

최 중  
연구보고서

신선 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 기술의 개발

Development of postharvest heat treatment techniques to enhance storability of fresh vegetables

연구기관

동의공업대학

농림부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “신선채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 기술의 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 8 월 27 일

주관연구기관명 : 동의공업대학

총괄연구책임자 : 강 준 수

세부연구책임자 : 강 준 수

연 구 원 : 조 학 래

연 구 원 : 조 호 성

# 요 약 문

## I. 제 목

신선 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 기술의 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

신선채소의 저장성을 향상시키기 위한 열처리 기술을 이용하는 연구가 다양한 작물에 대해서 수행되어 왔다. 열처리 기술은 농산물 노화를 억제하고 저온장해를 완화시킬 뿐만 아니라 살균효과까지 있어 수확 후 저장 전처리 기술로 널리 이용되고 있다. 현재 상업적으로 농산물의 열처리에 널리 이용되고 있는 열처리 기술은 작물을 뜨거운 물에 담그거나 뜨거운 물을 대상 작물에 분무시키는 방법, 스팀을 이용한 열처리 그리고 가열공기를 이용한 열처리 등이 있다. 농산물 저장 전처리로서의 열처리에 관한 연구는 다양한 과일과 채소에 대해서 국내외적으로 수행되어 왔다.

풋고추는 연간 188,403 M/T, 대파는 378,849 M/T 그리고 깻잎은 10,000 M/T 정도 소비되고 있는데 이들 채소는 수확 후 대부분 생체의 형태로 소비되기 때문에 신선도가 품질과 유통기간에 결정적인 영향을 미친다. 따라서 생산된 해당 채소의 저장 및 유통 기간을 연장시킬 수 있다면 해당 채소의 경제적 가치를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 수출에도 활력을 불어넣을 수 있게 된다. 또한 해당 작물의 저장성이 향상되어 유통 중 손실이 줄어들면 생산자에게 도움이 될 뿐만 아니라 도시 쓰레기를 감소시켜 환경 문제 해결에도 도움이 된다.

신선 채소의 저장 중 품질 열화를 효과적으로 억제시키기 위해서는 열처리 방법 외에도 방사선, 오존 및 화학약품 처리 등의 방법이 있다. 그러나 이들 기술에 의해서 야기되는 안정성 문제 등의 부작용이 대두되고 있을 뿐만 아니라 이들 처리를 위해서 또 다른 설비를 갖추어야 하는 경제적인 문제도 안고 있다. 따라서 안전하면서도 경제성 있는 신선 채소의 저장 전 처리기술로서의 열처리 기술에 대한 개발이 절실히 요구된다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

앞에서 제시한 연구 목적을 달성하기 위하여 본 연구에서는 주요 채소의 저장 전 열처리 기술의 개발과 열처리 채소의 저장 방법 및 조건 구명으로 분야를 나누어서 연구를 진행하였다. 본 연구를 위한 전체적인 연구의 구성과 내용은 표 1-1과 같았다.

주요 채소의 저장 전 열처리 기술의 개발 분야에서는 우리나라의 대표적인 채소인 풋고추, 대파와 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 조건을 구명하였다. 가열 공기 및 마이크로웨이브 열처리는 예비실험 결과 열처리 자체가 해당 채소의 수분함량을 줄이고 쉽게 가열장해 현상을 유발시켜서 초기 품질 저하가 심각하게 일어나므로 열처리 방법에서 제외시켰다. 모든 열처리는 온수에 침지하는 방법을 사용하였다. 열처리 조건은 풋고추의 경우는 50℃, 55℃, 60℃, 65℃의 온수에 각각 10초 침지하였으며, 대파는 45℃/5분, 50℃/1분 및 3분, 55℃/30초, 1분 및 2분, 깻잎은 45℃/10초 및 20초, 50℃/5초 및 10초, 55℃/5초 및 10초의 조건으로 온수에 침지 하였다. 열처리가 끝난 채소를 10℃에서 저장하면서 저장 중 화학적 품질, 관능적 품질 등 제반 품질요소를 측정하여 신선한 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전처리로서 열처리의 적용 가능성을 검토하고 각 채소의 적정 열처리 조건을 구명하였다.

열처리 채소의 저장 방법 및 조건 구명 분야에서는 앞에서 구명한 열처리 조건으로 풋고추, 대파와 깻잎을 열처리한 후 MAP 및 CA 저장 조건을 구명하였다. 풋고추는 55℃의 온수에 10초, 대파는 55℃의 온수에 2분 그리고 깻잎은 50℃의 온수에 5초 침지한 후 기체 투과도가 각각 다른 LDPE, 폴리올레핀, CPP, 핀홀 필름과 대조구 포장에 풋고추 150 g, 대파 300 g, 깻잎 210을 각각 넣고 밀봉시킨 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 저장하였다. 핀홀 필름 표면에는 미세한 구멍이 있었으며 대조구 포장은 플라스틱 필름 백에 직경 7.0±1.0 mm의 구멍을 12개 뚫어서 제작하였다. 2% O<sub>2</sub>와 1% CO<sub>2</sub>의 혼합기체를 풋고추 CA 조건으로 하였으며 0.2% O<sub>2</sub>와 8% CO<sub>2</sub>의 혼합기체를 대파 CA 조건으로 설정하였다. 각 채소를 열처리한 후 해당 MAP 및 CA 조건으로 저장하면서 저장 중 화학적 품질, 관능적 품질 등 제반 품질요소를 측정하여 열처리 채소의 CA 및 MAP 가능성을 검토하고 각 저장 조건을 구명하였다.

표 1-1. “신선 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 기술의 개발” 연구과제의 구성

분야	연구 내용
주요 채소의 저장 전 열처리 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열처리 조건에 따른 대상 채소의 품질 확인</li> <li>- 열처리 후 및 저장 중 채소의 품질 변화 확인</li> <li>- 열처리에 의한 채소의 생리적 품질 측정</li> <li>- 관능적 품질, 색도 물성, 가열장해(heat injury) 등</li> <li>- 열처리에 의한 대상 채소의 화학적 품질 측정</li> <li>- 열처리에 의한 채소의 미생물학적 품질 변화 측정</li> <li>- 열처리 기술의 현장 적용 가능성 검토</li> </ul>
열처리 채소의 저장 방법 및 조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열처리 채소의 저장 방법 및 조건 구명</li> <li>- 열처리 채소의 MAP 저장 실험</li> <li>- 적정 열처리 채소의 호흡속도 변화 측정</li> <li>- 해당 채소에 적합한 포장재 검색</li> <li>- MAP 중 열처리 채소의 품질 확인</li> <li>- 적정 MAP 저장 조건 구명</li> <li>- 열처리 채소의 CA 저장 실험</li> <li>- CA 저장 중 열처리 채소의 품질 확인</li> <li>- 적정 CA 저장 조건 구명</li> <li>- 열처리 기술의 현장 적용 실험</li> </ul>

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

풋고추는 65℃에서 10초 열처리(풋고추 중심의 최고 온도 40℃ 이상)하면 열처리 직후 과육표면에 가열장해 현상이 나타나 60℃ 이하로 열처리를 해야한다. 풋고추 표면 색도는 비열처리구는 열처리구에 비해서 저장 4주가 되면 초록색이 얼어졌다. 대조구의 경도와 생균수는 저장 3주까지는 차이가 없다가 4주에서 경도는 낮아지고 생균수는 높게 나타났다. 매운맛 성분은 열처리 유무에 관계없이 저장 중 감소하는 경향을 나타내었으며, 대조구의 경우가 약간 높게 나타났다. 풋고추의

관능적 품질은 55℃ 온수에서 10초 동안 열처리한 경우가 가장 우수하게 나타났다. 열처리 풋고추는 풋고추의 저온장해 온도인 3℃에서도 우수한 품질을 나타내어 열처리가 풋고추의 저온장해를 억제하는 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과에서 풋고추를 55℃의 온수에 10초 침지시키는 조건을 풋고추의 저장성을 향상을 위한 열처리 조건으로 구명할 수 있었다.

대파를 60℃ 이상의 온수에서 열처리(대파의 중심의 최고 온도 50℃ 이상)하면 대파의 표면에 가열장해 현상이 나타났다. 절단 대파의 뿌리 부분의 내엽이 자라는 telescoping 현상은 55℃/2분에 의해서 억제되었다. 표면색상 중 L 값은 열처리 유무에 관계없이 저장 21일에는 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 경도와 관능적 품질은 55℃의 온수에 2분 열처리한 대파가 가장 우수하였다. 저장 중 열처리 대파의 생균수와 thiosulfinate 함량은 열처리 유무에 대해서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 대파를 55℃ 온수에서 2분 침지시키는 조건을 대파의 저장성 향상을 위한 열처리 조건으로 설정할 수 있었다.

깻잎을 55℃ 이상의 온수에 열처리(대파의 중심의 최고 온도 33℃ 이상)하면 저장 중 깻잎의 표면에 가열장해 현상을 나타냈다. 표면 색도는 열처리에 의해서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 생균수는 저장 10일 이후부터 대조구와 가열장해가 일어난 55℃ 열처리구에서 미생물 생육이 다른 열처리구에 비해서 급격하게 높아졌다. 미생물이 성장하는 시기에 외관 품질도 저하되어 저장 21일에는 조직이 짓물러지고 악취가 났다. 저장 중 잎의 갈변도 미생물 성장과 유사한 형태로 나타났다. 열처리 깻잎의 관능적 품질은 50℃에서 5초 열처리한 것만 저장 21일까지 시장 품질을 유지하였다. 이상의 결과에서 깻잎을 50℃의 온수에 5초 동안 침지하는 것이 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 조건임을 알 수 있었다.

열처리한 풋고추의 호흡속도가 비열처리한 풋고추에 비해서 높게 나타났으며, MAP에서 포장내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변화는 CPP 필름 내부의 이산화탄소농도가 6.2~7.6%로 가장 높게 나타났으며 이 농도에서 풋고추 과육에 장해 증상이 나타났다. 표면 색도 중 a 값은 CPP 포장 풋고추가 크게 증가하였다. 풋고추의 경도는 열처리구에 비해서 비열처리구에서 저장기간에 따라서 현저하게 감소하였다. 저장 중 열처리 풋고추의 ascorbic acid 함량은 CPP 포장 풋고추가 가장 높았으며 LDPE 포장의 경우 가장 낮은 값을 보였다. MAP 열처리 풋고추의 부패율과 관능적 품질을 종합해 볼 때 2주 이내의 단기 저장을 할 때는 CPP, 4주 정도의 장기 저장을 할 경우는 LDPE를 포장재로 선택하는 것이 우수한 품질을 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다.

