적인 측면에서 많이 연구되고 있고 부분적으로 실용화되어 있으나 수확 후 품질유지를 위한 저장유통에 대한 연구는 국내에는 거의 없는 실정이다.

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 적정 저장 조건 구명

#### 1. 저장 온도 조건 구명 및 저온 장해 증상 구명

##### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

1) 공시품종 및 처리 : M size (180 g ± 5 g)의 파프리카 품종 ‘Jubilee’ (Red), ‘Romeca’ (Yellow)를 이용하였다. 당일 수확·선별된 과실 중 상처가 없고 착색이 균일한 것들을 수돗물로 표피 오염물질을 제거한 다음 상온에서 건조시켰다. 충분히 건조된 과실을 무작위로 선별하여 30개씩 일본 수출용 포장 박스에 넣어 저장하였다. 박스내 동일한 습도(95 ± 2%)를 유지하기 위해 증류수를 2~3회 분무 후 polyethylene film으로 박스를 포장하여 5, 8, 12°C 저장고에 입고하였다. 4일 간격으로 약 5주간 정도, 무게손실, 부패율, 당도, 이온누출, pitting, 과경갈변, 상품과율을 경시적으로 조사하였다.

2) 무게감소 : 저장 중 과실 내 수분은 외부로 증산되어 무게감소를 일으킨다. 저장중 무게 손실량을 측정하기 위해 수확 후 각각의 과실의 무게를 측정하였다. 무게가 측정된 과실은 labeling하여 polyethylene bag (24.5 × 35.5 cm)에 5개씩 넣어 각각의 온도에 저장하면서 조사하였다. 과실을 저장고에서 꺼냈을 경우 급격한 온도차에 의해 과피에 맺힌 이슬은 무게 측정 전에 kintowels (285 mm × 300 mm × 4ply)로 제거하였다. 무게를 측정한 과실은 즉시 저장고에 다시 입고되었다. 무게손실률(WL)은 저장 중 무게손실(Ws)을 수확당시의 무게(Wo)에 대한 손실률로 나타내기 위해 아래의 공식을 이용하였다.

$$WL(\%) = (W_s - W_o) / W_o \times 100$$

3) 정도 및 당도 : 저장 온도별 정도 감소 정도를 측정하기 위해 임의의 과

실을 저장고에서 출고하여 과실의 위 중간 아래 부분의 경도를 conical measuring head가 장착된 portable fruit hardness tester (FHM-5, Tokyo, Japan)로 측정하여 평균값을 N(newton)으로 나타내었다. 당도는 경도와 같이 위, 중간, 아래 부분을 2 cm<sup>2</sup>의 크기로 채취하여 digital refractometer (PR32, Atago, Japan)를 이용하여 측정하였다.

4) 과경갈변 및 상품과율 : 파프리카의 저장 중 과경갈변은 수확시 절단 부위의 곰팡이 번식과 건조에 의해 일어나는데 이것을 조사하기 위해 동일 전문 연구원에 의해 0 (갈변 없음) ~ 5 (갈변 매우 심함)로 scale화 하였다.

상품과율은 소비자의 입장에서 촉감과 시각을 이용하여 측정하였고 0 (매우 신선), 1 (보통), 2 (구매 불가)로 scale화하여 측정하였다.

5) 이온누출 : 이온누출은 냉해증상 판별에 널리 이용되는 방법으로 저온에 의해 세포막이 장해를 입었을 경우 외부로 용출되는 이온의 양이 증가한다. 이온누출을 측정하기 위해 과육을 지름 5 mm 크기의 stainless steel cork borer로 채취하였다. 3개의 채취된 표본을 당일 조제된 0.2M Mannitol 용액 20 ml이 든 50 ml conical tube에 넣어 상온에서 EC meter (F-54BW, Horiba, Japan)로 초기 이온누출 (E0) 을 측정하였다. 측정 된 sample은 24시간 동안 상온에서 교반한 후 다시 측정 (EL24) 하였으며 총 이온 누출량 (ELt) 을 측정하기 위해 -20°C에서 24시간동안 동결시켰다. 동결된 시료를 상온에서 해동하여 전기전도도를 측정한 후 다음 공식을 이용하여 저온에 의한 이온누출량 (EL%) 을 계산하였다.

$$EL\% = (EL24 - ELo) / (ELt - ELo) \times 100$$

6) Carbon dioxide 와 Ethylene 발생률

열처리에 의한 호흡율과 에틸렌 발생률은 1주일 간격으로 4주간 실시되었다. 과실 저장 후 상온에 1시간동안 방치하여 저장온도별 품온을 상온과 비슷하게 하였고 이 후 1L 밀폐용기(Nalgene)에 넣어 1시간 상온에 방치 후 호흡을 측정하였다. 1 ml glass syringe를 이용하여 용기내의 가스를 채취하였고

standard packed column (Precision Sampling Corp, Baton Rouge, LA, USA) 이 장착된 gas chromatograph (Hewlett Packard 6890, Wilmington, DE, USA) 를 이용하여 호흡량 및 에틸렌 발생량을 측정하였다. oven 과 front inlet 온도는 100°C, back inlet, front detector, back detector의 온도는 각각 375, 250, 150°C였다.

## 나. 연구개발 수행 결과

### 1) 무게감소

저장기간이 길어질수록 수분손실이 많아지는 경향이었고 저장온도간 유의적 차이가 없었으나 Jubilee의 경우 저장 24일부터, Romeca의 경우 저장 4일째부터 5, 8°C 온도 처리구에서 수분손실률이 다소 높아지기 시작했다. Jubilee와 Romeca 모두 12°C저장 32일째 각각 2.9, 3.0%로 무게손실이 적었던 반면 5°C에서는 5.3, 7.8%로 높은 수분손실을 보였다. 저장 32일째 처리 간 비교에서 두 품종 모두 5·8°C 저장이 12°C 저장보다 높은 수분손실을 보였다 (Fig. 1-1; Fig. 1-2). 수분손실에 의한 증상은 Fig. 1-2 와 같다. 저장고에서 꺼내어 즉시 수분손실을 측정할 경우에는 온도가 높을수록 수분손실이 많았으나 저온장해증상을 알아보기 위해 1시간 상온에 방치 후 측정하였을 경우 저온일수록 수분손실이 높았다. 이 현상은 냉해와 연관이 있는 것으로 보여진다. Jubilee 보다는 Romeca 에서 온도에 따른 수분손실률 차이가 더 컸다.

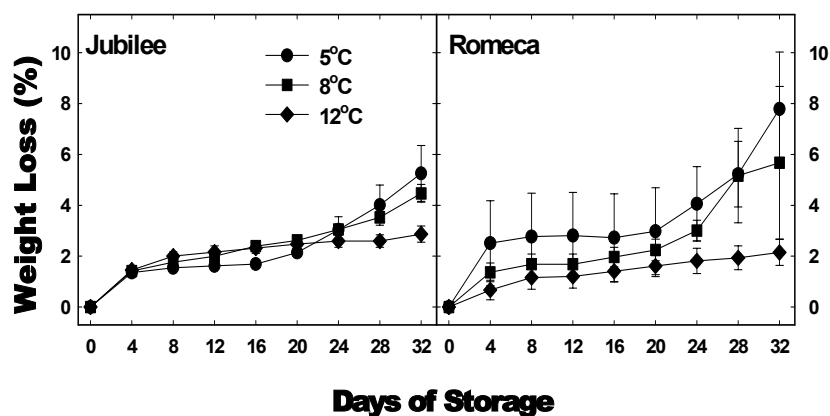


Fig. 1-1. Changes in percentage of fruit weight loss of two paprika cultivars, Jubilee (Red) and Romeca (Yellow), stored at 5, 8 and 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors.

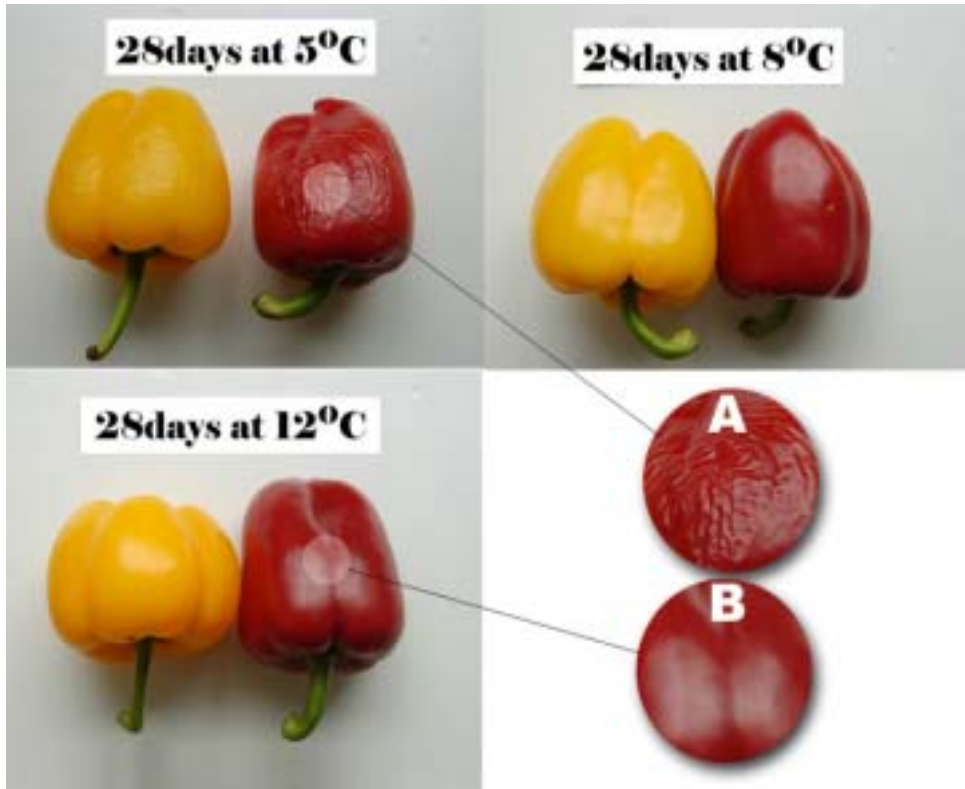


Fig. 1-2. Effect of storage temperatures on chilling symptoms of two paprika cultivars, Jubilee and Romeca, stored at 5, 8 and 12°C for 28 days and additional 2 days at ambient temperature. Chilling injury symptoms appeared only at 5°C. A: Chilling injured, B: Healthy

## 2) 경도변화

저장기간이 길어지고 저장온도가 낮을수록 경도가 감소했다(Fig. 1-3). 저장 전 경도는 Romeca 22.2 N에 비해 Jubilee가 24.1 N으로 2 N 정도 높았으며 5°C 온도 처리구에서 저장기간이 길어질수록 경도가 많이 감소했다. 5°C저장에서 Jubilee와 Romeca의 경도감소율이 각각 27.8, 22.0%였으나 12°C에서는 7.3, 5.9%로 낮았다. Romeca는 8°C와 12°C간에 큰 차이가 없었으나 Jubilee는 8°C보다 12°C저장에서 경도감소가 적었다. 따라서 12°C 저장이 파프리카의 경도를 유지하는데 효과적인 온도로 보여진다.

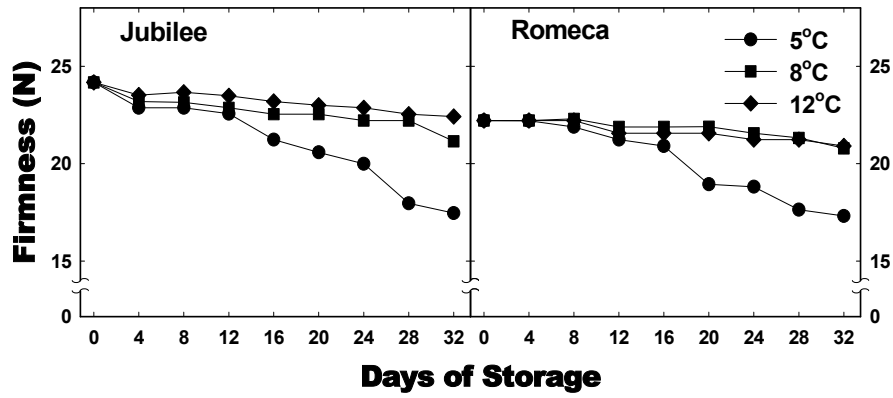


Fig. 1-3. Changes in fruit firmness of two paprika cultivars, 'Jubilee' and 'Romeca', stored at 5, 8 and 12°C for 32 days.

### 3) 당도변화

두 품종에서 저장 8일째까지는 당도가 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였고, Romeca 품종이 저장 초기 당도 증가가 많았다 (Fig. 1-4).

저장 전에는 Jubilee가 6.0 °Brix로 Romeca 5.2 °Brix에 비해 당도가 높았으나 저장 32일째에는 저장온도에 관계없이 비슷해지는 경향을 보였다. 저장 온도가 낮은 처리구에서 당도가 다소 높았으나 유의차는 없었다.

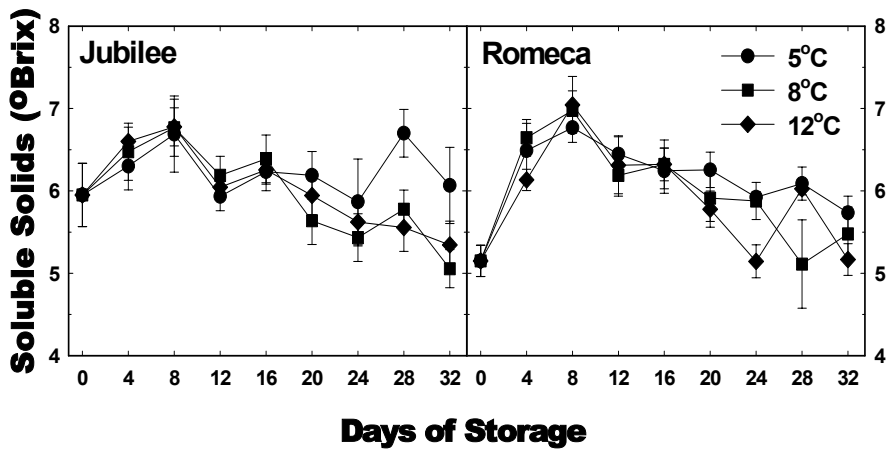


Fig. 1-4. Changes in soluble solids of two paprika cultivars, 'Jubilee' and 'Romeca', stored at 5, 8 and 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors.



#### 4) 이온 누출

과실의 저장 중 냉해정도를 판별하기 위해서 이온누출 측정이 널리 이용되고 있다. 본 실험에서 품종별, 저장 온도별 냉해정도를 판별하기 위하여 저장 20일째 이온누출을 측정한 결과 두 품종 간 저장온도에 의한 이온누출량이 달랐다. 붉은색인 Jubilee는 5°C에서 이온 누출이 약 43%로 가장 많았으나 8, 12°C 간에는 큰 차이가 없었다(Fig. 1-5). 이에 반해 Romeca는 5, 8°C 온도 조건에서 각각 31, 34%정도였으나 12°C에서 24%로 이온 누출량이 가장 낮았다. 따라서 Jubilee가 Romeca 보다 냉해에 더 민감한 품종으로 사료된다. 같은 과프리카 중에서도 위와 같이 품종에 따른 냉해정도가 다르므로 저장 중 품질변화를 최소화하기 위해서는 품종별 저장온도가 설정되어야 할 것이다.

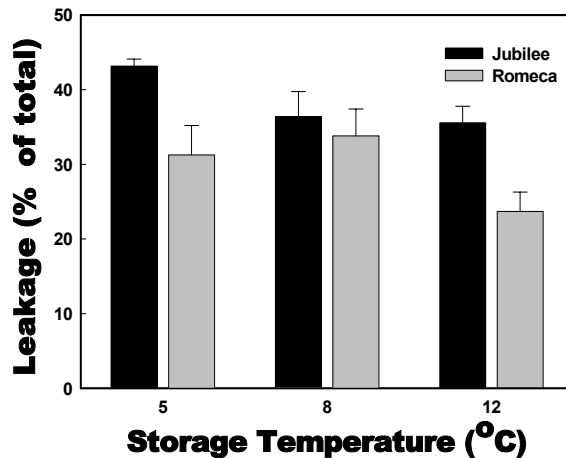


Fig. 1-5. Effect of storage temperature on the rate of ion leakage from tissue discs of two paprika cultivars, 'Jubilee' and 'Romeca' stored at different temperatures for 20 days. Three discs were kept in a 50 ml conical tube containing 0.2 M mannitol. The conductivity of the solution was measured at 24 hrs and then the total conductivity was read after boiling the samples at 80°C for 30 min. The electrolyte leakage is expressed as the percent of total conductivity. Vertical bars represent standard errors.

##### 5) Pitting 증상

파프리카 저장 중에는 착색 불균일, 노화촉진, 성숙저해, 과육의 연화 증가, pitting, water-soaking과 같은 저장장해가 일어나는데 주요 냉해증상으로는 pitting 과 과경 변색(fruit stalk discoloration)이다. Pitting 증상은 fig.1-6과 같이 표피가 함몰되는 것으로 파프리카의 상품성에 큰 영향을 미치는 요인이다. 본 연구결과 pitting은 온도가 낮을수록 저장기간이 길어질수록 많이 발생했으며, 저장 약 3주째부터 발생하기 시작하다가 저장 28일째부터 급격히 증가하는 추세였다. 두 품종 모두 5°C에서 pitting 발생률이 가장 높았던 반면 12°C에서는 거의 발생하지 않았다. 품종간 비교에서 Jubilee와 Romeca는 5°C에서 저장 32일째 pitting 지수가 각각 3.4, 3.2로 품종간 큰 차이가 없었다(Fig. 1-7). 8°C에서는 Jubilee 2.5, Romeca 1.5였는데 Romeca에 비해 Jubilee가 저온에 더 민감한 것으로 사료된다. 고품질 파프리카를 수출하기 위해서는 저장 중 일어나는 저온장해증상을 방지할 수 있는 최적 저장환경이 확립되어야 한다. Pitting 발생을 효과적으로 방지할 수 있는 온도는 12°C로 판단된다.



Fig. 1-6. Symptoms of pitting under low temperature conditions. The paprika fruit has been exposed to 5°C for 3 weeks and held at room temperature for 2 days.

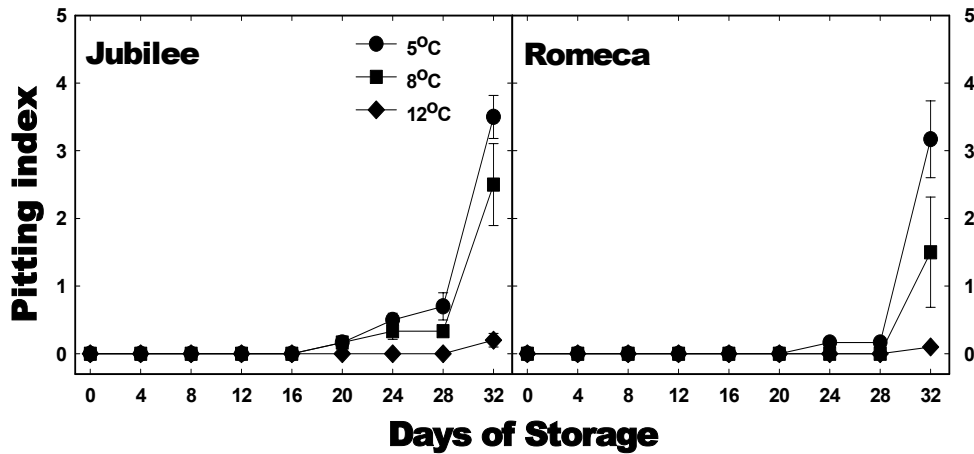


Fig. 1-7. Changes in pitting index of two paprika cultivars, Jubilee and Romeca stored at different temperatures for 32 days. Samples were kept at room temperature for 2 days before measurement. Vertical bars represent standard errors. Pitting index: 1, <5%; 2, 6~10%; 3, 11~15%; 4, 16~20%; 5, >20%.

#### 7) 종자갈변

파프리카의 5, 8, 12°C에서 28일간 저장하여 종자 갈변을 살펴 본 결과 저장 온도에 의한 차이는 없었다 (Fig. 1-8). 종자갈변은 개체간 차이가 매우 심하였 으며 저장기간 및 저장온도에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다 (data not shown). 갈변종자들은 거의 미숙종자(Fig. 1-9)였으며 성숙 종자의 갈변(Fig. 1-8)은 저온저장에서도 거의 발생하지 않았다. Fig. 1-8은 저장 온도에 따른 품 종간 종자갈변 정도를 비교하기 위해 5°C저장 4일 후 조사한 것이다. Jubilee(A)의 경우 Romeca(B)에 비해 종자갈변 발생율이 매우 낮았는데 사진 에서 알 수 있듯 Romeca의 갈변종자는 모두 미숙종자이며 정상종자에 비해 크 기가 매우 작았다. 고추종자는 일반적으로 저장 중 종자갈변이 심해 품질하락 의 주 원인으로 알려져 있으나 본 연구결과에 따르면 파프리카의 성숙 종자는 고추 종자와 달리 저장 중 저온에 대한 내성이 매우 강한 것으로 보여진다. Fig. 1-9. C의 사진과 같이 갈변된 미숙종자가 많을 경우 소비자에게 시각적 불쾌감을 주므로 이를 줄이기 위한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

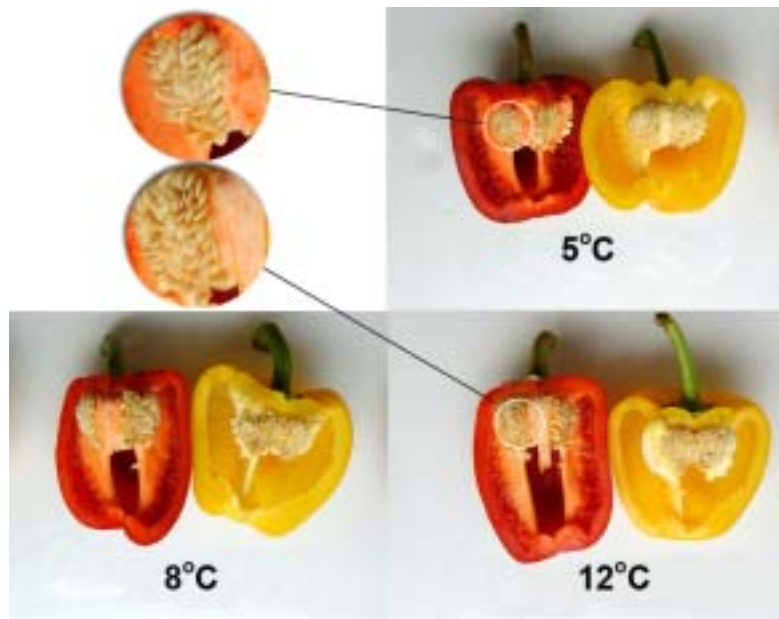


Fig. 1-8. Effect of storage temperatures on seed browning of paprika fruits, 'Jubilee' (Red) and 'Romeca' (Yellow). Fruits were stored at 5, 8, 12°C for 28 days.

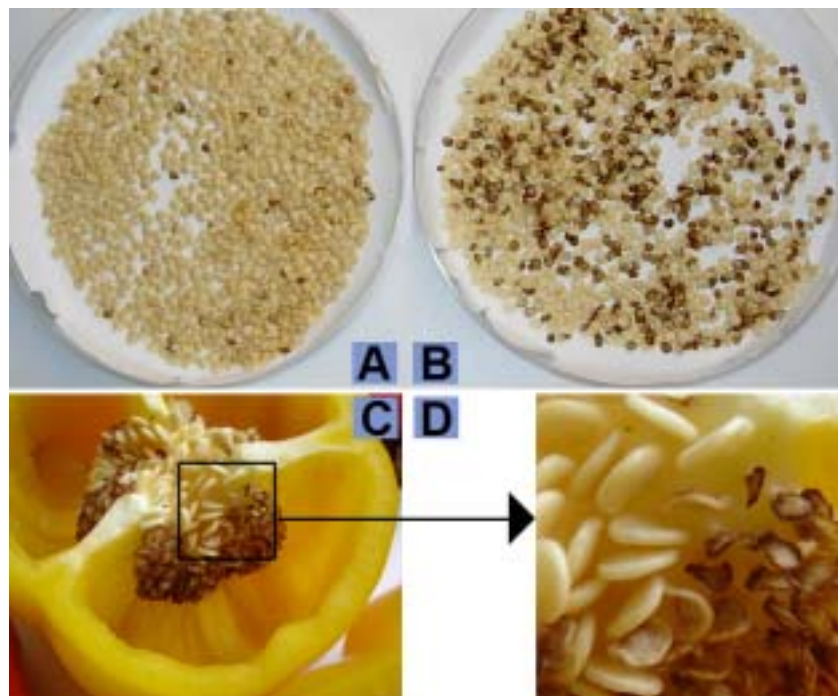


Fig. 1-9. Effect of low temperature storage on seeds browning of paprika fruits, 'Jubilee' (A) and 'Romeca' (B, C, and D). Seeds were pictured after 4days storage at 5°C.

### 7) 과경갈변

과경갈변은 저온에 의한 냉해증상 또는 곰팡이 감염에 의한 것으로 알려져 있다. Pitting 증상과 같이 과경갈변 또한 저장기간이 길어질수록 저장 온도가 낮을수록 증가하는 추세였으며, 모든 온도 처리구에서 Romeca보다 Jubilee에서 그 정도가 심했다 (Fig 1-10). Jubilee는 12°C에서 저장 32일째 과경갈변 지수가 2 (전체 과경의 약6~15%가 갈변되었음을 의미)였던 반면 Romeca는 0.5로 매우 낮았다. 본 연구를 수행하던 중 곰팡이 발생이 많은 개체에서 과경갈변이 심하게 나타났었는데 과프리카 저장시 냉해가 일어나지 않는 12°C에서 Jubilee의 과경갈변이 매우 높은 이유는 Fig. 1-12 에서도 나타난 것과 같이 냉해에 의한 것이기 보다는 곰팡이 감염에 의한 결과로 보여진다. 따라서 과경 갈변은 온도조건 단독에 의한 것이 아닌 곰팡이와 저온의 복합적인 원인에 의해 발생하는 것으로 추측된다. 따라서 과경갈변 방지를 위해서는 적정 온도조건 탐색과 병원균 제거를 위한 전처리기술에 대한 연구 검토가 있어야겠다.

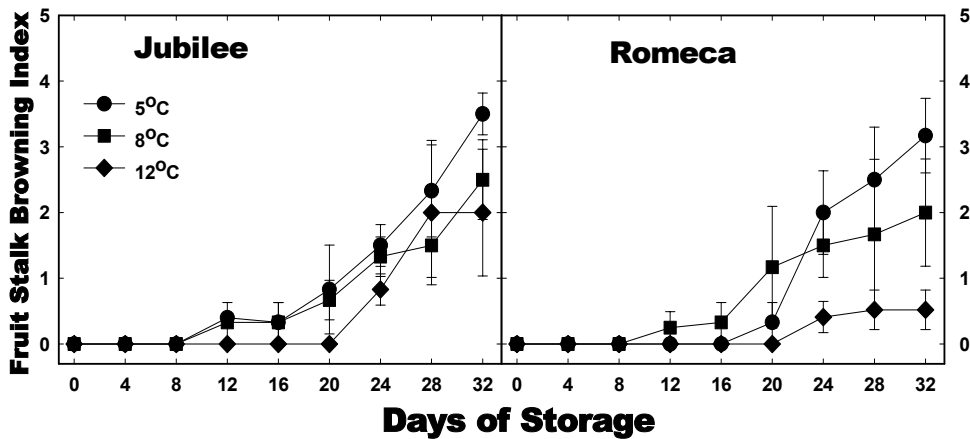


Fig. 1-10. Changes in the index of fruit stalk browning of two paprika cultivars, 'Jubilee' and 'Romeca' stored for 32 days. Samples were held at room temperature for 2 days before measurement. Vertical bars represent standard errors. Fruit stalk browning index: 1, <5%; 2, 6~15%; 3, 16~25%; 4, 26~35%; 5, >36%.

#### 8) 호흡 및 에틸렌 발생

'Romeca'와 'Jubilee'의 저장온도에 따른 호흡과 에틸렌 발생량을 조사해본 결과 온도처리에 관계없이 저장기간에 따른 두 물질의 농도변화 양상은 비슷한 경향을 보였다 (Fig. 1-11). 수확당시 두품종의 CO<sub>2</sub> 및 에틸렌 발생량은 시간당 각각 25 ~ 38, 1.3 ~ 2.0 ml kg<sup>-1</sup> 범위였으나 저장고에 입고한 다음날 저온에 의해 급격히 감소하였다. 저장 1일째 CO<sub>2</sub> 및 에틸렌은 각각 8, 0.5 ml kg<sup>-1</sup> 범위에 머물다가 품종이나 저장온도에 따라 감소하거나 증가하는 추세를 보였다. 저장 24일간 호흡 및 에틸렌 발생량은 12°C에서 가장 높은 경향을 보였고 저장 온도가 낮을수록 감소하는 추세였다. 품종간의 호흡 양상은 저장온도에 의해 영향을 받았는데 'Romeca'는 모든 온도 조건에서 서서히 증가하다가 다시 감소하는 추세였으나 'Jubilee'는 12°C 온도에서 저장 1일째부터 3일 동안 급격한 호흡 증가를 보이다가 감소하였다. 고추 속 작물의 호흡양상을 볼 때 non-climacteric 작물 분류되어 있으나 (Lurie et al., 1986; Biles et al., 1993) hot pepper 품종인 'Choraehong'은 climacteric 작물로 보고되어있다 (Gross et al, 1986). 뿐만 아니라 완전히 착색된 고추가 미착색 과실에 비해 호흡 및 에틸렌 발생량이 많다고 보고되어 있으나 (Lurie et al., 1986) 수확 전 피망의 성숙단계별 내부 호흡을 측정해본 결과 착색 중에 있는 과실의 호흡 및 에틸렌 발생량이 높았다는 보고도 있다 (Villavincio et al., 2001). 본 연구에서 사용된 'Romeca'의 호흡은 저장온도에 매우 민감하게 반응하는 품종으로 보여지므로 이에 대한 후속연구가 수반되어야 할 것 같다.

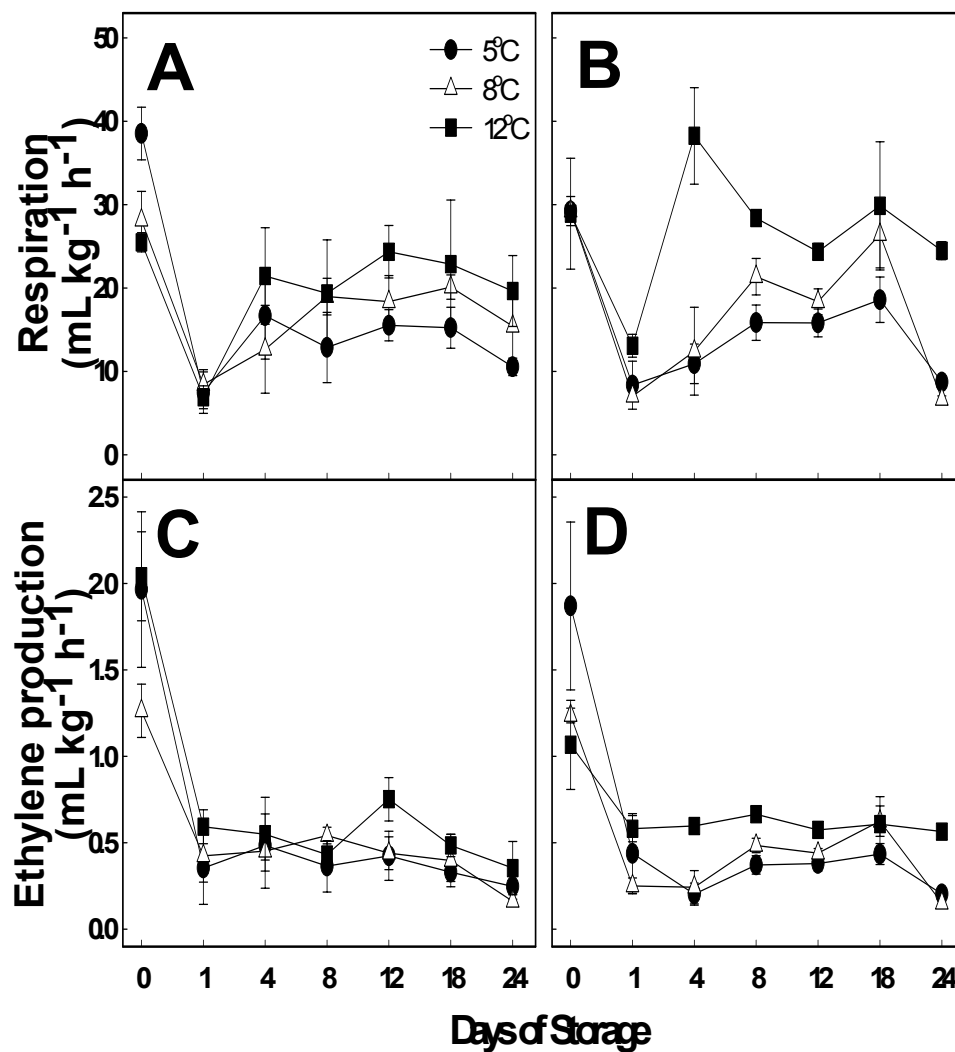


Fig. 1-11. Changes in CO<sub>2</sub> (A, B) and ethylene productions (C, D) of two paprika cultivars, 'Jubilee' (A, C) and 'Romeca' (B, D), stored at 5, 8, and 12°C for 28 days. Measurement at 0 day was done immediately after harvesting. The jars were kept at each storage room for 1 h and then 1 mL of the headspace gas was removed from each jar using gas-tight glass syringe. Vertical bars indicate standard errors of the means.

9) 부패율

저장 중 파프리카는 냉해를 포함한 저장장해와 곰팡이 감염에 의한 감모율이 매우 높다. 본 연구 결과에 따르면 곰팡이는 주로 저장 16일부터 번식하기 시작하였으며 주요 병원체는 *Botrytis*와 *Alternaria*였다 (Fig. 1-13). 곰팡이 감염에 의한 부패율은 품종 간 달랐었는데 Romeca에 비해 Jubilee가 매우 높았다 (Fig. 1-12). 온도가 높을수록 저장기간이 길어질수록 곰팡이 감염에 의한 부패율이 높아지는 경향이였다. 부패율은 8°C에서 가장 높았는데 저장 32일째 Romeca는 33%였던 반면 Jubilee 70%로 Romeca품종에 비해 37% 더 높은 감모율을 보였다. 파프리카는 박스 포장되어 저장·유통되는데 곰팡이에 감염된 과실이 하나만 있어도 포장박스내부에 있는 모든 과실에 전염될 수 있으므로 병원균 제거를 위한 전처리 기술 마련이 시급한 것으로 사료된다.

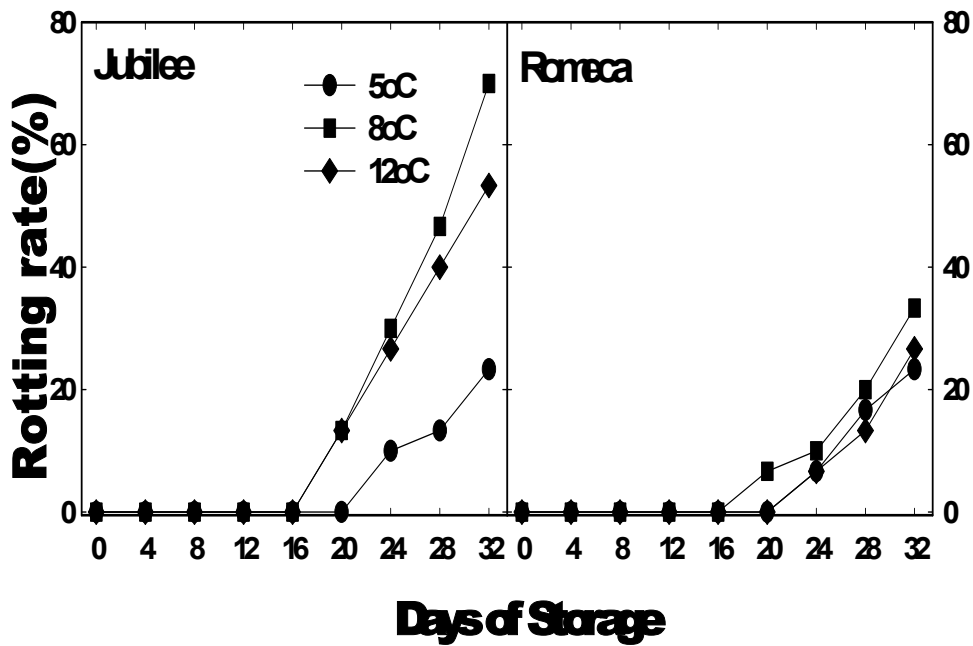


Fig. 1-12. Changes in rotting rate of Jubilee and Romeca paprikas caused by *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* during 32 days storage at 5, 8 and 12°C.



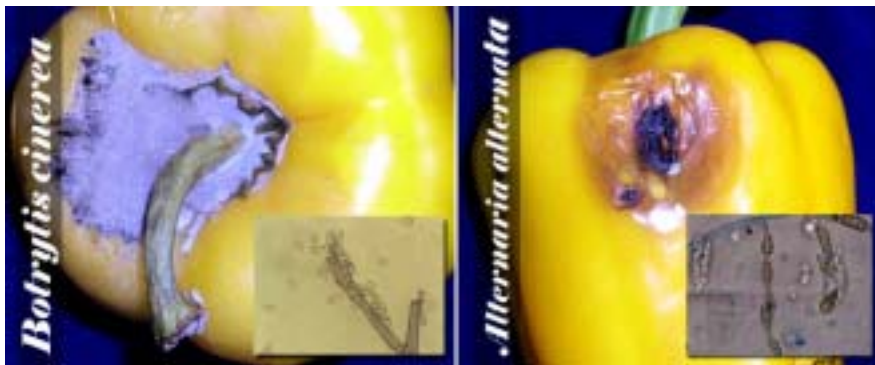
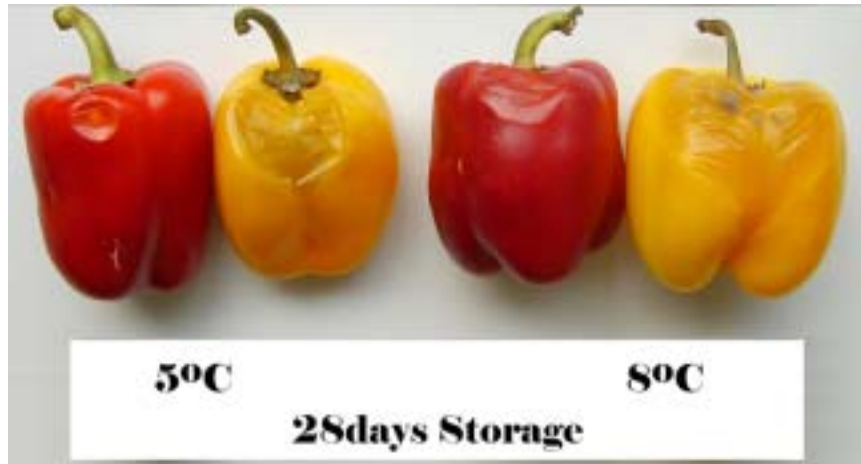


Fig. 1-13. Symptoms developed by *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* after 28 days of storage at 5 and 8°C.

#### 10) 상품과율

상품과율은 저장기간이 길어질수록 저장 온도가 낮아질수록 낮아졌고 특히 5°C 저온 저장에서 손실률이 타 온도에 비해 높았다(Fig. 1-14). 전반적으로 Jubilee에 비해 Romeca의 저장성이 높았는데, 이것은 경도, 과경갈변, 곰팡이 번식률, 이온누출 비교에서도 같은 경향이였다. 상품과율은 저장장해 및 곰팡이 발생에 의한 품질저하를 복합적으로 나타낸 것인데 8, 12°C의 상품과율 손실의 대부분은 부패에(Fig. 1-12, Fig. 1-13) 의한 것이였고 5°C에서는 건조증상(쭉그러짐; Fig. 1-2)에 의한 것이였다. 따라서 저온에서 발생하는 냉해증상의 원인을 구명하고 병원균 방제를 위한 전처리에 대한 연구를 함으로써 파프리카의 저장성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

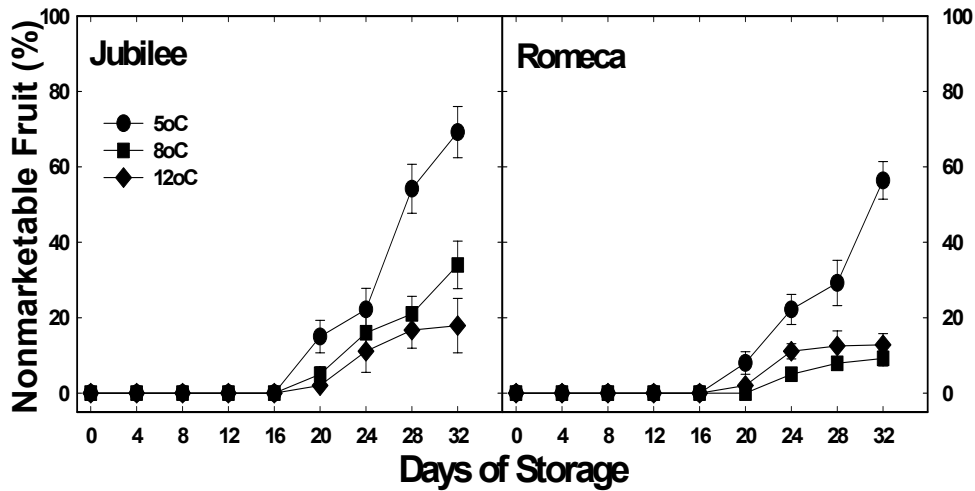


Fig. 1-14. Changes in non-marketable fruit of two paprika cultivars, 'Jubilee' and 'Romeca' stored at 5, 8 and 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors.

## 2. 국내산 파프리카의 해외시장 유통현황 및 자료수집

### 가. 일본

#### 1) 연구 수행 내용 및 방법

가) 수행내용: 현지인 유통업자 및 수입업자와 동행하며 일본 시모노세키 항구 하역장, 대형 마켓, 경매시장, 저장고등을 방문하여 수출된 국내산 파프리카의 취급현황, 인지도, 품질 등을 뉴질랜드 산 파프리카와 비교하였다. 국내 및 뉴질랜드산 붉은색, 노란색 파프리카의 무게, 경도, 당도 등을 현지에서 직접 측정하여 품질을 비교하였다. 무게는 1개씩 저울에 달아 비교하였고 당도측정을 위해 과실의 위, 중간, 아래 부위를 2 cm<sup>2</sup>의 크기로 채취하여 휴대용 굴절당도계로 측정하였다. 과실의 경도를 비교하기 위해 위, 중간, 아래 부분을 conical measuring head가 장착된 portable fruit hardness tester (FHM-5, Tokyo, Japan)로 측정하여 평균값을 N(newton)으로 환산하여 나타내었다. 방문 기관 및 수행내용은 table 1-1 과 table 1-2와 같다.

Table 1-1. Examination sites of Cities in Japan where Korean paprika fruits are exported and handled.

City	Shimonoseki	Osaka
<b>Exam site</b>	1. Holloday	1. Showa boeki
	2. Daie	2. MPC transport Ltd.
	3. SKU corporation	3. Daimaru
	4. Port of Shimonoseki	4. Honjou wholesale market
	5. JR transportation	5. MPC storage room

Table 1-2. Investigation contents and sites for research on paprika trading companies and markets in Japan.

Company and Market	City	Type	Investigation
Holloday	Shimonoseki	Big market	-국내산 파프리카의 소비형태 및 품질 -소비량 및 보관온도
Daie		Department store	-타국산과의 품질비교 -국내산 파프리카의 소비정도 -파프리카 보관 온도
SKU corporation		Trading company	-국내산 파프리카의 일본 내 유통현황 -국내산 파프리카의 소비동향 -파프리카일본수출시 문제점
Port of Shimonoseki		Unload, Quarantine	-하역, 검역, 훈증, 운송과정 -국내산 파프리카의 생산 후 유통기간
JR Transportation		Rail distribution	-운송과정 및 수량
Daimaru Department	Osaka	Department store	-타국산과의 품질비교 -국내산 파프리카의 소비정도 -파프리카 보관 온도
MPC Transport		Vegetable storage and distribution	-일본 내 국내산 파프리카의 운송온도 -유통 전 저장고내 온도 및 품질 변화 -수입 후 유통수단 및 유통체계 -뉴질랜드산과의 품질 비교 및 수입량
Showa Boeki		Trading company	-수입상의 취급현황 및 국내산의 문제점
Honjou Wholesale Market		Whole sale market	-국내산 파프리카 품질의 문제점 -출하량

## 2) 연구개발 수행 결과

### 가) Market내 국내산 파프리카 품질분석 및 취급현황

시모노세키에 위치한 Halloday market과 Daie 백화점에서 국내산 파프리카의 소비량, 품질 및 소비 형태를 조사한 결과는 다음과 같다 (Fig. 1-15).

Halloday market에서는 국내산을 비롯한 파프리카는 판매되지 않고 있었으며 칼라피망이 주류를 이루고 있었다(Fig. 1-15 A). 초대형 백화점인 Daie의 채소 코너에는 국내산 파프리카만이 소량 진열되어 있었고 소비량이 극히 저조하였다. 대부분의 상품이 유통과정 중 냉해를 입어 수침현상(Water soaking)과 저습보관에 의해 과피건조현상(주름짐)을 보였다 (Fig. 1-15 C and D). 수확 후 품질저하의 주원인은 낮은 습도와 부적절한 저장 온도인데 market에서는 진열시 가습을 하지 않았고 온도는 15°C 정도로 다소 높은 경향이였다. 시모노세키는 소도시라서 파프리카에 대한 소비자 구매력이 낮아 마켓에서의 취급 또한 저조한 상태였다. 오사카에 위치한 다이마루 백화점에 진열된 파프리카는 시모노세키에 위치한 Daie 백화점에 비해 소비량이 매우 많은 것으로 파악되었고, 진열대에는 지속적인 가습과 10°C 내외의 온도로 유지되고 있는 등 취급 및 관리가 양호하였다. 일본산 중간크기(M size)의 파프리카가 개별 비닐소포장되어 있었으며 착색이 양호했고 경도도 매우 높았다 (Fig. 1-15 B).

### 나) 파프리카의 일본유통 소요일수

일본 수계의 유통 및 무역회사의 정보에 따르면 국내산 파프리카의 수확 후 일본 소비자 구매까지 약 5 ~ 23일 정도 소요되는 것으로 밝혀졌다 (Table 1-3). 일반적으로 대도시로 갈수록 소비가 빨라 소요일수가 짧아지는 경향이였다. 수확에서 소비까지 약 8.5일이 소요되고 있으나 소도시에서는 파프리카에 대한 소비자의 인지도가 매우 낮아 길게는 약 28일이 소요된다. 수확에서 선적까지 국내에서는 2 ~ 3일의 유통일이 소요되었고 일본에서는 유통과정과 소비자의 구매력에 따라 짧게는 3일에서 길게는 20일까지 소요되는 것으로 보였다. 따라서 유통·저장환경이 불량할 경우 건조증상, 냉해, 고온에의해 품질이 매우 떨어질 가능성이 있으므로 유통 및 저장기술 확립·보급이 시급한 실정이다.



Fig. 1-15. Paprika fruits produced by Japan (A, B) and Korea (C and D) arranged in the markets in Japan. A, Halloday market in Shimonoseki; B, Daimaru department store in Osaka; C, Daie department in Shimonoseki; D, Chilling injured fruits at Daie department.

Table 1-3. The days required by trading stages from harvest to Japan markets.

Procedure	Harvest	Grading	Shipping	Unload	Quarantine	Circulation and Storage	Market	Total time (days)
	Korea			Japan				
	Shortest	0.5	0.5	1	1	0.5	1	
Normal	1	0.5	0.5	1	0.5	2	3	8.5
Longest	1	1	1	1	1	4	14	23

다) 일본 내 파프리카의 유통 현황 및 품질저하 초래 요인

일본 현지 방문을 통하여 유통·저장체계를 조사한 결과 수출된 파프리카는 수확 후 유통과정에서 품질을 저하시키는 여러 가지 요인에 노출되어 있음을 알 수 있었다 (Fig. 1-16).

수출에 있어서 해운을 이용하는 것이 가장 저렴하므로 한국 농산물의 95%가 시모노세키 항을 통하여 수출된다. 파프리카는 시모노세키 항에서 검역 후 대부분이 트럭을 이용하여 타 도시로 수송된다. 검역은 해충위주로 실시되는데 해충이 발견되었을 경우 시모노세키 항에서 즉시 훈증고에 입고하여 메틸가스나 청산가스로 훈증 후 유통된다. 검역은 포장박스를 개봉하여 수출 컨테이너 밖(노지)에서 이루어지는데 겨울에는 문제가 없으나 여름철에는 검역동안 고온에 장시간 노출되는 등 품질하락에 큰 요인이 되는 것으로 보여진다.



Fig. 1-16. Quarantine at outside of the port of Shimonoseki. All fruit boxes were unsealed and fruits were exposed to sunlight during investigated by quarantine officers.

파프리카의 저장온도 범위는 7~10°C이지만 현재 일본 MPC운송회사는 약 5°C에서 수입한 파프리카를 저장하고 있었고 저장고 내 습도 또한 RH 70 ~ 80%수준으로 다소 낮게 유지되고 있었다. 현재 MPC운송회사 저장고에 설정된 온도 (5°C)는 냉해를 일으키는 온도범위로 알려져 있다. 비용 및 시간문제로 품목별 저장은 현재 실용화 되어 있지 않고 다양한 수입채소들이 같이 저장되고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 일본 내 대부분의 유통업자들은 냉해에 대한 지식이 없었고 일반적으로 단기간 저온에 저장하여도 가시적인 냉해증상이 나타나지 않으므로 저장온도를 중요시하지 않았다. 물량조절을 위해 이곳에서 약 3~4일정도 저장 후 마켓으로 유통하는데 품질하락을 방지하기 위해서는 적절한 온도와 습도가 유지되어야 할 것으로 보여진다.

네덜란드·뉴질랜드는 파프리카를 비행기로 일본에 수출하고 있다. 가끔 뉴질

랜드산을 배로 수출하는데 소요기간은 2주정도 된다고 한다. 이때 저장온도는 포장박스에 표기된 12°C (Stored at 12°C)와 달리 7°C라고 한다. 7°C는 파프리카 저장 시 최저 한계온도로써 냉해를 일으킬 가능성이 있는 온도이다. 그리고 한국산은 여름철에는 12°C에서 저장·수출되고 겨울철에는 온도조절을 하지 않는다고 한다. 겨울철에는 온도가 영하로 쉽게 떨어지는데 냉해 방지를 위해서는 수출 컨테이너 내의 보온이 필요할 것으로 보여진다. 시모노세키 항에서 일본 내의 운송 물류비는 오사카까지 운송트럭 한 대에 4만 엔이지만 여름철 냉장 및 겨울철 보온이 갖추어진 트럭을 이용하면 수송비가 두 배가 되어 실제 많이 이용되지 않고 있으며 현재 흔히 사용되는 수송트럭은 외기의 유입을 차단하는 수준이었다.

#### 라) 오사카 혼초도매시장 내 한국산 파프리카

일본에서 두 번째로 큰 오사카 중앙도매시장을 조사한 결과 경매되고 있는 파프리카의 대부분은 한국산으로 미착색과가 주류를 이루고 있었다. 시장 내의 파프리카는 경매 후 도매상으로 수송되어 판매되고 있었는데 이때 파프리카는 외기에 노출되어 있었다. 이것은 건조한 겨울철에는 과다한 수분손실을 여름철에는 고온에 의한 품질하락을 초래할 수 있는 환경이었다 (Fig. 1-17).



Fig. 1-17. Korean Paprika fruits displayed in ambient condition at Osaka Honjyou wholesale market.

마) 일본 내 타국산과 국내산 파프리카의 품질비교

국내산과 뉴질랜드산을 구입하여 일본현지에서 조사해본 결과 붉은색 품종은 이들 간 경도차이가 없었지만 노란색 품종은 국내산이 24 N으로 외국산 22 N에 비해 2 N이 높았다 (Fig. 1-18). 국내산은 품종간 비슷한 경도를 보였으나 뉴질랜드산은 붉은색 품종이 노란색에 비해 2 N정도 높았다. 당도를 조사해본 결과 붉은색 품종은 약 6.9 °Brix로 양국 간 차이가 없었으나 노란색 품종은 국내산이 7.0 °Brix로 뉴질랜드산 6.4 °Brix에 비해 다소 높았다.

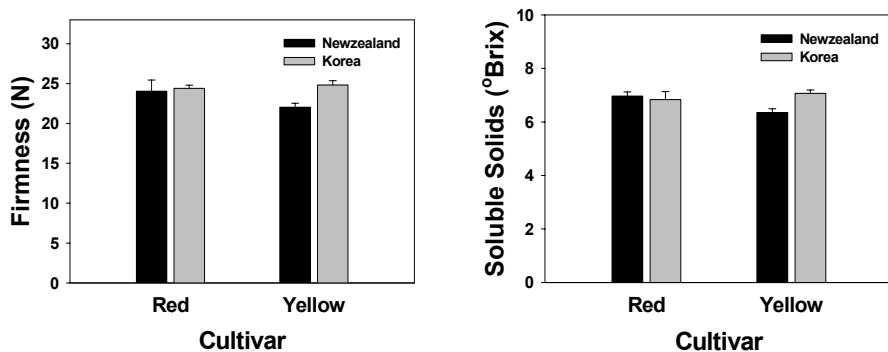


Fig. 1-18. Comparison of fruit firmness (up) and soluble solids content (down) between Korean and New Zealand paprika fruits. Vertical bars represent standard errors.

국내산과 뉴질랜드산의 과육두께와 과실 탄력성을 조사해본 결과는 다음과 같다 (Fig. 1-19). 붉은색과 노란색 품종의 과육두께는 국내산이 각각 7.2, 6.8 mm로 뉴질랜드산 6.4, 6.8 mm에 비해 다소 높은 경향이였다. 품종간 비교에서는 양국산 모두 붉은색의 과육이 두꺼웠다. 손으로 과실의 탄력성을 측정하여 등급화 하였다(0, 매우 단단함; 1, 단단함; 2, 무름). 국내산은 두 품종 모두 0으로 매우 단단하였으나 뉴질랜드산은 붉은색 0.8, 노란색 1.5로 국내산에 비해 과실의 경도(탄력성)가 매우 낮았다. 외관 품질을 비교해 본 결과 국내산 노란색 품종은 뉴질랜드산에 비해 미착색과가 다소 많았으나 뉴질랜드산은 냉해 및 수분손실에 의한 주름짐 현상이 많았다 (Fig. 1-20). 전반적으로 뉴질랜드산이 착색정도, 크기의 균일도 등에서 국내산 보다 품질이 양호하였다.



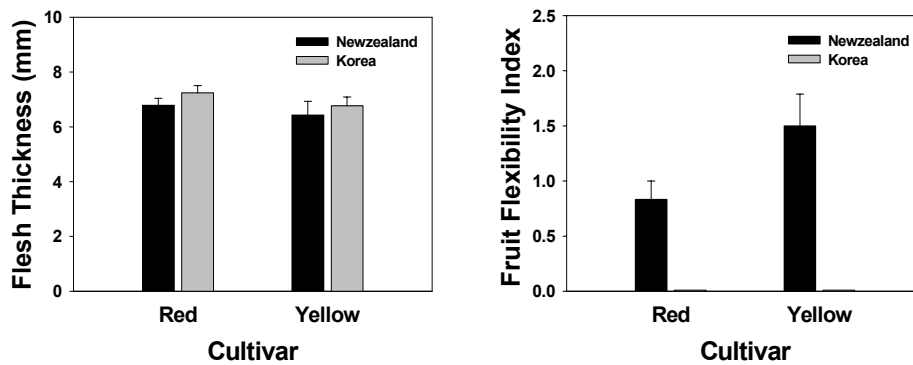


Fig. 1-19. Comparisons of flesh thickness and fruit flexibility between Korean and New Zealand paprika fruits. Vertical bars represent standard errors. Fruit flexibility index: 0, extremely firm; 2, firm; 3, soft.



Fig. 1-20. Overall fruit quality comparisons between New Zealand and Korean paprika fruits. The white arrow heads indicate symptoms of winkle caused by dry and cold storage conditions.

국내산 파프리카 생산량의 대부분은 일본으로 수출되는데 일본현지에서 국내산과 타국산의 무게를 비교한 결과는 Fig 1-21와 같다. 뉴질랜드산에 비해 국내산 파프리카의 과중이 높았다. 붉은색과 노란색의 과중은 국내산이 각각 210, 250 g 으로 뉴질랜드산 196, 158 g 보다 높았다. 수출된 과실을 일본 내에서 과실별로 소포장 되어 출하되기도 하는데 이때 대과종일 경우 개별포장에 어려움이 있다. 일본에 수출된 국내산 파프리카의 경우 대과종이 매우 많아 일본 무역업자 및 상인들에 의해 불만을 사는 횡수가 증가하고 있다.

결론적으로 국내산 파프리카가 뉴질랜드산 보다 당도, 과육두께, 경도 등에서는 품질이 우수하였으나 과실의 크기(일본시장 선호 크기: M size), 균일도, 착색 등에서 못한 것이 경매시장에서 가격을 낮게 받는 주요인으로 판단되었다. 따라서 착색과 선별사이즈(M size)를 더 엄격하게 하여야 국제시장에서의 경쟁력을 제고시킬 수 있을 것으로 생각된다.

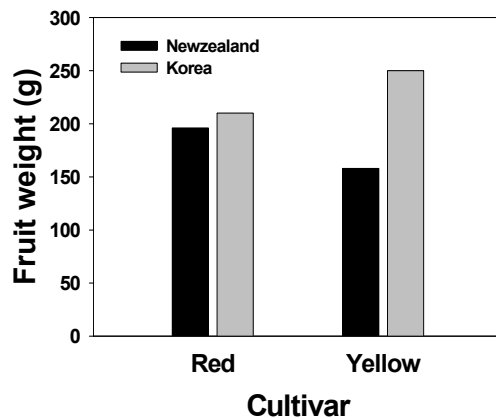


Fig. 1-21. Comparisons of fruit weight between Korean and New Zealand paprika fruits.

## 나. 네덜란드

### 1) 연구개발 수행 내용 및 방법

고품질 파프리카를 해외시장에 수출하는 농업선진국 네덜란드를 방문하여 PTC\*교육에 참여하였고 저장고 및 선별장을 방문하여 조사하며 중요한 자료들을 수집하였다. 또한 파프리카 전문가 및 현지 대학교수와 동행하며 파프리카

재배 후 수확 및 취급 현황등에 대한 논의를 실시하였다.

가) PTC<sup>+</sup>(practical training center plus)

파프리카 재배자들을 위한 PTC<sup>+</sup> 교육과정 중에 파프리카 저장 생리학 부분에 대한 4시간에 걸쳐서 수업한 자료를 수집하였다 (Fig.1-22 ~ 25). 이 수집된 자료 중 power point 몇 cuts를 소개하고자 한다. 이 자료는 저장 생리학을 연구하는 분들에게 소중한 자료가 될 것으로 생각되며 앞으로 다른 작물에도 품질 평가 자료로 이용 할 것을 제안한다. 본 재료 중 우리가 알고 싶어하는 파프리카 주요 품종 간 저장력 비교, 해외 수출시 파프리카의 수송 중 적정저장온도 등에는 언급은 없었다. 이러한 정보는 영업 비밀로 잘 공개하지 않았고 know-how를 영업 무기로 하고 있는 것 같았다.

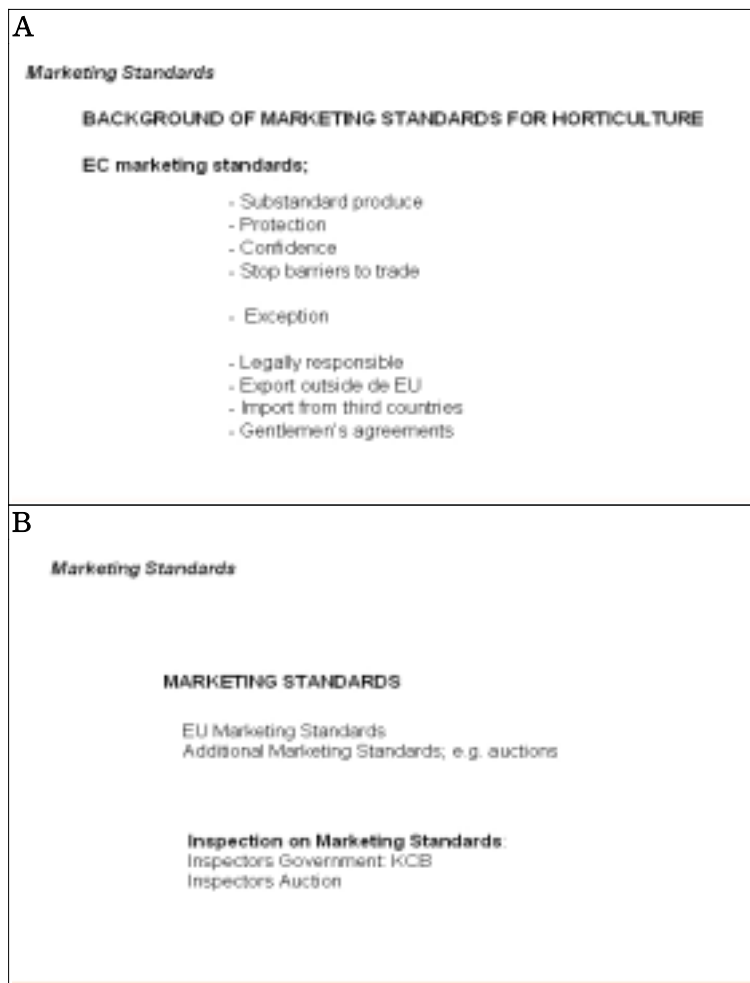
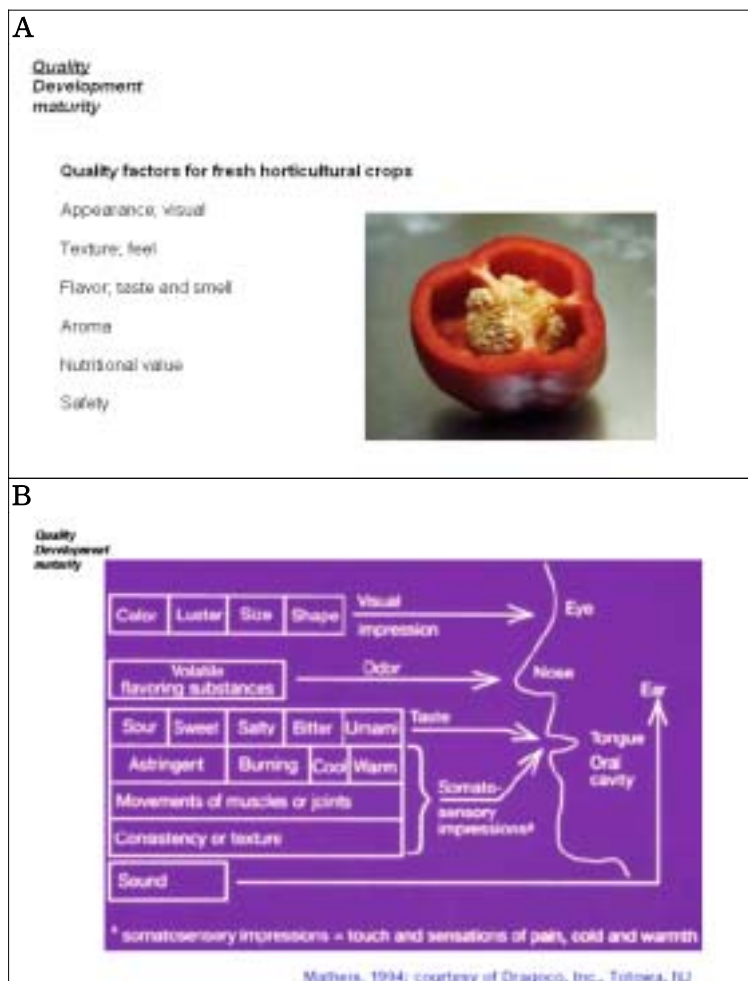




Fig. 1-22. Background of marketing standards for horticulture in Netherlands



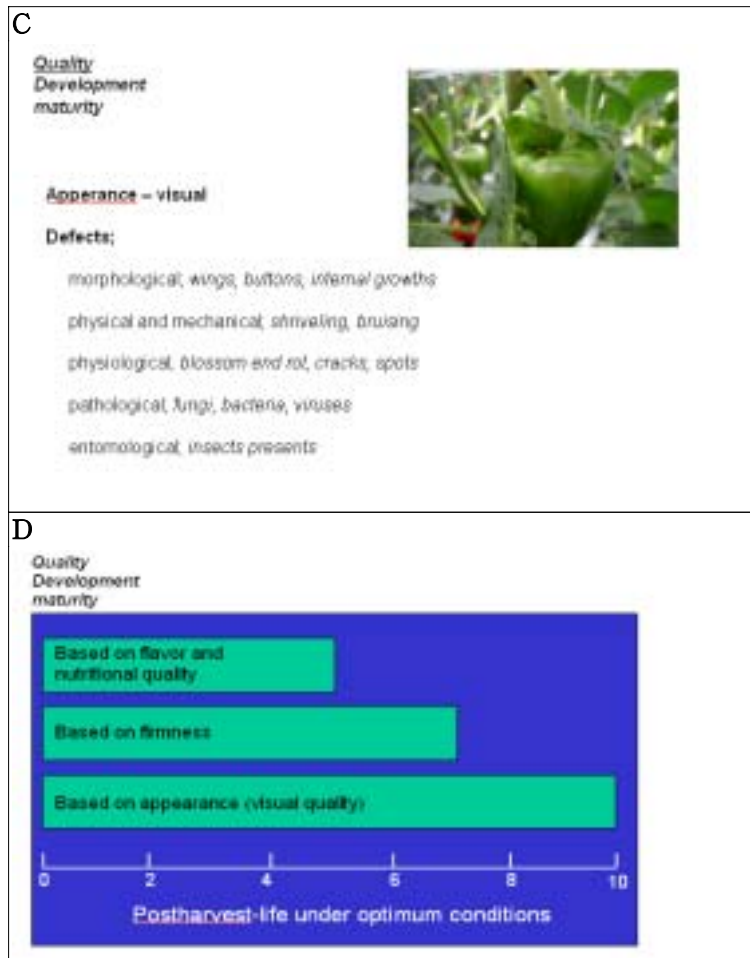
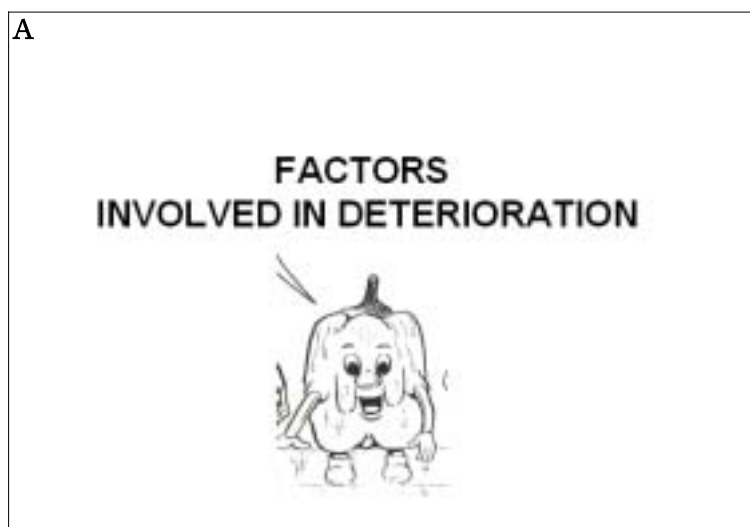


Fig. 1-23. Quality factors for fresh horticultural crops in Netherlands.



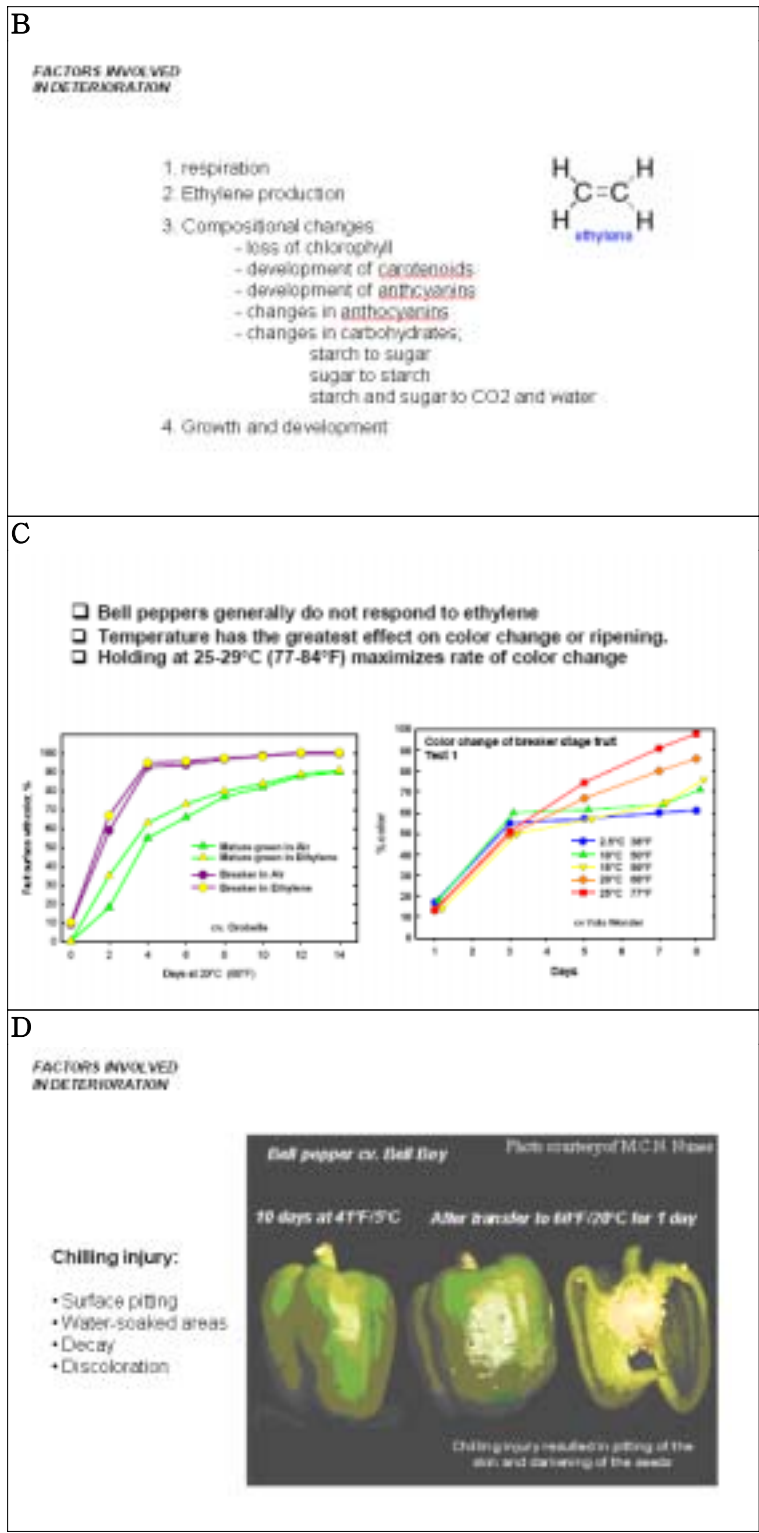


Fig. 1-24. Quality factors for fresh horticultural crops in Netherlands.

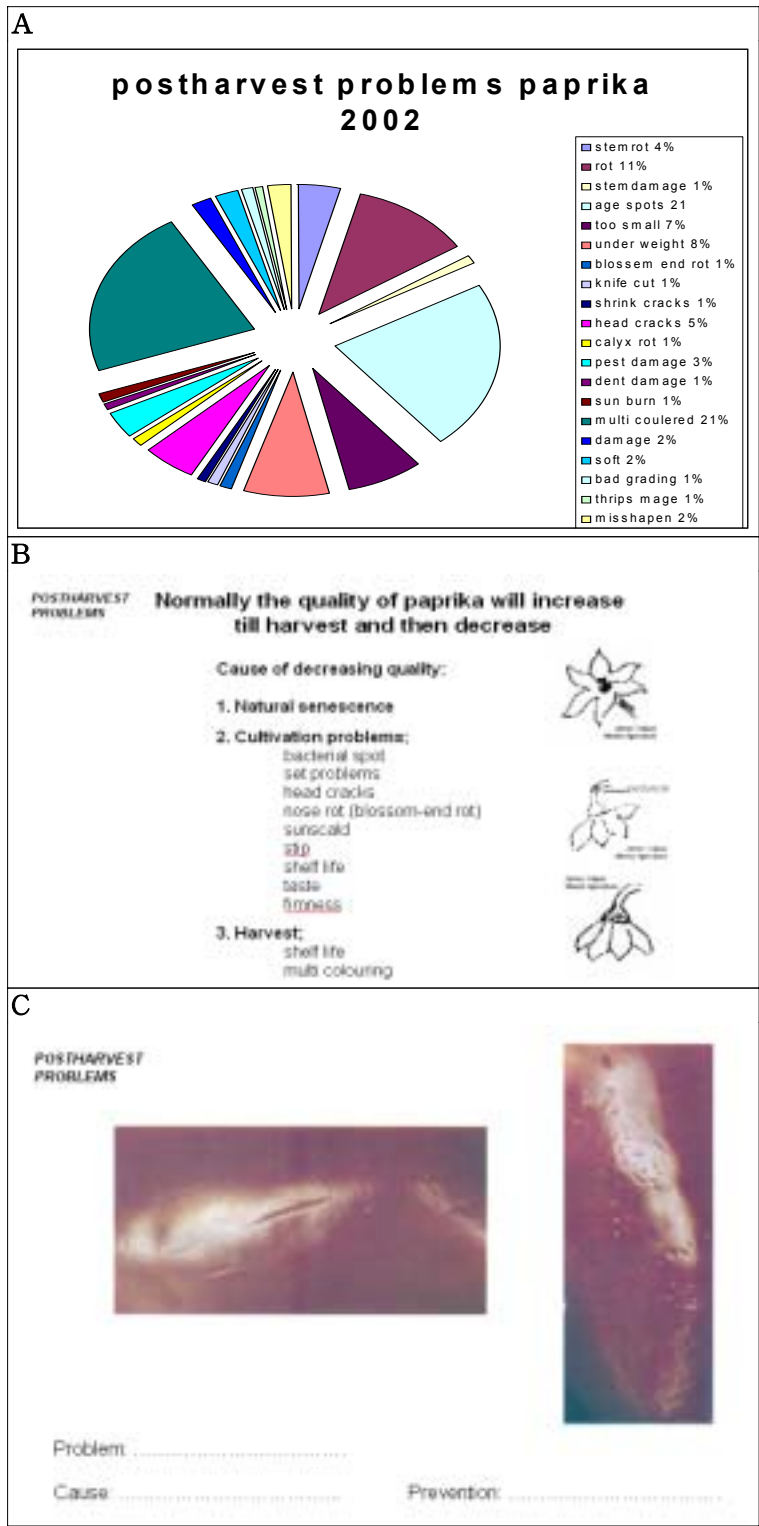


Fig. 1-25. Postharvest problems of paprika fruits in Netherlands.

나) 현지 파프리카 재배농가를 통한 수확 후 파프리카 저장유통관련 정보입수

(1) 재배농가 : L.P.V.D. Bosch & Zonen

(가) 재배면적 : 7ha 유리온실(층고 6m)

(나) 재배작물 : 파프리카

(다) 선별 및 임시저장 : 냉온장치가 없는 작업실에서 선별작업을 하고 있으며 선별 후에는 13°C에 임시저장 하고 있지만 이곳에서의 저장은 24시간을 넘기지 않는다고 한다.

(2) 재배농가 : Bleiswijkes Zoom

(가) 재배면적 : 7ha 유리온실

(나) 재배작물 : 파프리카

(다) 선별 및 임시저장 : 냉온장치가 없는 작업실에서 선별을 하고 15 ~ 16°C에 1일 동안 경매전에 저장하고 있었다. 경매장저장고의 저장온도는 12°C에 저장한다고 한다.

(3) 재배농가 : Vander Harg 농장

(가) 재배면적 : 8.6ha 유리온실

(나) 재배작물 : 파프리카

(다) 선별 및 임시저장 : 냉온장치가 없는 작업실에서 선별을 하고 simple marketing과 plus marketing 시스템으로 운영하며 미국·일본·독일·영국 등으로 수출하고 있다. 임시저장고는 약 12°C에 저장하고 있으며 가끔 packing for special marketing도 한다고 한다.

현지 생산농가들은 주로 12~16°C 정도에 저장한다. 소비자가 영국·독일인인 경우 저온저장하지 않지만 미국·일본 등 장거리 수출용일 경우 특별 관리를 하는 것으로 판단되었다. 파프리카의 수확 후 선별은 거의 자동화 되어 있었고 선별기는 청결하게 관리·감독되고 있었다. 과실은 품질별로 선별하여 Fig. 1-27과 같은 tag로 선별박스를 등급화하였다.





Fig. 1-26. Inside views of a packing house and a sorting machine in farms in Netherlands. The machine was well kept clean and inspected carefully.



Fig. 1-27. The grade tags were attached on export boxes after grading and packing fruits.

다) 저장 및 유통 전문가를 통한 정보수집

Wageningen 대학 packing/transport and logistics의 Henry Boerrigter 박사와 만나 현지 저장 및 유통 상황에 대한 정보를 수집하였다. Henry Boerrigter 박사와 앞으로 우리와 공동연구, 연구방법, 최근 연구결과 등에 대한 전반적인 논의를 2시간 30분 동안 하였고, 1시간에 걸쳐 보유하고 있는 장비나 시설들에 대한 설명을 관계자들로부터 상세하게 들었다 (Fig. 1-28 and 29). 네덜란드의 농업에 대한 연구는 응용분야 그리고 산업적 가치가 높은 것에 주력하고 있는 것 같았다. 모든 연구들은 실수요자의 요청에 의해서 이루어지고 그 결과는 본인에게만 공개하는 형식으로 진행되기 때문에 연구 data라 던지 연구관련 논문을 직접보기 힘든 시스템으로 산업정보의 보안이 잘 되어진 것으로 생각되었

다. 앞으로 공동연구를 하면서 첨단기법을 습득하고 간접적인 방법으로 정보를 수집하는 방안을 마련할 것이다. 네덜란드는 파프리카 작물을 상품화하여 1980년 후반부터 독일·영국·미국 등으로 수출하면서 해외시장을 확장해 왔다. 생산자협회와 관련기관은 그들만의 know-how를 극비로 하고 있었고 운용시스템에 대한 자세한 정보는 획득하기 힘들었다.