풋고추를 CA 저장하게 되면 호흡과 증산의 억제로 일반대기에서 저장하였을 때보다 중량감소는 적게 일어났다. 풋고추의 색상과 ascorbic acid 함량 CA 저장구와 대조구 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 매운맛 성분인 capsaicin과 dihydrocapsaicin 농도는 CA 저장한 경우가 일반대기에서 저장한 경우보다 낮게 나타났다. CA 저장 풋고추의 관능적인 품질은 일반대기조성에 저장한 경우보다 우수하였다. 이상의 결과로 열처리 풋고추를 2% O<sub>2</sub> + 1% CO<sub>2</sub>의 CA 저장하면 일반대기저장보다 우수한 품질을 유지시켜줄 수 있었다.

열처리가 대과의 호흡속도에 큰 영향을 미치지 못하는 못하였다. 포장내부의 이산화탄소 농도는 풋고추에서와 마찬가지로 CPP 필름의 경우가 6.7~8.7%로 가장 높았다. 열처리 풋고추 대과의 중량감소는 밀폐포장에서보다 통기성 포장에서 더 많이 발생하였다. 표면색도와 경도는 열처리 유무와는 상관관계가 없었으나 밀폐포장에서보다 통기성 포장에서 변화가 심하게 일어났다. Thiosulfinates 함량은 포장방법에 따라서 유의적인 차이는 없었다. MAP 중 대과의 잎 상함, 발근 등의 외관적인 품질은 포장 내부의 이산화탄소 농도가 높은 CPP 포장에서 가장 우수하게 나타났는데, 저장 4주까지 시장품질을 유지하고 있었다. 이상의 결과에서 열처리 대과의 MAP에 적합한 포장재는 포장내부의 이산화탄소 농도가 가장 높은 CPP로 구명되었다.

열처리 및 비열처리한 대과를 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장하면 CA 저장구보다 일반대기에 저장한 대과의 중량감소가 더 일어났다. 표면색도는 CA 저장과 대조구 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 열처리한 대과의 thiosulfinates 함량이 비열처리 구의 값에 비해서 낮게 나타났다. 대과의 관능적인 품질 변화는 일반대기조성에 저장한 경우보다 CA 저장한 풋고추가 우수한 품질을 나타내었다. 대과를 열처리한 후 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장을 하면 비열처리 대과를 일반 저장하는 것보다 저장성이 높아짐을 알 수 있었다.

열처리 깻잎의 포장내부의 이산화탄소 농도는 CPP 포장에서 10%이상으로 높게 유지되었다. 저장 중 중량변화는 풋고추나 대과와 유사한 경향을 나타내어 밀폐포장보다 통기성 포장에서 중량감소가 심하게 일어났다. 표면 색도 중 a 값과 b 값은 열처리유무에 관계없이 CPP에 포장한 경우 저장 기간 중 매우 심한 변화를 나타내었다. CPP에 포장한 열처리한 대과는 저장 5일만에 전체 깻잎의 표면에 갈변이 일어났으며 폴리올레핀 포장 역시 저장 5일만에 80% 정도 깻잎에서 갈변이 일어났다. LDPE로 포장한 깻잎에서 갈변이 비교적 적게 관찰되었으나 저장 10일

만에 10% 이상의 꺾임에서 갈변이 일어났다. 열처리 MAP 꺾임의 관능적 품질은 저장 10일에는 CPP와 폴리에틸렌 포장에 저장한 꺾임에는 이미 심한 품질 열화가 일어났다. 저장 15일에는 LDPE를 제외한 포장재에 포장된 꺾임이 상품적 가치를 잃었다. 이상의 결과에서 꺾임을 MAP 포장하는 것은 열처리 꺾임의 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다.

이상의 연구 결과를 채소의 최소가공처리 회사나 농민들이 손쉽게 활용할 수 있도록 하기 위해서 인근에 있는 대형 마트의 채소 처리 담당자에게 연구 결과를 제공하였다. 일반적으로 채소를 처리할 때 세척과정을 거치는데 이 때 세척수의 온도를 해당 채소의 적정 열처리 조건으로 맞추어 주면 간단하게 열처리를 할 수 있게 된다. 풋고추는 55℃의 온수에 10초, 대파는 55℃ 온수에 2분, 꺾임은 50℃의 온수에 5초 동안 세척하게 되면 원하는 열처리 효과를 얻게 된다. 열처리한 풋고추는 LDPE로, 열처리 대파는 CPP로 포장하면 우수한 품질을 유지시킬 수 있어 이 결과를 바탕으로 적정 포장재를 선택할 수 있게 된다. 그러나 꺾임의 MAP는 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다. 열처리 풋고추는 2% O<sub>2</sub>와 1% CO<sub>2</sub>, 열처리 대파는 0.5% O<sub>2</sub>와 8% CO<sub>2</sub>의 C조건으로 CA 저장하면 일반대기에서 저장했을 때 보다 우수한 품질을 얻을 수 있었으나 채소의 품질은 MAP의 것보다 좋지 않게 나타나 이들 열처리 채소는 CA 저장보다 MAP가 더 좋은 방법임을 알 수 있었다.



## SUMMARY

The hot water dipping method for enhancing the storage quality of fresh vegetables has been investigated. The efficiency of this method was tested with green red pepper (*Capsicum annuum* L.), green onion (*Allium fistulosum* L.) and perilla (*Perilla frutescens* (L.) Briton) leaves.

Green red pepper were stored at 10°C for 4 weeks after without (control) or with hot water dips at 50–65°C for 10s. Treatments at 65°C, the serious heat on the surface of stored green red pepper was observed. The hot water dips had no effect on firmness, Hunter a and b values and viable cell count during 3 weeks of storage. But the color value of fruit changed toward darker and redder direction and firmness was decreased by heat treatment at 4 weeks of storage. The contents of capsaicin and dihydrocapsaicin in green red pepper were not significantly affected by different heat treatment, and decreased during the storage. The optimum hot water dipping condition for maintaining fruit quality after long term storage was found to be 55°C for 10s, which can lead to reduced chilling sensitivity of green red pepper.

The control group of green onion was prepared tap water dipping for 3 min and stored at 10°C for 4 weeks. The other samples were done hot water dipping at 45°C for 5 min, 50°C for 1 and 3 min, and 55°C for 0.5, 1 and 2 min. Hot water dipping at 60°C generally caused high levels of heat injury on the surface of green onion. Heat treatment at 55°C water for 2 min effectively controlled 'telescoping (growth of inner white leaf bases)' of green onion stored at 10°C, showed the best maintained hardness and sensory properties. Heat treatment did not affect thiosulfinates concentrations and viable cell counts during 4 weeks. The optimal hot water dipping condition for maintaining green onion quality was found to be 55°C for 2 min.

Perilla leaves were stored at 10°C for 3 weeks after no treatment (control,

tap water for 5 s) or hot water dips at 45°C for 10 and 20 s, 50°C for 5 and 10 s, and 55°C for 5 and 10 s. Hot water dipping at 55°C generally caused high levels of heat injury on the surface of perilla leaves. The hot water dips had no effect on the surface color values of perilla leaves until 3 weeks. The hot water dipping at 55°C, the surface of perilla leaves showed the severe injury symptoms and dramatically increased in viable cell count in 10 days. From the results, the best hot water dipping condition for maintaining sensory properties of perilla leaves was 50°C for 5s.

To maintain high quality and to extend the shelf life of heat-treated vegetables, the potential benefits of controlled atmosphere (CA) and modified atmosphere packaging (MAP) were evaluated. The plastic films of different gas barrier properties were used for packaging of heat-treated green red pepper, green onion and perilla leaves at 10°C. The packaged products were stored for 15~28 days with package atmosphere and their quality attributes being monitored. Perforated package of normal atmosphere was prepared as control for comparison. Respiration rates of heat-treated vegetables were increased compared with that of the control. Control package resulted in high weight loss, which accompanied low sensory properties. LDPE and CPP packages with modified atmosphere were the best in reducing the color change and maintaining the sensory properties of the heat-treated green red pepper and heat-treated green onions, respectively. Appearance of the stored vegetables was correlated with the CO<sub>2</sub> concentration in the package. CO<sub>2</sub> concentrations inside CPP film revealed the highest levels among packages. Heat-treated perilla leaves packaged with CPP film showed the severe quality deterioration which caused by CO<sub>2</sub> injury. But modified atmosphere packages by CPP film reduced the incidence of appearance deterioration of the green onion compared to that of the control package.

Atmosphere compositions of 2% O<sub>2</sub> containing 1% CO<sub>2</sub> and 0.5% O<sub>2</sub> containing 8% CO<sub>2</sub> were the CA conditions that maintained the visual

appearance and prolonged shelf life of the heat-treated green red pepper and green onion, respectively compared to the storage in normal air.

In the area of application of laboratory results to factory level, the best heat treatment conditions obtained for the vegetables were provided to minimally processed vegetable factory. This study suggested that hot water dips at 55°C for 10 s, 55°C for 2 min and 50°C for 5 s were the optimum conditions for maintaining good qualities of green red pepper, green onion and perilla leaves, respectively. These heat treatment(hot water dipping) conditions can be applied to set the water temperature of washing process in the minimally processed factory.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	15
A. Aim and needs of the study .....	15
B. Scope of the project .....	16
References .....	17
Chapter 2. Postharvest heat treatment techniques .....	19
A. Introduction .....	19
B. Materials & Methods .....	20
1. Fresh vegetables .....	20
2. Heat treatment methods .....	21
3. Storage of heat-treated vegetables .....	21
4. Quality measurement of heat-treated vegetables .....	22
a. Measurement of sensory properties .....	22
b. Measurement of thiosulfinates .....	23
c. Measurement of capsaicinoids .....	23
d. Measurement of ascorbic acid .....	24
e. Measurement of viable cell count .....	24
C. Results & Discussion .....	25
1. Studies for heat treatment conditions of green red pepper .....	25
a. Heat treatment conditions of green red pepper .....	25
b. Quality changes of heat-treated green red pepper during storage .....	26
c. Quality changes of green red pepper at different storage temperature .....	34
2. Studies for heat-treatment conditions of green onion .....	38
a. Heat-treatment conditions of green onion .....	38
b. Quality changes of heat-treated green onion during storage .....	39
c. Quality changes of green onion at different storage temperature .....	46
3. Studies for heat-treatment conditions of perilla leaves .....	51
a. Heat-treatment conditions of perilla leaves .....	51
b. Quality changes of heat-treated perilla leaves during storage .....	52
D. Conclusions .....	57
References .....	59

Chapter 3. Storage techniques for heat-treated vegetable .....	63
A. Introduction .....	63
B. Materials & Methods .....	64
1. Fresh vegetables .....	64
2. Heat treatment methods .....	64
3. Modified atmosphere packaging(MAP) of heat-treated vegetables .....	65
4. Controlled atmosphere(CA) storage of heat-treated vegetables .....	66
5. Quality measurement of heat-treated vegetables .....	66
a. Measurement of sensory properties .....	66
b. Measurement of thiosulfinates .....	67
c. Measurement of capsaicinoids .....	67
d. Measurement of ascorbic acid .....	67
e. Measurement of respiration .....	67
C. Results & Discussion .....	68
1. MAP of heat-treated green red pepper .....	68
a. Respiration of heat-treated green red pepper .....	68
b. Gas concentrations in MAP .....	69
c. Quality changes of heat-treated green red pepper during MAP storage ..	69
2. CA storage of heat-treated green red pepper .....	80
a. Gas concentrations in CA chamber .....	80
b. Quality changes of heat-treated green red pepper during CA storage .....	80
3. MAP of heat-treated green onion .....	86
a. Respiration of heat-treated green onion .....	86
b. Gas concentrations in MAP .....	87
c. Quality changes of heat-treated green onion during MAP storage .....	87
4. CA storage of heat-treated green onion .....	96
a. Gas concentrations in CA chamber .....	96
b. Quality changes of heat-treated green onion during CA storage .....	96
5. MAP of heat-treated perilla leaves .....	102
a. Gas concentrations in MAP .....	102
b. Quality changes of heat-treated perilla leaves during MAP storage .....	102
D. Conclusions .....	110
References .....	112
Chapter 4. Application of laboratory results to factory level .....	117

## 목 차

제1장 연구개발 과제의 개요 .....	15
제1절. 연구개발의 목적, 필요성 .....	15
제2절 연구개발 내용 및 범위 .....	16
참고문헌 .....	17
제2장 채소의 저장성향상을 위한 열처리 기술 개발 분야 .....	19
제1절 서론 .....	19
제2절 재료 및 방법 .....	20
1. 공시재료 .....	20
2. 채소의 열처리 방법 .....	21
3. 열처리 조건 및 저장 온도에 따른 신선 채소의 저장성 실험 .....	21
4. 열처리 채소의 저장 중 품질 측정 .....	22
가. 관능적 품질 측정 .....	22
나. Thiosulfinates 분석 .....	23
다. Capsaicinoids 분석 .....	23
라. Ascorbic acid 분석 .....	24
마. 미생물학적 품질 측정 .....	24
제3절 결과 및 고찰 .....	25
1. 풋고추의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명 .....	25
가. 풋고추의 열처리 조건 설정 .....	25
나. 열처리 조건에 따른 풋고추의 저장 중 품질 변화 .....	26
다. 저장 온도에 따른 열처리 풋고추의 저장 중 품질 변화 .....	34
2. 대파의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명 .....	38
가. 대파의 열처리 조건 설정 .....	38
나. 열처리 조건에 따른 대파의 저장 중 품질 변화 .....	39
다. 저장 온도에 따른 열처리 대파의 저장 중 품질 변화 .....	46
3. 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명 .....	51
가. 깻잎의 열처리 조건 설정 .....	51
나. 열처리 조건에 따른 깻잎의 저장 중 품질 변화 .....	52
제4절 결론 .....	57
참고문헌 .....	59

제3장 열처리 채소의 저장 기술 개발 분야 .....	63
제1절 서론 .....	63
제2절 재료 및 방법 .....	64
1. 공시재료 .....	64
2. 채소의 열처리 방법 .....	64
3. 열처리 채소의 MAP저장 .....	65
4. 열처리 채소의 CA 저장 .....	66
5. 열처리 채소의 저장 중 품질 측정 .....	66
가. 관능적 품질 .....	66
나. Thiosulfinates 분석 .....	67
다. Capsaicinoids 분석 .....	67
라. Ascorbic acid 분석 .....	67
마. 호흡속도 측정 .....	67
제3절 결과 및 고찰 .....	68
1. 열처리 풋고추의 MAP 저장 실험 .....	68
가. 풋고추의 호흡속도 .....	68
나. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성 .....	69
다. 열처리 풋고추의 MAP 저장 중 품질 변화 .....	69
2. 열처리 풋고추의 CA 저장 실험 .....	80
가. CA 저장 중 저장 용기 내부의 기체조성 .....	80
나. 열처리 풋고추의 CA 저장 중 품질 변화 .....	80
3. 열처리 대파의 MAP 저장 실험 .....	86
가. 대파의 호흡속도 .....	86
나. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성 .....	87
다. 열처리 대파의 MAP 저장 중 품질 변화 .....	87
4. 열처리 대파의 CA 저장 실험 .....	96
가. CA 저장 중 저장 용기 내부의 기체조성 .....	96
나. 열처리 대파의 CA 저장 중 품질 변화 .....	96
5. 열처리 깻잎의 MAP 저장 실험 .....	102
가. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성 .....	102
나. 열처리 깻잎의 MAP 저장 중 품질 변화 .....	102
제4절 결론 .....	110
참고문헌 .....	112
제4장 현장 적용실험 및 연구개발 결과의 활용 계획 .....	117

## 제1장 연구개발 과제의 개요

### 제1절. 연구개발의 목적, 필요성

최근 들어 소비자들의 편의성에 대한 구매욕구의 증가, 외식산업의 발전과 도시 음식 쓰레기의 처리문제 등으로 인하여 신선 채소의 소비패턴이 최소가공 채소를 선호하는 쪽으로 급격하게 변화하고 있다. 최소가공 채소는 절단, 박피 등의 공정을 거치므로 기존의 저온 저장 기술과 환경기체조절 기술을 도입해도 저장 및 유통기간 중 변색, 저온장해, 저온 미생물에 의한 부패, 유해 병해충의 발생 등 여러 가지 문제들에 의해서 품질열화가 급속하게 일어나는 것이 가장 큰 문제점이다(1-3).

유통기간이 짧은 신선 과채류의 저장성을 높이기 위하여 열처리 기술을 이용하는 연구가 다양한 작물에 대해서 수행되어 왔다. 열처리 기술은 농산물 노화를 억제하고 저온장해를 완화시킬 뿐만 아니라 살균효과까지 있어 수확 후 저장 전처리 기술로 널리 이용되고 있다. 현재 상업적으로 농산물의 열처리에 널리 이용되고 있는 열처리 기술은 작물을 뜨거운 물에 담그거나 뜨거운 물을 대상 작물에 분무시키는 방법, 스팀을 이용한 열처리 그리고 가열공기를 이용한 열처리 등이 있다(4,5). 농산물 저장 전처리로서의 열처리에 관한 연구는 다양한 과일과 채소에 대해서 국내외적으로 수행되어 왔다. 열처리에 의한 마늘의 저장 중 부패율 감소, 발근 및 맹아율 감소에 관한 연구(6)와 배의 저장 중 흑변 방지를 위한 열처리 기술(7)외에도 열처리에 의한 토마토의 부패 미생물의 생육억제(8,9), 사과와 감의 부패 감소(10,11), 감자의 저장성 연장(12), 고추 수확 후 부패율 감소(13) 등에 대한 연구가 있다.

고추 (*Capsicum annuum* L.)는 우리나라 사람들이 매우 즐기는 채소이며 2002년 현재 생산량은 381,156 M/T이었는데 이 중 188,403 M/T이 풋고추의 형태로 소비되고 있다. 풋고추는 ascorbic acid 함량도 비교적 높기 때문에 영양학적으로 중요한 채소 중 하나로 분류되고 있다(5). 대파 (*Allium fistulosum* L.) 역시 국내에서 생산되는 대표적인 조미 채소의 하나로 378,849 M/T정도가 생산·유통되고 있다. 종래에는 밭에서 수확한 후 몇 뿌리씩 묶어서 유통되었으나 최근에는 최소가공처리를 한 후 포장을 하여 유통되고 있다(14). 들깨(*Perilla frutescens* (L.)



Briton)의 잎인 깻잎은 예전에는 들깨 생산의 부산물로서 이용되었으나 국민소득이 증대되어 육류와 생선의 소비가 늘어나면서 본격적인 채소의 하나로 계절에 관계없이 연중 소비되고 있다(15). 깻잎의 생산에 대한 정확한 통계는 없으나 1983년 기준으로 10,000 M/T로 추정하고 있다(16).

이들 채소는 수확 후 대부분 생체의 형태로 소비되기 때문에 신선도가 품질과 유통기간에 결정적인 영향을 미친다(5). 따라서 생산된 해당 채소의 저장 및 유통기간을 연장시킬 수 있다면 해당 채소의 경제적 가치를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 수출에도 활력을 불어넣을 수 있게 된다. 열처리 방법 외에도 신선 채소의 저장 중 품질 열화를 효과적으로 억제시키기 위한 방사선, 오존 및 화학약품 처리 등의 방법이 있다(3,4). 그러나 이들 기술에 의해서 야기되는 안정성 문제 등의 부작용이 대두되고 있을 뿐만 아니라 이들 처리를 위해서 또 다른 설비를 갖추어야 하는 경제적인 문제도 안고 있다. 따라서 안전하면서도 경제성 있는 신선 채소의 저장 전 처리기술로서의 열처리 기술에 대한 개발이 절실히 요구된다.

## 제2절 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 풋고추, 대파와 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 기술을 개발하기 위하여 작물을 열처리한 후 저장 중 제반 품질요소를 측정하여 신선한 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전처리로서 열처리의 적용 가능성을 검토하고 각 채소의 적정 열처리 조건을 구명하였다. 또한 해당 채소를 구명한 열처리 조건으로 처리한 후 CA(controlled atmosphere) 및 MAP(modified atmosphere package, 환경기체조절포장) 저장을 수행하여 열처리 채소의 CA 및 MAP 가능성을 검토하고 각 저장 조건을 구명하였다.