파프리카는 단거리 수출시에는 12°C 정도 온도를 유지하지만 장거리 수출시에는 8°C로 유지하는 것으로 판단되었다. 품종, 유통기간, 유통거리 등에 따라 저장 적정온도가 다르므로 구체적인 know-how는 영업비밀로 하고 있는 것 같았다. 앞으로 저장 중 온도변화와 condensation관계를 이용한 추가 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.



Fig. 1-28. Gas generator (left) and supplies and control system (right).

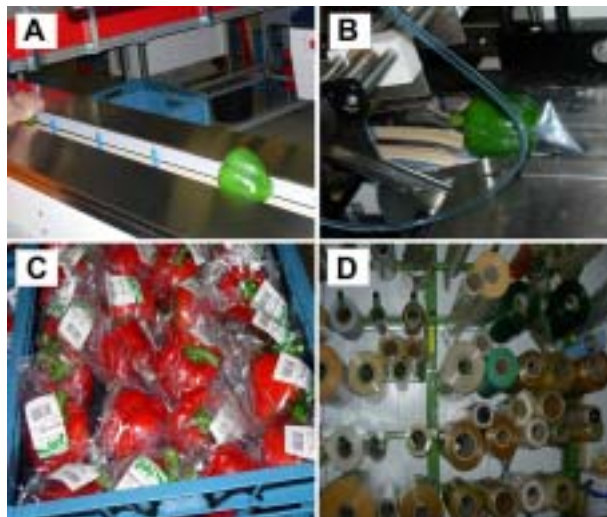


Fig. 1-29. Paprika fruits were packed individually with PE film at the sorting and grading house. Automatic packing machine (A and B), packed paprika with film (C) and packing films.

### 3. 성숙도에 따른 저장기간별 품질변화

#### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

1) 공시품종 및 처리: 파프리카는 생체로 이용되거나 색료로 많이 이용되는데 국내에서는 주로 착색과를 수확하고 있으나 일부 녹색과를 수확하기도 한다. M size (145 ~ 185 g)의 파프리카 품종 'Debora' (Red),를 이용하였다. 수확단계별 즉 성숙 단계별로 저장 중 품질 변화를 조사하였다. 완전히 성숙되었으나 착색이 아직 시작되지 않은 stage의 과실을 S1, 착색이 시작된 과실을 S2, 착색이 완료된 과실을 S3로 분류하여 수확하였다. 처리간 착색정도가 균일하고 상처가 없는 과실을 수돗물로 표피 오염물질을 제거한 다음 상온에서 건조시켰다. 충분히 건조된 과실을 무작위로 선별하여 5개씩 polyethylene bag에 넣어 조사일에 꺼내어 사용하였다. 봉지 내 습도는  $95 \pm 2\%$ 를 유지하였다. 5, 7, 10°C 저장고에 입고 후 일주일 간격으로 4주간 무게손실, 당도, 이온누출, 호흡, 에틸렌, 색도변화등을 조사하였고 경도와 부패율을 저장이 완료된 날 조사하였다.

#### 2) 색차측정

열처리에 의한 저장 중 색차변화는 색차계 (CR-200, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과실 어깨부위의 색차를 측정하였고 측정 부위를 marking하여 다음 측정 시에도 같은 부위를 측정하도록 하였다. 1주일 간격으로 저장 4주간 표피의 색깔변화를 관찰하였다. 총 색차변화는 아래 공식을 이용해 계산하였다.

$$\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{1/2}$$

3) 기타 조사항목별 처리 및 조사방법은 이전실험에 준하였다.

#### 나. 연구개발 수행 결과

#### 1) 무게손실

파프리카의 저장 중 무게손실은 저장기간이 증가함에 따라 꾸준히 증가하였다. 5°C에서는 수분 손실량이 가장 많았는데 이것은 Fig. 1-30의 결과와 같다.

저온장해에 의해 야기된 것으로 보여진다. 숙기별로는 모든 온도 처리구에서 무게손실은 S2, S1, S3 순으로 낮았다. 착색단계에 있는 과실은 모든 온도처리에서 가장 높은 수분손실률을 보인 반면 착색이 완료된 과실은 수분손실이 낮은 것으로 보아 착색 단계에 있는 과실의 품질하락이 빠르다고 할 수 있다. 착색단계에 있는 과실의 무게 손실이 높은 것은 호흡, 색차변화와 매우 밀접한 관련이 있었다 (Fig. 32, Fig. 1-37). 무게손실이 높을수록 호흡량 및 색차변화 정도가 높았다. 일부 국내산 파프리카는 미착색 상태로 수확되어 일본시장에 출하되는데 본 연구결과로 미루어 볼 때 착색의 정도는 저장성에 영향을 미치므로 착색이 완료된 파프리카를 수출하는 것이 좋을 것으로 보여진다.

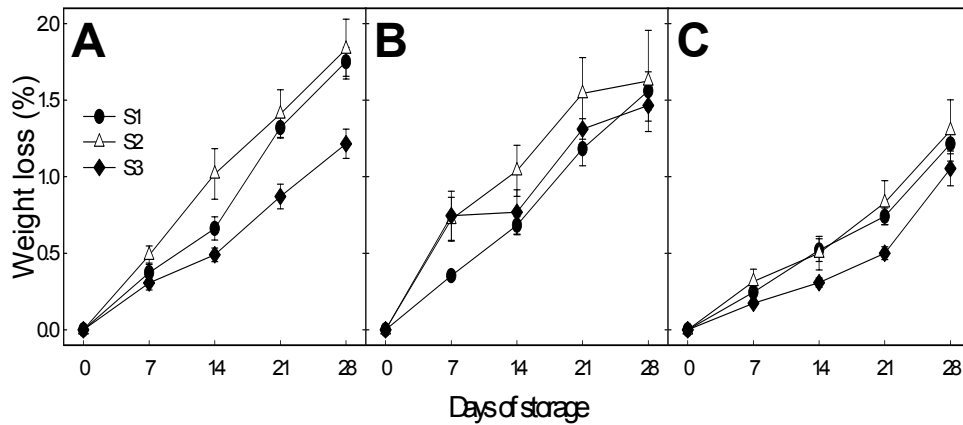


Fig. 1-30. Changes in weight loss of paprika fruits as affected by storage period at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 10 fruits each were used for every measurement. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

## 2) 경도감소

저장 4주 후 저장온도별 경도감소를 조사해 본 결과 경도변화는 유의차가 없었다. 숙기별로는 착색단계 (S2)의 과실의 경도가 낮고 미착색과 (S1)의 경도가 다소 높은 경향을 보였다 (Fig. 1-31).

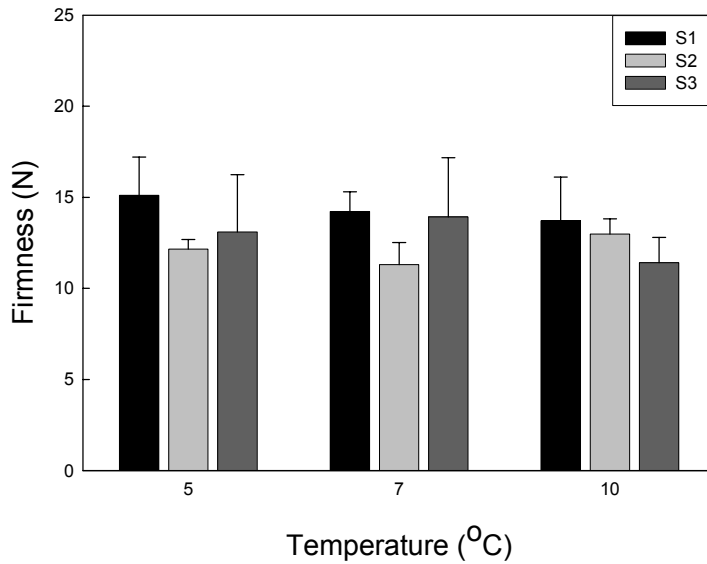


Fig. 1-31. Effect of temperatures on fruit firmness of paprika fruits after four weeks storage as affected by maturity stages. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 10 fruits each were used for every measurement. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

### 3) 당도변화

저장온도별 숙기별 당도변화는 저장 기간 동안 큰 차이가 없었으며 저장 전 초기 당도와 비슷했다 (Fig. 1-32). 당도는 숙기가 진행될수록 높아짐을 알 수 있었다. 숙기에 따른 당도는 착색완료 파프리카가 약 7.5 °Brix로 가장 높았던 반면 녹색과는 저장 기간 동안 약 4 °Brix대를 유지하였다. 따라서 출하 전 충분히 착색시킨 과실을 수출함으로 시장경쟁력을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

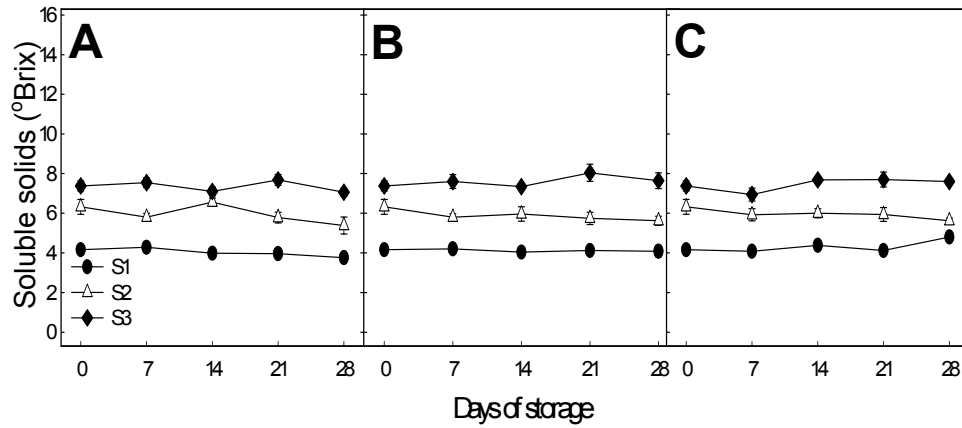


Fig. 1-32. Changes in soluble solid contents of paprika fruits as affected by storage periods (days) at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

#### 4) 냉해

이온누출은 5°C에서 가장 높았는데 이것은 저온장해에 의한 세포막투과성 증가로 세포 내부의 이온이 외부로 용출되기 때문이다. 작물별로 품종별로 저온 감응도는 달라서 같은 저온조건에서도 냉해정도는 다르다. 본 연구에 사용된 'Deborá'의 저장 중 이온 누출은 저장기간이 길어짐에 따라 서서히 증가하였다 (Fig. 1-33). 전반적으로 착색과의 세포막은 저온에 다소 강한 경향이었으나 녹색과(S1)와 착색중인 과실(S2)의 경우 5°C에서 매우 높은 이온누출을 보였다. S2단계의 과실은 호흡, 무게손실이 모든 처리구에서 높았는데 이온누출은 5°C에서만 집중적으로 증가한 것을 미루어 볼 때 이들 간의 밀접한 관련은 없는 것으로 보여진다.

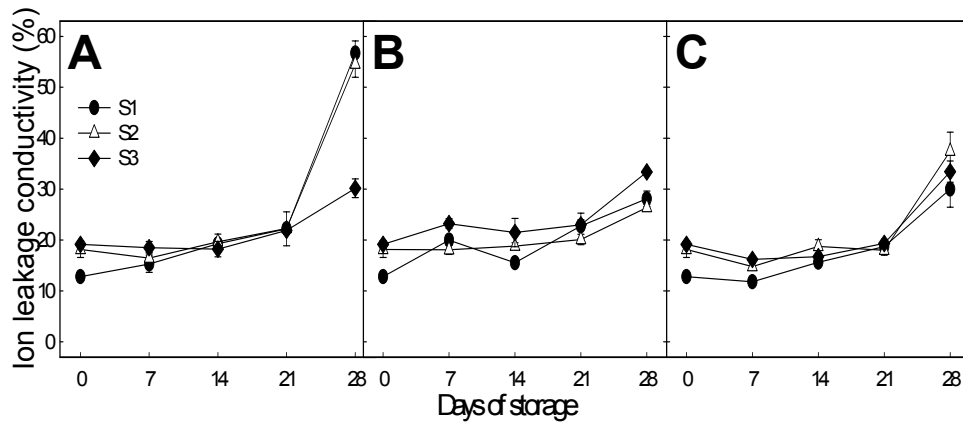


Fig. 1-33. Effect of maturity stages and storage temperatures on the rate of ion leakage conductivity of paprika fruits at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C) storage. Fruits were harvested at three different maturity stages; S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red) and stored for 28 days. Three replications of three discs (5 mm diameter) of 5 fruits each were incubated in a 50 mL plastic conical tube containing 20 mL of 0.2 M mannitol solution prepared daily and conductivity was measured after 24 h shaking under 60 rpm. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

##### 5) 부패율

저장온도에 따른 파프리카의 성숙단계별 부패정도를 조사한 결과는 Fig. 1-34와 같다. 성숙과 부패와의 직접적인 상관관계는 없는 것으로 나타났으나 온도에 따라 부패는 달라지는 것으로 나타났다. 저장 온도가 높아질수록 부패율도 증가하는 경향이였다. 성숙과의 경우 5°C 4주 저장에서 약 27%의 부패가 있었던 반면 10°C에서는 약 33%의 부패를 보였다. 부패의 대부분은 곰팡이 감염에 의한 것이다. 수확절단부분인 과경의 끝부분에서 잿빛곰팡이 발생이 가장 많았고 다음으로 과탁이였다. 과경부위 곰팡이 발현은 저장 2주부터 시작되며 과실표면 부패는 4주 이후에 나타났다.

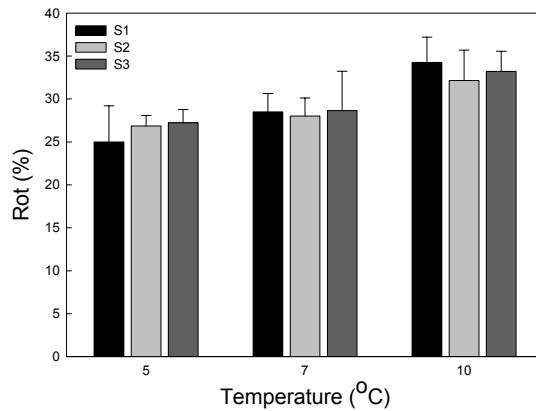


Fig. 1-34. Effect of temperatures on the percentage of paprika fruit after four weeks storage as affected by maturity stages. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 10 fruits each were used for every measurement. Values represent the mean  $\pm$  S.E.

#### 6) 호흡 및 에틸렌 발생

저장 중 저장온도가 호흡에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 저장한 과실을 상온에 1시간 보관 후 시간당 호흡률 및 에틸렌 발생정도를 측정하였다. 결과는 Fig. 1-35, 1-36과 같다. 전반적으로 온도처리별로 비교해 볼 때 저온에서 호흡이 높았으며 성숙단계별로는 S2단계인 착색중인 과실의 호흡 및 에틸렌 발생이 모든 처리구에서 높은 경향을 나타냈다. 이것은 착색중인 과실에서 무게손실이 많았던 것과 비슷한 결과이다 (Fig. 1-30). 5°C 온도 처리구를 제외한 모든 온도조건에서 호흡과 에틸렌은 저장 2주 동안 급격히 줄어들다가 이후에는 그 정도가 다소 완만해지는 경향이였다. 하지만 5°C에 저장된 과실의 호흡 양상은 다른 온도의 것과 달랐다. S1의 경우 저장 전과 저장 후의 호흡량은 거의 비슷했고 변화폭도 매우 완만했다. 하지만 다른 처리구와 달리 S2의 경우 저장 1주일까지 호흡 및 에틸렌 발생량이 증가하다가 호흡은 이후 큰 변화폭 없이 저장 4주까지 계속 유지되었고 에틸렌은 이후 꾸준한 감소를 보였다. 5°C에서 호흡이 다소 높게 유지된 것은 저온장해와 관련한 것으로 보여진다.



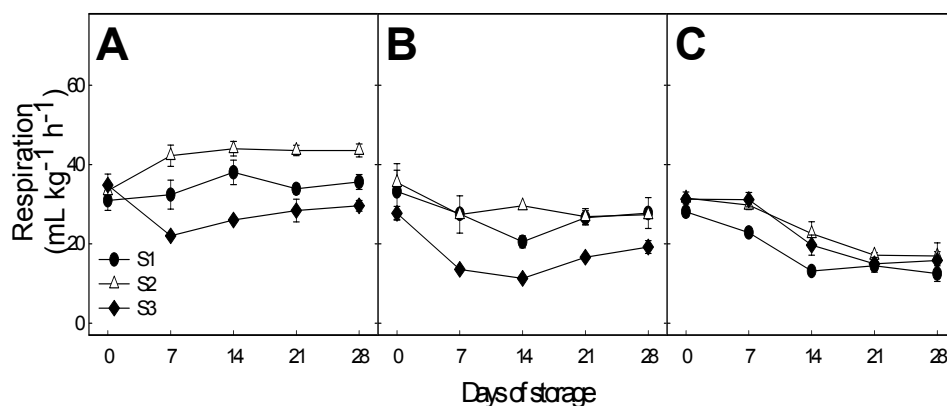


Fig. 1-35. Changes in respiration rate of paprika fruits as affected by storage periods at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

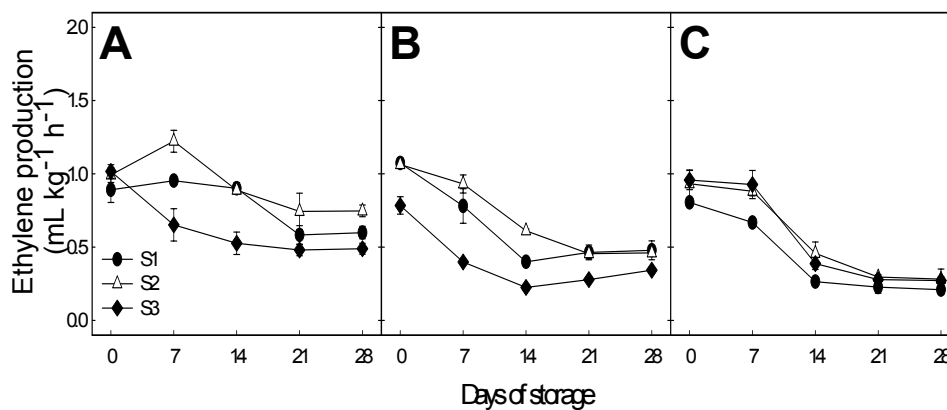


Fig. 1-36. Changes in ethylene production of paprika fruits as affected by storage period at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

### 7) L 값의 변화

L 값은 색도의 밝기를 나타내는 것으로 색깔의 탁하고 선명함을 판단할 수 있다. 저장기간 동안 녹색과(S1)와 착색과(S3)는 큰 변화가 없었으나 착색중인 과실(S2)의 변화는 저장온도에 따라 큰 영향을 받았다(Fig. 1-37). 5°C에서는 L 값이 감소하다가 7°C에서 증가, 10°C에서는 변화폭이 10 value에 이른 것을 볼 때 저온 보다는 고온에서 착색이 왕성함을 보여주고 있다.

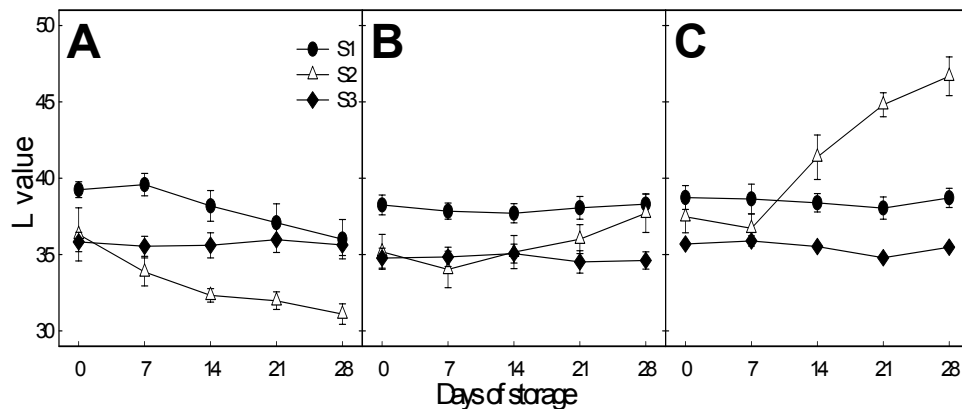


Fig. 1-37. Changes in L value of paprika fruits as affected by storage periods at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

### 8) a\*값의 변화

a\*값은 붉기를 표현하는데 색깔이 붉을수록 값이 커진다. 본 연구에 사용된 과실의 수확당시 붉기는 착색과의 경우 약 33 value였고 녹색과의 경우 약 -15 value로 저장기간과 저장온도에 영향을 받지 않았다(Fig. 1-38). 하지만 착색중인 S2단계의 과실은 수확당시 약 -10 value였으나 저장기간이 길어질수록 저장온도가 높아질수록 값이 커졌다. 착색 중인 과실도 5°C에서는 변화가 적었으나 10°C에서는 급격한 착색이 진행되어 저장 4주째 21 value로 매우 붉어졌다.

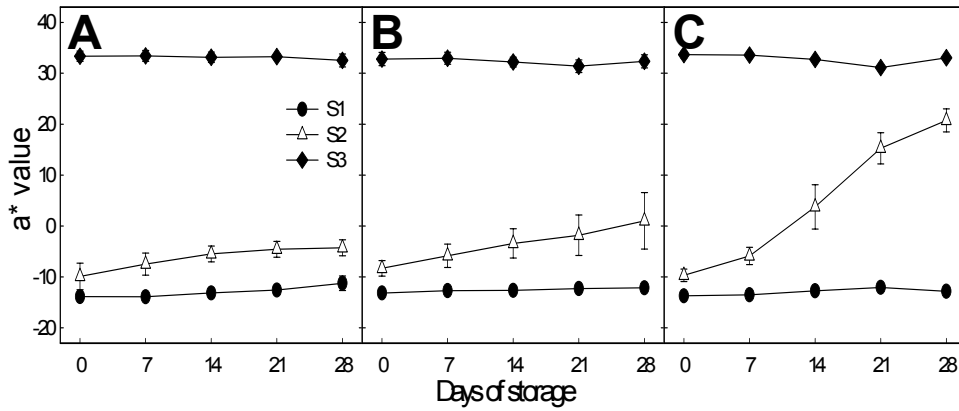


Fig. 1-38. Changes in a\* value of paprika fruits as affected by storage periods at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

#### 9) b\* 값의 변화

b\*값은 노란 또는 주황에 가까울수록 값이 커지는데 본 실험에서도 L, a\* value와 같이 S1과 S3단계의 과실은 저장기간과 온도에 큰 영향을 받지 않았으나 S2 단계의 과실은 저장기간이 길어질수록 값이 커졌으며 그 변화정도는 온도에 의해 더욱 큰 영향을 받았다 (Fig. 1-39). 저장 5°C에서 b\*값은 수확당시 14 value에서 저장 28일째 약 7 value로 녹색이 더욱 짙은 녹색(redish dark green)이었으나 10°C에서는 저장 4주째 약 29 value로 주황에 가까워졌다.

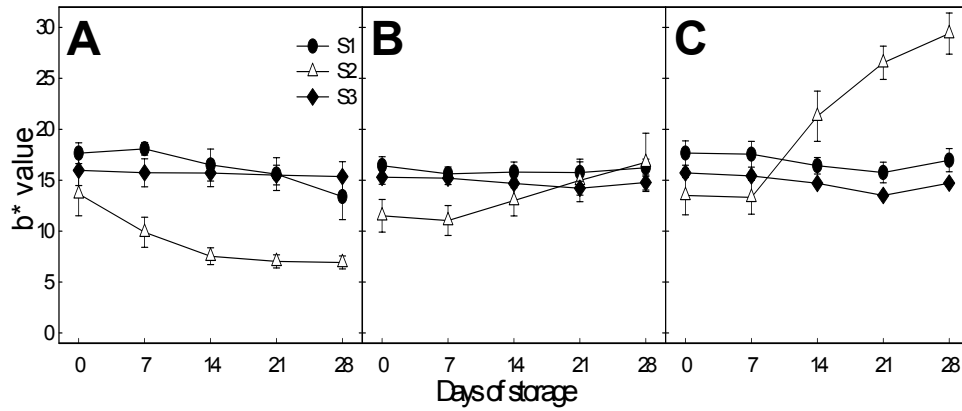


Fig. 1-39. Changes in b\* value of paprika fruits as affected by storage periods at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

#### 10) 총 색차 변화

파프리카 'Debora'의 저장 중 착색진행은 Fig. 1-40, 1-41과 같다. S2 단계의 저장 온도별 총 색갈 변화는 10°C에서 가장 높았고 S1과 S3단계는 5°C에서 약간의 변화가 있었다. 녹색과인 S1과 착색완료과인 S3단계의 과실의 총 색차가 7나 10°C에서 보다 5°C에서 변화를 보인 것은 L 값과 b\* 값 변화의 영향을 받은 것으로 보여진다. 녹색과와 착색 완료과의 착색은 저장 중 거의 진행되지 않았으나 착색단계의 과실은 10°C 저장에서 매우 활발히 진행되었다. 착색불량과를 수출은 가격하락의 주원인으로 현재 파프리카 수출산업에 큰 걸림돌이 되고 있다. 일본 유통회사의 간이 저장고의 온도는 약 5°C로 매우 낮게 설정되어 있는데 이곳에 파프리카를 저장 할 경우 냉해는 물론 수확 후 착색에도 문제가 있을 것으로 보여진다. 본 연구결과는 성숙단계별 저장온도가 착색에 어떠한 영향을 미치는지를 연구한 것으로 차후 미 착색과 문제해결에 기초자료가 될 것으로 보여진다.

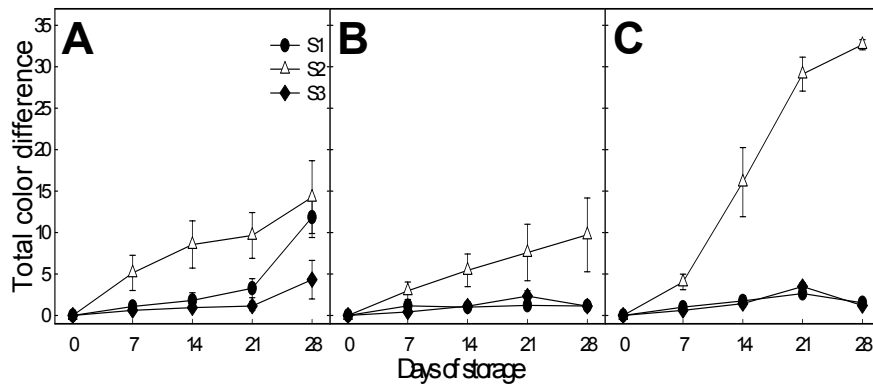


Fig. 1-40. Changes in total color difference of paprika fruits as affected by storage periods at 5 (A), 7 (B) and 10°C (C). Fruits were harvested at three different maturity stages and stored for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red). Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

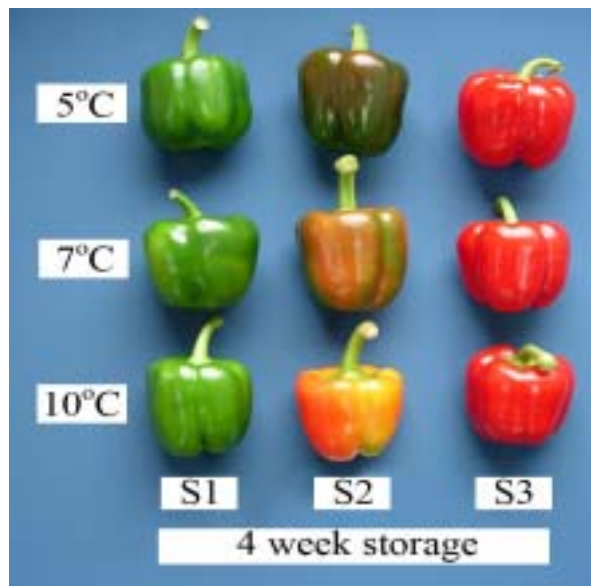


Fig. 1-41. Changes in skin color of paprika fruits as affected by different storage temperatures and maturity stages. Fruits were harvested at three different maturity stages and stored at 5, 7 and 10°C for four weeks. The scale used was S1 = mature-green (no presence of red color); S2 = just turning color (slight color change from green to red); S3 = red ripe (dark-red).

## 제 2 절 저장 전처리 조건 구명

### 1. 선진기술 수집 및 도입

#### 가. Hot water treatment

현재 파프리카의 수확 후 저장 전처리에 대한 연구는 거의 없는 실정이며 살균을 목적으로 한 열탕처리에 대한 연구는 일부 선행되었지만 극히 미비한 실정이다.

파프리카를 비롯한 원예산물은 저장 중 곰팡이에 의한 부패로 인한 감모율이 높아 경제적 손실이 매우 큰 실정이다. 이를 방지하기 위해서 살균제와 같은 화학약품을 처리하기도 한다. 하지만 화학약품처리는 인체에 해가 될 우려가 있고 현재 등록된 종류가 많지 않아서 실용화에 어려움이 많다(How, 1991). 따라서 부패균을 제거할 수 있는 대체 방법에 대한 연구가 시급한 실정이다(Lurie, 1998). 화학제를 사용하지 않고 살균할 수 있는 가장 좋은 방법 중 하나는 열처리방법이라고 보고되어있다(Couey, 1989; Lurie, 1998). 열처리는 1922년 Fawcett에 의해 감귤류 살균을 위해 처음으로 사용되었다. 열처리 방법으로는 열탕침지, 열수분사, 증기, 고온건조처리 등이 있는데(Fallik 등, 1996, 2001; Lurie, 1998) 이스라엘을 포함한 일부 농업 선진국에서 경제적, 시간적 손실이 적고 인체에 해가 없는 가장 효율적인 방법으로써 열탕침지 및 열수분사에 대한 연구를 하고 있다(Elzar, 1991). 하지만 네덜란드 농가에서는 열처리를 실시하고 있지 않음을 현지 방문을 통해 알 수 있었다. Elzar가 고안한 선별장에서 실제 실용화 가능한 열수분사 방법은 Fig. 2-1과 같다.

열처리시 적절한 물의 온도 및 처리시간은 원예산물의 종류에 따라 다르며 열처리 효과 또한 살균을 비롯하여 광범위하다(Table 2-1). 하지만 현재 파프리카에 대한 열처리 연구는 극히 미비한 실정이다.

수확 된 파프리카에는 눈에 보이지 않는 이물질과 하우스내의 고온 다습한 환경으로 인해 세균이나 곰팡이 포자, 곤충의 알 등이 존재하고 있는데 이들이 저장 중 부패를 일으키는 주요원인이다. 파프리카의 저장력을 증대시키기 위해서는 표피에 존재하고 있는 *Botrytis cinerea*나 *Alternaria alternata* 등의 포자,

곤충의 알 등이 제거되어야 한다. Fig. 2-2와 2-3는 열수시스템(Fig. 2-1)을 이용하여 과피, 화탁, 과경등을 세척한 SEM 사진이다. 열수처리 된 파프리카(B)는 무처리(A)에 비해 매우 청결해 졌음을 알 수 있다 (Fallik, 1999).

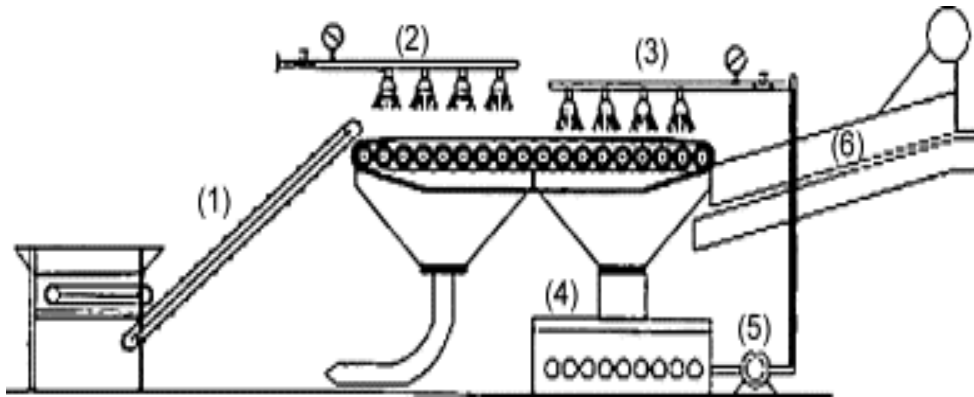


Fig. 2-1. Hot water rinsing and brushing machine: (1) conveyor; (2) tap water rinsing and brushing unit; (3) hot water rinsing and brushing unit. Water is recycled; (4) hot water container; (5) water pump to pressurize and recycle the hot water; (6) forced-air dryer.

Table 2-1. Hot water treatments (HWT; Hotwater treatment, HWRB; Hot water rinsing and brushing) for horticultural crops, optimal temperature and aim of heat treatments.

Crop	Treatment	Optimal temperature (time)	Aim	Reference
Apple (cv. Royal Gala)	HWT <sup>a</sup>	44 (35 min)	Quarantine	Smith and Lay-Yee (2000)
Apple (cv. Golden Delicious)	HWRB <sup>b</sup>	55 (15 s)	Decay control, ripening inhibition	Fallik et al. (2001a,b)
Asparagus	HWT	47.5 (2-5 min) <sup>c</sup>	Reduce geotropism	Pauli and Chen (1999)
Avocado (cv. 'Hass')	HWT	40-42 (20-30 min)	Decay control, better quality.	Hofman et al. (2002)
Clementine	HWT	38 (60 min)	Chilling prevention	Woolf (1997)
	HWT	45 (2.5 min)	Decay control	Larrigaudiere et al. (2002)
Grapefruit (cv. Star Ruby) <sup>d</sup>	HWRB	59-62 (20 s)	Decay control, chilling and decay resistance, better quality	Pont et al. (2000b)
Green onion	HWT	55 (2 min) <sup>e</sup> , 52.5 (4 min) <sup>f</sup>	Growth inhibition (fresh-cut)	Castwell et al. (2001)
Ginger flower (rod)	HWT	49-50 (12-15 min)	Quarantine, longer vase life, Reduce geotropism	Hara et al. (1997), Chantachit and Pauli (1998), and Jaroskit and Pauli (2003)
Kanquar <sup>g</sup>	HWRB	58 (20 s)	Decay control, better quality	Ben Yehoshua et al. (2000)
Lemon	HWT	52-53 (2 min)	Decay control, decay resistance	Nafusi et al. (2001)
Lemon	HWRB	62.8 (15 s)	Decay control, quality maintenance	Smilanick et al. (2003)
Litchi	HWRB	55 (20 s)	Decay control	Lichter et al. (2000)
Litchi and longan	HWT	49 (20 min)	Quarantine	Follett and Saxner (2001)
Mandarin (cv. Fortune)	HWT	50-54 (3 min)	Decay control	Schirm and D'Hallewin (1997)
Mango <sup>h</sup>	HWT	43-49 (65-90 min)	Quarantine	Jacobi et al. (2001a,b)
Mango <sup>h</sup>	HWT	46.1 (110 min) <sup>i</sup>	Quarantine	Shelie and Mangan (2002)
Mango <sup>h</sup>	HWRB	48-65 (10-25 s) <sup>j</sup>	Decay control	Prunty et al. (1999)
Melon (Galja-type) <sup>k</sup>	HWRB	59 (15 s)	Decay control, ripening inhibition, better quality	Fallik et al. (2000)
Orange (cv. Shamout) <sup>l</sup>	HWRB	56 (20 s)	Decay control, better quality	Pont et al. (2000a)
Orange (cv. Tarocco)	HWRB	62.8 (15 s)	Decay control	Smilanick et al. (2003)
Plum (cv. Fviar)	HWT	53 (3 min) <sup>f</sup>	Decay control, chilling resistance	Schirm et al. (1997)
	HWT	45-50 (35-30 min)	Decay control, chilling resistance	Abu-Kpwoh et al. (2002)
Potato	HWT	57.5 (20-30 min)	Sprouting inhibition, better quality	Rangano et al. (1998)
Soybean sprouts	HWT	60 (30 min) <sup>f</sup>	Sprout inhibition	Park et al. (1998)
Sweet pepper <sup>m</sup>	HWRB	55 (15 s)	Decay control, ripening inhibition, better quality	Fallik et al. (1999)
Sweet pepper	HWT	45 (15 min), 53 (4 min)	Chilling resistance, decay control, enhance polyamines	Gonzalez-Aguilar et al. (2000)
Tangerine (cv. Mirreola) <sup>n</sup>	HWRB	56 (20 s)	Decay control	Pont et al. (2000a)
Tomato (cv. 144 and 189)	HWRB	52 (15 s)	Decay control, ripening inhibition, chilling and decay resistance	Ilic et al. (2001), and Fallik et al. (2002)
Tomato (cv. Sunbeam)	HWT	39, 45 (60 min)	Chilling resistance, decay control	McDonald et al. (1999)



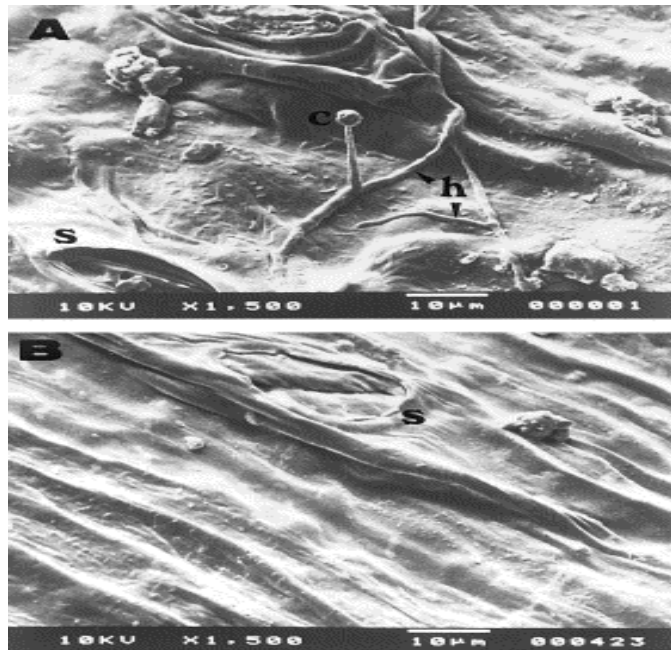


Fig. 2-2. Scanning electron microscopy of the calyx of dry-brushed fruit (A) and rinsed fruit (B). c, conidiophore; h, hyphae; s, stomata.

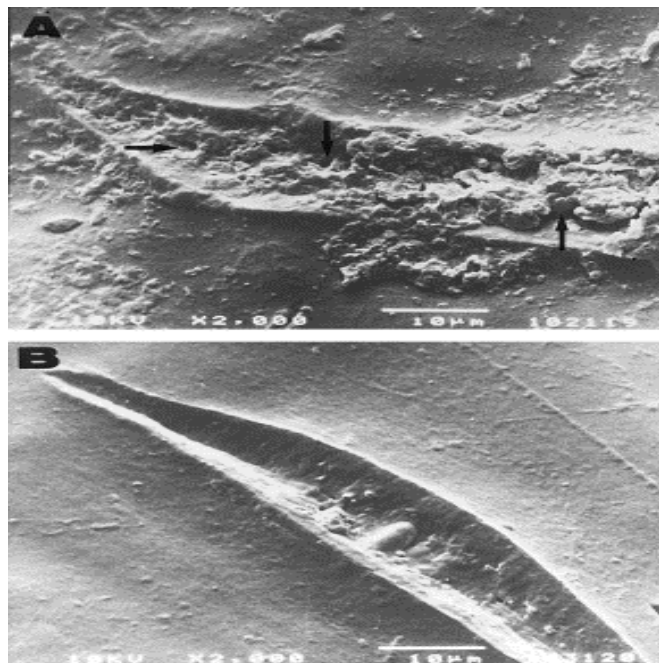


Fig. 2-3. Scanning electron microscopy of a crack from untreated skin (A) and rinsed and brushed skin (B). Arrows indicate holes in the crack.