주요 채소의 저장 전 열처리 기술의 개발 분야에서는 우리나라의 대표적인 채소인 풋고추, 대파와 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 조건을 구명하였다. 가열 공기 및 마이크로웨이브 열처리는 예비실험 결과 열처리 자체가 해당 채소의 수분함량을 감소시키고 쉽게 가열장해 현상을 유발시켜서 초기 품질 저하가 심각하게 일어나므로 열처리 방법에서 제외시켰다. 모든 열처리는 온수에 침지하는 방법을 사용하였다. 열처리 조건은 풋고추의 경우는 50℃, 55℃, 60℃, 65℃의 온수에 각각 10초 침지하였으며, 대파는 45℃/5분, 50℃/1분 및 3분, 55℃/30초, 1분 및 2분, 깻잎은 45℃/10초 및 20초, 50℃/5초 및 10초, 55℃/5초 및 10초의 조건으로 온

수에 침지하였다. 열처리가 끝난 채소를 10℃에서 저장하면서 저장 중 화학적 품질, 관능적 품질 등 제반 품질요소를 측정하여 신선한 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전처리로서 열처리의 적용 가능성을 검토하고 각 채소의 적정 열처리 조건을 구명하였다.

열처리 채소의 저장 방법 및 조건 구명 분야에서는 앞에서 구명한 열처리 조건으로 풋고추, 대파와 깻잎을 열처리한 후 MAP 및 CA 저장 조건을 구명하였다. 풋고추는 55℃의 온수에 10초, 대파는 55℃의 온수에 2분 그리고 깻잎은 50℃의 온수에 5초 침지한 후 기체 투과도가 각각 다른 LDPE, 폴리올레핀, CPP, 편홀 필름과 대조구 포장에 풋고추 150g, 대파 300g, 깻잎 210g을 각각 넣고 밀봉시킨 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 MAP 저장을 하였다. 편홀 필름은 필름 표면에 미세 편홀이 있는 통기성 포장이었으며 대조구 포장은 플라스틱 필름 백에 직경 7.0±1.0 mm의 구멍을 12개 뚫어서 제작하였다. 2% O<sub>2</sub>와 1% CO<sub>2</sub>의 혼합기체를 풋고추 CA 조건으로 하였으며 0.2% O<sub>2</sub>와 8% CO<sub>2</sub>의 혼합기체를 대파 CA 조건으로 설정하였다. 각 채소를 열처리한 후 해당 MAP 및 CA 조건으로 저장하면서 저장 중 화학적 품질, 관능적 품질 등 제반 품질요소를 측정하여 열처리 채소의 CA 및 MAP 가능성을 검토하고 각 저장 조건을 구명하였다.

## 참고문헌

1. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R.: Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. Food Technol., 43, 124 (1989)
2. King, A.D. Jr and Bolin, H.R.: Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol., 43, 132 (1989)
3. Howard, L.R., Yoo, K.S. Pike, L.M., and Miller, G.H.: Quality changes in diced onions stored in film packages. J. Food Sci., 59, 110 (1994)
4. Lurie, S.: Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology, 14 257 (1998)
5. Paull, R.E. and Chen, N.J.: Heat treatment and fruit ripening. Postharvest Biol. and Technol., 21, 21 (2000)
6. Catwell, M.I., Kang, J.S. and Hong, G.H.: Heat treatments control sprouting

- and rooting of garlic cloves. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 57 (2003)
7. Choi, S. J., Hong, Y. P. and Kim, Y. B.: Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during cold storage of 'Niitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 36, 218 (1995)
  8. Barkai-Golan, R.: Postharvest heat treatment to control *Alternaria tenuis* Auct. rot in tomato. *Phytopathol. Med.*, 12, 108 (1973)
  9. McDonald, R. E., T.G. McCollum, and E. A. Baldwin: Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 147 (1999)
  10. Liu, F. W.: Modification of apple quality by high temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 730 (1978)
  11. Porritt, S. W. and P. D. Lidster.: The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 584 (1978)
  12. Barkai-Golan, R. and D. J. Phillips.: Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease*, 75, 1085 (1991)
  13. Fallik, E., Grinberg S., Alkalai S., Yekutieli O., Wiseblum A., Regev R., Beres H. and Bar-Lev E.: A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 25 (1999)
  14. 홍석인, 조미나, 김동만: 절단 대파의 품질특성에 미치는 세척 및 포장재의 효과. *한국식품과학회지*, 32(3), 659 (2000)
  15. 이경임, 이숙희, 김정옥, 정해영, 박건영: 들깨잎 추출물의 항돌연변이 및 항산화 효과. *한국영양식량학회지*, 22(20), 175 (1993)
  16. Hong, Y. P., Kim, S. Y. and Choi, W. Y.: Postharvest changes in quality and biochemical components of perilla leaves. *Korean J. of Food Sci. Technol.*, 18(4), 255 (1986)

## 제2장 채소의 저장성향상을 위한 열처리 기술 개발

### 분야

#### 제1절 서론

고추 (*Capsicum annuum* L.)는 우리나라 사람들이 매우 즐기는 채소이며 2002년 현재 생산량은 381,156M/T이었는데 이 중 188,403 M/T이 풋고추의 형태로 소비되고 있다. 풋고추는 ascorbic acid 함량도 비교적 높기 때문에 영양학적으로 중요한 채소 중 하나이다(1). 풋고추에 관한 연구는 풋고추의 유통과정 중 비타민 C 함량(2), 적색 및 녹색 풋고추의 화학 성분(3), 고추의 품종에 따른 capsaicinoids 함량(4) 풋고추의 저온장해에 미치는 CA의 영향(5) 천연항균제의 침지와 항균필름이 풋고추의 저장성에 미치는 영향(6), 포장용 필름에 따른 풋고추의 저장 중 품질 변화(7) 등 매우 다양한 분야에서 수행되어 왔다.

대파 (*Allium fistulosum* L.)는 국내에서 생산되는 대표적인 조미 채소의 하나로 378,849 M/T(2002년 기준) 정도가 생산·유통되고 있다. 대파의 저장에 대한 연구는 지금까지 국내외적으로 그렇게 많이 수행되지 않았으나, 절단대파의 품질에 미치는 세척 및 포장재의 영향에 관한 연구(8), 파의 acid phosphatase에 관한 연구(9)와 최소가공처리한 대파를 열처리하고 CA 저장하였을 때 품질 변화에 관한 연구(10) 등 최근 몇몇 연구자들이 대파의 저장에 관심을 갖기 시작하였다.

들깨 (*Perilla frutescens* (L.) Briton)의 잎인 깻잎은 예전에는 들깨의 부산물로서 이용되었으나 국민소득이 증대되어 육류와 생선의 소비가 늘어나면서 본격적인 채소의 하나로 계절에 관계없이 연중 소비되고 있다(11). 깻잎의 생산량에 대한 정확한 통계는 없으나 1983년 기준으로 10,000 M/T로 추정하고 있다(12) 깻잎에는 anthocyanins, flavonones 및 flavon glycosides 등과 같은 안토시안 계열의 색소가 많이 함유되어 있어서 최근에는 식용 착색제로도 이용되고 있다. 또한 깻잎에는 정유성분으로 1-perillaaldehyde와 1-limonene이 함유되어 있어서 이 성분들의 독특한 냄새가 육류와 생선의 비릿한 냄새나 맛을 없애 준다고 한다(11). 그 외에도 깻잎에 관한 연구는 깻잎의 수확 후 품질변화(13), 깻잎의 지방질 및

향기 성분 분석(14), 깻잎의 엽령 및 저장에 따른 비타민 C와 무기질 함량의 변화(15) 등에 대해서 다양하게 수행되어 왔다.

위의 모든 채소가 종래에는 밭에서 수확한 후 그대로 유통되었으나 최근에는 소비자들의 편의성에 대한 욕구와 도시 쓰레기 문제 등으로 최소가공처리를 한 후 포장을 하여 유통시키고 있다. 최소가공 채소는 절단, 박피 등의 공정을 거치므로 기존의 저온 저장 기술과 환경기체조절 기술을 도입해도 저장 및 유통기간 중 변색, 저온장해, 저온 미생물에 의한 부패, 유해 병해충의 발생 등 여러 가지 문제들에 의해서 품질열화가 급속하게 일어나는 것이 가장 큰 문제점이다(16-18).

따라서 최소가공 신선 채소의 저장 중 품질 열화를 효과적으로 억제하기 위해서 채소를 저장하기 전에 방사선, 오존 및 화학약품 등으로 처리하는 연구가 수행되고 있다. 그러나 이들 기술에 의해서 야기되는 안정성 문제 등이 부작용으로 대두되고 있을 뿐만 아니라 이러한 기술의 적용을 위해서 또 다른 설비를 갖추어야 하는 경제적인 문제도 안고 있다. 따라서 안전하면서도 경제성 있는 신선 채소의 저장 전 처리기술로서의 열처리 기술에 대한 개발이 절실히 요구된다(18,19).

농산물 저장 전처리로서의 열처리에 관한 연구는 다양한 과일과 채소에 대해서 국내외적으로 수행되어 왔다. 열처리에 의한 마늘의 저장 중 부패율 감소, 말근 및 맹아율 감소에 관한 연구(20)와 배의 저장 중 흑변 방지를 위한 열처리 기술(21) 외에도 열처리에 의한 토마토의 부패 미생물의 생육억제(22,23), 사과와 배의 부패 감소(24,25), 감자의 저장성 연장(26), 고추 수확 후 부패율 감소(27), 열처리에 의한 대파의 저장성 향상(10) 등에 대한 연구 보고가 있다.

본 연구에서는 풋고추, 대파와 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 기술을 개발하기 위하여 각 작물을 열처리한 후 저장 중 제반 품질요소를 측정하여 신선한 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전처리로서 열처리의 적용 가능성을 검토하고 각 채소의 적정 열처리 조건을 구명하였다.

## 제2절 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 실험에 사용한 풋고추, 대파와 깻잎은 2001년~ 2003년 생산하여 수확한 것으로 모두 부산광역시 해운대구 소재 반여동 농산물 도매시장에서 실험 당일 구입하여 공시재료로 사용하였다. 풋고추는 강원도 내면산 녹광 품종으로 길이 13~

15cm 정도로 굵기가 균일하고 외관이 건전한 것을 선별하여 호흡측정실험에 사용하거나 열처리 시료로 사용하였다. 대파는 부산 명지농협에서 생산한 장보와 만추 품종의 명지대파로 직경 15-25 mm 정도로 굵기가 균일하며 외관이 건전한 것을 선별하여 뿌리와 잎 끝 부분을 제거하고 표면의 이물질은 모두 제거하여 일차 다듬은 후 예리한 칼날로 25-30cm 길이로 절단한 다음 깨끗한 물에 세척하여 호흡측정실험에 사용하거나 열처리 시료로 사용하였다. 깻잎은 부산 강동 농협에서 생산한 브랜드 명 '강동 신선깻잎' 중 건전한 것을 선별하여 사용하였다.

## 2. 채소의 열처리 방법

채소의 열처리는 예비실험을 거쳐서 해당 채소를 온수에 침지했을 때 가열에 의한 채소표면의 변색, 조직의 연화 등과 같은 외형적 품질 특성이 변하지 않는 온도범위에서 수행하였다. 풋고추의 열처리는 설정온도 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 온도가 조절되는 항온가열수조의 온도를  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $55^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$ ,  $65^{\circ}\text{C}$ 로 맞추어 다음 각각 10초 침지하여 수행하였으며 대조구는 상온의 수돗물에 10초 침지하였다. 대파의 열처리는 절단한 대파를 온수에 침지하여 수행하였는데 침지 온도와 시간은 대파의 경우  $45^{\circ}\text{C}/5$ 분,  $50^{\circ}\text{C}/1$ 분 및 3분,  $55^{\circ}\text{C}/30$ 초, 1분 및 2분이었다. 대조구 처리는 상온의 수돗물에 3분 침지하였다. 깻잎의 경우는  $45^{\circ}\text{C}/10$ 초 및 20초,  $50^{\circ}\text{C}/5$ 초 및 10초,  $55^{\circ}\text{C}/5$ 초 및 10초이었다. 깻잎의 대조구 처리는 상온의 수돗물에 10초 침지하였다. 가열공기 및 마이크로웨이브 열처리는 예비실험 결과 열처리 자체가 해당 채소의 수분함량을 제거시키고 쉽게 가열장해 현상을 유발시켜서 초기 품질 저하가 심각하게 일어나므로 열처리 방법에서 제외시켰다.

## 3. 열처리 조건 및 저장 온도에 따른 신선 채소의 저장성 실험

위의 조건으로 열처리한 풋고추를 paper towel로 표면의 물기를 제거한 다음 상온의 송풍건조기에서 5분간 건조시켜 표면의 물기를 한 번 더 제거시킨 후 발포성 폴리스티렌 트레이에 담았다. 저장 중 고습도를 유지시켜주기 위하여 시중에서 판매되고 있는 25×35cm 크기의 HDPE 재질의 백으로 시료 트레이를 포장한 다음 손으로 포장의 끝 부분을 눌러서 완전 밀봉이 되지 않게 하여  $10^{\circ}\text{C}$ 의 저장고에서 저장하였다. 저장온도에 따른 열처리 풋고추의 저장성을 검토하기 위해서 열처리를 마친 풋고추를 위와 같은 방법으로 포장한 후 3, 10 및  $17^{\circ}\text{C}$ 의 저장고에

저장하였다.

열처리한 대파를 풋고추와 마찬가지로 paper towel로 표면의 물기를 제거한 다음 상온의 건조기에서 10분간 건조시켜 표면의 물기를 제거시킨 후 발포성 폴리스티렌 트레이에 담았다. 저장 중 고습도를 유지시켜주기 위하여 두께 30  $\mu\text{m}$ 의 저밀도 폴리에틸렌(low density polyethylene)으로 20×40 cm인 봉지를 제작하여, 이것으로 시료 트레이를 포장한 다음 손으로 포장의 끝 부분을 눌러서 완전 밀봉이 되지 않게 하여 10℃의 저장고에서 저장하였다. 저장온도에 따른 열처리 대파의 저장성을 검토하기 위해서 열처리를 마친 대파를 위와 같은 방법으로 포장한 후 3, 10 및 17℃의 저장고에 저장하였다.

깻잎은 열처리한 후 salad spinner에서 10초 동안 회전시켜서 수분을 제거한 다음 풋고추와 같은 방법으로 발포성 폴리스티렌 트레이에 담은 후 포장하여 저장하였다.

풋고추나 대파를 열처리한 후 건조시킬 때 상온의 건조기를 사용할 수 없을 경우는 채소 표면의 수분을 닦아낸 후 바로 포장을 하거나 선풍기 등을 이용하여 간편하게 표면수분을 제거한 후 포장을 해도 포장내부의 고습도가 요구되는 재료의 특성상 무관하다고 판단된다.

#### 4. 열처리 채소의 저장 중 품질 측정

##### 가. 관능적 품질 측정

저장 중 풋고추의 중량손실은 채소의 무게를 0.1g 단위까지 정확히 측정하여 초기 무게에 대한 감소의 비율로서 나타내었다. 표면 색도는 color difference meter (Minolta CR-300, Japan)를 사용하여 L, a 및 b 값을 측정하였는데 풋고추는 꼭지에서 1cm 부위의 색도를 측정하였고, 대파는 뿌리에서 1.5cm 지점의 흰 부위의 색도를 측정하였으며 깻잎은 오른쪽 절반의 중앙부분의 색도를 측정하였다. 경도는 풋고추의 경우는 2kg 로드 셀, 풋고추는 10kg 로드셀을 각각 부착한 물성측정기( Rheo-Meter, Compac-100, Daego, Japan)로 직경 5 mm의 probe를 사용하여 hardness를 측정하였다. 채소의 부패율은 전체 채소 중 부패된 채소의 비율을 육안으로 관찰하여 표시하였다. 저장 중 대파의 발근, 잎의 성장과 telescoping(대파의 절단한 뿌리 부분의 내부가 외부로 도출되는 정도)은 caliper로 길이를 직접 측정하여 나타내었다. 가열장해(hest injury)는 열처리 전후의 채소 표면의 색을 육안으로 관찰하여 가열에 의한 표면변색이 발생하는 여부에 따라서

관정하였다. 관능검사는 훈련된 6~8명의 훈련된 관능요원에 의하여 9점 척도의 기호도 검사를 수행하였다. 관능검사의 결과는 Duncan의 다중검정( $\alpha < 0.05$ )을 실시하여 각 시료간의 유의적인 차이를 분석하였다. 모든 실험은 3 반복으로 수행하였다.

#### 나. Thiosulfinates 분석

진공 동결건조시킨 대파 분말 0.5g을 1.5 mL의 증류수에 넣고 균질화 시킨 다음 5000rpm에서 10분간 원심분리 시킨다. 이 때 얻은 상등액 500  $\mu$ L과 reference 용 증류수 500  $\mu$ L을 얼음으로 온도를 낮게 유지시킨 시험관에 각각 넣는다. 각각의 시험관에 625  $\mu$ L의 0.8 mM cysteine 용액을 넣고 10분 방치한 다음 이 용액에 200  $\mu$ L에 200 $\mu$ M DTNB용액 800  $\mu$ L을 첨가하여 발색시킨 다음 412 nm에서 흡광도를 측정하여 Han 등(28)의 방법으로 thiosulfinates 함량을 계산하였다.

#### 다. Capsaicinoids 분석

진공동결 건조시킨 고추분말 0.2 g을 10 mL acetonitrile에 넣고 20°C에서 4시간 초음파처리 시킨 다음, 이 액을 0.45  $\mu$ m의 membrane filter로 여과시킨 후 고속액체크로마토그래피( HPLC, Agilent 1100 series, U.S.A.)에 주입하여 분석하였다. 이 때 HPLC 분석조건은 Table 2-1과 같았다.

Table 2-1. Operating conditions of HPLC for capsaicinoids determination.

Items	Conditions
Detection wavelength	UV detector 280 nm
Column	Zorbax SB-C18 4.6×250 mm, 5-micron
Column temperature	30°C
Mobile phase	Water : Methanol (37 : 63, v/v)
Injection volume	40 $\mu$ L
Flow rate	1 mL/min



#### 라. Ascorbic acid 분석

채소 샘플 20g을 100mL의 buffer solution(0.1M citric acid, 0.05% EDTA in 5% aqueous MeOH)에 넣고 2분 동안 균질시킨 후 2°C의 centrifuge에서 10,000rpm으로 10분간 원심분리 시킨다. 이 때 얻은 상등액을 HCl로 pH를 2.45~2.40로 조절한 다음 Sep-Pak C18을 통과시킨 후 이 액에 1ml of 1,2-phenylenediamine을 가한 후 HPLC(Agilent 1100 series, U.S.A.)로 분석하였다. 이 때 HPLC 분석조건은 Table 2-2와 같았다.

Table 2-2. Operating conditions of HPLC for ascorbic acid determination.

Items	Conditions
Detection wavelength	Diode Array 261 nm
Column	C18 RP, 30cm x 3.9mm, Guard-ODS-5S
Column temperature	25 °C
Mobile phase	Water : Methanol(95 : 5, v/v)
Injection volume	20 µL
Flow rate	1.6 mL/min

#### 마. 미생물학적 품질 측정

저장 중 시료의 미생물학적인 품질은 생균수를 측정하여 평가하였다. 생균수 측정은 APHA의 방법(29)에 준하여 다음과 같이 행하였다. 저장 중인 풋고추를 무작위로 여러 개를 취하여 무균적으로 잘게 파쇄 시킨 후 파쇄물 20 g에다 멸균 생리식염수 180 mL를 가하고 warning blender로 2분간 균질화시켰다. 균질화시킨 액을 적당히 희석한 다음, petri dish에 1 mL씩 취하고 PCA (plate count agar, pH 7.0, Difco co., U.S.A.)를 가해 제작한 평판을 30°C에서 3일간 배양한 후 생육된 집락의 수를 계측하였다.

## 제3절 결과 및 고찰

### 1. 풋고추의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명

풋고추를 일정한 온도의 온수에 일정 시간 침지하여 10℃에서 저장하였을 때 저장 중 대상 채소의 중량감소, 표면색도, 물성, 관능적 품질변화, 화학적 및 미생물학적 품질을 측정하여 풋고추의 저장성 향상을 위한 열처리 가능온도를 확인하였다.