## 나. 화학물질 처리

### 1) DPA

DPA(Diphenylamine)는 사과와 저온저장시 흔히 발생하는 superficial scald를 방지하는 항산화 물질(Smock, 1961)로서 현재 널리 이용되고 있다. Albert(2002)에 따르면 green bell pepper(*Capsicum annuum*. L) 저장 시 DPA를 처리함으로써 냉해증상인 pitting 발생률을 줄일 수 있었다고 한다. DPA 12 mM을 2분간 침지하거나 20 mL 주사주입을 했을 경우 pitting 방지에 효과적이었다고 한다(Fig. 2-4). DPA가 green bell pepper의 냉해와 사과의 superficial scald증상을 감소시키는데 대한 정확한 기작은 밝혀지지 않았지만 DPA가 과실 특히 사과의 껍질에 존재하는  $\alpha$ -farnesene의 산화를 억제하기 때문인 것으로 추정하고 있다(Whitaker, 2000).

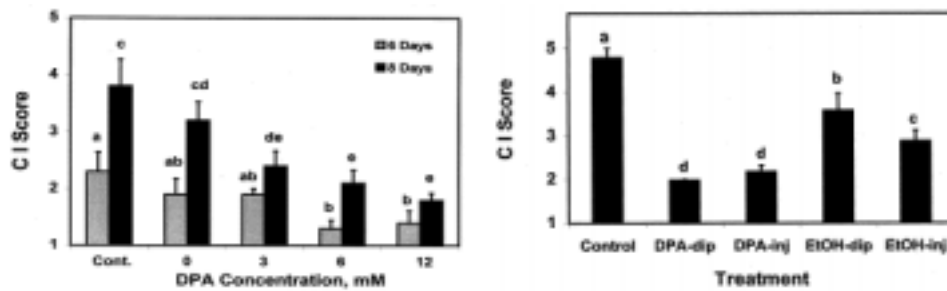


Fig. 2-4. Effect of DPA treatment method on chilling injury of green bell peppers stored at 1°C for 8 days followed by storage at 20°C for an additional 2 days. Mean chilling injury score of 10 fruit±S.E. Bars with the same letter do not differ significantly at P<0.05.

### 3) MeSA와 MeJA

파프리카는 열대성 식물로써 7°C이하에 노출될 경우 냉해증상을 동반하게 되는데 주요증상으로는 pitting, *Alternaria rot*에 의한 화탁 및 과실 부패, 종자갈변 및 수분감소에 의한 주름짐현상등이 있다. 갈변과 pitting은 특히 green bell pepper에서 많이 일어난다. Pitting은 처음 표피에 dot-pitting이 형성되고 이어 sheet-pitting으로 이어진다(Hardenburg, 1986). Salicylic acid(SA), jasmonic acid(JA) 그리고 Methyl ester-SA 와 JA는 식물체 내부에서 형성되며 stress와

식물 발달에 중요한 역할을 하는 물질이다(Turner, 2002). Fung (2004)의 결과에 의하면 MeSA와 MeJA처리로 0°C온도에서 green bell pepper의 pitting 발생률을 줄일 수 있었고 한다. 0°C에서 2주 저장 후 상온에 방치하여 종자 갈변을 비교한 결과 상온 방치 23일 짜 무처리는 58%의 종자갈변을 보였지만 MeSA와 MeJA 처리구에서는 저장 28일이 되어도 단지 17%의 종자갈변율을 보였다고 보고하였다.

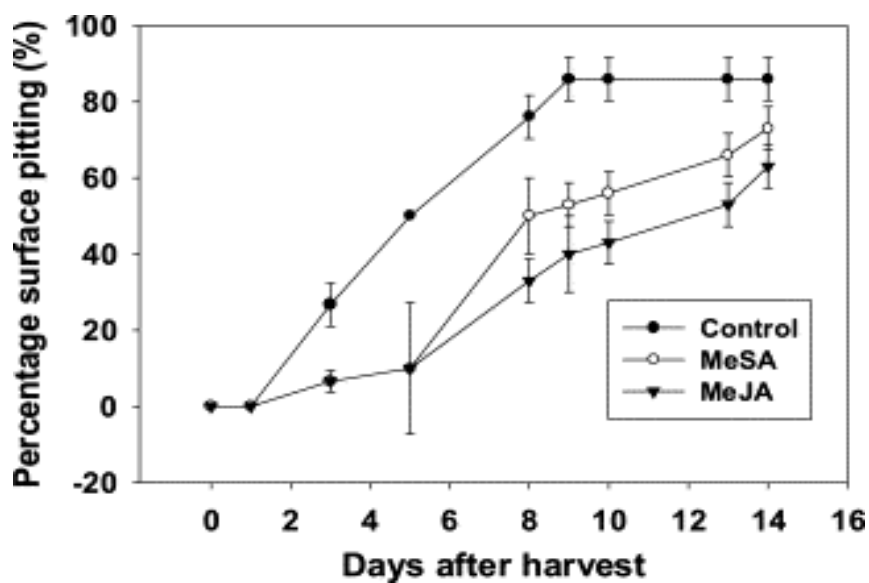


Fig. 2-5. Effect of methyl salicylate (MeSA) and methyl jasmonate (MeJA) on chilling injury of green bell pepper stored at 0 °C. Fruits were treated at 25 °C overnight with MeJA ( $10^{-4}$  M), MeSA ( $10^{-4}$  M) or with air as a control (day 1). Fruits were then stored at 0 °C for 13 days (days 2 - 14). Chilling injury evaluation was performed based on the percentage of fruit surface area covered by pitting. Vertical bars represent S.E.; n=30. S.E. value was 0 for control at 6 days after harvest.

#### 4) 선진기술 도입 인용 문헌

Couey, H.M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruit. HortScience 24:198 - 202.

Fawcett, H.S. 1922. Packing house control of brown rot. Citrograph 7:232 -

234.

Fallik, E., Aharoni, Y., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H., Bar-Lev, E. 1996. A method for simultaneously cleaning and disinfecting agricultural produce. Israel Patent Application No. 116965.

Fallik, E., Tuvia-Alkalai, S., Copel, A., Wiseblum, A., and Regev, R. 2001. A short water rinse with brushing reduces postharvest losses—4 years of research on a new technology. *Acta Hort.* 553: 413 - 416.

Fung, R.W.M., Wang, D.Y. and Smith, D.L. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet pepper (*Capsicum annuum* L). *Plant Sci.* 166:711-719

Gonzalez-Aguilar, G.A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R. and Wang, C.Y. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 18:19 - 26

How, B.R. 1991. *Marketing Fresh Fruit and Vegetables*. AVI Book, Van Nostrand Reinhold, New York, 336.

Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Hortic. Rev.* 22:91 - 121.

Purvis, A.C. 2001. Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 41-48.

Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C.Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *US Dep. Agri. Agri. Handb.* 66:65

Smock. 1961. Smock, R.M., 1961. *Methods of Scald Control on the Apple*. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta., Ithaca, NY Bul. 970.

Turner, J.G., Ellis, C. and Devoto, A. 2002 The jasmonate signal pathway. *Plant Cell Suppl.* 14:153 - 164.

Whitaker, B.D. 2000. DPA treatment alters  $\alpha$ -farnesene metabolism in peel of 'Empire' apples stored in air or 1.5% O<sub>2</sub> atmosphere. *Postharvest Biol. Technol.* 18:91-97

## 2. 열처리 방법에 따른 저장성

### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

#### 1) Hot water dip

가) 공시품종 및 처리: M size (145~185g)의 파프리카 품종 'Speical' (Red)을 이용하였다. 당일 수확·선별된 과실 중 상처가 없고 착색이 균일한 것들을 air brush로 표피 오염물질을 제거한 다음 45, 50, 55°C에서 2분간 열탕 침지하였다. 과실 표면의 물기를 클린벤치에서 충분히 건조시킨 후 일본 수출용 포장 박스에 넣어 저장하였다. 박스내 동일한 습도(RH 95 ± 2%)를 유지하기 위해 증류수를 2 ~ 3회 분무 후 polyethylene film으로 박스를 포장하여 12°C 저장고에 입고하여 4일 간격으로 약 5주간 수분손실, 당도, 경도, 과경갈변, 부패율을 조사하였다.

#### 2) Hot water spray

가) 공시품종 및 처리: 선별기에 살수처리 장치 및 건조장치를 설치함으로써 열처리 시스템을 실용화 할 수 있을 것으로 보여진다. 열수살수는 선별의 시간적 효율을 높이기 위해 열수침지에 비해 높은 온도에서 짧은 시간동안 행해지는 것이 바람직한 것으로 보고되어 있다(Lurie, 1998). 따라서 본 연구에서는 열탕처리 실험에서 가장 효과적이었던 55°C와 60°C에서 10, 30, 60초간 살수하여 적정 처리온도와 시간을 구명하고자 하였다. 처리 후 과실 표면의 수분을 클린벤치에서 충분히 건조시킨 후 polyethylene bag(24.5 cm × 35.5 cm)에 5개씩 넣어 10°C에 저장하였다. 1주일 간격으로 4 주간 수분손실, 당도, 경도, 과경갈변, 부패율, 곰팡이 번식률, 색차 등을 조사하였다.

3) 무게감소: 열처리에 의한 수분손실을 측정하기 위해 저장하기 전 각각의 과실 무게를 측정 후 labelling 하였다. Polyethylene bag(24.5 cm × 35.5 cm)에 과실을 넣어 저장하였다. 과실을 저장고에서 꺼냈을 경우 급격한 온도차에 의해 과피에 이슬이 맺히는데 무게 측정 전에 kimtowels(285 mm × 300 mm × 4ply)로 이슬을 제거하였다. 무게가 측정된 과실은 즉시 저장고에 다시 입고되

었다. 무게손실률(WL)은 저장 중 무게손실(Ws)을 수확당시의 무게(Wo)에 대한 손실률로 나타내기 위해 아래의 공식을 이용하였다.

$$WL(\%) = (Ws - Wo)/Wo \times 100$$

4) 경도 및 당도: 저장온도별 경도는 임의의 과실을 저장고에서 출고하여 위, 중간, 아래 부분을 conical measuring head가 장착된 portable fruit hardness tester(FHM-5, Tokyo, Japan)로 측정하여 평균값을 N(newton)으로 나타내었다. 당도는 경도와 같이 위, 중간, 아래 부분을 2 cm<sup>2</sup>의 크기로 채취하여 digital refractometer(PR32, Atago, Japan)을 이용하여 측정하였다.

5) 과경갈변 및 부패: 파프리카의 저장 중 과경갈변은 수확시 절단 부위의 곰팡이 번식과 건조에 의해 일어나는데 이것을 조사하기 위해 숙달된 전문연구원들이 0 (갈변 없음) ~ 5 (갈변 매우 심함)를 기준으로 조사하였다.

6) 이온누출: 이온누출은 냉해증상 판별에 널리 이용되는 방법으로 저온에 의해 세포막이 장해를 입었을 경우 외부로 용출되는 이온의 양이 증가한다. 이온누출을 측정하기 위해 과육을 지름 5 mm 크기의 stainless steel cork borer로 채취하였다. 3개의 채취된 표본을 당일 조제된 0.2M Mannitol 용액 20 ml이 든 50 ml conical tube에 넣어 상온에서 EC meter(F-54BW, Horiba, Japan) 로 초기 이온누출(E0) 을 측정하였다. 측정 된 sample은 24시간 동안 상온에서 교반한 후 다시 측정(EL24) 하였으며 총 이온 누출량(ELt) 을 측정하기 위해 -20°C 에서 24시간동안 동결시켰다. 동결된 시료를 상온에서 해동하여 전기전도도를 측정한 후 아래의 공식을 이용하여 저온에 의한 이온누출량(EL%) 을 계산하였다.

$$EL\% = (EL24 - ELo) / (ELt - ELo) \times 100$$

#### 7) 색차측정

열처리에 의한 저장 중 색차변화는 색차계(CR-200, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과실 어깨부위의 색차를 측정하였고 측정 부위를 marking하여 다음 측정 시에도 같은 부위를 측정하였다. 7일 간격으로 저장 28일간 표피의

색변화를 관찰하였다.

#### 8) Carbon dioxide 와 Ethylene 발생률

열처리에 의한 호흡율과 에틸렌 발생률 측정은 1주일 간격으로 4주간 실시하였다. 과실 저장 후 상온에 1시간동안 방치하여 저장온도별 품온을 상온과 비슷하게 하였고 이 후 1L 밀폐용기(Nalgene, USA)에 넣어 1시간 상온에 방치 후 호흡을 측정하였다. 1 ml glass syringe를 이용하여 용기내의 가스를 채취하였다. Standard packed column (Precision Sampling Corp., Baton Rouge, LA, USA)이 장착된 gas chromatograph (Hewlett Packard 6890, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 호흡량 및 에틸렌 발생량을 측정하였다. Oven과 front inlet 온도는 100°C, back inlet, front detector, back detector의 온도는 각각 375, 250, 150°C였다.

### 나. 연구개발 수행 결과

#### 1) Hot water dip

##### 가) 정도

과프리카는 저장 중 곰팡이에 의한 감모율이 매우 높다. 저장 전 과실의 표피, 과경, 화탁에 존재 하는 곰팡이, 곰팡이 포자 및 세균이나 곤충의 알을 제거하기 위하여 열수침지를 하였다. 정도는 저장 16일까지는 처리 간에 큰 차이가 없다가 저장 16일 이후부터 서서히 차이가 나기 시작했다. 저장 32일째 무처리와 45°C 열수처리구의 정도는 각각 19.9 N과 20.1 N이었던 반면 55°C 열수처리구는 18.5 N으로 가장 낮았다(Fig. 2-5). 열수처리 온도가 높을수록 저장 후기의 정도가 더 낮아졌다.

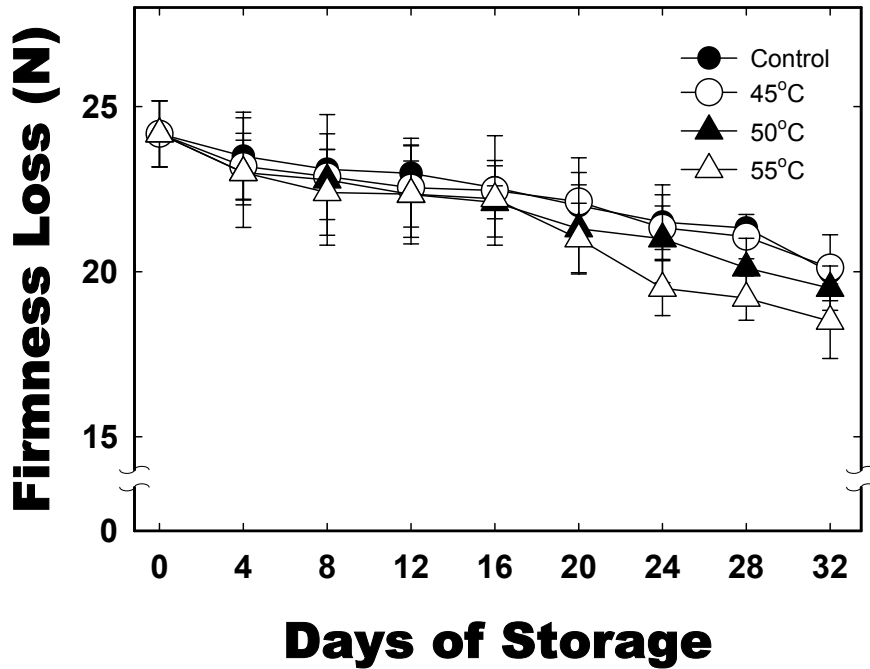


Fig 2-5. Effect of hot water treatment on fruit firmness of paprika. Fruits were dipped at 45, 50, 55°C hot water for 2 min. and then stored at 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors.

나) 과경 갈변

파프리카의 저장 중 품질저하의 주요원인 중 하나는 저온이나 곰팡이 번식에 의한 과경변색이다. 열탕침지를 한 결과 55°C 열수처리구에서는 저장 4일째부터 과경변색이 서서히 시작되었으나 다른 처리구에서는 8일째부터 변색되기 시작하였다. 과경변색은 55°C 열수처리구를 제외한 다른 처리구에서 저장기간이 길어질수록 급격히 증가하는 추세였다(Fig. 2-6). 하지만 55°C 열수처리구에서는 과경변색이 서서히 진행되다가 저장 32일째 과경변색 지수 1.9로 가장 낮았다. 이것은 고온에 의한 살균효과로 곰팡이 번식이 억제되어 과경갈변이 경감된 것으로 판단된다.



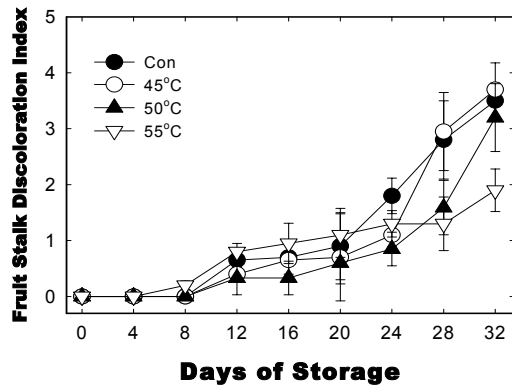


Fig 2-6. Changes in the index of fruit stalk discoloration of paprika stored for 32 days. Fruits were dipped at 45, 50, 55°C hot water for 2 min. and then stored at 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors. Fruit stalk discoloration index: 1, <5%; 2, 6~15%; 3, 16~25%; 4, 26~35%; 5, >36%.

다) 부패율

45, 50, 55°C 열수침지 후 32일간 저장하여 부패율 변화를 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 2-7). 모든 처리구에서 저장 16일째 부터 부패가 시작되어 저장 32일째 까지 부패율이 급격히 증가하였다. 저장 32일째 부패율은 무처리 (48.4%), 45°C처리(42.5%), 50°C처리(33.5%), 55°C(28.6%)순으로 낮았다.

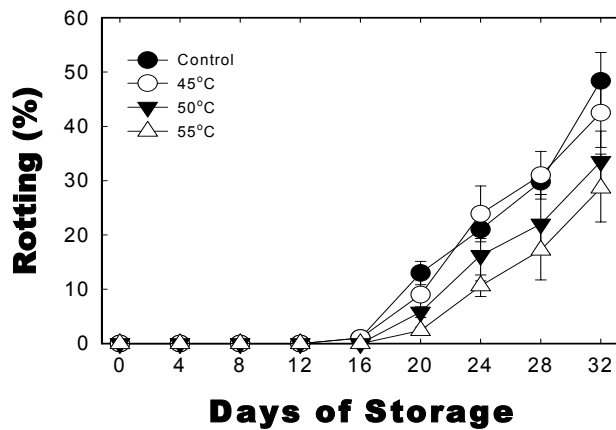


Fig. 2-7. Changes in percent rotting of paprika fruits stored for 32 days. Fruits were dipped at 45, 50, 55°C hot water for 2 min. and then stored at 12°C for 32 days. Vertical bars represent standard errors. Fruit stalk discoloration index: 1, <5%; 2, 6~15%; 3, 16~25%; 4, 26~35%; 5, >36%.

## 2) Hot water spray

### 가) 무게손실

열수살수 처리에 의한 수분손실 정도를 알아보기 위해 저장 5주간 1주일 간격으로 조사하였다(Fig. 2-8). Jubilee에 비해 Romeca는 열수처리간 차이가 심했다. 열처리 온도와 수분손실률 간에 큰 상관관계는 없었으나 대체적으로 처리 온도가 높고 처리시간이 길어질수록 수분손실이 많아지는 경향이였다. 저장 35일 후 Jubilee의 경우 55°C 30초 처리구에서 가장 많은 수분손실을 보였던 반면 60°C 10·30초간, 55°C 10초간 처리구의 수분손실이 낮았다. 'Romeca'의 경우 수돗물 처리와 55°C 10초 처리구에서는 저장기간이 길어져도 무게감소가 거의 없었으나 55°C 60초 처리된 과실에서 가장 많은 수분손실을 보였다.

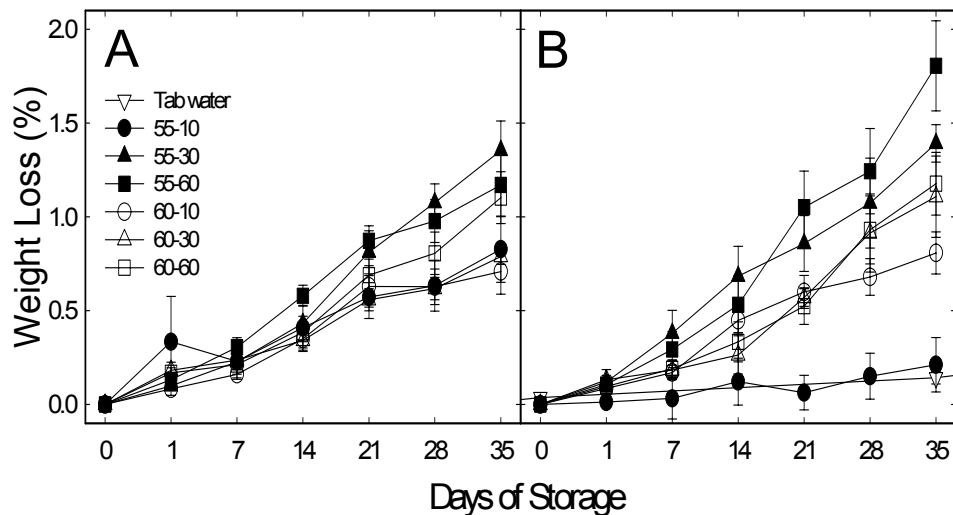


Fig. 2-8. Effect of hot water spray on weight loss of paprika fruits, 'Jubilee' (A) and 'Romeca' (B) stored at 10°C for five weeks. For hot water spray treatment, tap water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Vertical bars represent standard errors.

나) 경도

경도는 열처리온도 및 시간에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 60°C 30·60초 처리구에서 다소 낮은 경향을 보였다. 열수처리에 의한 품종간 경도감소는 차이나지 않았다.

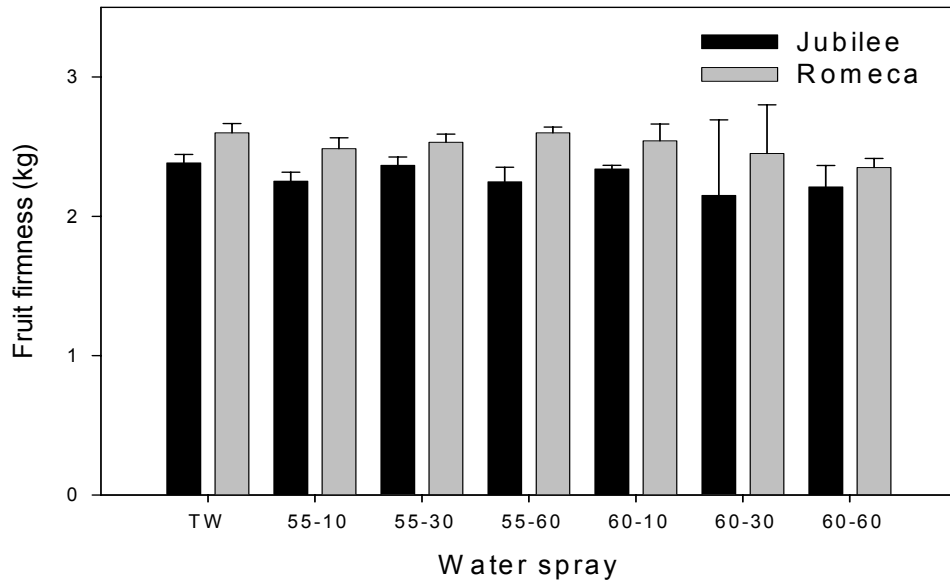


Fig. 2-9. Effect of hot water spray on fruit firmness of paprika, 'Jubilee' and 'Romeca' stored at 10°C for four weeks. For hot water spray treatment, tap water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Vertical bars represent standard errors.

다) 당도

열수처리가 저장 후 당도에 어떠한 영향이 있는지를 알아보기 위해 10°C 4주간 저장 후 조사하였다(Fig. 2-10). Jubilee와 Romeca 모두 수돗물 처리구에서 각각 8, 8.5 °Brix로 가장 높고 55°C 60초 처리구에서 가장 낮은 경향이였으나 큰 유의차는 없었다. 당도도 경도처럼 일정한 경향을 보이지 않는 것으로 보아 열수처리 온도와 시간이 저장 중 당도변화에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보여진다.

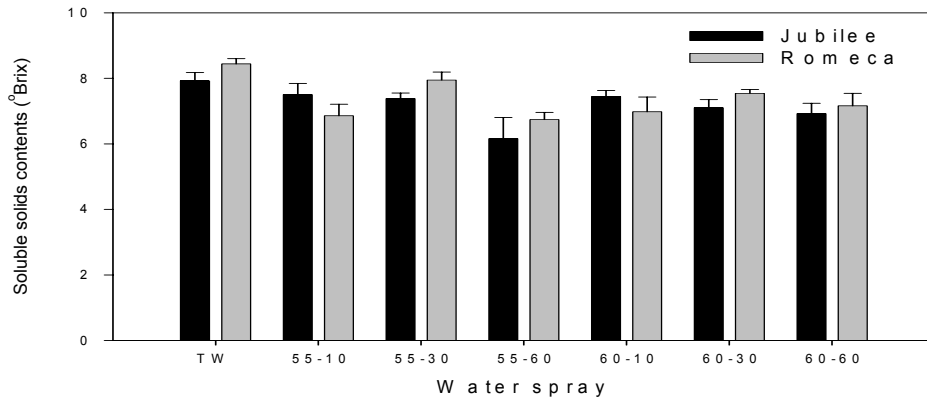


Fig. 2-10. Effect of hot water spray on soluble solids contents of paprika, 'Jubilee' and 'Romeca' stored at 10°C for four weeks. For hot water spray treatment, tab water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Vertical bars represent standard errors.

라) 호흡률

열처리 후 저장기간이 경과함에 따라 호흡률은 서서히 증가하는 경향을 보였다. 호흡률은 열처리온도가 높을수록 처리시간이 길어질수록 높아졌으며 60°C 60초 처리에서 가장 높았다(Fig. 2-11).

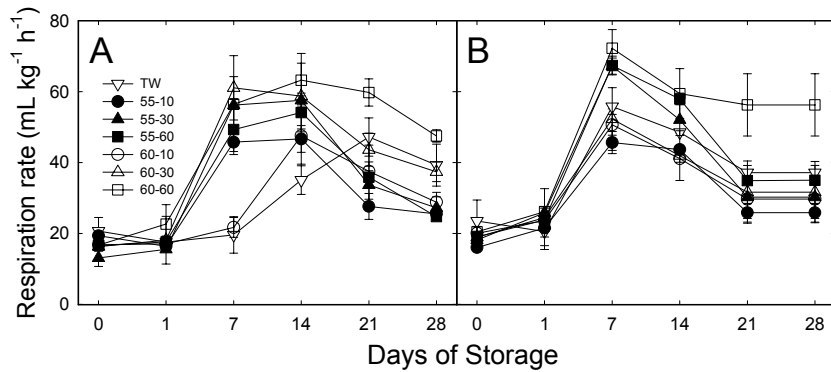


Fig. 2-11. Effect of hot water spray on respiration of paprika, 'Jubilee' (A) and 'Romeca' (B) stored at 10°C for four weeks. For hot water spray treatment, tab water for 60 seconds(TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

마) 에틸렌 발생률

에틸렌 발생률은 호흡과 매우 비슷한 양상을 보였고 저장 14일째 60°C 60초간 처리구가 약 0.9 mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 에틸렌 발생률은 처리온도가 낮고 기간이 길어질수록 증가하는 추세였다(Fig. 2-12).

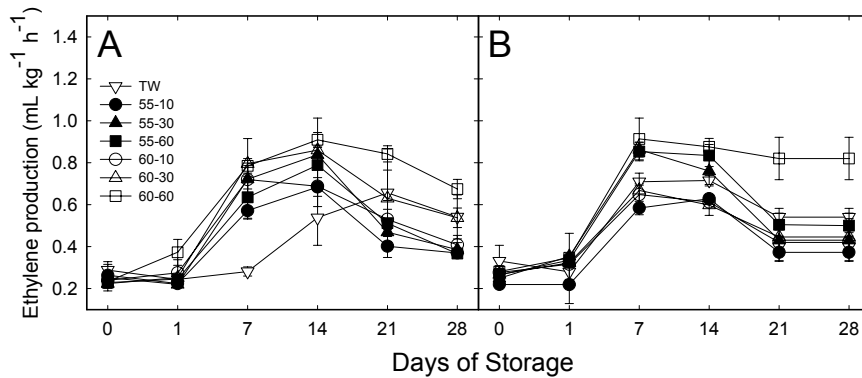


Fig. 2-12. Effect of hot water spray on ethylene production of paprika, 'Jubilee' (A) and 'Romeca' (B) stored at 10°C for four weeks. For hot water spray treatment, tap water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

바) 색차변화

열수처리가 파프리카의 저장 중 색차변화에 미치는 영향을 조사한 결과 모든 처리구에서 꾸준히 명도와 채도가 감소하였다. 색차변화에 있어서 열처리에 의한 영향은 매우 적었는데 이것은 단기간의 고온처리는 색발달에 큰 영향이 없는 것으로 생각되어진다.

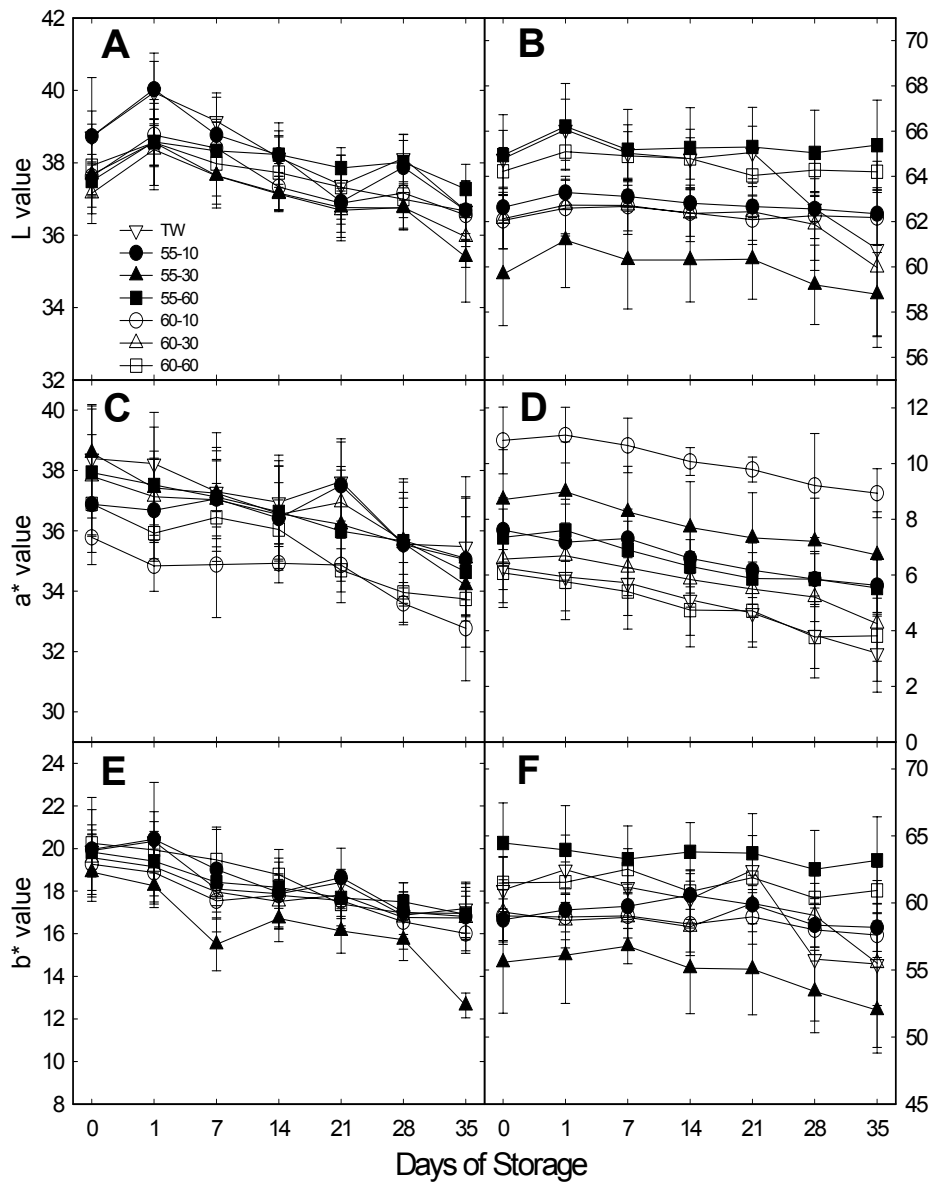


Fig. 2-13. Effect of hot water spray on L, a\* and b\* values of paprika, 'Jubilee' (A, C and E) and 'Romeca' (B, D, and F) stored at 10°C for five weeks. For hot water spray treatment, tap water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

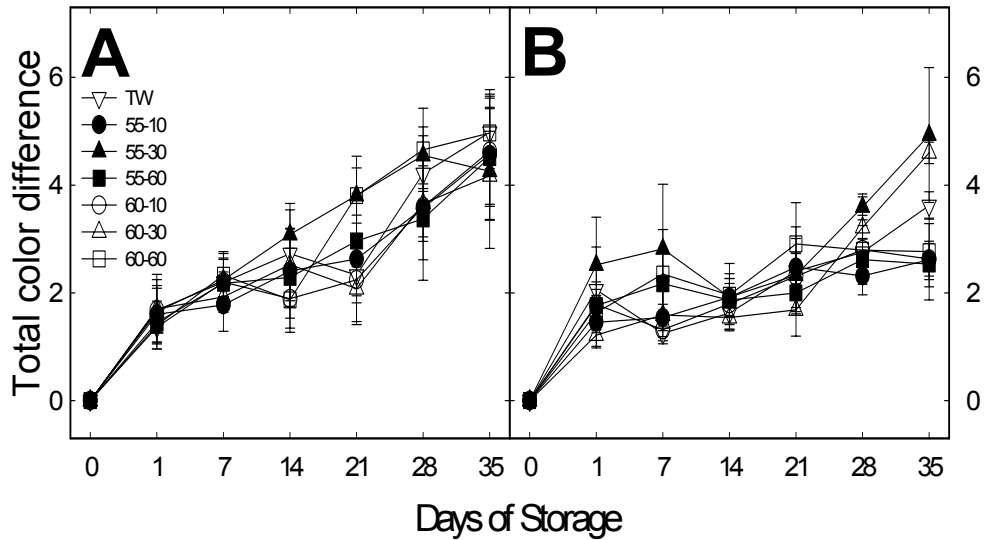


Fig. 2-14. Effect of hot water spray on total color difference of paprika, 'Jubilee' (A) and 'Romeca' (B) stored at 10°C for five weeks. For hot water spray treatment, tap water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Three replications of 5 fruits each were used for every measurement. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

사) 살균율

열수처리가 곰팡이 번식억제에 효과가 있는지 알아보기 위해 2 주간 조사하였다. 열수처리 온도 높고 처리시간이 길수록 곰팡이발생이 현저히 억제되었다 (Fig. 2-15). 열수처리 전 곰팡이 번식은 5 log<sub>10</sub> cfu/g였으나 열수 처리 후 감소하여 60°C에서 60초간 처리구에서 약 1.5 log<sub>10</sub> cfu/g였다. Fig. 2-16에서 보여주듯 열수처리는 곰팡이 발생 감소에 큰 효과가 있었다. 파프리카는 수확시 절단된 과경부위에서 곰팡이 번식이 시작되어 과탁, 과육으로 부패가 진행되는 데 수확 후 열수처리를 함으로 부패에 의한 감모율을 줄일 수 있을 것으로 보여진다.

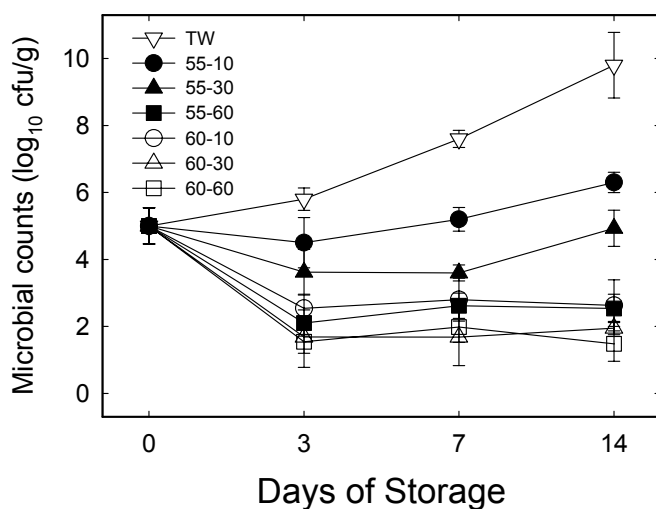


Fig. 2-15. Effect of hot water spray on microbial count of fresh cut paprika fruits stored at 10°C for two weeks. For hot water spray treatment, tab water for 60 seconds (TW), 55 and 60°C water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds before air dried. Vertical bars represent standard errors.

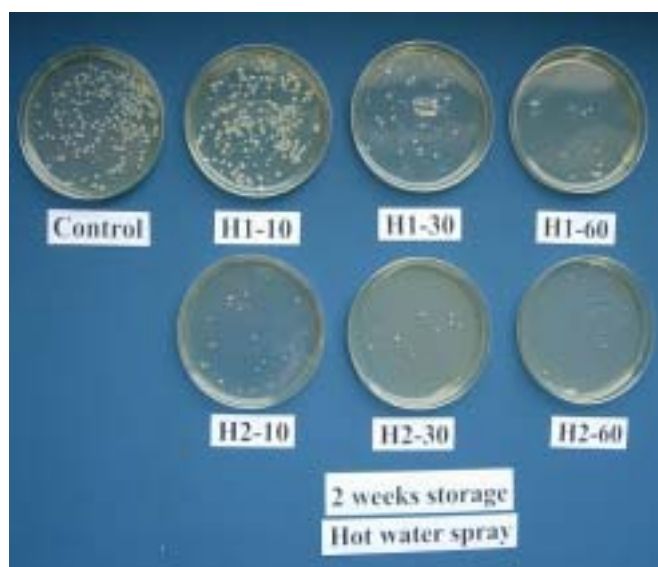


Fig. 2-16. Effect of hot water spray on microbial counts of fresh-cut paprika fruits stored at 10°C for two weeks. For hot water spray treatment, tab water for 60 seconds (control), 55 (H1) and 60°C (H2) water were sprayed for 10, 30, and 60 seconds.