#### 가. 풋고추의 열처리 조건 설정

채소를 고온의 물에 단시간 침지시켜서 유통시키는 blanching과 달리 본 연구에서는 신선한 풋고추의 유통 기간을 연장시킬 목적으로 수행하는 열처리이므로 열처리 전후에 풋고추의 신선도가 변하지 않도록 유지시키는 것이 중요하다. 따라서 풋고추를 다양한 온도의 온수에 침지한 후 저장 중 외관에 가열 장애가 나타나는지 여부를 관찰하였다. 가열장애가 일어난 풋고추는 표면이 부분적으로 진하게 변색이 일어나면서 그 부위가 가열장애가 일어나지 않는 부위보다 조직이 물러짐이 관찰되었다. 풋고추를 65℃ 이상의 온수에 침지할 경우 열처리 직후에 과육 표면에 가열장애가 일어났다. 따라서 풋고추의 침지온도는 60℃이하로 설정하였는데, Fig. 2-1에 나타난 것처럼 40℃/30분 및 60분, 50℃/2분 및 5분, 55℃/1분 60℃/10초 이하가 풋고추의 품질에 영향을 주지 않는 열처리 조건으로 구명되었다. 이 그림에서 곡선의 윗부분(heat injury)의 조건으로 열처리를 하면 풋고추에 가열장애가 발생하며, 곡선 아랫부분(safe area)의 조건으로 열처리하면 열처리 후 풋고추의 표면에 가열에 의한 변색이 전혀 나타나지 않아서 풋고추를 안전하게 열처리를 할 수 있게 된다. 그러나 열처리 시간이 지나치게 길 경우 이 기술을 산업화시키는데 문제가 있어 열처리 가능온도 범위 내에서 가능한 짧은 시간의 열처리 조건을 찾기 위한 실험을 하였다. 이 결과 50℃, 55℃, 60℃의 가열수조에 각각 10초 침지하는 조건과 부분적으로 가열장애를 일으키는 조건인 65℃의 온수에 10초 침지하는 조건으로 풋고추의 열처리를 수행하였다.

풋고추를 다양한 온도의 온수에 일정한 시간 침지했을 때 풋고추 중심의 온도 변화는 Fig. 2-2와 같았다. 풋고추에 가열장애 현상이 나타나는 65℃의 온수의 경우 침지 30초(침지 완료 후 20초)에 중심의 온도가 42~45℃ 정도로 최고 온도를

나타내었으며 60℃의 온수에서 열처리한 풋고추의 중심 최고 온도가 40℃, 55℃ 이하로 열처리한 경우의 중심 최고 온도는 33℃ 부근을 각각 나타내었다. 풋고추의 중심온도는 열처리 후 상온에서 5분 송풍 건조시키면 중심의 온도가 30℃ 이하로 내려가게 된다. 이 결과에서 풋고추 중심의 순간 최고 온도가 40℃ 이하로 유지 되도록 열처리를 하면 풋고추에 가열장해를 주지 않음을 알 수 있었다.

#### 나. 열처리 조건에 따른 풋고추의 저장 중 품질 변화

풋고추를 10℃에서 4주 동안 저장할 때 열처리조건에 따른 중량감소는 Fig. 2-3과 같았다. 저장 중 풋고추의 중량은 열처리 유무에 관계없이 감소하는 경향을 나타내었는데, 저장 4주 째에는 초기 중량에 비해서 약 6~10%정도의 중량감소가 일어났다. 풋고추를 50℃/10초, 55℃/10초, 60℃/10초 및 65℃/10초 열처리하여 10℃의 저온 저장고에 4주 동안 저장하였을 때 저장기간 및 열처리 조건에 따른 풋고추의 표면색도 변화는 Fig. 2-4과 같았다. 명도를 나타내는 L값은 저장기간에 따라서 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 열처리방법에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 a 값과 b 값은 저장 3주까지는 거의 변화가 없다가 저장 4주에서는 대조구의 경우 열처리구에 비해서 a 값은 높아지고 b 값은 낮아졌다. 이 결과를 볼 때 저장 4주가 되면 대조구의 경우 열처리구에 비해서 표면색도가 초록색이 얼어지고 점차 붉은 색을 조금씩 띄게 됨을 알 수 있었다.

한편 풋고추의 저장 중 경도는 전반적으로 저장기간에 따라서 낮아지며, 열처리 조건에 따른 경도는 저장 3주까지는 유의적인 차이를 보이지 못하다가 저장 4주에서 대조구의 경도가 열처리구에 비해서 낮게 나타났다(Fig.2-5). 이는 저장 4주에 대조구 풋고추의 품질열화가 심하게 일어나서 조직이 연화된 결과이며 열처리 풋고추의 경우는 열처리에 의해서 조직연화를 일으키는 효소가 불활성화 되므로 조직연화가 지연된 것으로 판단된다. 과채류의 조직연화는 pectic enzyme인 polygalacturonase가 세포벽 성분인 pectin의 사슬을 끊어주어 세포벽을 붕괴시킴으로써 일어난다(30). 이 때 polygalacturonase의 activity는 수용성 pectin의 형성에 관여한다. 수확 후 과채류를 열처리는 pectinesterase를 불활성화시켜 pectin의 esterified carboxyl group을 demethoxylation 시킴으로써 세포벽의 경화를 초래하고 과육의 연화를 지연시키는 것으로 추정된다(31).

풋고추의 총균수는 Fig. 2-6에서 볼 수 있듯이 저장기간이 경과함에 따라서 전체적으로 완만하게 증가하는 경향을 나타내었다. 초기 균수는 대조구나 열처리구에 상관없이  $5.6 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$  CFU/g 정도로 나타나 60℃/10초까지의 열처리로는

풋고추의 초기 균수에 별 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 대조구를 비롯하여 50℃, 55℃, 60℃, 65℃에서 각각 10초간 가열처리한 반응구는 모두 저장 21일 차까지는 초기와 별 차이가 없는 균수를 나타내었다. 그러나 저장 28일째는 대조구의 총균수는  $6.1 \times 10^5$  CFU/g로 열처리구에 비해서 높게 나타났으며, 50℃~65℃ 열처리구들은 초기의 균수와 거의 유사한 균수를 나타내었다.

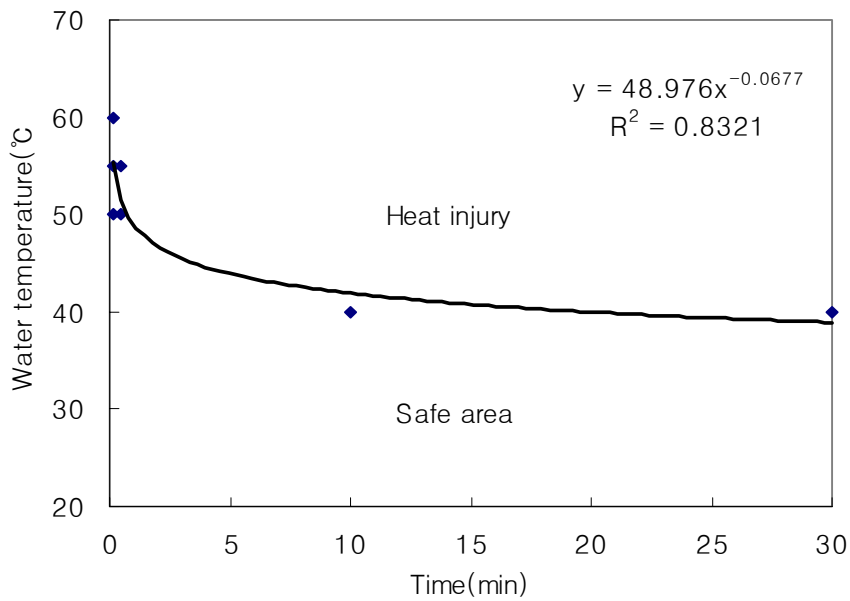


Fig. 2-1. Average time-temperature water dip conditions required to enhance storability of green red pepper. An effective treatment combination was one in which there was no visible injury.

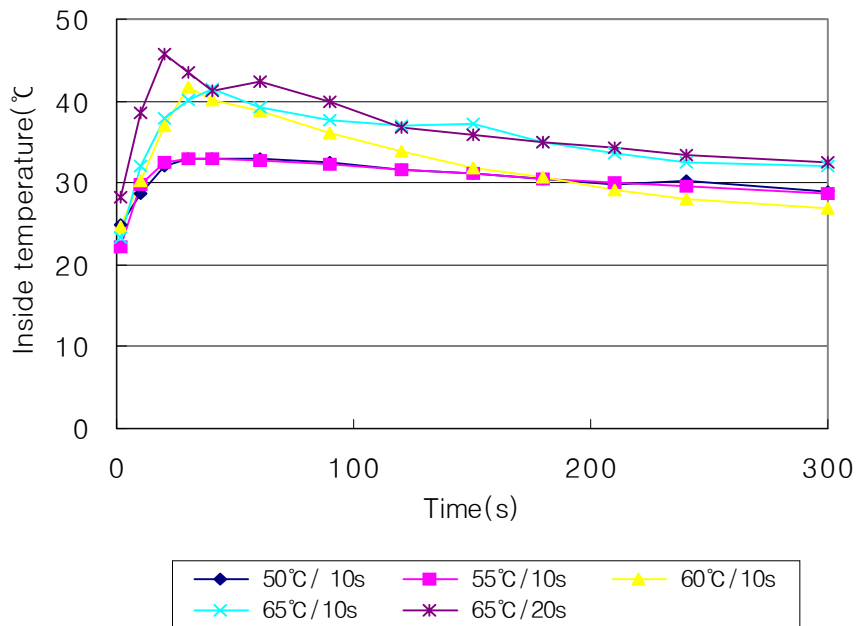


Fig. 2-2. Inside temperature profiles of green red pepper during hot water dipping.

Capsaicin과 dihydrocapsaicin은 capsaicinoids에 속하는 고추의 매운맛 성분으로 capsaicinoids에 속하는 것은 이들 외에도 nordihydrocapsaicin, homodihydrocapsaicin 및 homocapsaicin 등이 있다. 이 중 capsaicin과 dihydrocapsaicin은 다른 유사물질에 비해서 2배 정도의 매운맛이 있어서 고추 매운맛의 주성분이라고 볼 수 있다(32). 열처리에 의한 풋고추의 매운맛 성분의 변화를 알아보기 위하여 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 측정 한 결과는 Fig. 2-7과 같았다. Capsaicin은 저장 초기 7.60 mg%에서 저장 중 완만하게 감소하여 저장 4주에는 약 4.00 mg%정도를 나타내었다. 그러나 열처리에 의한 매운맛 성분의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Dihydrocapsaicin은 저장 초기에 4.62 mg%에서 저장 중 capsaicin과 유사하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 파리고추의 품질 특성을 연구한 김 등(32)의 보고 내용과도 일치한다. 그러나 dihydrocapsaicin은 열처리구에 비해서 대조구의 경우가 전 저장구간에서 약간 높게 나타났다.

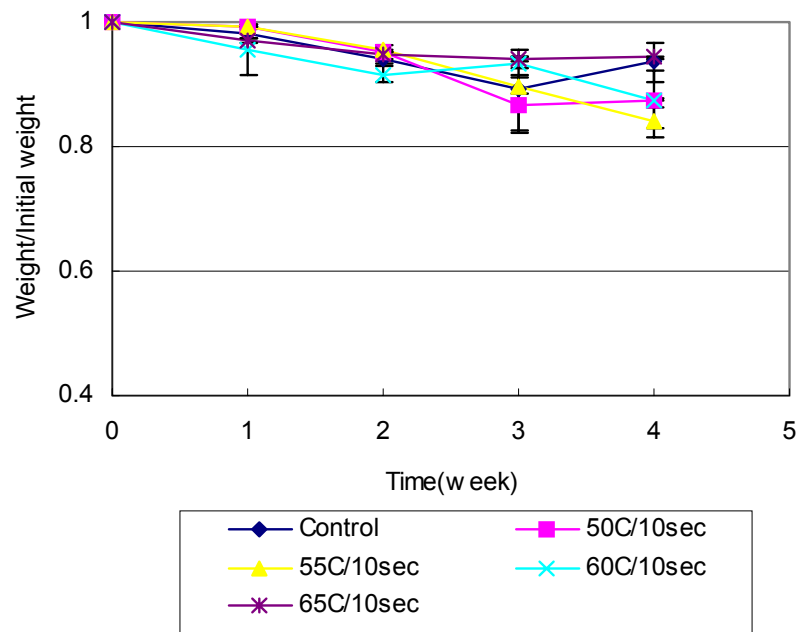


Fig. 2-3. Changes in weight ratio(weight/initial weight) of heat treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

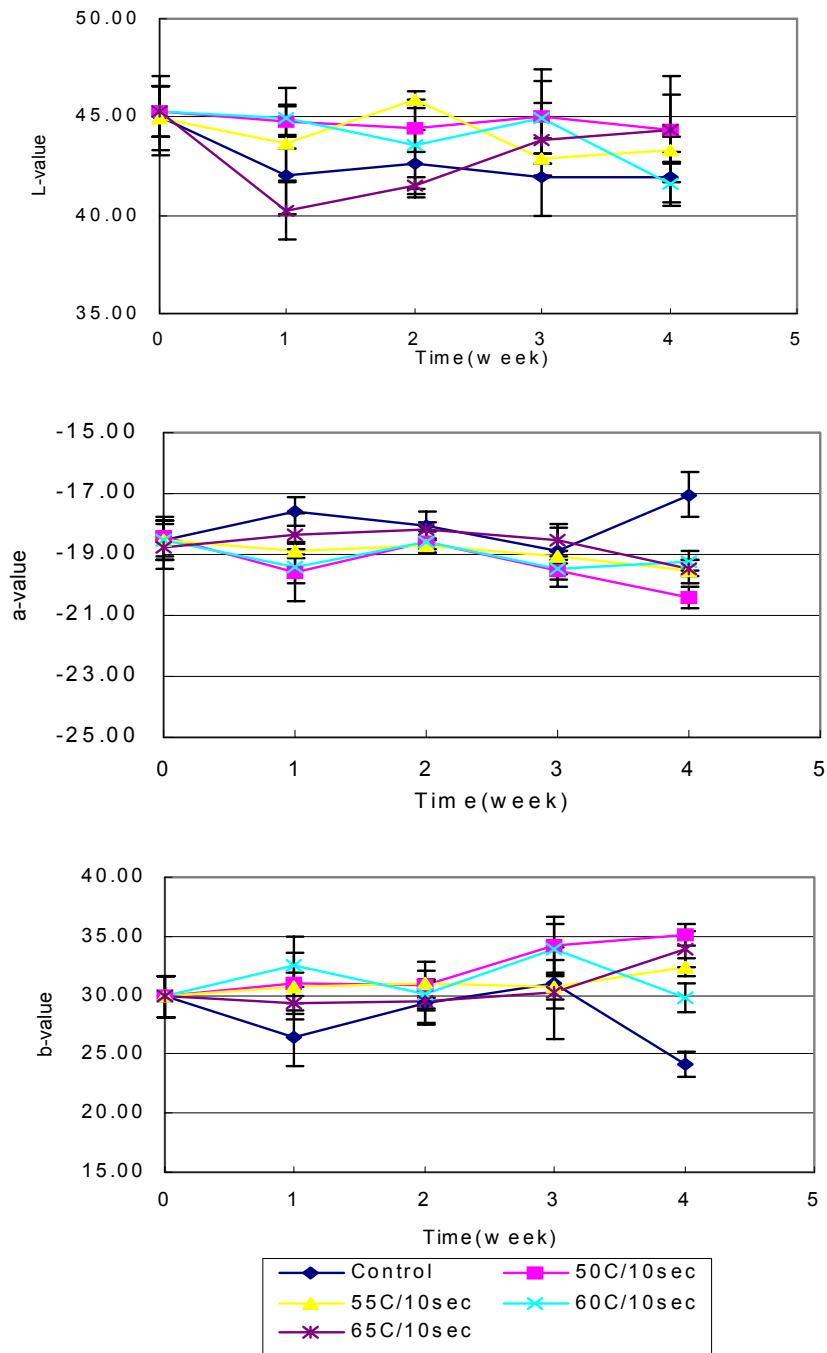


Fig. 2-4. Changes in surface color (L, a and b) values of heat treated green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

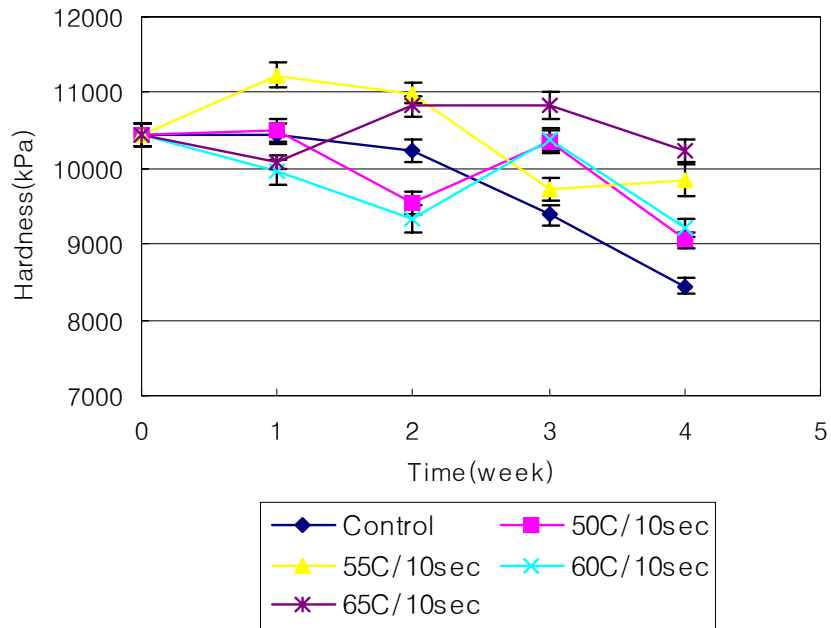


Fig. 2-5. Changes in hardness of heat treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

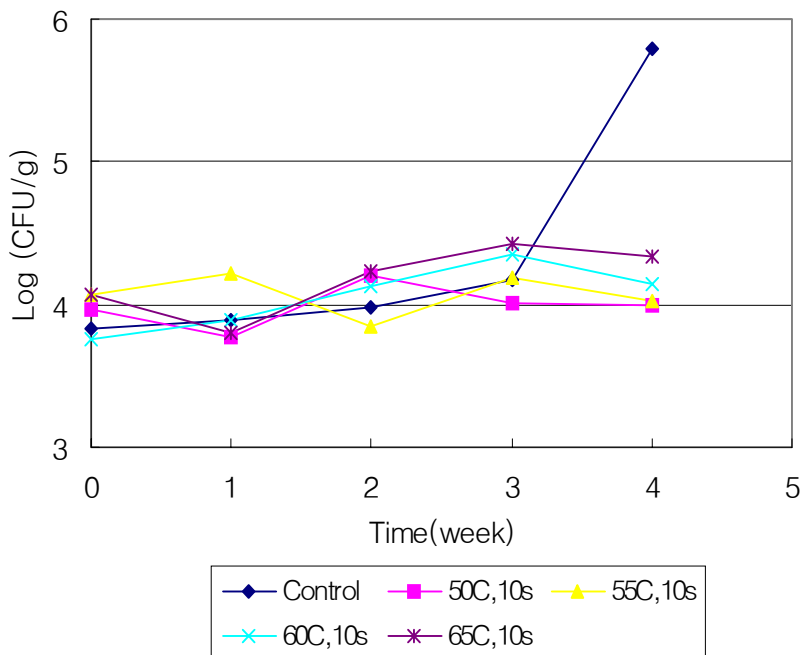


Fig. 2-6. Changes in viable cell count(CFU/g) of heat treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks.