### 3. DPA처리 및 열처리 병행에 따른 저장성

#### 가. 연구수행 내용 및 방법

1) 공시품종 및 처리: 파프리카 공시품종은 'Special'(Red)과 'Romeca'(Yellow)로 M size(약 180g) 과실을 이용하였다. 당일 수확·선별된 과실 중 상처가 없고 착색이 균일한 것들을 air brush로 표피 오염물질을 제거한 다음 20°C DPA 10, 20 mM에 2분간, 50°C 20 mM DPA 2분간 침지, 20 mM DPA 20 ml을 과실내부에 injection하였다. 침지된 과실은 클린벤치에서 표면의 물기를 충분히 건조시킨 후 수출용 포장박스에 넣어 저장하였다. 박스내 동일한 습도(RH 95 ± 2%)를 유지하기 위해 증류수를 2 ~ 3회 분무 후 polyethylene film으로 박스를 포장하여 저장하였다. 저장온도는 DPA의 냉해방지 효과를 알아보기 위해 1, 12°C로 처리하였다.

#### 2) Hot water spray

가) 처리내용: 선별기에 살수처리 장치 및 건조 장치를 설치함으로써 열처리 시스템을 실용화 할 수 있을 것으로 보여진다. 열수살수는 선별의 시간적 효율을 높이기 위해 열수침지에 비해 높은 온도에서 짧은 시간동안 행해지는 것이 바람직한 것으로 보고되어 있다(Lurie, 1998). 선행 실험에서 가장 효과적이었던 55°C와 60°C에서 10, 30, 60초간 살수하여 적정 처리온도와 시간을 구명하고자 하였다. 처리 후 과실 표면의 물기를 클린벤치에서 충분히 건조시킨 후 polyethylene bag(24.5 cm × 35.5 cm) 넣어 10°C에 저장하였다. 1주일 간격으로 4 주간 수분손실, 당도, 경도, 과경갈변, 부패율, 곰팡이 번식률, 색차 등을 조사하였다.

#### 나. 연구수행 결과

##### 1) 경도

화학물질 처리에 따른 파프리카의 저장성 향상을 위해 파프리카의 저장 중 냉해감소에 효과적인 것으로 보고된 DPA 처리실험을 하였다. DPA 처리간에 큰 차이는 없었으나 Romeca에 비해 Speical에서 경도가 다소 증가되는 경향이 있었다(Fig. 2-17).

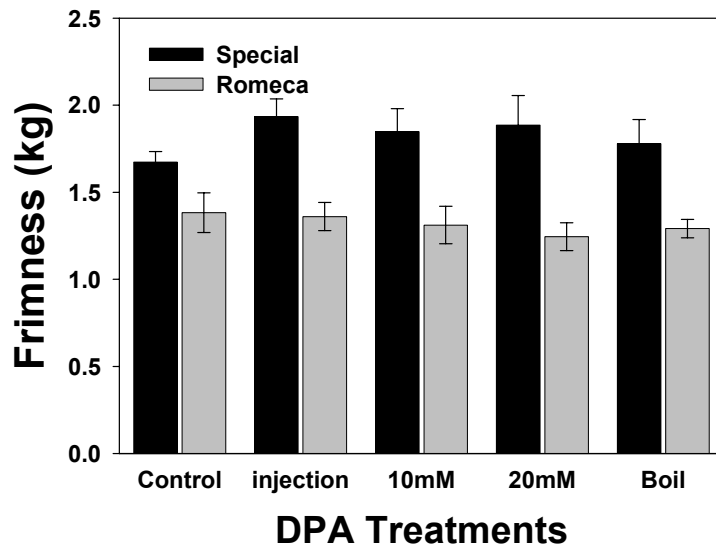


Fig. 2-17. Effect of DPA treatment methods and concentrations on fruit firmness of red (cv. Special) and yellow (cv. Romeca) paprika. Fruits were dipped into 10 and 20 mM DPA cold solution (20°C) and 20 mM DPA hot solution (50°C) for 2 min and injected with 20 mL of 20 mM DPA. Fruits were stored at 1°C for 15 days. Vertical bars represent standard errors.

## 2) 과경갈변

DPA 50°C Hot water dipping(boil) 처리를 제외한 모든 처리구간에 큰 유의차는 없었다(Fig. 2-18). Special은 DPA처리에 의해 오히려 과경갈변이 증가하는 경향이었고 Romeca는 처리구와 무처리간에 차이가 없었다. 파프리카의 표면에 존재하는 균들을 살균하기 위해 선진국에서는 열탕처리 한다. 본 실험에서는 이것을 응용하여 열탕 살균과 DPA처리를 동시에 처리하였다. 20mM DPA에 50°C 2분간 열탕 처리한 구에서는 두 품종 모두 과경갈변정도가 매우 높았다. 이것은 Heat damage와 연관된 것으로 보여진다.

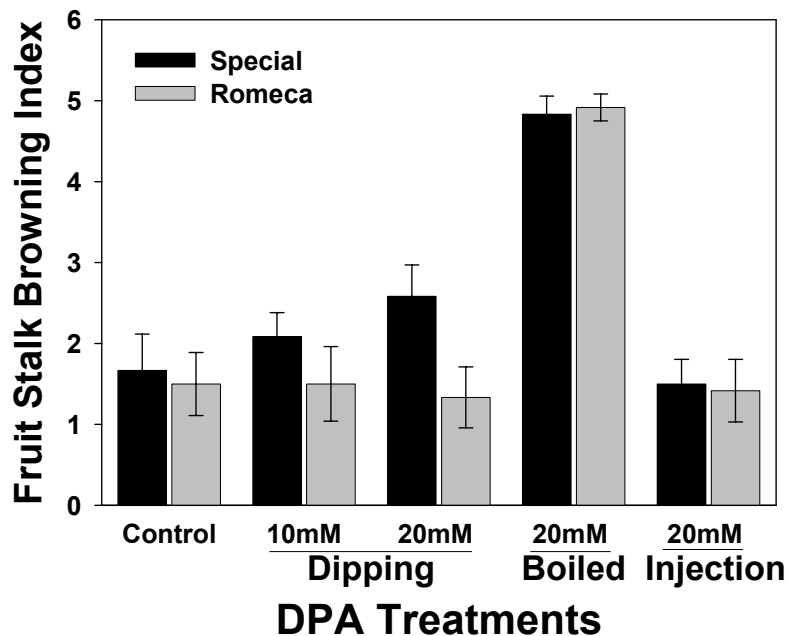


Fig. 2-18. Effect of DPA treatment method and concentration on fruit stalk discoloration of red (cv. Speical) and yellow (cv. Romeca) paprika stored at 1°C for 15 days. Vertical bars represent standard errors. Fruit stalk browning index: 1, < 5%; 2, 6 ~ 15%; 3, 16 ~ 25%; 4, 26 ~ 35%; 5, > 36%.

### 3) 무게손실

DPA 처리가 수분손실에 미치는 영향을 밝히기 위해 본 실험을 실시한 결과 처리 간에 유의차가 없었다(Fig. 2-19). Special에서는 DPA처리구에서 수분감소 정도가 다소 낮아지는 경향을 보였으나 Romeca에서는 일정한 경향을 보이지 않았다.

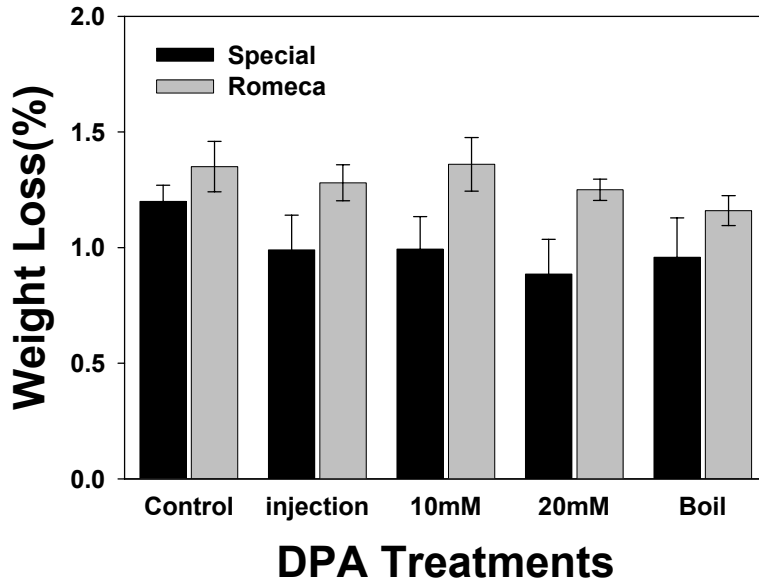


Fig. 2-19. Effect of DPA treatment methods and concentrations on fruit weight loss of red (cv. Speical) and yellow (cv. Romeca) paprika. Fruits were dipped into 10 and 20 mM DPA cold solution (20°C) and 20 mM DPA hot solution (50°C) for 2 min and injected with 20 mL of 20 mM DPA. Fruits were stored at 1°C for 15 days. Vertical bars represent standard errors.

#### 4) 종자갈변

DPA는 항산화물질의 하나로 사과와 수박의 superficial scald방지에 매우 효과적인 것으로 보고되어 있으며 현재 사과저장에 있어서 상업적으로 널리 이용되고 있는 물질이다. DPA처리가 종자갈변에 어떠한 영향을 미치는지 실험해본 결과 두 품종 모두 DPA처리가 종자갈변을 감소시켰다(Fig. 2-20). Special은 무처리에서 종자 갈변율이 3.5%였던 반면 DPA 침지 처리구에서는 0.8%로 종자갈변 방지에 매우 효과적이었다. Romeca에서도 비슷한 경향을 보였는데 20ml DPA (20mM) 주사주입과 2분간 침지구에서 종자갈변 방지가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

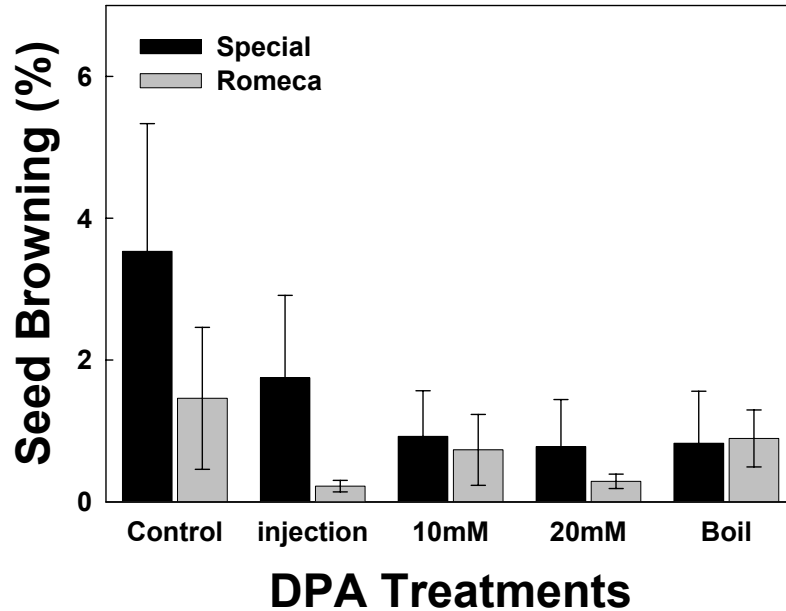


Fig. 2-20. Effect of DPA treatment methods and concentrations on fruit weight loss of paprika, 'Speical' and 'Romeca'. Fruits were dipped into 10 and 20 mM DPA cold solution (20°C) and 20 mM DPA hot solution (50°C) for 2 min and injected with 20 mL of 20 mM DPA. Fruits were stored at 1°C for 15 days. Vertical bars represent standard errors.

#### 4. 수확 후 냉각법 비교

##### 가. 연구수행 내용 및 방법

1) 공시품종 및 처리: M size (150 ~ 180 g)의 파프리카 품종 'Midas' (Yellow)를 이용하였다. 당일 수확·선별된 과실 중 상처가 없고 착색이 균일한 것들을 air brush로 표피 오염물질을 제거한 다음 포장 열을 제거하기 위해 공랭, 수냉, 빙냉을 이용하여 과실을 냉각시켰다. 수·공냉처리 온도는 5°C와 10°C였다. 처리 온도별 과실내의 온도변화를 조사하였고 처리 후 냉해정도를 살펴 보았다. 침지된 과실은 클린벤치에서 표면의 물기를 충분히 건조시킨 후

polyethylene bag로 박스를 포장하여 10°C 저장하였다.

2) 과육 및 과실내부 온도측정: 과실의 표피와 내부에 digital thermometer probe(지름 3.18 mm)를 꽂고 온도 처리별 과육 및 내부온도를 측정하였다. 온도측정은 최초 1분간은 10초단위로 측정하였고 이후 1분 단위로 처리에 의한 과실내부 온도변화가 거의 없을 때까지 측정하였다.

3) 처리 후 저온장해 여부를 알아보기 위해 호흡과 이온누출정도를 측정하였다. 5°C에서 5분간 냉각 처리 후 이온누출 측정을 위한 표본을 채취하였고 호흡은 모든 처리구의 과실을 상온에 1시간 방치 후 1L 밀폐용기(Nalgene, USA)에 넣어 호흡을 측정하였다. 수냉처리의 경우 처리 후 kimtowel로 외부의 물기를 즉시 제거 한 후 실험을 실시하였다. 기타 처리과정은 전 실험과 동일하다.

#### 나. 연구수행 결과

##### 1) 처리시간별 과실 내 온도변화

수돗물을 이용한 포장열 제거효과를 알아보기 위해 시간별 온도변화를 조사하였다(Fig. 2-21). 26°C인 상온에 비해 수돗물은 3°C 낮았으나 포장열 제거 효과는 매우 컸다. 처리 당시 상온에 비해 과실내부의 온도는 6 ~ 7°C 높았으나 수돗물을 살수했을 경우 과육의 온도는 급격히 감소하여 2분 내로 약 7°C 감소하였다. 과피온도는 약 12분 후 물 온도와 동일해 졌으나 상온(26°C 공기)에서는 25분 후 약 3°C하락하여 이후 28°C로 유지되었다. 내부 cavity온도는 과피에 비해 매우 늦게 온도가 감소했는데 수돗물의 경우 내부온도 7°C 감소에 15분이 걸렸던 반면 상온(26°C) 처리된 과실의 내부 cavity온도는 30분경과 후에도 초기온도에 비해 3°C 정도밖에 감소하지 않았다.

물, 공기, 얼음을 이용한 포장열 제거 처리가 과피의 온도변화에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Fig 2-22와 같다. 5, 10°C의 물과 공기를 이용하여 냉각시켰다. 냉각매체의 온도가 낮을수록 과피의 온도 감소정도는 빨랐다. 5°C로 공랭한 과실의 온도에 비해 10°C로 수냉한 과실의 온도변화가 빠른 것을 볼 때 포장열 제거는 얼음이나 물이 효율적인 것으로 보여진다. 빙냉처리시 수초내로 초기품

은 30°C에서 15°C로 감소하였고 2분 내로 품온은 1°C에 이르렀다. 과실의 품온이 15°C에 이르는데 수냉처리의 경우 5, 10°C 물 처리구에서 약 1, 2분이 소요되었던 반면, 10°C 공랭처리의 경우 각각 9, 20분이 소요되었다.

냉각법에 의한 내부 cavity 온도 감소효과는 과육과 같이 얼음, 물, 공기 순으로 좋았으나 온도감소에 소요되는 시간은 과육에 비해 다소 길었다. 내부온도 15°C에 이르는데 얼음의 경우 약 3분, 물의 경우 약 4분이 소요되었으나(Fig. 2-23) 공랭처리구에서는 cavity 온도가 서서히 감소하여 15°C에 이르는데 약 30분 이상이 소요되었다(data not shown).

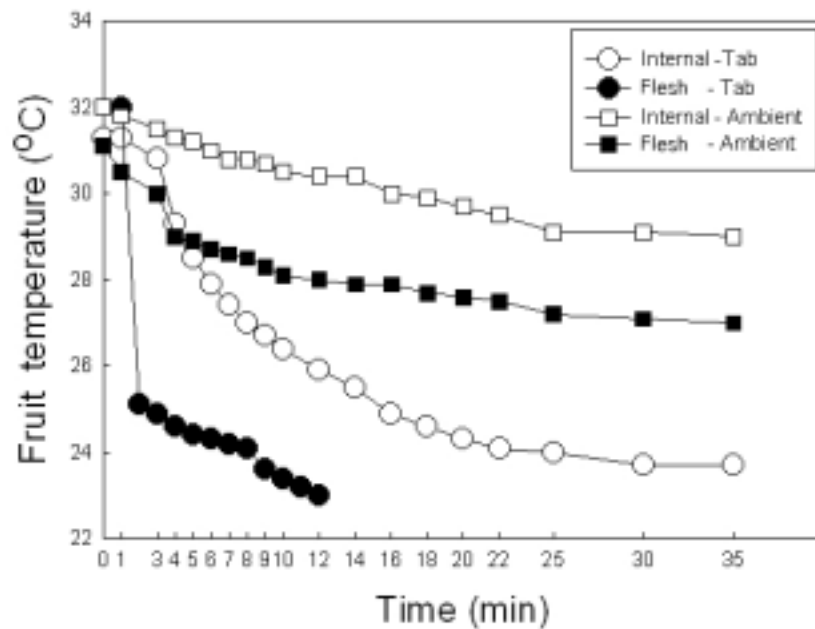


Fig. 2-21. Effect of water pre-cooling on internal cavity and flesh temperature of paprika fruits. Fruits were dipped into tab water and temperature changes of fruits were measured with a digital thermometer. Tab water: 23°C; Ambient air: 26°C.

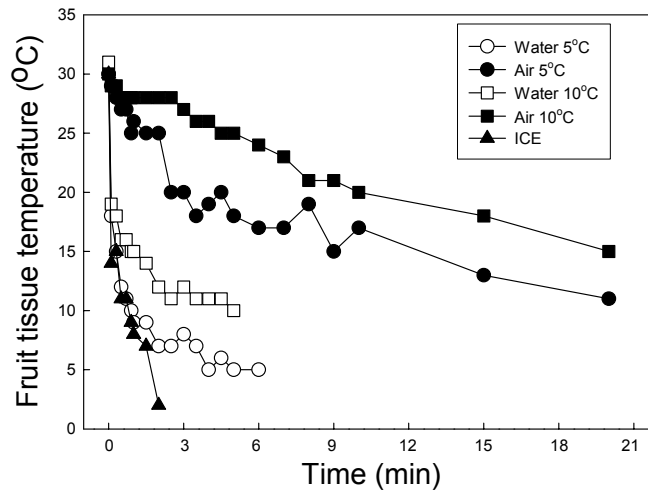


Fig. 2-22. Changes in flesh temperature of paprika fruit as affected by precooling treatment. Fruits were exposed to 5, 10°C air and dipped into 5, 10°C tap water and ice until flesh temperature reach stable. Changes of fruits were measured using a digital thermometer.

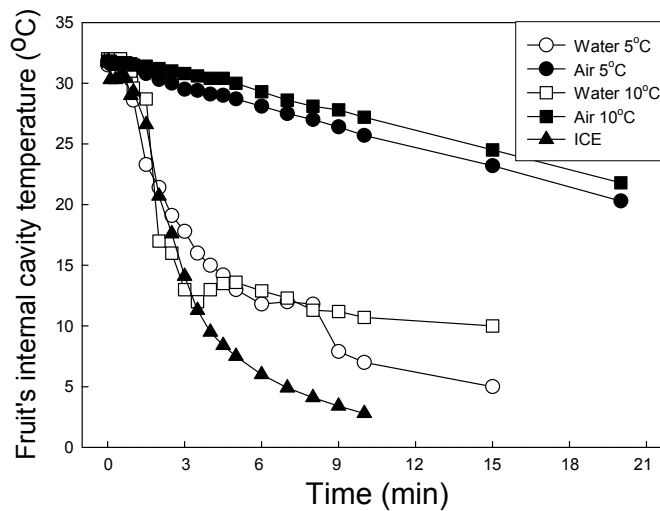


Fig. 2-23. Changes in internal cavity temperature of paprika fruit as affected by precooling treatment. Fruits were exposed to 5, 10°C air and dipped into 5, 10°C tap water and ice until flesh temperature reach stable. Changes of fruits were measured using a digital thermometer.



## 2) 호흡 및 에틸렌 발생

냉각처리가 호흡 및 에틸렌 발생에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴본 결과는 다음과 같다(Fig. 2-24). 냉매를 이용하여 강제로 품온을 감소시켰을 경우 처리 후 즉시 호흡 및 에틸렌 발생량이 감소되었으나 무처리의 경우 감소량이 매우 적었다. 저장 1일 후 무처리를 제외한 모든 처리구에서 호흡과 에틸렌 발생량이 서서히 증가하다가 5일 이후에는 감소하는 추세였다. 저장 6일째 호흡은 공랭과 빙냉에서 약  $9 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{h}^{-1}$ 으로 가장 낮았고 에틸렌 발생량은 빙냉과 수냉처리에서 약  $0.2 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{h}^{-1}$ 로 가장 낮았다.

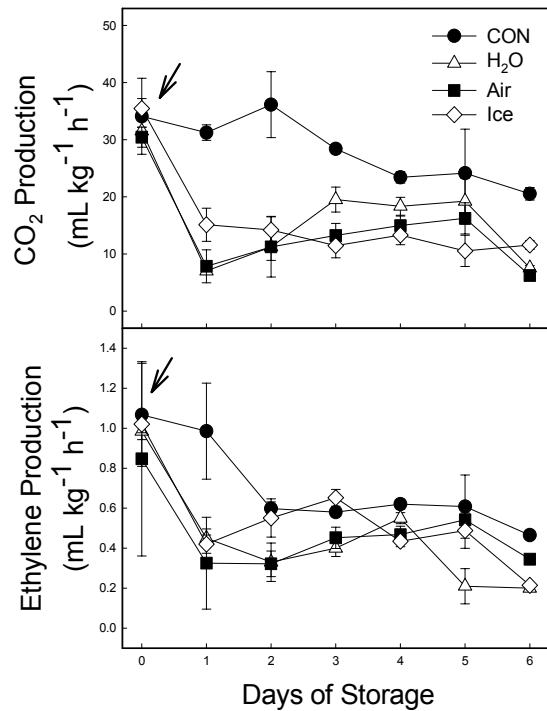


Fig. 2-24. Effect of precooling treatments on respiration rate and ethylene production of paprika fruits at 10°C storage. Three replications of three fruits each were used for every measurement. The 1 L jars containing fruit from different temperatures were kept at room temperature for 1 hr and then 1 mL of the headspace gas was used to determine the ethylene production. Arrows indicate the day fruits were treated with 5°C water and air and ice for 5 min. Vertical bars indicate standard errors of the means. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

### 3) 냉해발생정도

포장열제거를 위해 시도된 냉각법과 저온장해와의 관계를 알아보기 위해 이온누출을 측정한 결과는 Fig. 2-25와 같다. 이온누출량(EL%)은 5°C 공랭이 약 45%로 무처리와 큰 차이가 없었으며 얼음으로 냉각했을 경우 약 57%로 가장 많았다. 작물에 따라 다르지만 이온누출 50%(EL<sub>50</sub>)이하는 안전한 범위로 알려져 있는데 선행된 연구 결과에 따르면 파프리카의 경우 EL 안전범위가 더욱 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 빙냉법을 제외한 모든 처리구가 EL<sub>50</sub>이하였으므로 저온장해를 입지 않은 것으로 생각할 수 있다.

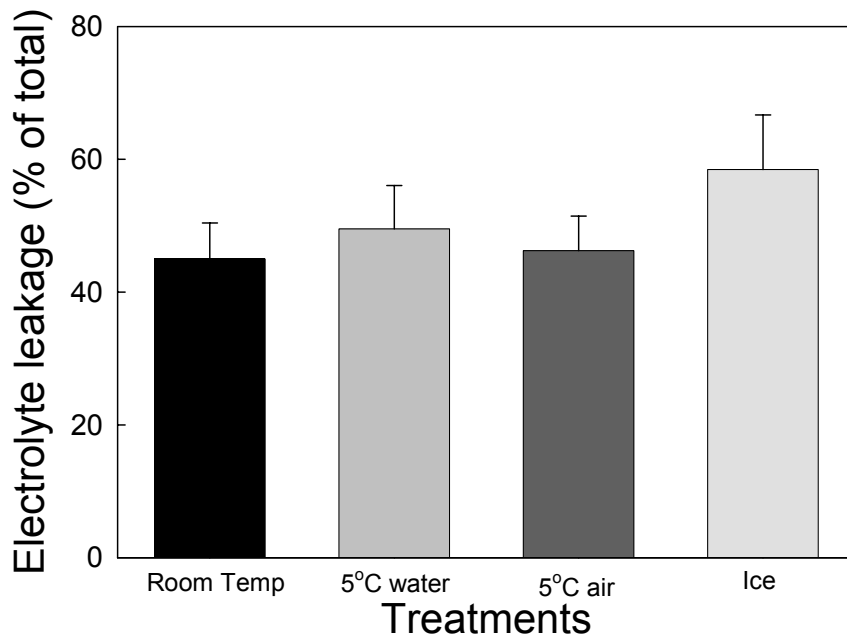


Fig. 2-25. Effect of precooling treatments on the rate of ion leakage conductivity of paprika fruits. Fruits were treated with 5°C water and air and ice for 5 min. Three replications of three discs (5 mm diameter) of 5 fruits each were incubated in a 50 mL plastic conical tube containing 20 mL of 0.2 M mannitol solution and conductivity was measured after 24 h shaking under 60 rpm. Vertical bars indicate standard errors of the means.

## 5. 수출시장 적용시험

### 가. 연구수행 내용 및 방법

1) 공시품종 및 처리: M size(150 ~ 180g)의 파프리카 품종 'Jubilee' 와 'Romeca'를 이용하였다. 본 연구 결과에서 신선도 유지에 효과가 있고 현장에 적용 가능한 연구를 농가 선별장에 직접 적용하고자 하였다.

2) 포장재 실험: 현재 파프리카 포장에 실용화 되어 있거나 상업적으로 손쉽게 구입할 수 있는 포장재를 구입하여 현장적용실험을 실시하였다.

포장재처리는 Carton(포장 박스 - 가야수출농단), Dole - PE (개별 소포장재 - Dole), LD PE (Low Density Polyethylene zipper bag - 크린랩), LLD PE (Liner Low Density Polyethylene wrap - 크린랩)을 이용하였다. 국내산 파프리카가 일본 소비자에게 구매되기까지는 짧게는 5일에서 길게는 23일정도 걸리는데 본 실험에서는 이를 고려하여 3주간 저장 후 품질을 조사하였다.

3) 열처리 및 화학물질 처리: 곰팡이 번식을 억제시키고 과피의 오염물질을 제거하여 파프리카의 저장성을 증대시키기 위한 방편으로 열처리시스템이 도입되어야한다. 열처리시스템 도입의 기초자료를 마련하기 위해 선별장에서 열처리와 화학약품을 처리하여 수출농가 실증실험을 실시하였다. 처리된 과실의 저장 온도는 일본 유통회사에서 관행적으로 이용되는 5°C와 국내 간이 저장고 온도인 10°C로 설정하여 품질변화를 조사하였다. 열처리의 살균효과를 알아보기 위해 과실을 1 cm 넓이로 횡축으로 절단하여 polyethylene film bag에 넣어 저장하면서 시기별로 조사하였다.

4) 기타 조사항목별 조사내용은 본 연구의 선행된 방법에 준하였다.

### 나. 연구수행 결과

1) 포장재질에 따른 경도 및 수분손실률

현재 파프리카 수출시장에서 사용되거나 다른 작물에 이용되는 포장재질을

이용하여 저장성유지 정도를 비교하여 현장적용실험을 실시하였다. 관행과 같이 인위적인 습도조절은 없는 상태로 10°C에 저장하였다. 골판지 박스에 저장되었던 파프리카의 경우 'Jubilee', 'Romeca'의 과실경도가 각각 16N과 17N으로 LD PE처리구의 28, 29N에 비해 12N 낮았다. 포장 재질별 경도는 LD PE, LLD PE, Dole-PE, 종이박스 순으로 낮았다(Fig 2-26).

수분손실율도 경도손실과 같은 경향을 보였다(Fig 2-27). 저장기간에 따른 수분손실은 종이박스에서 가장 많았는데 저장 3주째는 약 20%의 수분손실이 있었던 반면 LD PE의 경우 수분손실이 1%이하로 유지되었다.

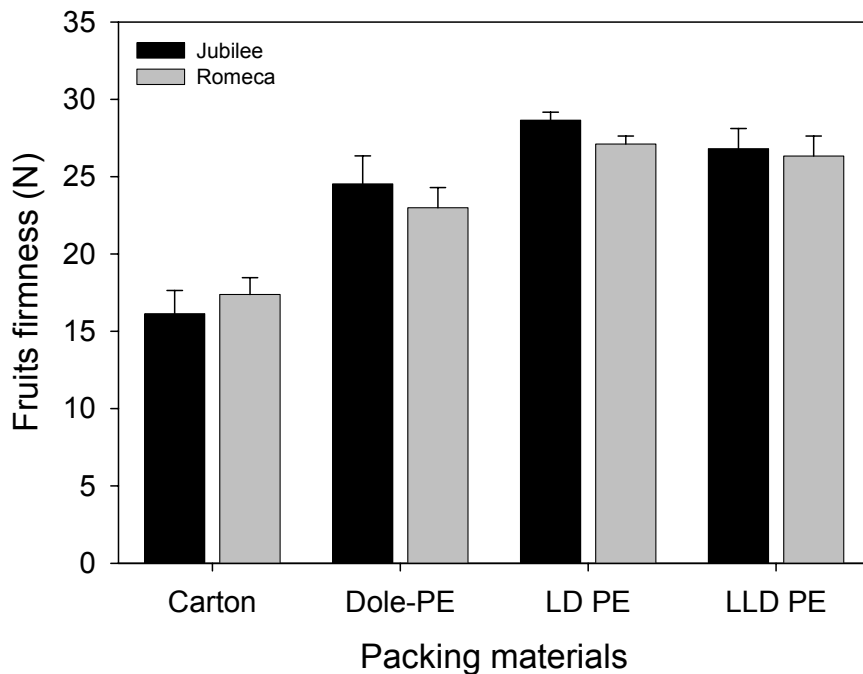


Fig 2-26. Effect of packing materials commercially used on fruits firmness of paprika fruits as a practical experiment on commercial field. Paprika fruits were stored at 10°C for 3 weeks after treated a carton, polyethylene film with ventilation holes provided by Dole food company (Dole-PE), low density polyethylene bag (LD PE), and liner low density polyethylene film (LLD PE). Three replications of 10 fruits each were used for every measurement. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

현재 Dole에서 파프리카 개별포장에 사용하고 있는 소포장재질에서도 저장 기간 동안 수분손실이 있었는데 저장 3주째 약 7%가 감소되었다.

Fig. 2-28은 포장재질에 따른 저장 3주 후 상품성을 비교한 사진이다. 포장박스나 Dole-PE로 포장하여 저장한 과실은 과도한 수분손실로 상품성을 완전히 잃은 것을 알 수 있다. 포장 박스나 Dole-PE포장재에 난 통기구멍을 통한 증산에 의한 결과이다. 장기저장을 목적으로 할 경우 LD PE나 LLD PE로 포장하여 출하하는 것이 상품성유지에 효과적인 것으로 보인다.

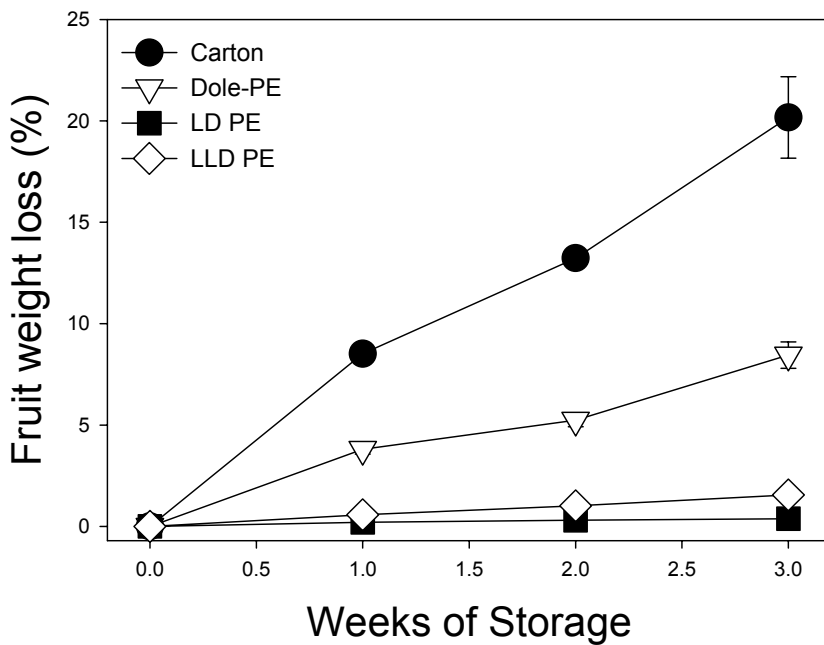


Fig 2-27. Effect of packing materials commercially used on fruits weight loss of paprika fruits. Paprika fruits were stored at 10°C for 3 weeks after treated with carton, polyethylene film with ventilation holes provided by Dole food company (Dole-PE), low density polyethylene bag (LD PE), and liner low density polyethylene film (LLD PE). Three replications of 10 fruits each were used for every measurement. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

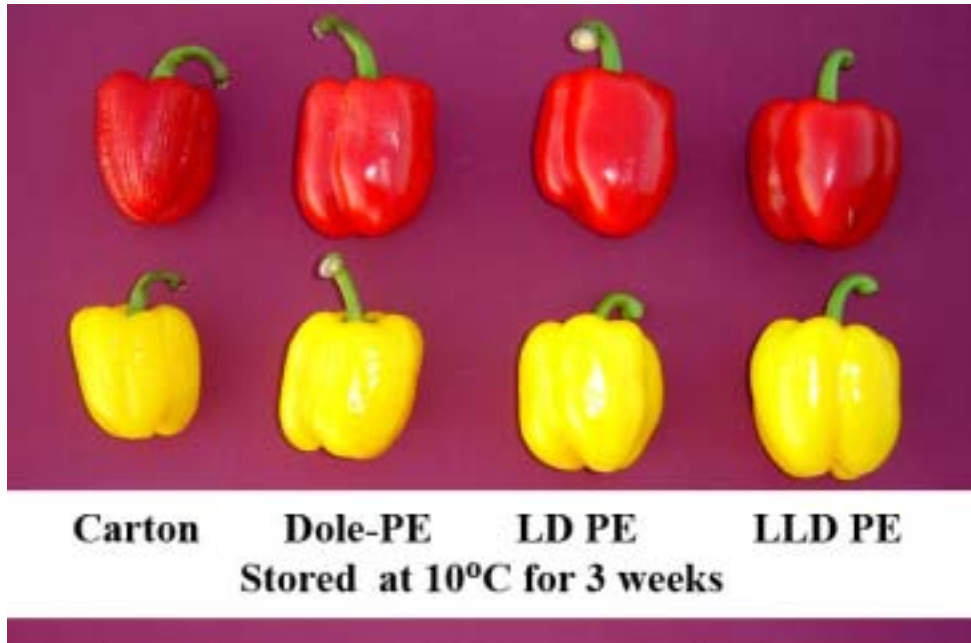


Fig 2-28. Effect of packing materials commercially used on overall fruit quality of paprika fruits. Paprika fruits were stored at 10°C for 3 weeks after treated with carton, polyethylene film with ventilation holes provided by Dole food company (Dole-PE), low density polyethylene bag (LD PE), and liner low density polyethylene film (LLD PE).

## 2) 열처리 및 화학물질처리 실증시험

### (가) 살균율

열처리, NaOCl, 에탄올을 처리하여 처리별 곰팡이 살균정도를 조사하였다. Fig. 2-29에서 보는 바와 같이 무처리에 비해 열처리 및 열처리와 화학물질 병행처리가 살균에 효과가 있었다. 열처리와 200 mg · L<sup>-1</sup> chlorine의 병행 처리구에서 가장 높은 살균율을 보였다. 하지만 경제적인 효율성을 고려해볼 때 열처리만으로도 큰 효과가 있을 것으로 사료된다. 하지만 본 연구를 위한 예비실험에서 열처리 후 취급불량으로 곰팡이 번식률이 무처리와 큰 차이가 없었던 것을 볼 때 선별기에 열처리시스템을 도입할 경우 열처리 후 관리에 신중을 기하여야 할 것으로 보여진다.

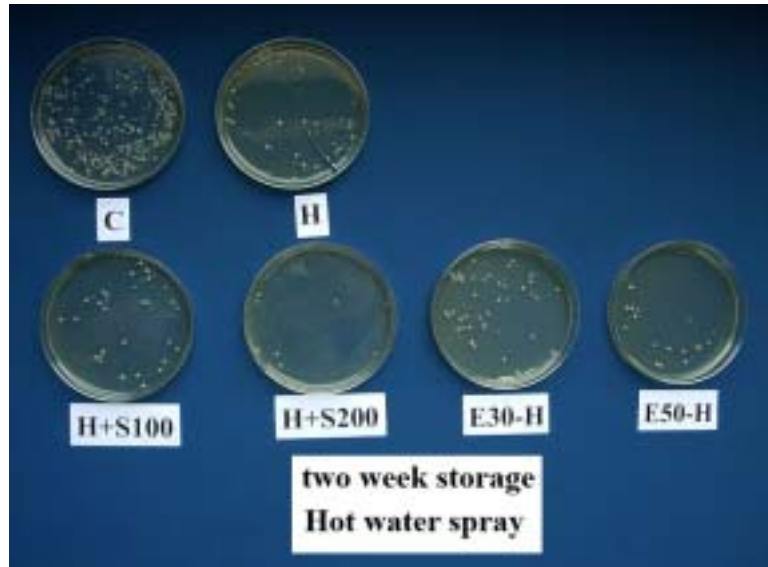


Fig 2-29. Effect of hot water spray combined with NaOCl and ethanol treatment on fruit firmness of paprika fruits. Fruits were stored at 10°C for 2 weeks. 60°C hot water was sprayed for 10 second. TW = tab water, H = hot water, H+S100 = hot water + 100 ppm NaOCl, H+S200 = hot water + 200 ppm NaOCl, E30-H = hot water after 30% ethanol sprayed, E50-H = hot water after 50% ethanol sprayed.

(나) 경도

열수처리와 NaOCl 및 Ethanol의 병행처리 후 경도변화는 table 2-2와 같다. 저장 후 Jubilee의 경도는  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOCl 열수처리(HS200) 후 10°C 저장 처리구에서 21 N, Romeca의 경도는 수돗물처리(TW) 후 10°C 처리구에서 20 N으로 가장 높았다. 전반적으로 NaOCl 열수처리구(HS100와 200)에서 다소 높은 경도를 보였으나 처리간 큰 차이는 없었다.

(다) 무게손실

열수처리 및 화학물질 병행처리 후 무게손실을 조사한 결과 저장 1주일 동안 모든 처리구에서 급격한 수분손실을 보이다가 이후 다소 완만해졌다 (Fig. 2-30). 처리 일주일내의 급격한 수분손실은 열처리에 장애와 관련한 것으로 보여지지만 무게손실은 0.2 ~ 0.5% 범위이므로 외관상 품질에는 전혀 영향이 없었다. 주로 저온에 저장한 과실의 무게손실이 높은 온도에 저장 한 것보다 낮

은 것이 일반적인 현상이나 본 연구에서는 10°C 저장보다는 냉해온도 범위인 5°C에 저장했을 경우 수분손실이 높았다. 이것은 저온장해 증상에 의한 결과로 보여지며 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

처리 후 5°C 저장된 Romeca 품종을 제외하고 모든 처리구에서 열처리(H, HS100, HS200, E30+H, E50+H)에 비해 수돗물(TW)처리가 낮은 수분손실을 보였다. 저장 21일째 Jubilee 품종의 수분 손실율은 수돗물 처리구(TW)에 비해 열처리가 병행된 처리구들에서 다소 많은 경향을 보였다. 처리 후 10°C 21일 저장의 경우 수돗물 처리된 과실의 수분손실은 약 0.3%였으나 열처리 및 병행 처리된 것은 약 0.4 ~ 0.5%범위였다.

Table 2-2. Effect of hot water spray combined with sodium hypochlorite and ethanol treatments on fruit firmness of paprika fruits. Fruits were stored at 5 and 10°C for 2 weeks. 60°C hot water was sprayed for 10 second. TW = tap water, H = hot water, HS100 = hot water + 100 ppm NaOCl, HS200 = hot water + 200 ppm NaOCl, E30+H = hot water after 30% ethanol sprayed, E50+H = hot water after 50% ethanol sprayed.

Treatment	Storage temperatures (°C)			
	5		10	
	Jubilee	Romeca	Jubilee	Romeca
TW	1.91±0.29	1.78±0.10	1.95±0.15	2.01±0.12
H	1.70±0.24	1.76±0.54	1.85±0.28	1.74±0.56
HS100	2.02±0.87	1.85±0.26	1.92±0.42	1.84±0.38
HS200	1.91±0.47	1.93±0.36	2.10±0.35	1.99±0.29
E30+H	1.63±0.17	1.80±0.10	1.86±0.47	2.09±0.65
E50+H	1.83±0.12	1.67±0.48	1.83±0.19	1.79±0.10

#### (라) 호흡 및 에틸렌 발생

본 연구의 호흡 및 에틸렌 발생은 처리 및 저장온도에 따라 거의 동일한 비율로 변화했다(Fig.2-31, 32). 수돗물(TW), 열처리(H), 열처리와 NaOCl, Ethanol 병행처리 (HS100, HS200, E30+H, E50+H) 후 5, 10°C에 저장하였다. 모든 처리구에서 저장 1주일째까지 호흡 및 에틸렌 발생량이 증가하다가 저장 기간이 지속됨에 따라 서서히 감소하였다. 이것은 수분손실(Fig. 2-30)과 매우 비슷한 경향이였다. 두 품종 모두 처리 후 5°C 저장에서 수돗물(TW)에 비해 열수 단독 처리(H)된 과실이 낮은 호흡과 에틸렌 발생율을 보였다. 전반적으로



열수단독과 수돗물 처리된 과실의 호흡이 낮은 경향이었던 반면 열수와 화학물질 병행 처리구에서 다소 높은 경향이였다. 처리 후 저장 7일째 호흡과 에틸렌량을 조사한 결과 품종과 저장온도에 상관없이 50% 에탄올 처리 후 열수 처리한 과실에서 가장 높았다.

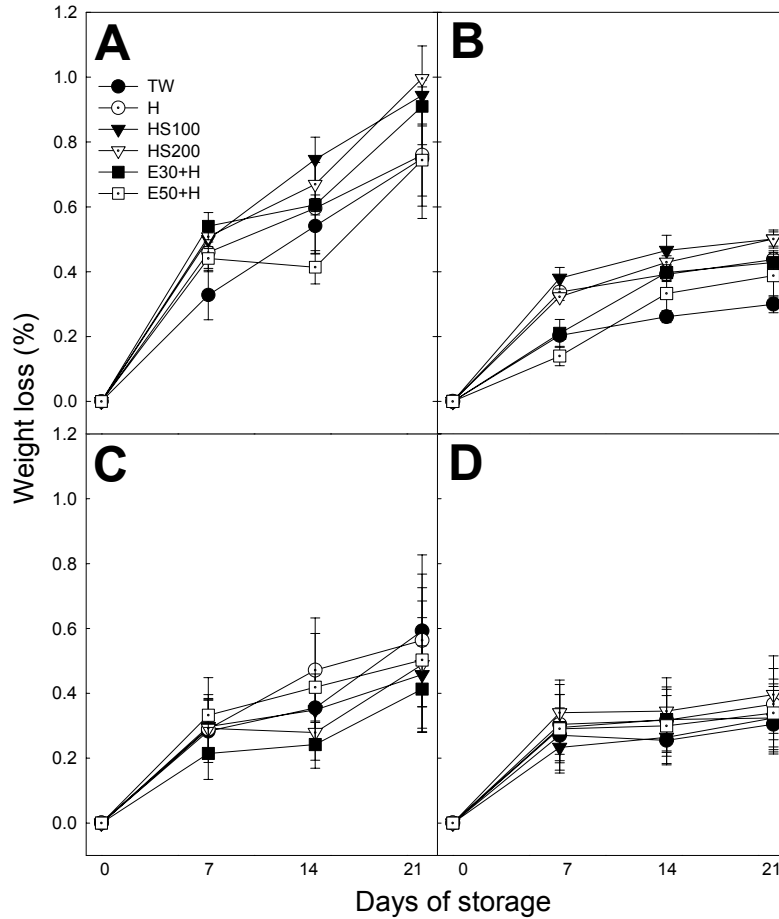


Fig 2-30. Effect of hot water spray combined with sodium hypochlorite and ethanol treatments on weight loss of two different paprika cultivars, 'Jubilee' (A and B) and 'Romeca' (C and D). Fruits were stored at 5 (A and C) and 10°C (B and D) for 2 weeks. 60°C hot water was sprayed for 10 second. TW = tab water, H = hot water, HS100 = hot water + 100 ppm NaOCl, HS200 = hot water + 200 ppm NaOCl, E30+H = hot water after 30% ethanol sprayed, E50+H = hot water after 50% ethanol sprayed. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

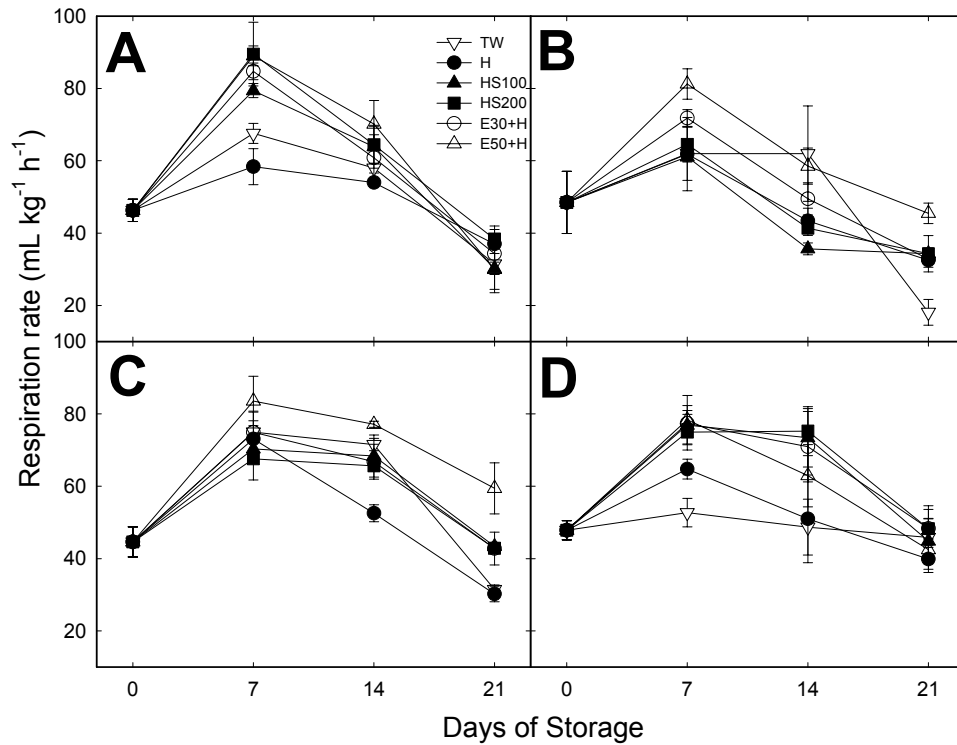


Fig 2-31. Effect of hot water spray combined with sodium hypochlorite and ethanol treatments on respiration rate of two different paprika cultivars, 'Jubilee' (A and B) and 'Romeca' (C and D). Fruits were stored at 5 (A and C) and 10°C (B and D) for 3 weeks. 60°C hot water was sprayed for 10 seconds. TW = tab water, H = hot water, HS100 = hot water + 100 ppm NaOCl, HS200 = hot water + 200 ppm NaOCl, E30+H = hot water after 30% ethanol spray, E50+H = hot water after 50% ethanol spray. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

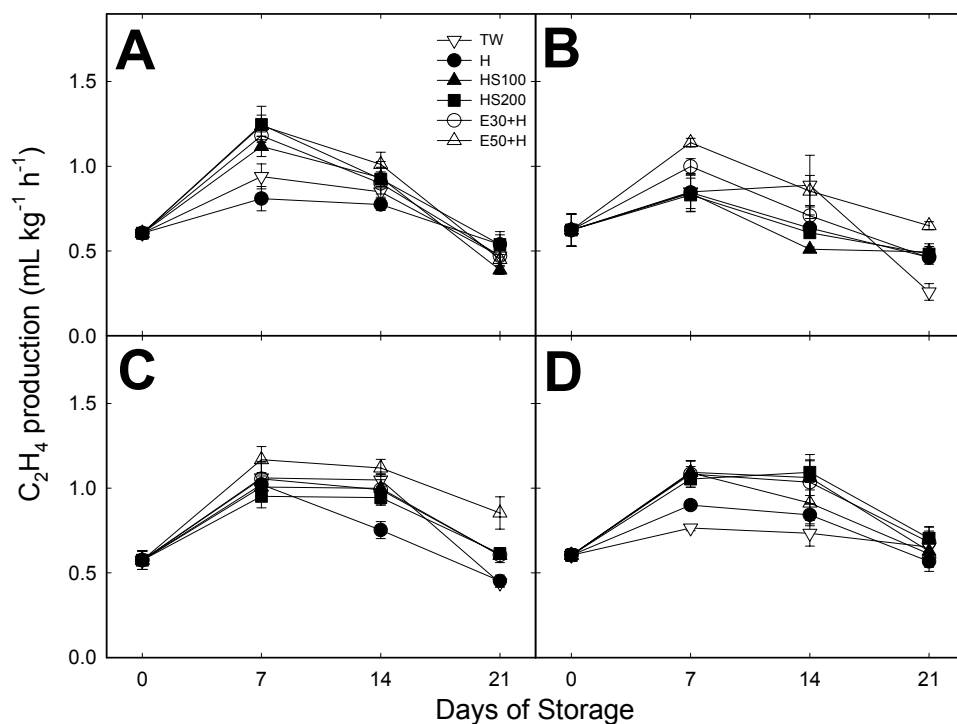


Fig 2-32. Effect of hot water spray combined with sodium hypochlorite and ethanol treatments on ethylene production of two different paprika cultivars, 'Jubilee' (A and B) and 'Romeca' (C and D). Fruits were stored at 5 (A and C) and 10°C (B and D) for 3 weeks. 60°C hot water was sprayed for 10 seconds. TW = tab water, H = hot water, HS100 = hot water + 100 ppm NaOCl, HS200 = hot water + 200 ppm NaOCl, E30+H = hot water after 30% ethanol spray, E50+H = hot water after 50% ethanol spray. Values represent the mean  $\pm$  S.E. Where bars are not shown, S.E. does not exceed the size of the symbol.

## 제 3 절 품종 및 수확시기에 따른 저장성

### 1. 품종별 저장성 연구

#### 가. 연구수행 내용 및 방법

##### 1) 공시 품종 및 처리

벨기에 유럽채소연구센터 파프리카 암면재배 표준액(EC 1.5dSm<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 포수시킨 240공 암면플러그에 파프리카를 파종한 후, 유럽채소연구센터 표준양액(EC 2.0~3.0dSm<sup>-1</sup>, pH 5.5)을 매일 오전에 공급하여 약 36일간 육묘 하였다. 본 엽전개가 시작된 시기에 양액(EC 2.0dSm<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 포수시킨 암면블럭(10cm×10cm×7.5cm)에 U자로 이식하였다.

정식 하루 전날 암면슬래브(90cm×15cm×7.5cm)를 양액(EC 3.0dSm<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 충분히 포수한 후 본엽이 10매 내외로 전개되었을 때 슬래브 당 3주씩 180×33cm간격으로 2조 정식으로 재배하였다.

재배중 슬래브내 조건이 EC 3.0 ~ 5.0 dSm<sup>-1</sup>, pH 5.5 ~ 7.0의 범위를 유지하도록 양액을 조절하였고, 기타 관리는 표준재배법에 준하였다. 저장시험의 시료는 Jubilee, Romeca, Goal, Plenty, Derby, Midas, Maximalia 등 7종이었으며, 과실이 90%이상 착색된 것을 수확하여 선별 후 중량 150 ~ 200 g의 과실을 시험에 사용하였다.

##### 2) 조사방법

수확된 과실 중 150 ~ 200 g의 과실을 선별하여 10°C의 저장고에 30개씩 수출용박스에 저장하여 4일 간격 6회에 걸쳐 종자갈변, 당도, 색도, 과경갈변, 경도, 무게, 상품과율, 부패율 등을 조사하였다. 종자갈변 조사는 과실을 잘라 정상종자와 갈변종자의 개수를 조사하였고, 당도는 과육부분을 blender로 분쇄하여 그 즙액을 디지털 당도계에 주입하여 측정하였다. 색도는 과실에 측정부위를 미리 표시해 두고 색도색차계를 이용하여 주기적으로 측정하였다. 과경의 갈변은 전체과경의 길이에 갈변된 과경의 길이를 백분율로 환산하여 측정하였다. 경도는 한 개의 과실에서 3부분의 과피를 3cm × 3cm로 잘라 고정식 과실경도 측정기에서 측정하였다. 무게는 디지털 저울로 측정하였고, 상품과율은 시

기별로 무름정도, 과경갈변, 부패, 시각 및 촉각 등을 이용하여 상품성을 판단하였으며, 부패율은 비파괴 시료에서 부패된 과실의 비율을 백분율로 측정하였다.

#### 나. 연구수행 결과

##### 1) 품종별 특성

농가에서 재배되는 Jubilee, Romeca, Goal, Plenty, Derby, Midas, Maximalia 등 7품종을 공시하여 과실의 특성을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 3-1). 시료는 L사이즈와 M사이즈를 사용하였는데, 저장 전 총종자 수는 Romeca, Plenty, Midas 품종이 220개를 넘었고, Goal과 Maximalia는 140 ~ 180으로 적었다. 시험 전 갈변종자수는 품종 간 큰 차이는 없었으나 Jubilee 품종은 다소 적었다.

Table 3-1. Comparison of characters of seven paprika cultivars used in this experiment

Cultivar	Weight(g)	Number of total seeds	Number of browned seeds	Number of immatured seeds
Jubilee	158.2	207.3	6.2	3.9
Romeca	135.5	224.9	10.6	1
Goal	202.2	144.6	11.6	1.4
Plenty	206.1	245.8	19.5	2.0
Derby	176.1	180.8	20.2	1.6
Midas	250.6	226.1	19.0	1.8
Maximalia	185.7	179.1	24.3	0.7

##### 2) 당도

공시한 7품종을 24일간 저장하면서 과육의 당도변화를 조사한 결과 저장기간이 지남에 따라 당도가 다소 올라가는 경향을 보이다가 저장 20일 후 다시 저장 전과 비슷해졌다. Maximalia 품종은 7 ~ 8 °Brix로 타품종에 비해 높게 나타났다으며, 저장 16일 까지는 타 품종에 비해 높게 유지되었으나 저장 24일째는 품종 간 차이가 거의 없었다(Fig. 3-1).

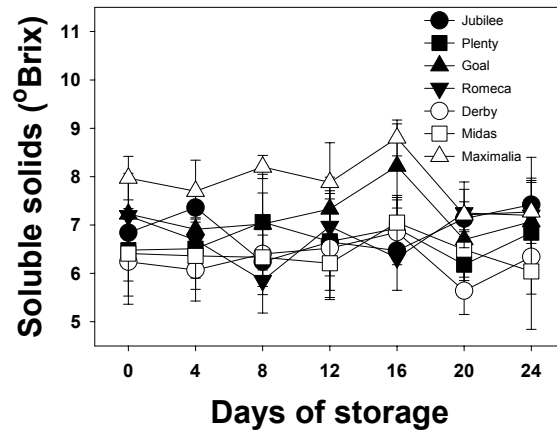


Fig. 3-1. Changes in soluble solids of seven paprika cultivars, 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 24days.

### 3) 색도변화

공시한 7품종의 저장 24일 간의 과육 색도 변화를 조사한 결과는 Fig. 3-2와 같다. 붉은색 품종인 Jubilee, Goal, Plenty는 과실의 밝기를 나타내는 L값의 감소정도가 다른 품종보다 더 심하였고 노란색인 Romeca, Derby, Midas 품종은 감소정도가 완만하였다. 이는 저장전에는 밝은 붉은색이었으나 저장기간이 진행됨에 따라 색도가 점차 짙어진 원인으로 판단된다.

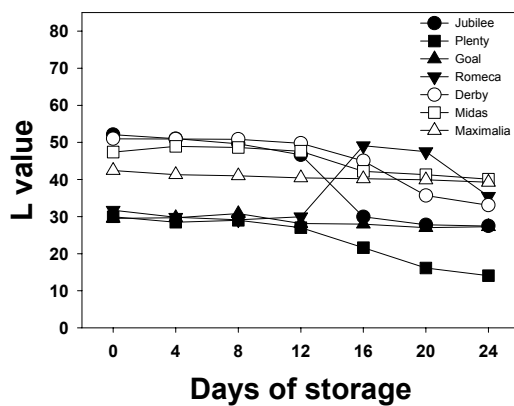


Fig. 3-2. Changes in L value of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 24 days.

#### 4) 과경 및 과탁 갈변

과경의 갈변정도는 plenty를 제외한 모든 품종에서 저장 8일까지는 거의 관찰되지 않았다 (Fig. 3-3). 적색인 plenty는 저장 4일 부터 과경갈변이 관찰되기 시작하였고 저장 12일에는 10%이상 되어 다른 품종의 2배 이상이었다. 대체적으로 Maximalia, Midas, Derby 품종에서 과탁 갈변현상이 늦게 그리고 적게 나타났다. 과경갈변은 재배과정에서의 온도, 양액 관리 등과 밀접한 연관이 있을 것으로 생각되며, 추후 정밀한 검토가 요망된다.

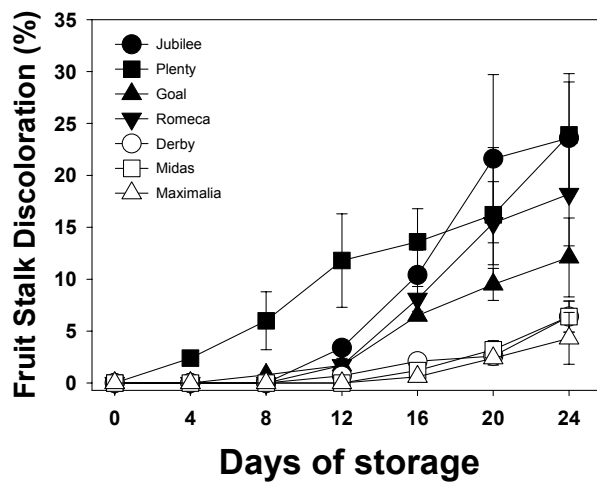


Fig. 3-3. Changes in fruit stalk discoloration of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 24 days.

#### 5) 경도변화

Fig. 3-4는 저장기간의 경과에 따른 파프리카 품종별 과육의 경도 변화를 나타낸 것인데, 저장기간이 길어질수록 경도가 감소하는 경향이였다. 저장 전 경도는 Maximalia 품종 23 N을 제외한 모든 품종에서 약 25 N 정도였으나 이들 간 유의한 차이는 없었다.

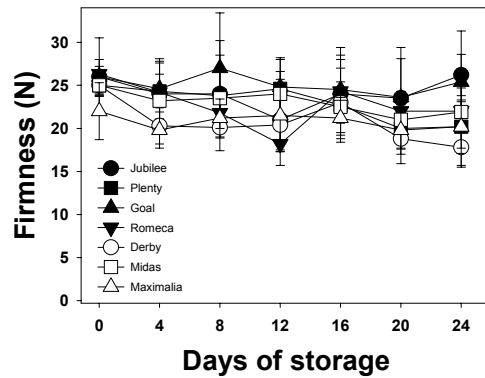


Fig. 3-4. Changes in firmness of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas', and 'Maximalia' stored at 10°C for 24 days.

#### 6) 무게변화

무게의 변화는 수분손실과 관련이 있기 때문에 저장기간이 길어질수록 수분손실이 많아지는 경향이였으며, 24일간 저장 중 적색인 Jubilee가 무게손실율이 4.6%로 가장 적었고, 황색인 Romeca는 10%로 무게 손실율이 가장 높았다 (Fig. 3-5). 이러한 무게의 손실은 재배과정에서의 온도와 양액관리에 따라 많은 변화가 있을 것으로 사료되며 추후 세밀한 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

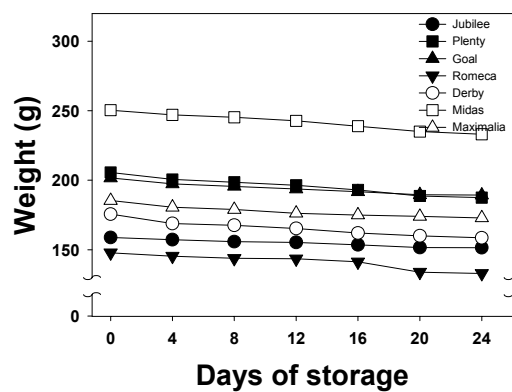


Fig. 3-5. Changes in weight loss of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 24 days.



7) 종자갈변

종자의 갈변정도는 저장 16일 이후 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 품종별로는 Derby와 Plenty 품종에서 가장 크게 증가하였는데 이는 품종의 특성보다는 개체간의 변이가 더 큰 요인으로 판단되었다(Fig. 3-6).

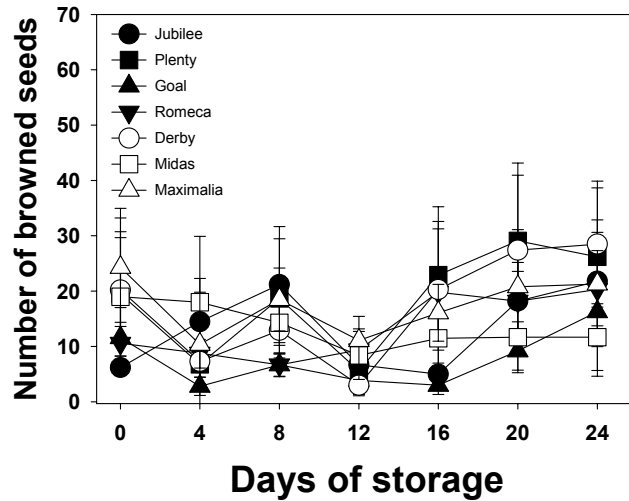


Fig. 3-6. Changes in the number of browned seeds of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 24 days.



Fig.3-7. Comparisons between normal seeds and browned seed after storage.

8) 상품과율

품종별 상품율은 무름정도, 과경갈변, 부패, 시각 및 촉각 등을 종합적으로 판단하여 상품가능정도를 조사한 것으로, 저장12일까지는 상품율이 80%를 상회하였다. 20일 이후는 무름 정도가 심하고 곰팡이의 발생이 많아 상품율이 급격히 저하되었고, 저장 28일경에는 상품성을 완전히 상실하였다. 품종별로는 Plenty, Goal, Derby가 저장 16일째 에서 60%이하로 상품율이 다소 낮았다(Table 3-2).

Table 3-2. Changes in percent of marketable fruit as affected by storage periods at 10°C

Cultivar	Days of storage						
	4	8	12	16	20	24	28
Jubilee	100	100	86.7	76.7	26.7	23.3	0
Romeca	100	100	90.0	70.0	43.3	20.0	0
Goal	100	90.0	83.3	53.3	40.0	16.7	0
Plenty	100	90.0	80.0	46.7	36.7	10.0	0
Derby	100	96.7	86.7	56.7	46.7	20.0	0
Midas	100	90.0	83.3	63.3	40.0	16.7	0
Maximalia	100	93.3	86.7	66.7	43.3	23.3	0

9) 부패율

Fig. 3-8에서와 같이 Maximalia와 Plenty 품종에서는 저장 16일 이후부터 곰팡이에 의한 부패가 시작되었고 다른 품종은 저장 20일 이후부터 부패하기 시작하였다. 저장 28일째에 Goal 품종은 부패율이 53%로 가장 높았던 반면 Derby 품종은 27%로 가장 낮았다. 품종들 간에 저장 중 곰팡이에 대한 저항성에 차이가 있는 것으로 생각된다. 저장 중 감모율의 주요원인은 곰팡이의 번식에 의한 것이었으므로 저장성을 높이기 위해서는 곰팡이 및 세균을 제거하기 위한 저장전처리가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

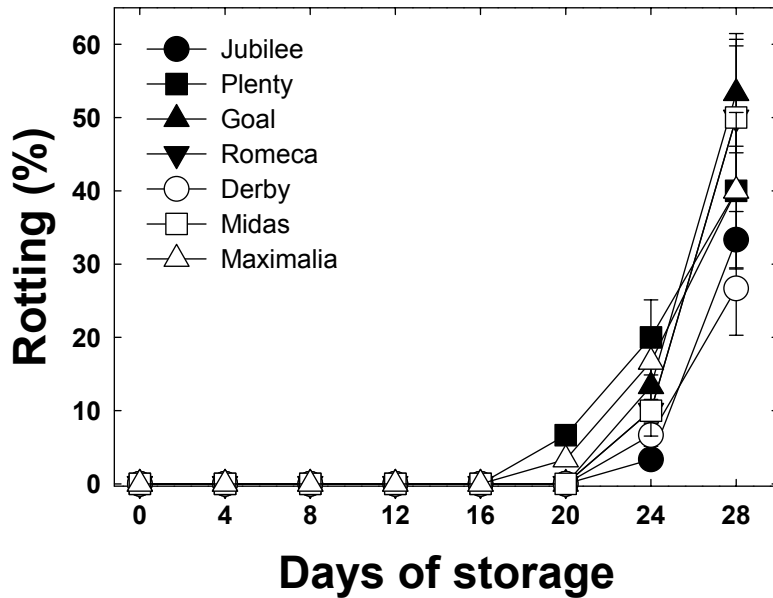


Fig. 3-8. Changes in rotting rate of seven paprika cultivars 'Jubilee', 'Plenty', 'Goal', 'Romeca', 'Derby', 'Midas' and 'Maximalia' stored at 10°C for 28 days.

## 2. 저장온도, 품종별 저온감응도 연구

### 가. 연구수행 내용 및 방법

#### 1) 공시 품종 및 처리

본 시험의 공시품종은 Fiesta, Special, Kappy, Furore, Sonongong, Sirena 등 6종이었으며, 품종별 저장성 시험과 동일하게 과실이 90%이상 착색된 것을 수확하여 상처가 없고 상품성이 있는 것을 선별하여 사용하였다. 과실의 크기는 blocky type인 Fiesta, Special, Furore, Sonongong 품종은 200 g 전후였으며, point type인 Kappy, Sirena 품종은 50 g 내외의 과실을 사용하였다.

#### 2) 조사방법

저장온도 처리는 5, 7, 10°C로 하였고 저장고에 30개씩 수출용박스에 저장하

여 5일 간격으로 9회에 걸쳐 총 45일 간 무게, 부패율, 당도, 상품과율, 경도, 과경갈변, 저온장해정도 등을 조사하였다. 무게는 디지털 저울로 측정하였고, 부패율은 건전과에 대한 부패과의 비율을 백분율로 나타내었다. 당도는 과육부분을 blander로 분쇄하여 그 즙액을 디지털 당도계에 주입하여 측정하였다. 상품과율은 시기별로 무름정도, 시각, 촉각 등을 이용하여 상품성을 판단하였으며, 경도는 한 개의 과실에서 3부분의 과피를 가로 3cm × 세로 3cm로 잘라 고정식 과실경도 측정기로 측정하였다. 과경의 갈변은 전체과경의 길이에 갈변된 과경의 길이를 백분율로 환산하여 측정하였다. 저온장해는 저온으로 표피가 물러지는 정도를 육안으로 판별하여 측정하였다.

#### 나. 연구수행 결과

##### 1) 무게변화

저장온도별, 품종별 무게변화를 나타낸 것이다(Fig. 3-9). 6품종 공히 저장일수가 경과됨에 따라 중량이 감소되었으며, 과실이 큰 품종이 과실이 작은 품종에 비해 무게 감소현상이 큰 것으로 나타났다.

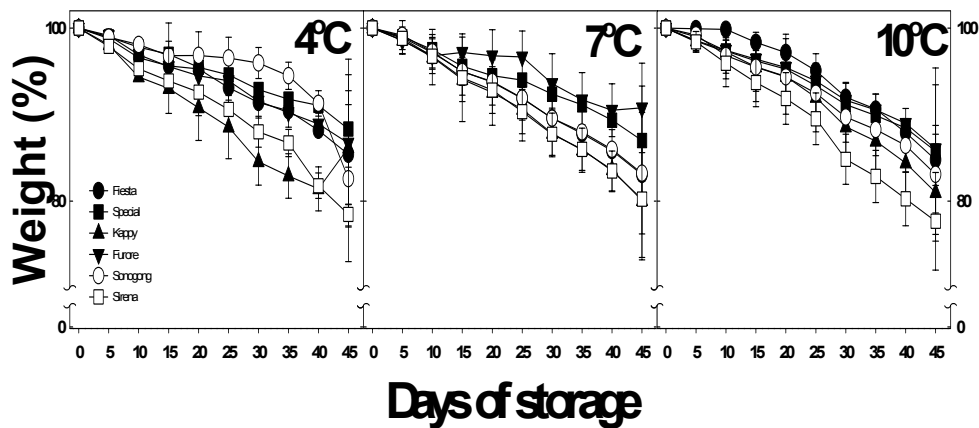


Fig. 3-9. Changes in fruit weight of six paprika cultivars stored at different temperatures for 45 days.

##### 2) 부패율

저장온도별, 품종별 부패율을 조사한 결과는 Fig. 3-11과 같다. 4°C 저장조건

에서는 30일부터, 7°C에서는 20일, 10°C에서는 5일 부터 부패가 시작되었으며, 온도가 낮을수록 부패율은 낮아지는 경향이였다. 또 기존의 고추처럼 길이가 긴 Kappy 품종에서는 5일부터 부패가 시작되어 다른 품종들 보다 저장성이 약했다. 따라서 Fiesta, Special과 같은 블로키형 품종보다 콘형인 Kappy, Sirena 품종이 부패율이 높아 저장에 불리할 것으로 생각되지만 좀 더 구체적인 실험이 수행되어져야 될 것으로 판단된다.



Fig. 3-10. Symptoms of rot on paprika fruits, blocky (left) and corn (right) types, caused by microbial proliferation.

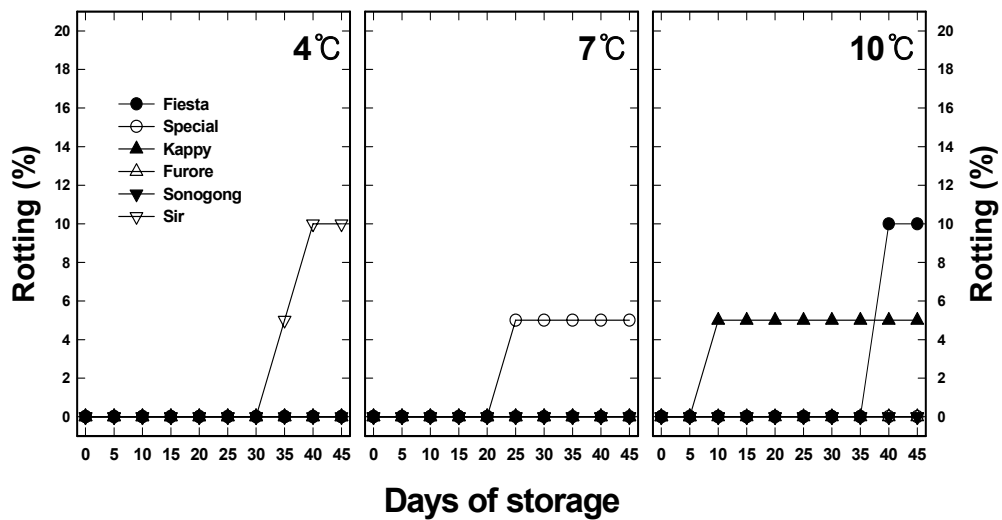


Fig. 3-11. Changes in rotting rate of six paprika cultivars stored at 10°C for 45 days, as affected by storage periods.

### 3) Pitting 형성

Fig. 3-12는 저장온도에 따른 품종별 pitting 형성을 조사한 결과이다. 3가지 온도조건 공히 콘형인 Kappy 품종에서 pitting 형성이 가장 낮았고, 블록키형인 Furore, Sonogong 품종에서 많이 발생하였다. 저장온도별로는  $5 > 7 > 10^{\circ}\text{C}$  순으로 많이 형성되었다. 일반적으로 pitting은 저온저장시 냉해에 의한 증상으로  $7^{\circ}\text{C}$  이하에 저장하였을 때 발생하나 본 실험에서  $10^{\circ}\text{C}$  저장된 Sonogong 품종에서 일부 pitting-like 증상이 생겼다. 2005년 함양지역의 일부 품종에서 재배 중 표피가 함몰되는 생리장해현상(2005년 함양지역 피해)의 발생으로 경제적 손실이 컸던 사례와 비교해 본다면 본 실험에 사용되었던 Sonogong도 재배 기간 중 형성되어 저장 중에 발현되었을 가능성이 큰 것으로 보여진다. 재배 중에 생성되는 pitting-like과 저온저장장해로 생기는 pitting의 증상은 매우 흡사한데 이에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 보여진다.

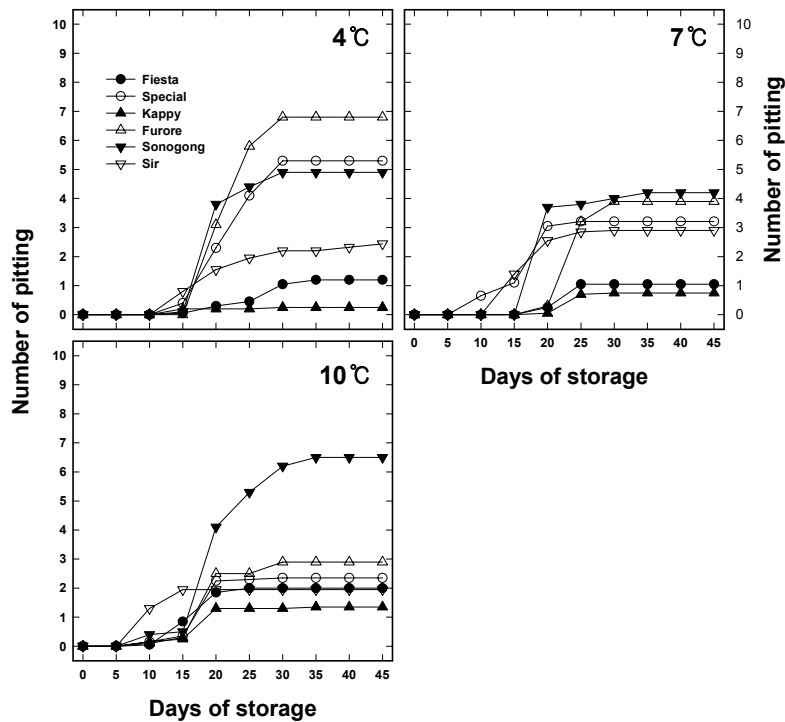


Fig. 3-12. Changes in pitting of six paprika cultivars stored for 45 days.



Fig. 3-13. Symptoms of pitting when fruits were stored at low temperatures

#### 4) 당도

당도는 Kappy, Furore 등의 품종이 8 °Brix 이상으로 높았고 Sirena 5-6 °Brix로 가장 낮았는데, 저장기간이 경과될수록 당도변화는 온도와 품종에 따른 차이는 없었으나 다소 낮아지는 경향이였다(Fig. 3-14).

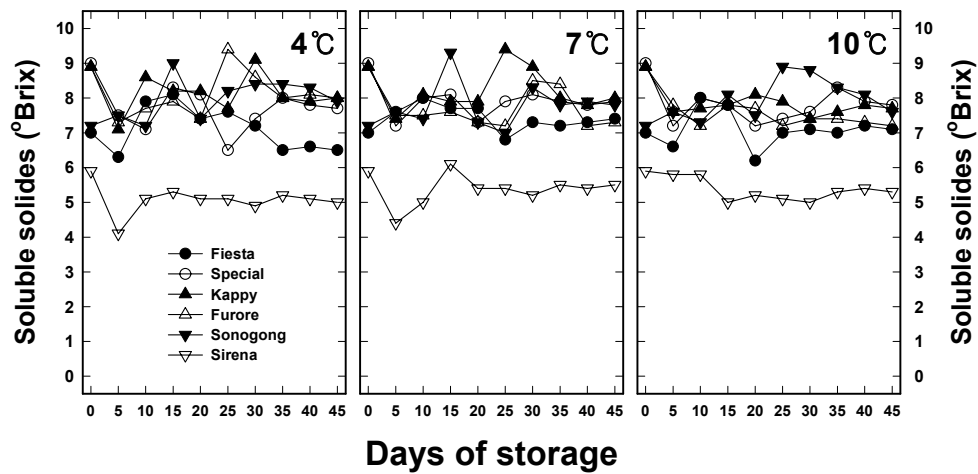


Fig. 3-14. Changes in soluble solids of paprika cultivars stored at different temperatures for 45 days.

#### 5) 상품과율

90%이상의 상품율이 7, 10°C 저장조건에서는 저장 20일까지 유지되었으나 4°C 온도에서는 보다 일찍 상품율이 하락하였는데 이는 냉해로 인한 결과로 생각

된다. 품종별로는 Furore, Special 품종에서 상품성이 오래 유지 되었다.

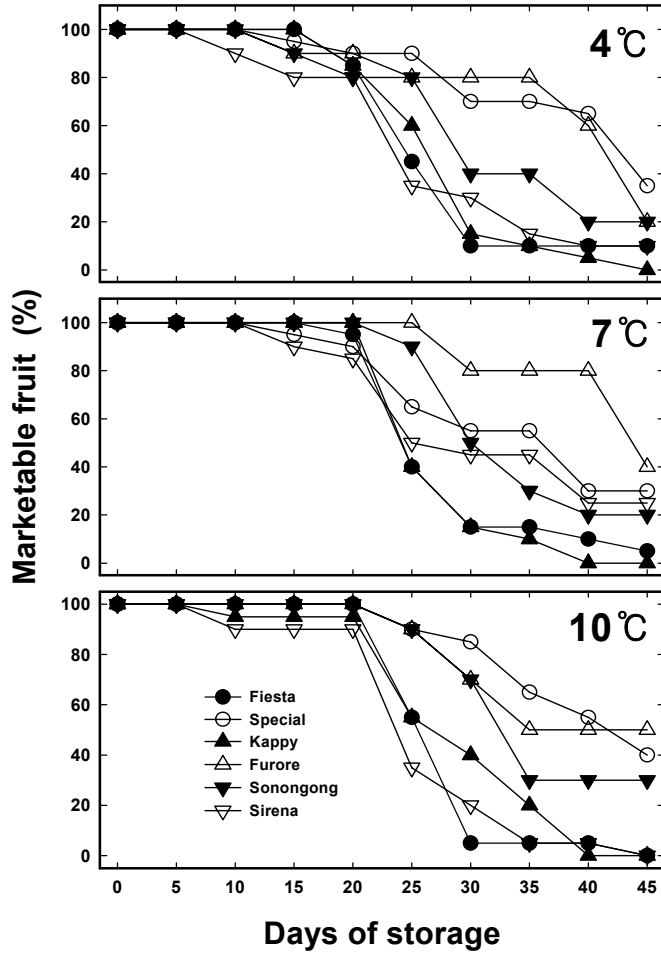


Fig. 3-15. Changes in percentage of marketable fruits stored at different temperatures for 45 days.

6) 경도변화

Fig. 3-16 에서와 같이 저장 중 파프리카의 경도는 저장기간이 경과할수록 낮아지는 경향이였다. 저장온도에 따른 품종별 경도변화는 다소 차이가 있었는데 이에 대한 정밀한 연구가 요구된다.



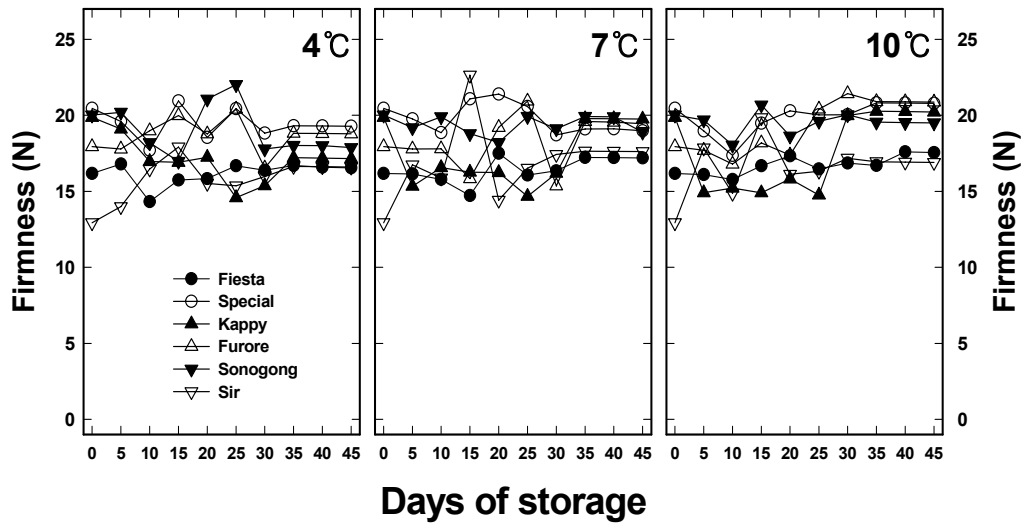


Fig. 3-16. Changes in fruit firmness of six paprika cultivars stored at different temperatures for 45 days.

#### 7) 과경 및 과탁 갈변

과경의 갈변은 모든 온도처리구에서 저장 15일 부터 시작되었으며, 저장 45 일경에는 80%정도 갈변이 일어나 상품성이 낮게 나타났다. 품종별로는 corn형인 Kappy, Sirena 품종에서 많이 발생하였고, blocky형인 Furore, Special 등의 품종에서는 발생이 적었다(Fig. 3-18).



Fig. 3-17. Calyx and fruit stalk browning of paprika fruits caused by fungal proliferation and stalk end dry during storage.

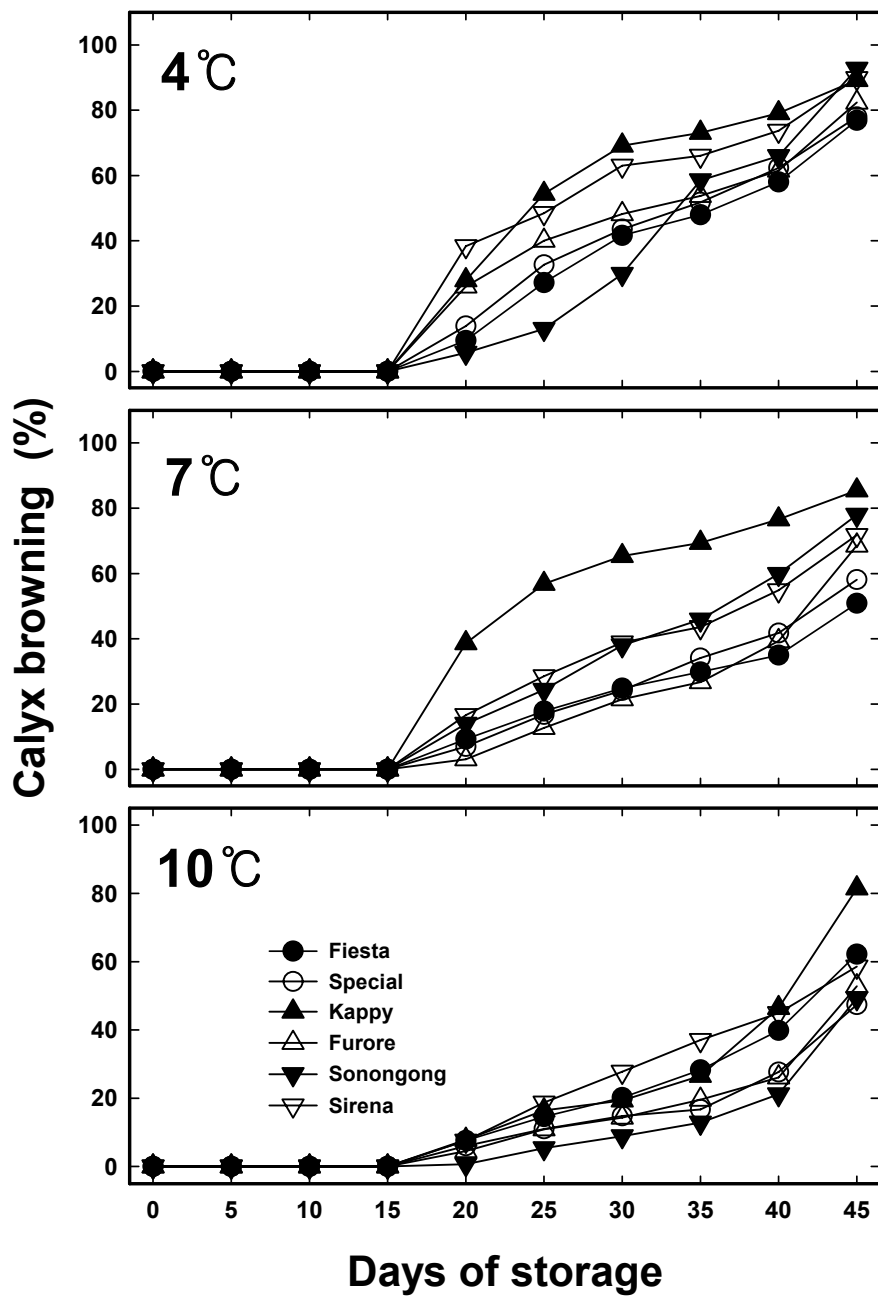


Fig. 3-18. Changes in calyx browning of six paprika cultivars stored at different temperatures for 45 days.

8) 저온장해

저장온도별 저온장해는 4°C저장에서 가장 많았으며, 그 다음이 7°C저장이었고, 10°C 저장에서는 장해의 정도가 경미하였다(Fig. 3-19). 품종별로는 Sirena 품종이 저온에 가장 민감하였으며, 상대적으로 Furore 및 Kappy 품종은 저온장해가 적었다.

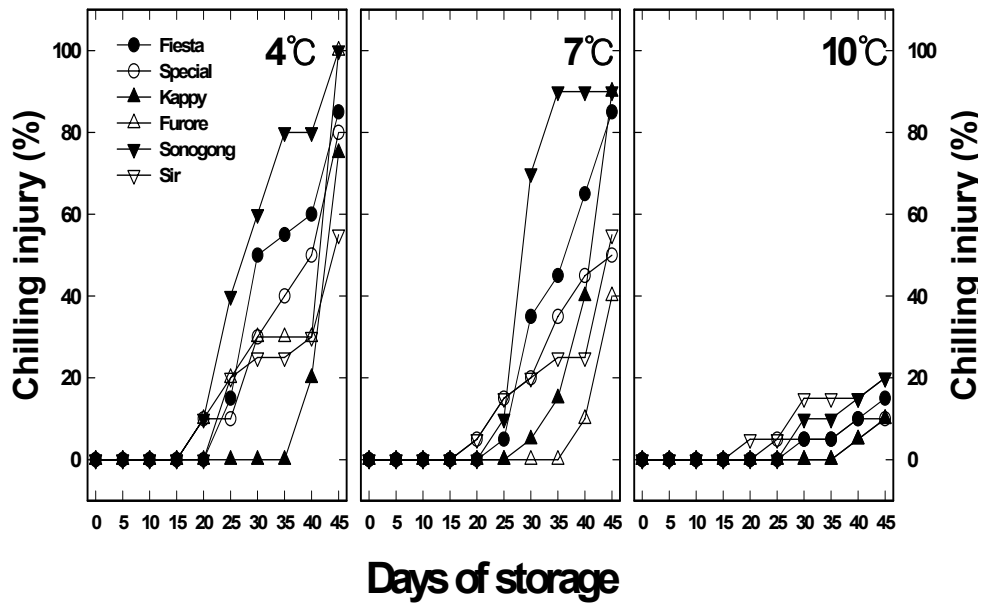


Fig. 3-19. Changes in chilling injuries of six paprika cultivars stored at different temperatures for 45 days.

### 3. 과실크기별, 품종별 저장성 비교

#### 가. 연구수행 내용 및 방법

##### 1) 공시 품종 및 처리

본 시험의 공시품종은 Goal, Derby, Maximalia를 사용하였다. 상처가 없고 착색이 균일한 과실을 크기별로 선별한 후 본 실험에 이용하였다. L사이즈는 170 ~ 230g, M사이즈는 140 ~ 170g, SM사이즈는 120 ~ 140g, SS사이즈는 90 ~ 120g의 과실을 사용하였다.

##### 2) 조사방법

10°C 저온 저장고(RH 70 ± 5)에 30개씩 수출용박스로 포장하여 4일 간격으로 5회에 걸쳐 상품과율, 무게, 부패율, 당도, 경도 등을 조사하였다. 상품과율은 시기별로 무름정도, 시각, 촉각 등을 이용하여 상품성을 판단하였다. 무게는 디지털 저울로 측정하였고, 부패율은 백분율로 표기하였다. 당도는 과육부분 일정한 크기로 채취하여 blander로 분쇄 후 그 즙액을 디지털 당도계로 측정하였으며, 경도는 한 개의 과실에서 3부분의 과육을 3 cm × 3 cm로 잘라 고정식 과실경도 측정기로 측정하였다.

#### 나. 연구수행 결과

##### 1) 상품율

크기 및 품종에 따른 저장기간 동안 상품율 변화를 조사하였다(Fig. 3-20). 경도, 과경갈변, 곰팡이 발생 등을 종합적으로 판단하여 상품성을 나타내었다. 저장기간이 길어질수록 상품성이 감소하였으며 저장 8일 부터 저장성이 급격히 감소하였다. 상품성 감소의 주요원인은 과도한 수분손실로 인한 건조증상과 과경부위 곰팡이 발생으로 인한 갈변증상이었다. 저장 20일 경에는 대부분의 조사구에서 상품성을 완전히 상실하였다. 크기별로는 M size의 Maximalia의 상품성 감소정도가 매우 심하였다. 이를 제외하고 모든 처리구에서 비슷한 상품성 감소정도를 보였다. 일반 선별장이나 저장고는 가습하지 않고 파프리카를 단기

간동안 저장하는데 본 연구에서도 이와 같은 조건을 처리하였기 때문에 급격한 수분 손실이 상품율 감소의 주요 원인으로 작용한 것으로 판단된다. 따라서 가습시스템이 마련되어 있지 않은 저장고에서는 MA저장과 같이 과실 포장으로 수분손실을 최소화 할 수 있는 기술이 도입되어야 할 것으로 보여진다.

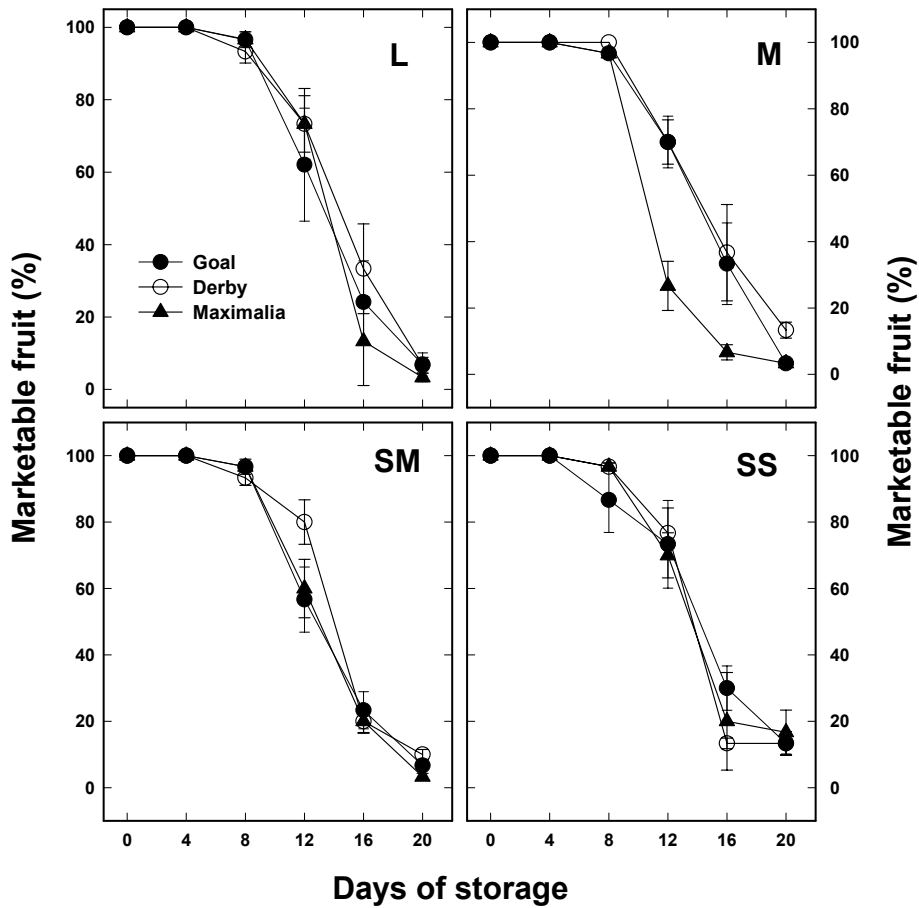


Fig. 3-20. Changes in marketability of three paprika cultivars, 'Goal', 'Derby', and 'Maximalia', as affected by different sizes. Fruits were harvested and stored at 10°C for 3 weeks. Fruit sizes: L-170 ~ 230g; M-140 ~ 170g; SM-120 ~ 140g; SS- 90 ~ 120g.

2) 무게변화

품종과 크기별 무게는 저장기간이 경과할수록 완만하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3-21.). M, SM, SS의 경우 품종 간 과실의 무게감소 정도가 비슷하였으나 L사이즈의 Goal의 경우 저장 16일째 부터 급격한 감소를 보이다가 저장 20일째는 172 g으로 저장 전 200 g에 비해 약 14% 감소하였다.

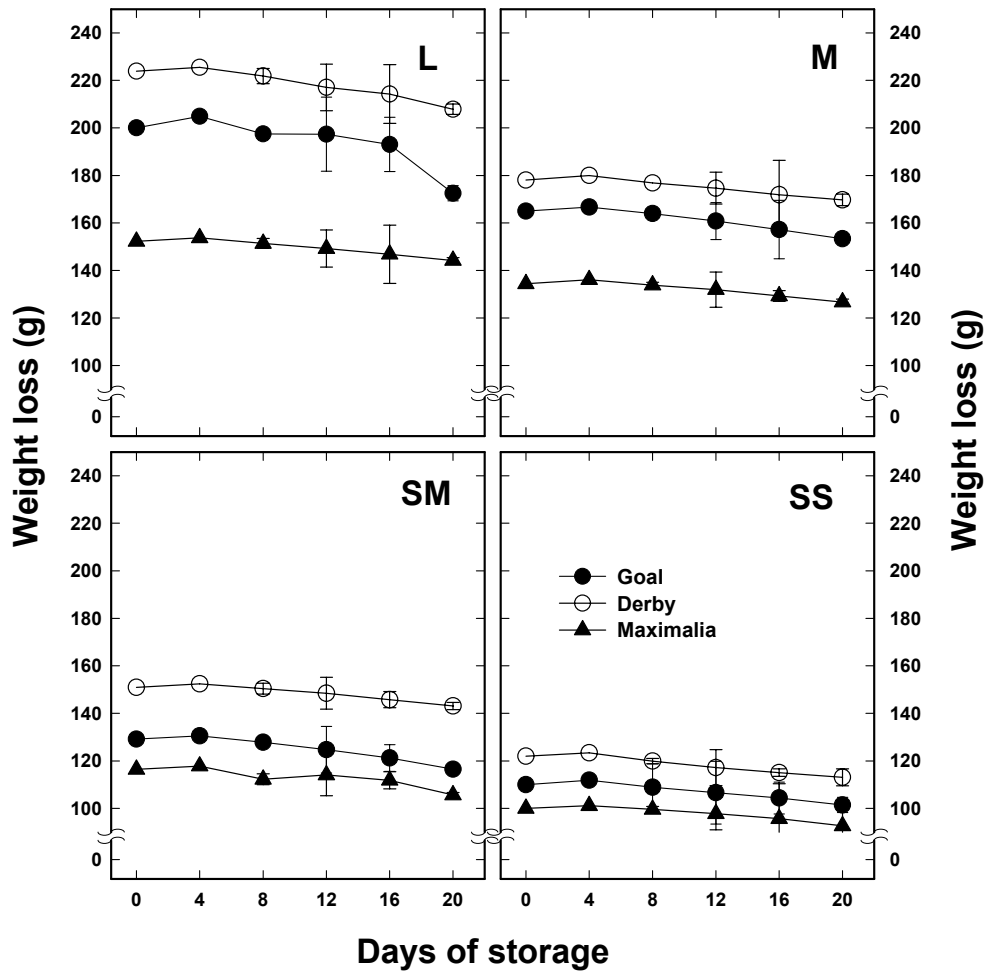


Fig. 3-21. Changes in weight loss of three paprika cultivars, 'Goal', 'Derby', and 'Maximalia', as affected by different sizes. Fruits were harvested and stored at 10°C for 3 weeks. Fruit sizes: L-170 ~ 230g; M-140 ~ 170g; SM-120 ~ 140g; SS- 90 ~ 120g.

### 3) 부패율

과실크기에 따른 품종별 부패율은 과실의 크기가 클수록 증가하는 경향이 있었다(Fig. 3-22). 저장 20일경 L 크기의 Derby 품종은 30%, 고을품종은 25%, 맥시 말리아 품종은 10%의 부패율을 보였다. M사이즈 및 SM사이즈는 저장 20일째 부패율이 15% 이하였으며, 소형과인 SS사이즈는 10% 이하로 가장 낮은 부패율을 보였다.

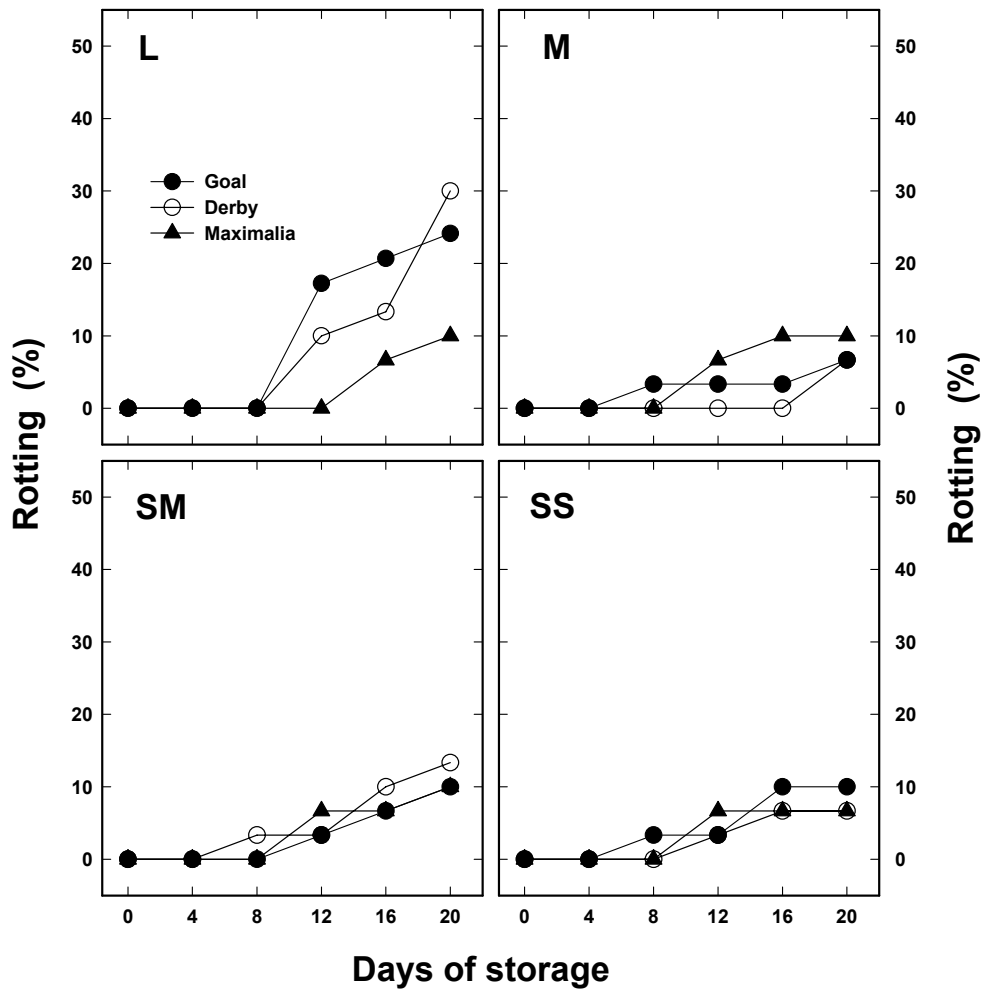


Fig. 3-22. Changes in rotting rate of three paprika cultivars, 'Goal', 'Derby', and 'Maximalia', as affected by different sizes. Fruits were harvested and stored at 10°C for 3 weeks. Fruit sizes: L-170 ~ 230g; M-140 ~ 170g; SM-120 ~ 140g; SS- 90 ~ 120g.

#### 4) 경도변화

품종 및 크기별 경도는 저장 기간이 길어질수록 약간 감소하는 경향이었다 (Fig. 3-23). Maximalia는 오렌지색 품종으로 붉은색과 노란색 파프리카에 비해 경도가 낮은 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 Maximalia 품종의 경도 변화는 다른 품종에 비해 일정하지 않았는데 이것은 과실개체 간 경도차이가 큰 것으로 인한 것 같다.

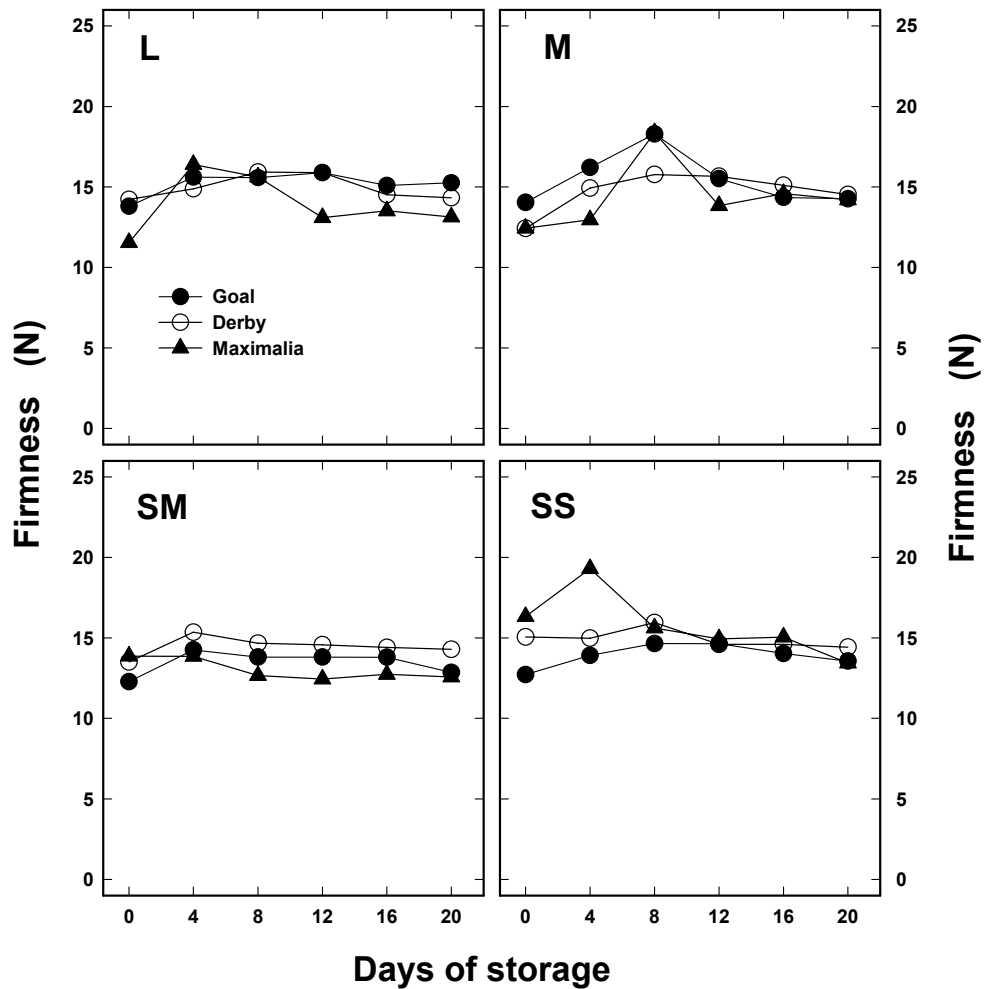


Fig. 3-23. Changes in fruit firmness of three paprika cultivars, 'Goal', 'Derby', and 'Maximalia', as affected by different sizes. Fruits were harvested and stored at 10°C for 3 weeks. Fruit sizes: L-170 ~ 230g; M-140 ~ 170g; SM-120 ~ 140g; SS- 90 ~ 120g.



#### 4. 수확시기에 따른 저장성 연구

##### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

###### 1) 공시 품종 및 처리

본시험의 공시품종은 Fiesta와 Special이었으며 수확시기를 달리하여 과실을 수확하였다. 작과가 완료된 과실을 수확하여 크기별로 선별 후 실험에 사용하였다. 1그룹의 수확일은 2005. 11월, 3그룹은 2006. 1 ~ 2월, 6그룹은 6월이다.

###### 2) 조사방법

10°C의 저장고에 30개씩 수출용박스로 포장하여 5일 간격으로 7회에 걸쳐 당도, 과경갈변, 경도, 무게, 종자갈변, 상품과율 등을 조사하였다. 당도는 과육부분을 blander로 분쇄하여 즙액을 디지털 당도계로 측정하였으며 과경의 갈변은 전체과경의 길이에 갈변된 과경의 길이를 백분율로 환산하여 측정하였다. 경도는 한 개의 과실에서 3부분의 과육을 3 cm × 3 cm 크기로 채취하여 고정식 과실경도 측정기에서 측정하였다. 무게는 디지털 저울로 측정하였고, 종자갈변 조사는 과실을 잘라 정상종자, 갈변종자의 개수를 조사하였으며, 상품과율은 시기별로 무름정도, 시각, 촉각 등을 이용하여 상품성을 판단하였다.

##### 나. 연구개발 수행 결과

###### 1) 당도

수확시기별 당도의 변화는 저장기간의 변화에 따라 일정한 경향을 유지하지 않고 증감을 반복했다(Fig. 3-24). Fiesta품종의 경우 수확 당시 6그룹에서 수확된 과실의 당도가 7.2 °Brix로 가장 높았으나 저장 35일째에는 3그룹에서 수확된 과실의 당도가 7.8 °Brix로 가장 높았다. Special은 수확당시 1그룹 과실이 9 °Brix로 다른 그룹 과실의 당도에 비해 월등히 높았으나 저장 35일 째에는 그룹 간 큰 차이가 없었다.

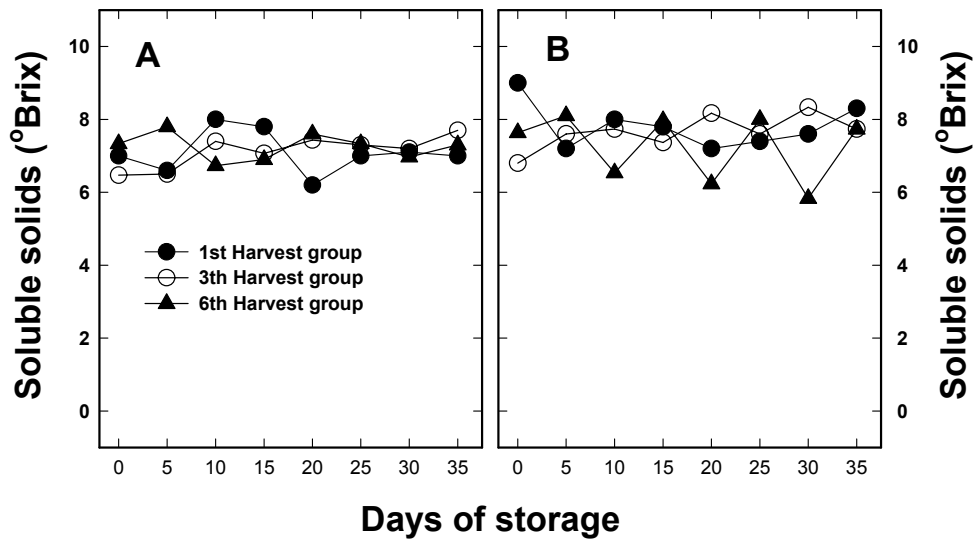


Fig. 3-24. Effect of harvest time on soluble solids contents of paprika fruits, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35 days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

## 2) 과경갈변

과경갈변은 수확 부위의 건조나 곰팡이 감염에 의한 것으로 상품성 하락의 주원인이다(Fig. 3-25). 수확시기에 따른 과경갈변을 보기 위해서 10°C에서 35일간 저장하였다. 과경 갈변은 저장 15일째부터 나타나기 시작하여 저장기간이 길어짐에 따라 꾸준한 증가를 보였다. 두 품종 모두 3그룹 째에 수확된 과실은 저장 35일까지 과경갈변이 없었던 반면 1그룹 과경의 갈변이 가장 많았다.

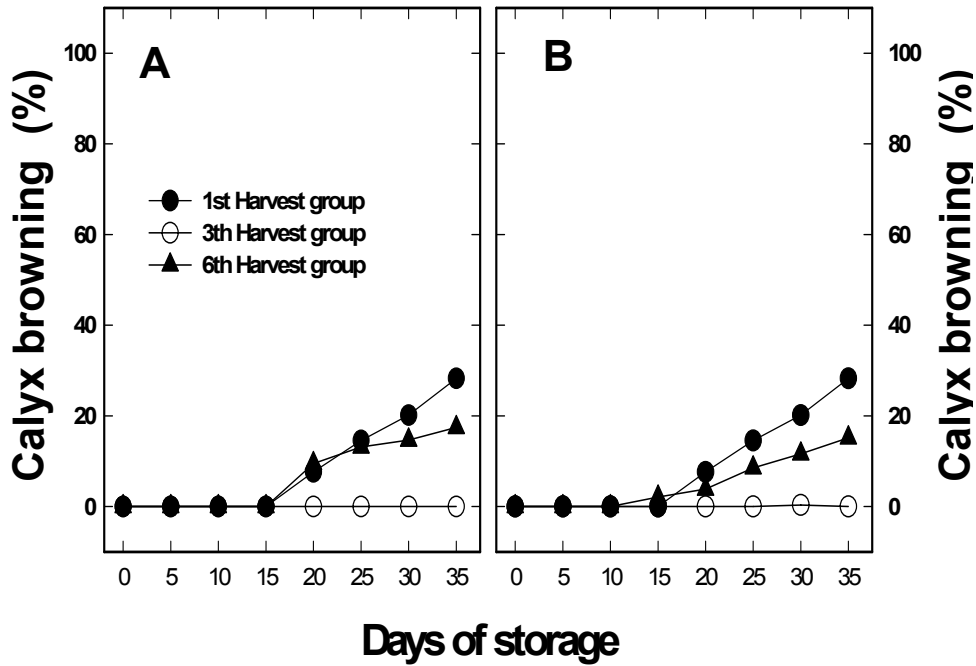


Fig. 3-25. Effect of harvest time on calyx browning of paprika fruits, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

### 3) 경도변화

수확시기에 따른 저장 중 경도변화의 차이는 없었다(Fig. 3-26). Fiesta 품종의 경도는 수확당시 1그룹 과실이 16 N으로 3, 6그룹의 13.5, 15 N에 비해 가장 높았으며 저장 35일째에도 큰 변화가 없었다. 저장 초기의 Special의 경도는 6그룹 파프리카가 20.4 N으로 가장 높았고 1그룹의 과실 경도가 16 N으로 가장 낮았다. 저장 기간 35일째에는 3, 6그룹간의 경도는 비슷해졌다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 품종, 수확시기에 따른 일정한 경향을 볼 수 없었으며 재배 환경, 재배조건, 품종 등이 복합적으로 관여하는 것으로 판단되었다.

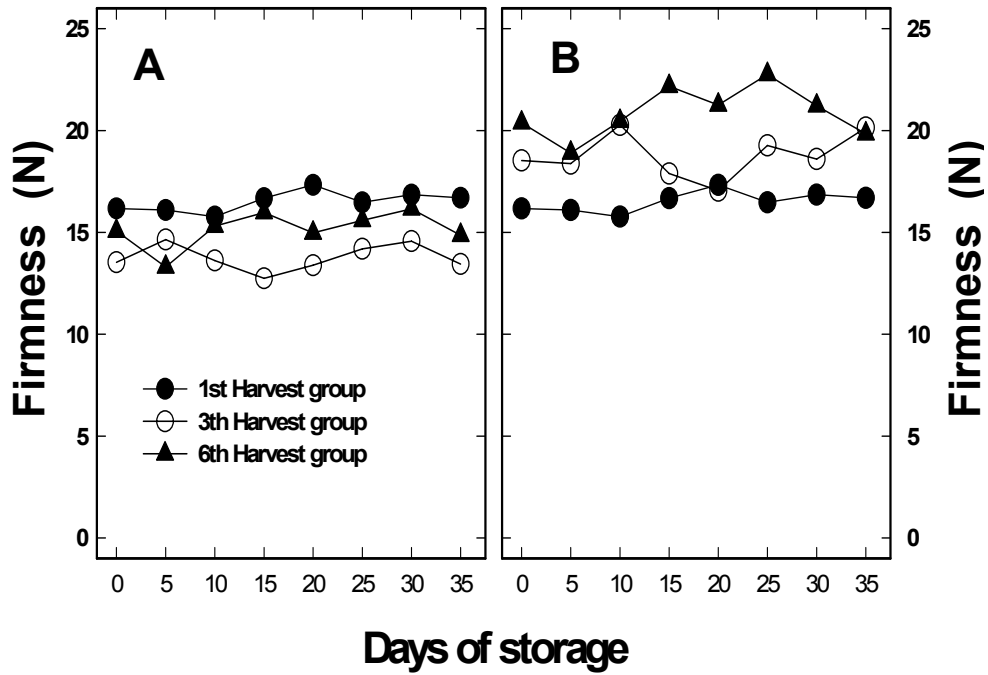


Fig. 3-26. Effect of harvest time on fruit firmness of two different paprika cultivars, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

#### 4) 무게변화

무게의 변화는 저장기간이 길어짐에 따라 감소하였으며 감소정도는 Fiesta와 Special 모두 비슷한 경향을 보였다(Fig. 3-27). 1, 2그룹 과실 간 저장 초기 무게는 약 200 g으로 비슷했으나 6그룹 과실의 무게는 125 g으로 1, 2그룹 과실보다 평균 과중이 작았으나 무게변화는 거의 비슷한 경향이였다.

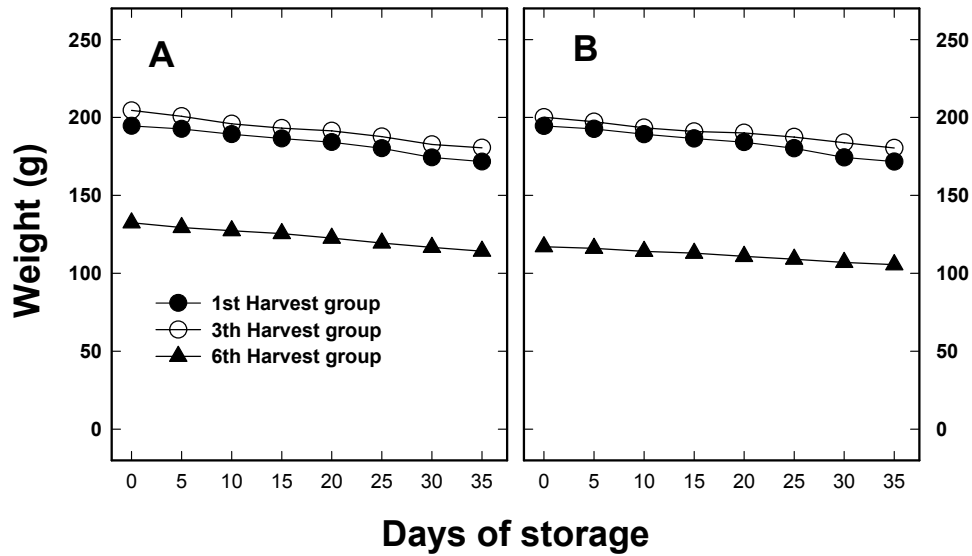


Fig. 3-27. Effect of harvest time on weight of two different paprika cultivars, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35 days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

##### 5) 종자갈변

고추속 작물의 종자갈변은 저장 중 품질을 저하시키는 주요 원인으로 잘 알려져 있다. 본 실험은 수확시기가 저장 중 종자갈변에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실시되었다. 본 실험에서 사용한 Fiesta와 Special의 품종간의 종자갈변 발생정도는 일정한 경향이 없었으며 저장 기간 동안 변화폭이 컸다 (Fig. 3-28). 수확 그룹에 따른 저장 기간 동안의 종자갈변 또한 일정한 경향을 보이지 않았다.

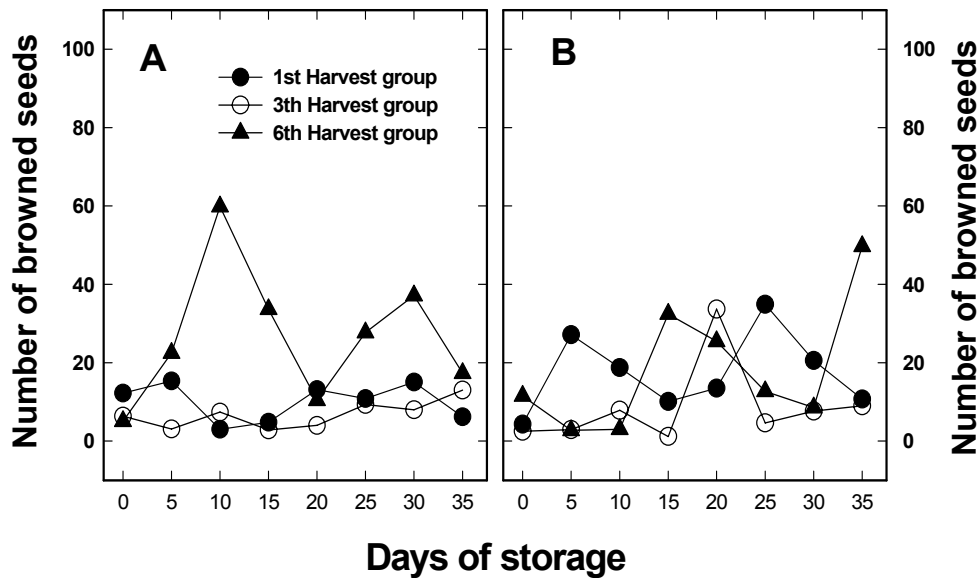


Fig. 3-28. Effect of harvest time on the number of seed browning of two different paprika cultivars, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

#### 6) 상품과율

파프리카의 수확시기가 저장 중 상품성 유지에 어떠한 영향을 미치는 지 알아보기 위해 Fiesta와 Special 품종을 공시하여 실험한 결과 양 품종에서 수확 시기에 상관없이 저장 20일째부터 비상품과가 발생하기 시작하였다(Fig. 3-29). Fiesta의 저장 35일째 상품과율은 6그룹이 약 65%던 반면 1, 3그룹 과실의 상품과율은 약 5%에 달했다. Special 품종 또 한 Fiesta 품종과 비슷한 경향으로 6그룹에서 상품과율이 가장 높았다.

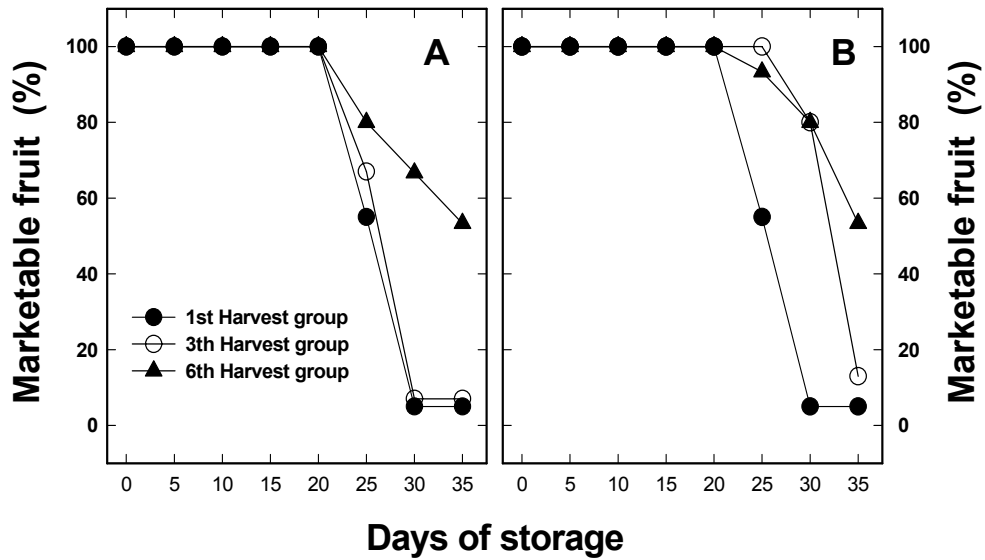


Fig. 3-29. Effect of harvest time on marketable fruit of two different paprika cultivars, 'Fiesta'(A) and 'Special'(B). Fruits were harvested by fruiting groups and stored at 10°C for 35 days. Harvest time: 1st harvest group - '05. Nov; 3th harvest group - '06. Jan ~ Feb; 6th harvest group - '06. Jun.

## 5. 재배지역에 따른 저장성 연구

### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

#### 1) 공시 품종 및 처리

각기 다른 지역( 마산, 진주, 창녕, 창원)에서 재배된 220 ~ 230 g Ferrari 품종을 이용하였다. 수확 선별된 과실은 12°C의 저장고에 30개씩 수출용 박스로 포장하여 재배 지역이 저장성에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다.

#### 2) 조사방법

5일 간격으로 9회에 걸쳐 당도, 과경갈변, 경도, 무게, 상품과율 및 저장 중 식물체의 무기성분을 분석하였다. 조사방법은 동일하였으며, 식물체의 무기성분 분석은 T-N, P, K, Ca, Mg 등이었다.

## 나. 연구개발 수행 결과

### 1) 저장 중 식물체 무기성분

재배지역별 페라리 품종의 저장 10일째 무기성분 분석 결과는 Table 3-3과 같다. 전질소 농도는 창원지역에서 재배된 과실이 1.5%로 가장 높았고 창녕지역에서 재배된 과실은 1.2로 가장 낮았다. K과 Mg은 창원지역에서 생산된 것이, Ca는 창녕지역에서 생산된 것이 농도가 높았다. 이는 농가의 양액관리 방법의 차이에 의한 것이라 생각된다.

Table 3-3. Effect of paprika grown locations around Gyeongnam province on chemical composition of paprika fruits. Paprika fruits were grown in green houses in Masan, Changwon, and Changnyeong. Chemical compositions were analysed 10 days after storage at 12°C.

Regions	Nitrogen (%)	Phosphate (%)	Potassium (mg/kg)	Calcium (mg/kg)	Magnesium (mg/kg)
Masan	1.4	0.32	21,698	527	1,127
Changwon	1.5	0.39	27,070	661	1,302
Changnyeong	1.2	0.35	22,866	870	1,170

### 2) 당도변화

수확 당시 재배지역별 파프리카의 당도의 차이는 없었으며 약 7 °Brix 수준이었다. 저장기간에 따른 당도변화는 거의 없었으면 처리 간 차이도 없었다 (Fig. 3-30).



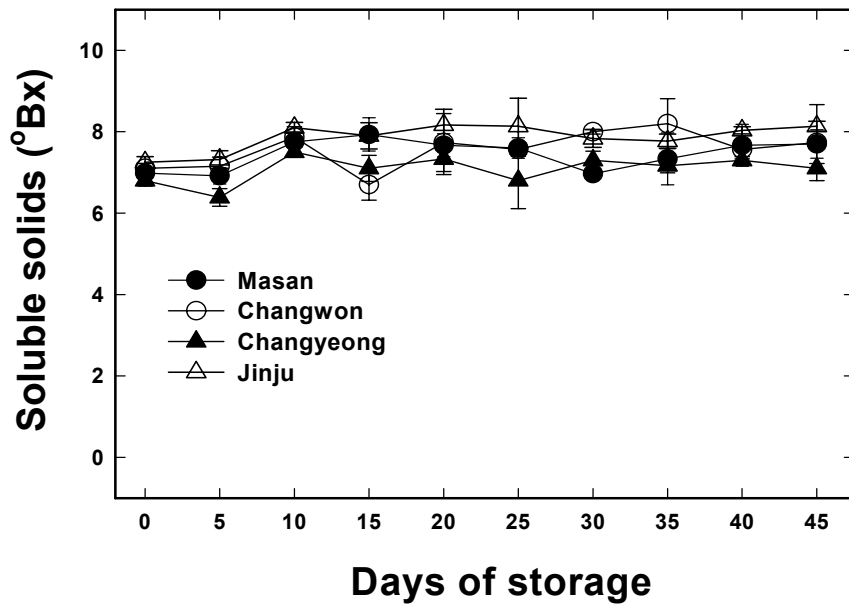


Fig. 3-30. Changes in soluble solids contents of paprika fruits during storage as affected the cultivated locations. Fruits were harvested from green houses in Masan, Changwon, Changnyeong, and Jinju, Gyeongnam province, and stored at 12°C for 45 days.

### 3) 과경갈변

파프리카의 재배지역에 따른 저장 중 과경갈변을 조사한 결과는 다음과 같다 (Fig. 3-31). 저장 15일째부터 갈변이 서서히 시작되어 저장기간 동안 꾸준히 증가하였다. 저장 20일째는 창원에서 재배된 파프리카의 과경갈변율이 약 20% 기타지역에 비해 매우 높았다. 저장 45일째의 과경갈변 정도는 창녕 (57%), 창원 (50%), 진주 (40%), 마산 (37%)순으로 높았다.

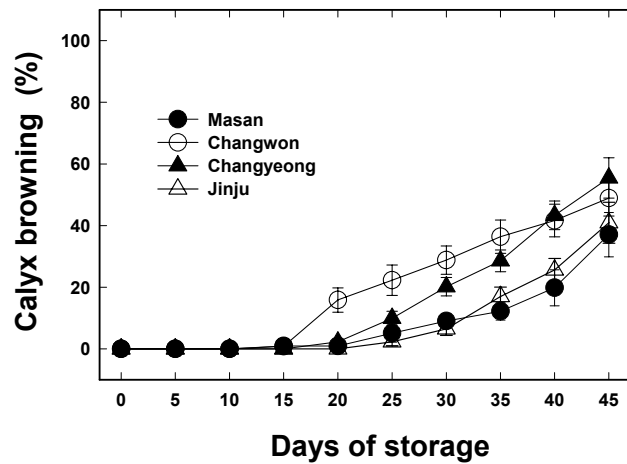


Fig. 3-31. Changes in calyx browning rate of paprika fruits during storage as affected the cultivated locations. Fruits were harvested from green houses in Masan, Changwon, Changnyeong, and Jinju, Gyeongnam province, and stored at 12°C for 45 days.

#### 4) 경도변화

파프리카 생산지역별 과실의 경도를 조사한 결과 수확당시 마산 과실이 16 N으로 진주 20 N에 비해 다소 낮았다. 저장기간에 따른 변화는 거의 없었다.

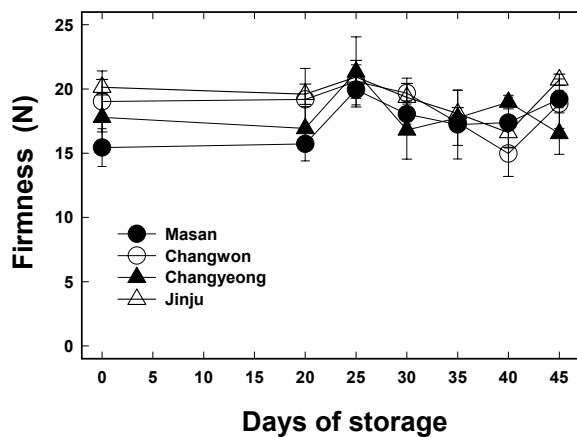


Fig. 3-32. Changes in fruit firmness of paprika fruits during storage as affected by the cultivated locations. Fruits were harvested from green houses in Masan, Changwon, Changnyeong, and Jinju, Gyeongnam province, and stored at 12°C for 45 days.

5) 무게변화

각 지역별로 재배된 파프리카의 12°C 저장 중 무게손실은 저장 기간 동안 꾸준한 감소를 보였다(Fig. 3-33). 저장 전 무게는 마산, 창원, 창녕, 진주 순으로 높았으나 저장 45일째는 창원에서 재배된 과실의 무게손실이 가장 많았다. 창원에서 재배된 과실은 저장 30일째부터 급격한 무게감소를 보여 40일째는 저장 초기 223 g에 비해 105 g으로 53%의 무게 손실이 있었다. 같은 품종이라도 재배조건에 따라 파프리카 저장성이 현저히 달라진다는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서 대체적으로 수분손실이 많았는데 이것은 저장고내 낮은 상대습도(RH 70% ± 3%)에 기인한 것으로 보여진다.

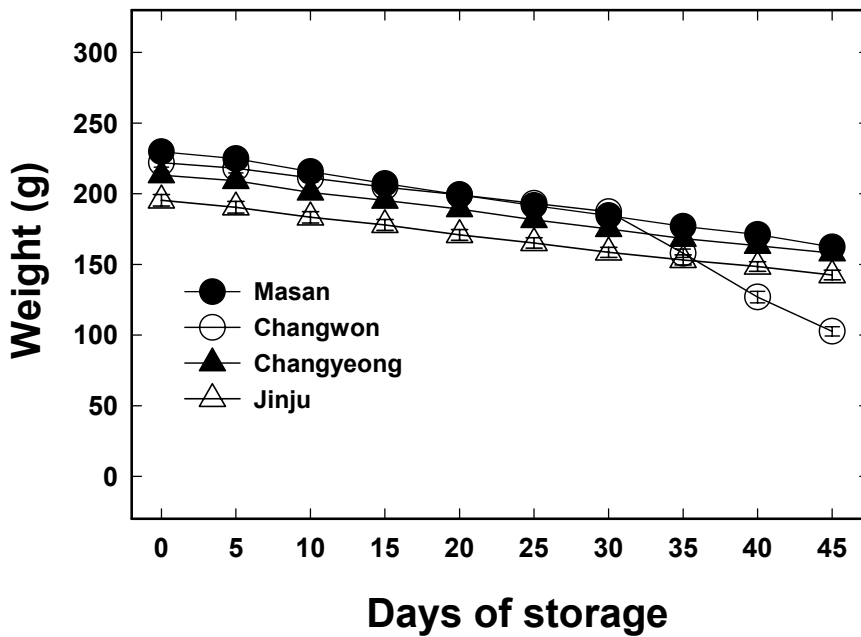


Fig. 3-33. Changes in weight of paprika fruits during storage as affected by the cultivated locations. Fruits were harvested from green houses in Masan, Changwon, Changnyeong, and Jinju, Gyeongnam province, and stored at 12°C for 45 days.

6) 상품과율

저장 10일 동안 모든 지역에서 생산된 파프리카의 상품과율은 100%를 유지

하였고 진주지역의 파프리카는 20일째 까지 100%의 높은 상품과율을 유지하였다 (Fig. 3-34). 상품과율은 대체적으로 저장 15일째부터 급격하게 감소하였고 재배지역에 상관없이 저장 40일째는 모든 처리구의 파프리카가 상품성을 잃었다. 이러한 결과는 재배지역과 생산자 관리조건 등이 파프리카의 저장일수에 5일 이상 영향을 줄 수 있다는 것으로 판단되었다.

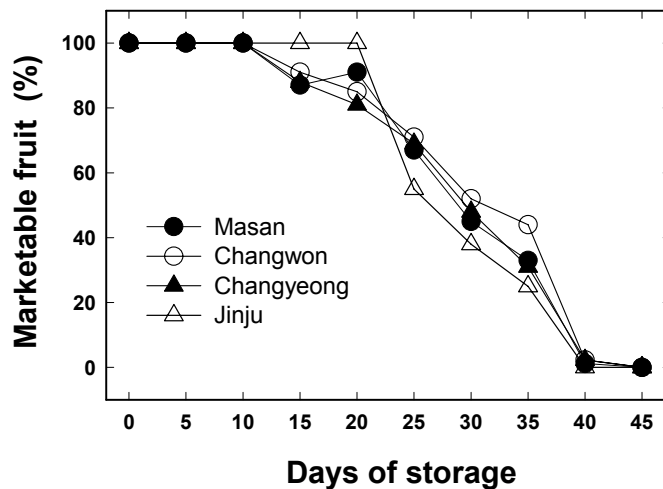


Fig. 3-34. Changes in marketable fruit of paprika during storage as affected the cultivated locations. Fruits were harvested from green houses in Masan, Changwon, Changnyeong, and Jinju, Gyeongnam province, and stored at 12°C for 45 days.

## 6. 재배환경에 따른 파프리카의 저장성

### 가. 연구개발 수행 내용 및 방법

#### 1) 공시 품종 및 처리

재배환경에 따른 저장성을 연구하기 위하여 Ferarri 품종을 공시재료로 이용하였다. 토경재배와 양액재배로 생산된 파프리카를 이용하여 이들 간의 저장성을 조사하였다. 각 재배환경별 하우스내의 일간 환경변화를 측정하였다.

착과가 완료된 200 g 내외의 과실을 선별하여 본 실험에 사용하였다. 저장은

30개씩 수출용 규격 박스에 넣어 12°C에서 45일간 저장하였다.

## 2) 조사방법

조사는 5일 간격으로 9회에 걸쳐 당도, 경도, 무게, 상품과율 등을 조사하였으며, 일중 일사량, 온도, 습도를 측정하였고 저장 중 식물체의 무기성분을 분석하였다. 조사방법은 동일하였으며, 식물체의 무기성분 분석은 T-N, P, K, Ca, Mg 등이었고, 일사량, 온도, 습도는 데이터로그를 이용하여 조사하였다.

## 나. 연구개발 수행 결과

### 1) 일사량 변화

하루 중 일사량의 변화는 14:00경에 최대로 되었다가, 그 후 점차 감소하였다. 대부분의 유리온실 재배농가는 양액재배를 하는 반면 토경재배는 주로 비닐하우스에서 파프리카 재배를 하고 있다. Fig. 3-35에서는 유리온실과 비닐하우스에서의 일일 일사량을 비교하였다. 일사량은 전반적으로 유리온실에서 높았다.

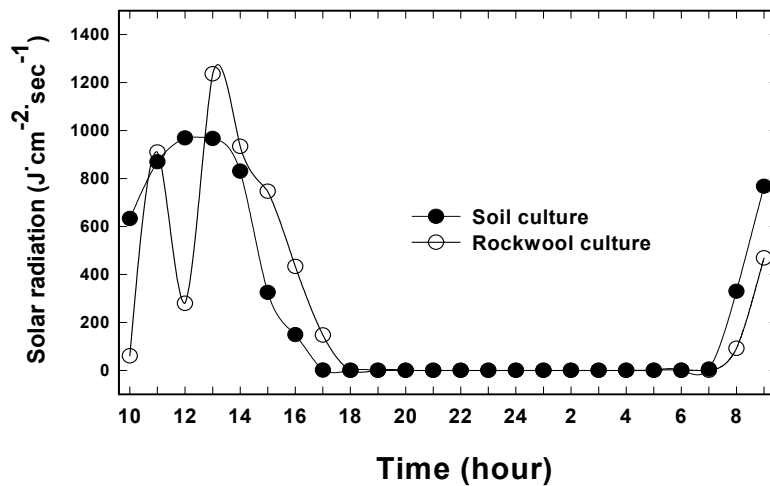


Fig. 3-35. Changes in 24 hrs solar radiation in a glass house (rock wool cultivation) and a PE film house (Soil cultivation) on Feb. 25 ~ 26th.

## 2) 온도 및 습도 변화

일중 온실내 온도는 유리온실이 비닐온실보다 높았다(Fig. 3-36). 이는 유리온실(rock wool culture)이 비닐온실(soil culture) 보다 보온효과가 높고, 광투과율이 높기 때문인 것으로 보여진다. 온실 내부 온도는 12 ~ 13시까지가 가장 높았는데 유리온실은 약 27°C 였던 반면 비닐온실은 21°C로 유리온실에 비해 약 6°C 낮았다. 유리온실의 경우 아침 7시에 약 8°C, 비닐온실은 4시에 7°C로 가장 낮았다. 유리온실의 최저온도가 비닐온실에 비해 1°C 높은 것은 유리의 높은 광투과율과 보온력에 의한 결과로 보여진다.

하루 중 온실내의 습도 변화는 양액이 공급되는 시점에서 상승하여 18:00이 후에는 떨어지는 경향이였으며, 수경, 토경재배간 하우스 내 습도의 차이는 없었다 (Fig. 3-38).

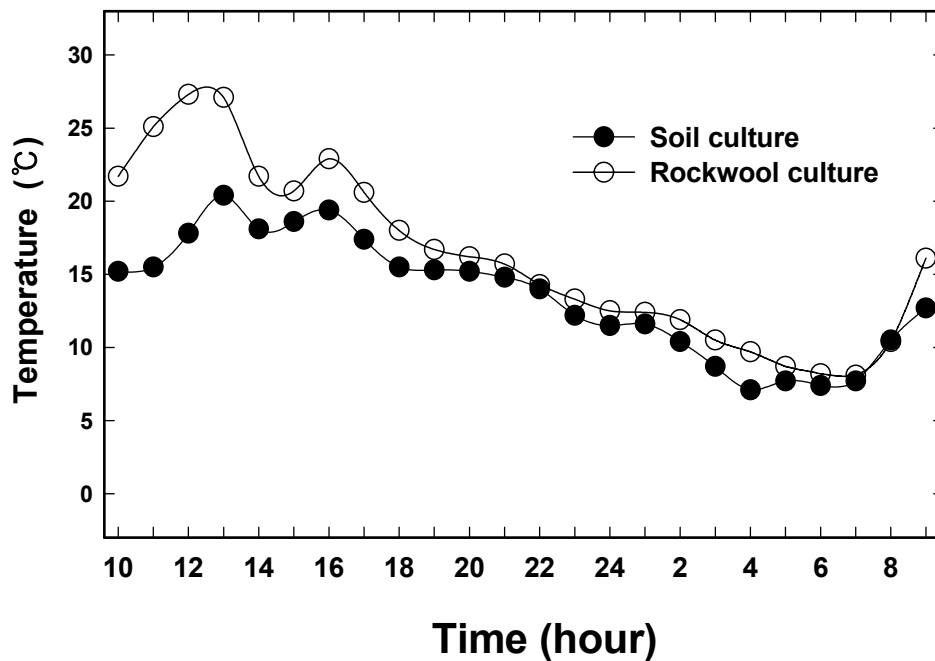


Fig. 3-36. Changes in 24 hrs temperature in a glass house (rock wool cultivation) and a PE film house (Soil cultivation) on Feb. 25 ~ 26th.



Fig. 3-37. Inside views of green houses where paprika are grown by soil(A and B) rock wool (C) cultivations. Paprika fruits harvested from two different types of cultivations, soil and rock wool.(D).

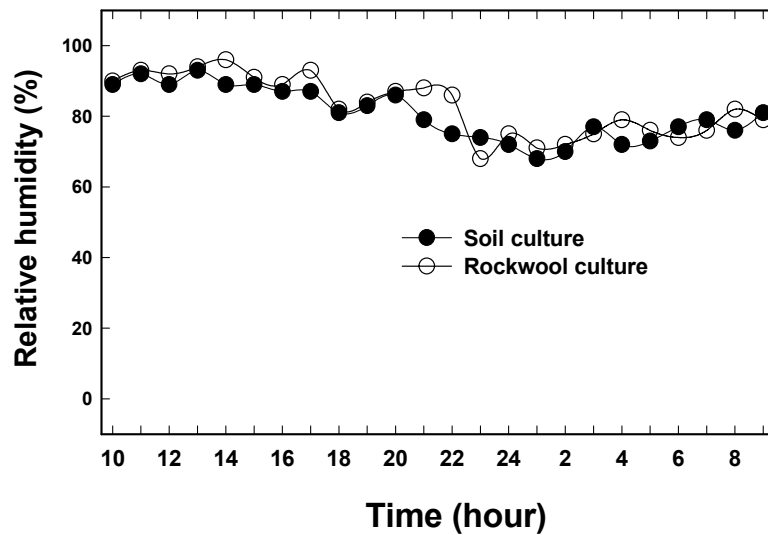


Fig. 3-38. Changes in 24 hrs RH in a glasshouse (rock wool cultivation) and a PE film house (Soil cultivation) on Feb. 25 ~ 26th.

3) 재배환경에 따른 과실성분 비교

재배방법에 따른 무기성분을 Table 3-4에서 비교하였다. 10°C 저장 20일째 무기성분의 농도를 분석한 결과 Rockwool 재배구에서 칼슘함량이 토경재배구의 과실에서 보다 다소 높았다.

Table 3-4. Comparison of chemical compositions between soil and rockwool cultivated paprika. Fruits were stored for 20 days at 10°C.

Storage period (days)	Culture method	Nitrogen (%)	Phosphate (%)	Potassium (mg/kg)	Calcium (mg/kg)	Magnesium (mg/kg)
20	Soil	1.3	0.25	25,326	421	1,283
	Rockwool	1.2	0.24	22,365	554	1,254

4) 당도변화

토경재배와 양액재배에서 생산된 과실의 당도를 조사한 결과 재배방법에 따른 저장기간별 당도차이는 없었다(Fig. 3-39). 모든 처리구에서 저장기간 동안 당도는 약 7.5 °Brix로 유지되었다.

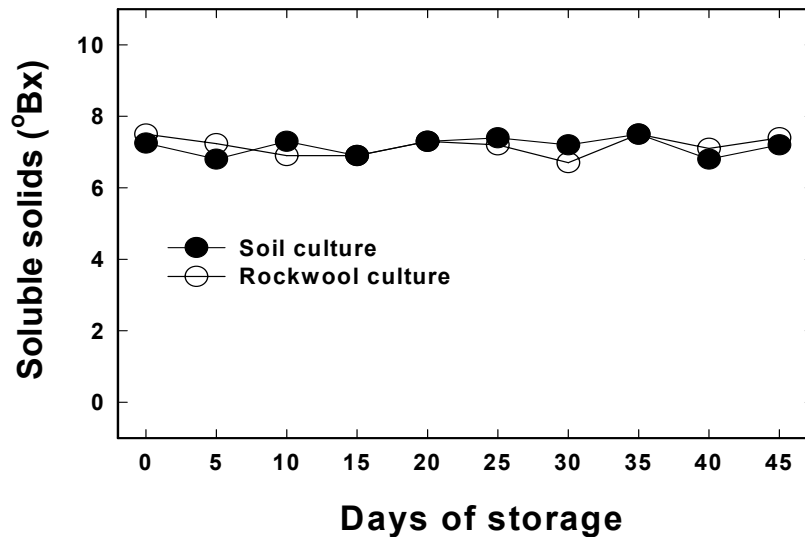


Fig. 3-39. Effect of paprika cultivation types, soil and rock wool, on soluble solids contents of paprika fruits. Fruits were stored at 12°C for 45 days.



### 5) 경도변화

재배방법에 따른 과실의 경도는 저장 기간이 길어짐에 따라 감소하였다. 저장 초기에는 토경재배로 생산된 파프리카의 경도가 약 20 N으로 양액재배에서 생산된 과실 17 N보다 약 3 N이 높았으나 저장기간이 계속됨에 따라 감소정도가 빨라져 저장 30일째에는 양액재배보다 약 1 N정도 높은 경향이였다.

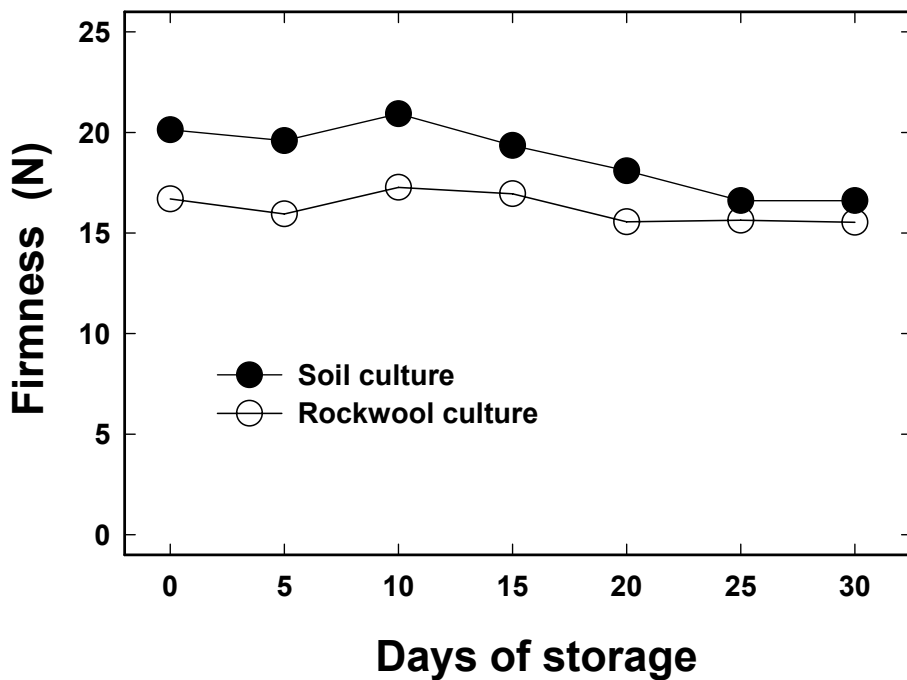


Fig. 3-40. Effect of paprika cultivation methods, soil and rock wool, on fruit firmness of paprika fruits. Fruits were stored at 12°C for 30 days.

### 6) 무게변화

저장기간 중 무게의 변화는 재배기간이 길어짐에 따라 감소하였으나 재배환경에 의한 영향이 거의 없었다. 수확당시의 무게는 약 200 g 이었으나 저장 45일째 양액 처리구 140 g, 토경 처리구 145 g로 비슷한 감소 경향을 보였다.

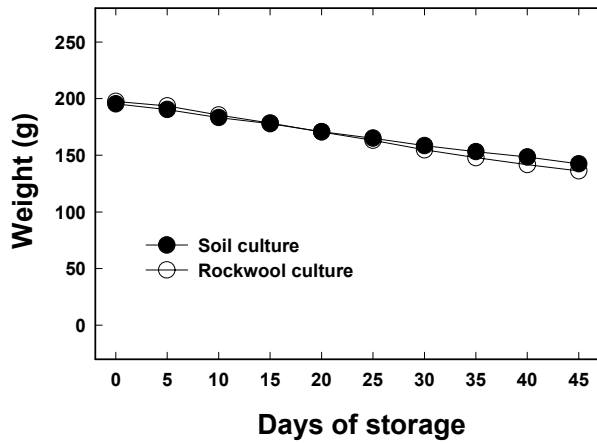


Fig. 3-41. Effect of paprika cultivation methods, soil and rock wool, on weight of paprika fruits. Fruits were stored at 12°C for 45 days.

#### 8) 상품과율

상품과율은 저장 22일까지는 80%이상을 유지하였으나 27일 이후는 60%이하였으며, 저장 40일 이후에는 상품성을 상실하였다. 양액재배된 과실이 토경재배 과실보다 상품과율이 다소 높았는데 이는 양액재배된 과실의 Ca의 함량이 554 mg/kg로 토경재배된 과실의 Ca 421 mg/kg보다 다소 높았기 때문으로 보여진다

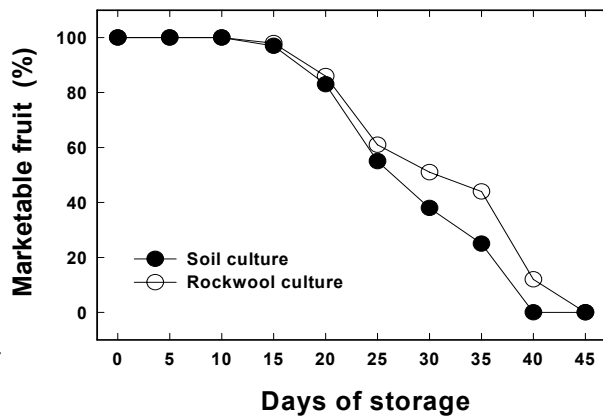


Fig. 3-42. Effect of paprika cultivation methods, soil and rock wool, on percent marketable fruit of paprika. Fruits were stored at 12°C for 45 days.

## 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 연구개발목표의 달성도

연구개발목표	수행내용	달성도
적정 저장 조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 적정 저장 온도 조건 구명</li> <li>▶ 국내산 파프리카의 해외시장 품질비교</li> <li>▶ 저장기간별 품질 변화</li> <li>▶ 저온저장에 의한 냉해증상 구명</li> </ul>	달성
저장 전처리 조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 열처리 방법에 따른 저장성 향상</li> <li>▶ 화학물질 처리에 따른 저장성 향상</li> <li>▶ 적정 냉각법 구명</li> <li>▶ 전처리 병용처리</li> <li>▶ 현장 적용시험</li> </ul>	달성
품종 및 재배환경에 따른 저장성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 품종별 저온감응도 조사</li> <li>▶ 수확 그룹별 저장성 비교</li> <li>▶ 크기별 저장성 비교</li> <li>▶ 재배환경별 저장성 비교</li> </ul>	달성

### 제 2절 관련분야의 기술발전예의 기여도

#### 1. 적정 저장 조건 구명

해외시장의 국내산 파프리카의 취급 및 유통현황과 외국산 파프리카와의 품질 비교 결과는 국내산 파프리카산업의 문제점을 짚어보고 대책을 마련하는데 매우 귀중한 자료가 될 것이다. 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 품종을 일부

선택하여 다양한 온도를 처리하여 저장기간을 최대화 할 수 있는 최적 온도조건을 구명하고 각 처리 온도별 저장 중 품질 변화를 조사하여 적정 저장 온도 및 저장 중 주요 품질 하락 원인을 연구하였다. 현재 국내산 파프리카의 저장·유통 환경은 체계화 되어 있는 않은 실정인데 본 연구결과를 바탕으로 적정 저장환경이 마련될 것으로 기대된다. 또한 pitting, 호흡, 색차변화, 이온누출, 과경갈변 등 저장 중 품질하락의 원인을 구명하였으나 앞으로 더 많은 연구가 있어야 될 것으로 생각된다.

## 2. 저장 전 처리 조건 구명

곰팡이나 세균번식에 의한 부패로 파프리카의 저장 중 손실율이 많은데 이를 최소화하기 위해 열수 및 화학 물질을 처리하였다. 열수처리는 dipping과 spray 방법을 적용하여 적정 온도와 시간을 연구하였다. 화학 물질 NaOCl 및 ethanol 을 처리함으로써 부패율을 줄일 수 있었다. 고온기에 생산되는 파프리카의 높은 호흡은 품질하락의 주원인으로 작용하여 과실의 저장성에 매우 깊이 관여하고 있다. 전처리 연구결과를 현장에 적용하여 적용 가능성을 검정하였다.

## 3. 품종 및 수확시기에 따른 저장성 비교

현재 많은 종류의 파프리카가 재배되고 있는데 저장성이 우수한 품종을 선발하여 장거리 수출시장의 대상작물선정에 기초자료를 마련하였다. 파프리카는 11월에 첫 수확되어 이듬해 7월에 마지막 수확되는데 약 6 단계로 착과 시기가 나누어져 있다. 이들간 단계별 저장성 비교는 현재 없는 상태인데 본 실험에서 이들 간의 저장성 차이를 구명하였다. 또한 재배 지역 및 재배환경에 따라 저장성이 차이남을 구명하였다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

파프리카는 현재 효자 수출 품목으로 재배면적 및 생산량이 증가하고 있으나 수확 후 취급 및 저장환경에 대한 연구는 거의 없다. 일부 국내·외 유통업자는 파프리카의 저장생리에 대한 지식 부족으로 냉해발생 온도에 파프리카를 저장하여 경제적 손실을 입기도 한다. 파프리카의 적정 저장 온도는 약 10°C 범위였고 MA저장을 할 경우 저장성이 매우 길어졌음을 알 수 있었다. 본 연구결과를 파프리카 수출시장에 적용함으로써 수확당시의 신선도를 유지시킬 수 있을 것으로 보여진다.

파프리카 저장 중 품질하락의 주요 원인은 수확 시 절단 부위를 통한 건조증상 및 곰팡이 감염을 통한 부패였었다. 열수 단독처리, NaOCl 및 에탄올과 열수의 병행처리가 곰팡이 발생억제에 일부 효과가 있음을 본 연구결과로 알 수 있으나 부패 및 과경건조 방지와 동시에 효율성을 높일 수 있는 심도 깊은 연구가 진행되어야 할 것이다. 본 연구결과는 경남지역 중심의 수출농단과 무역업자들 그리고 이와 유사한 업무 관계자들에게는 소중한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

-해당사항없음

## 제 7 장 참고문헌

- Andrew, J. 1995. The domesticated Capsicums. Univ. Texas Press, Austin.
- Bae. R.N., C.H. Choi, I.G. Mok, and D.S. Jung. 2003. Effects of perforated packaging and storage temperature on quality of red pepper. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44(1): 49-51
- Biles, C.L., M.M. Wall, and K. Blackston. 1993. Morphological and physiological changes during maturation of New Mexican type peppers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:476-480
- Buescher, R.W. 1977. Hard core in sweet potato roots as influenced by cultivar, curing , and ethylene. HortScience 12:326-327
- Fronney, C.F. and W.J. Lipton. 1990. Influence of controlled atmosphere and packing on chilling sensitivity. In: C.Y. Wang(ed.). Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p. 257-258.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Gayosso, R. Cruz, J. Fortiz, R. Baez and C.Y. Wang. 2000. Polyamines induced by hot water treatments recede chilling injury and decay in pepper fruit. Postharvest Biol. Technol. 18:19-26
- Gross, K., Watada, A.E., Kang, M.S., Kim, S.D., Kim, K.S. and Lee, S.W., 1986. Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit. *Physiol. Plant.* 66:31 - 36.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. US Dept. Agric. Handbook No. 66. Washington, DC..
- Hong, J.H. and K.C. Gross. 2000. Involvement of ethylene in development of chilling injury in fresh-cut tomato slices during cold storage. J. Amer. Soc.

Hort. Sci. 125(6): 736-741

Kader, A.A. 1992. Postharvest harvest technology of horticultural crops. Univ. of California. CA, USA.

Kanvel, D.E. and T.R. Kemp. 1973. Ethephon and CPTA on color development in bell pepper fruits. HortScience 8:403-404

김희태. 2003. 수출과채류의 재배기술, 유통상의 문제점 및 해결 방안. I. 시설 과채류 수출현황, 문제점 및 대책. 심포지엄. 부산원시 행정간행물. p: 1-19

Kozukue. N. and K. Ogata. 1972. Physiological and chemical studies of chilling injury in pepper fruits. J. Food Sci. 37:708-711

Lipton, W.J. and Y. Ahroni. 1979. Chilling injury and ripening of 'Honey Dew' muskmelons stored at 2.5°C. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:327-330

Lownds. N.K., M. Banaras. and P.W. Bosland. 1993. Relationship between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit(*Capsicum annum* L.). HortScience 28(12):182-184

Lurie, S., B. Shapiro, and S. Ben-Yehoshua. 1986. Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:880-885

Lurie, S. and Klein, J.D. 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:1007-1012

Lurie, S. and Sabehat, A. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. Postharvest Biol. Technol. 11:57-62

Lurie, S. 1998. Review: postharvest heat treatments. Postharvest Biol.



Technol. 14:257-269

Park, S.M., W.H. Kang, I.S. Kim, and C.S. Jeong. 2001. Effect of storage temperature and relative humidity on the quality of red pepper and sweet pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(5):519-522

Purvis, A.C. 2002. Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25:41-48

Sabehat, A., D. Weiss and S. Lurie. 1996. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. *Plant Physiol.* 110:531-537

Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. *Postharvest biotechnology of vegetables*. Vol.II. CRC. p. 49-58

Smith, P.G., B. Villalon, and P.L. Villa. 1987. Horticultural classification of peppers grown in the United States. *HortiScience* 22:11-13.

Villavicencio, L.E., Blankenship, S.M., Sanders, D.C. and Swallow, W.H., 2001. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae.* 91:17-24.

Vogele, A.C. 1937. Effect of environmental factors on the color of tomato and watermelon. *Plant Physiol.*12:929-955

Wang, C.Y. 1990. Alleviation of chilling injury of horticultural crops. In: C.Y. Wang(ed.). *Chilling injury of horticultural crops*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p. 281-302.

Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 15:63-132.

Woolf, A.B. and W.A. Laing. 1996. Avocado fruit skin fluorescence following

hot water treatments and pretreatments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:147-151

Yang, Y.J. and K.A. Lee. 1997. Physiological characteristics of chilling injury and CA effect on its reduction during cold storage of pepper fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:478-482

Young, L.B. and L.C. Erickson. 1961. Influence of temperature on color changes in Valencia orange. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78:197-200

Yun, H.K., K.Y. Kim, K.C. Yoo, and C.S. Jeong. 2001. Changes in postharvest physiology and quality of hot pepper fruits by harvest maturity and storage temperature. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42(3):289-29