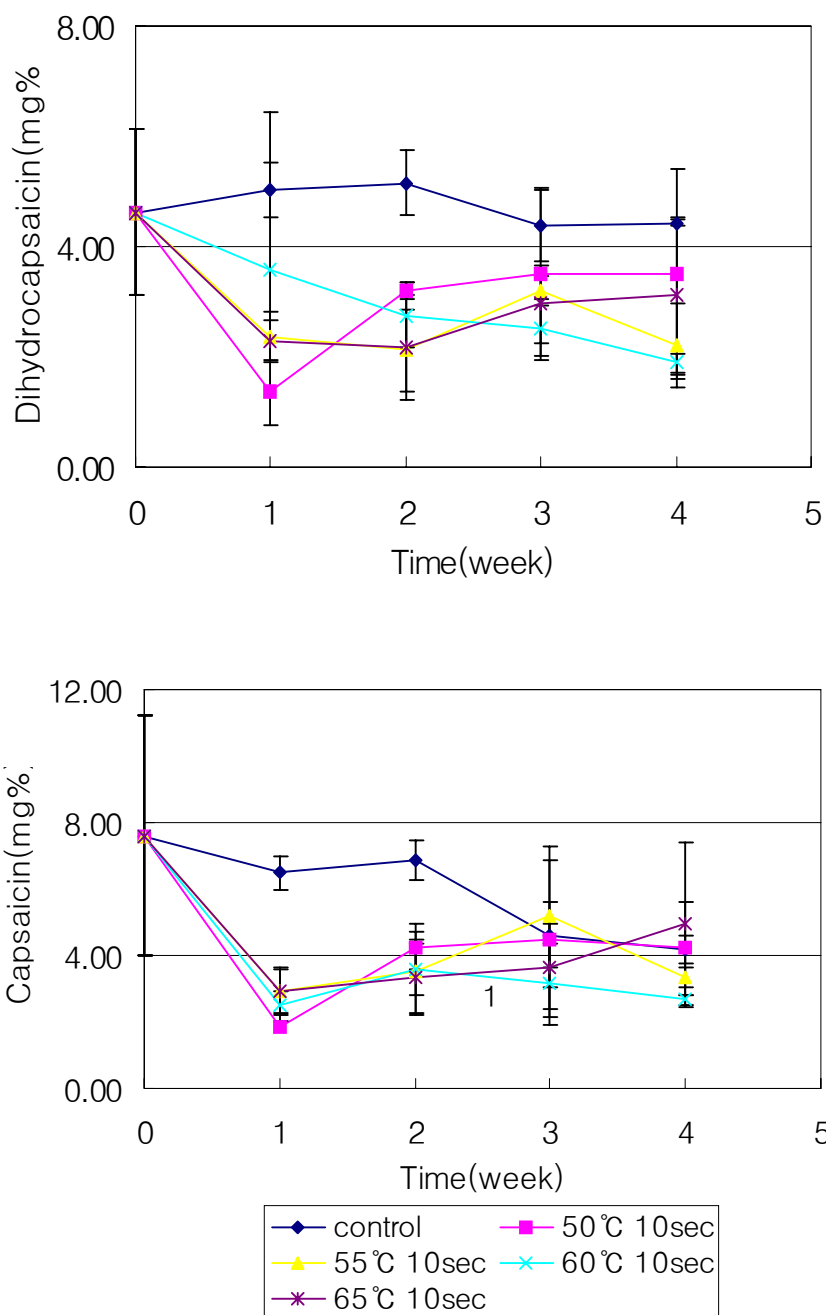


Fig. 2-7. Changes in capsaicin and dihydrocapsaicin of heat treated green red pepper stored at 10°C for 28 days.

저장 중 풋고추의 관능적 품질은 Table 2-3에 나타낸 바와 같이 저장 2주까지는 전체 처리구가 시장 품질(품질지수 5이상)을 유지하고 있었으나 저장 3주부터는 비교적 열처리 온도가 높은 60℃ 및 65℃/10초 열처리한 풋고추는 심한 품질 열화를 가져왔다. 그러나 55℃/10초 열처리구는 저장 4주까지 다른 열처리구나 대조구에 비해서 우수한 관능적 품질을 나타내었는데, 품질지수가 7.0을 나타내어 시장품질의 한계인 5점보다 아주 높은 값을 나타내었다.

Table 2-3. Effect of heat treatment conditions on sensory properties of green red pepper which was stored at 10℃ for 4 weeks

Time (day)	Overall hedonic scale <sup>1)</sup>				
	Control	50℃/10s	55℃/10s	60℃/10s	65℃/10s
0	8.8±0.4 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	8.8±0.5 <sup>a</sup>	9.0±0.8 <sup>a</sup>
7	7.8±0.6 <sup>a</sup>	7.8±0.5 <sup>a</sup>	7.8±0.8 <sup>a</sup>	6.8±0.9 <sup>b</sup>	6.6±0.7 <sup>b</sup>
14	6.8±0.4 <sup>bc</sup>	8.0±0.7 <sup>a</sup>	7.3±0.8 <sup>ba</sup>	5.8±1.0 <sup>dc</sup>	6.2±0.8 <sup>dc</sup>
21	6.3±0.7 <sup>ba</sup>	5.5±0.9 <sup>b</sup>	7.3±0.7 <sup>a</sup>	2.5±0.5 <sup>d</sup>	3.8±0.6 <sup>c</sup>
28	2.5±0.4 <sup>d</sup>	5.8±0.7 <sup>ba</sup>	7.0±0.8 <sup>a</sup>	5.5±0.6 <sup>bc</sup>	4.3±0.5 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

이상의 결과를 종합해 볼 때 풋고추를 55℃의 온수에 10초 침지시키면 풋고추의 물리화학적 품질에 영향을 주지 않고 우수한 관능적 품질을 저장 기간 내내 유지시킬 수 있었다. 따라서 이 열처리 조건을 풋고추의 저장성을 향상시키는 열처리 조건으로 사용할 수 있었다. 이와 같은 결과는 bell sweet pepper의 저장성을 향상시키기 위해서는 55℃의 온수에서 12초 침지하는 것이 좋다고 보고한 Fallik 등(27)의 보고 내용과 거의 일치한다.

#### 다. 저장 온도에 따른 열처리 풋고추의 저장 중 품질 변화

열처리와 저장온도에 따른 풋고추의 저장성을 알아보기 위하여 열처리 조건으로 구멍된 55℃의 온수에 10초 침지한 풋고추와 수돗물에 10초 침지한 대조구를 각각 3, 10 그리고 17℃의 저장고에서 저장하면서 저장 중 풋고추의 품질 변화를 측정하였다.

저장 중 풋고추의 중량변화는 저장 온도가 높을수록 많이 일어났는데, 3℃에서 저장한 풋고추는 4주 동안 1% 내외의 중량감소가 일어났으나, 17℃에서 4주 저장한 풋고추의 중량은 초기 중량에 비해서 약 5%의 감량이 일어났다(Fig. 2-8).

저장온도에 따른 풋고추의 표면색상 변화는 Fig. 2-9와 같았다. 명도를 나타내는 L값은 저장기간 중 거의 변화가 없었으며 열처리에 의해서 유의적인 차이를 나타내지 못하였다. 그러나 a 및 b 값은 저장기간에 따라서 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 저장 4주째 3℃와 17℃에서 저장한 풋고추의 표면에 약간씩 붉은 색을 나타내기 시작하여 a 값이 가장 높게 나타났다. 특히 3℃의 경우 표면색의 변화는 풋고추의 저온장해와 연관이 있는 것으로 판단되었다. 저장 중 풋고추의 중량은 열처리 유무와 상관없이 저장온도가 높을수록 많이 감소하였다.

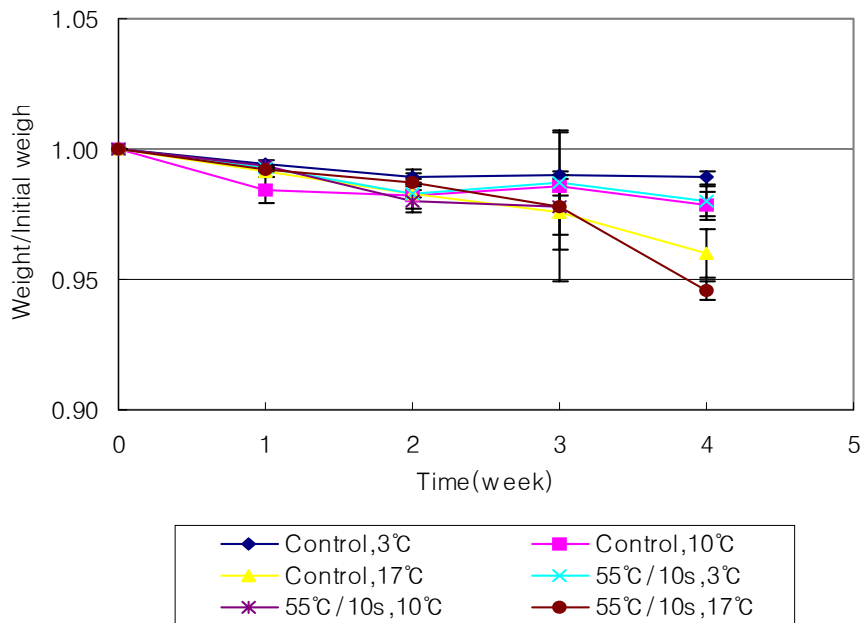


Fig. 2-8. Changes in weight ratio(weight/initial weight) of heat treated green red pepper stored at different storage temperatures(3, 10 and 17℃) for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

저장온도 및 저장기간에 따른 열처리 풋고추의 부패율 변화는 Fig. 2-10과 같았다. 저장 2주까지는 비열처리 풋고추를 17℃에서 저장한 대조구 외에는 열처리 유무와 저장온도에 관계없이 모든 저장 풋고추에서 부패가 나타나지 않았다. 저장 3주이후의 풋고추의 외관적 품질은 모든 저장온도에서 열처리구가 대조구에 비해서 우수한 품질을 나타내었다. 대조구의 경우는 10℃에서 가장 우수했으며 3℃와 17℃에 저장했을 때는 품질열화가 심하게 일어났다. 저장 3주에서는 열처리 유무에 관계없이 17℃에 저장한 풋고추의 약 50% 정도가 풋고추의 표면에 곰팡이나 점질물이 생기고 표면의 색상이 변하는 등의 외관품질 결함이 나타났다. 특이할만한 현상은 저장 3주부터 3℃에서 저장한 풋고추의 경우 열처리 유무에 따라서 외관품질에 차이가 나기 시작하였다. 저장 3주에서 열처리한 풋고추의 경우는 표면의 색깔도 양호하였으며 과육도 단단하여 우수한 품질을 나타낸 반면에, 비열처리 풋고추는 과육의 색상이 퇴색되고 표면에 곰팡이가 발생하는 등 품질열화가 시작되어 저장 4주에 이르러서는 약 40%의 풋고추에서 외관품질 결함이 관찰되었다.

풋고추는 7℃이하의 온도에서 저장할 때 저온장해를 받으므로 8~12℃로 저장하여야 한다(33). 대조구 풋고추를 3℃에서 저장했을 때 품질이 나빠진 것은 저온장해에 기인한 것으로 볼 수 있다. 그러나 55℃에서 10초 열처리한 풋고추를 3℃에서 저장하면 외관품질이 우수하여 저온장해의 징후를 전혀 보이지 않았다. Paull and Chen(34)과 Saltveit(35)의 연구 결과에 따르면 과일이나 채소에 열처리를 하게 되면 열처리 작물에서 만들어지는 heat shock protein에 의해서 저온장해가 억제될 수 있다. 또한 열처리는 세포벽을 붕괴시켜 조직 연화를 일으키는 polygalacturonase를 불활성화시켜(31) 세포벽을 단단하게 해 주고, 과채류 표피조직의 균열(cuticular cracking)을 감소시켜주므로(34) 저온장해에 내성을 갖게 한다. 따라서 3℃에서 저장한 열처리 풋고추가 저장 3주 이후부터 저온장해를 받을 수 있는 온도에 저장했음에도 불구하고 저온장해 현상을 나타내지 않는 것도 위의 맥락에서 이해할 수 있다.

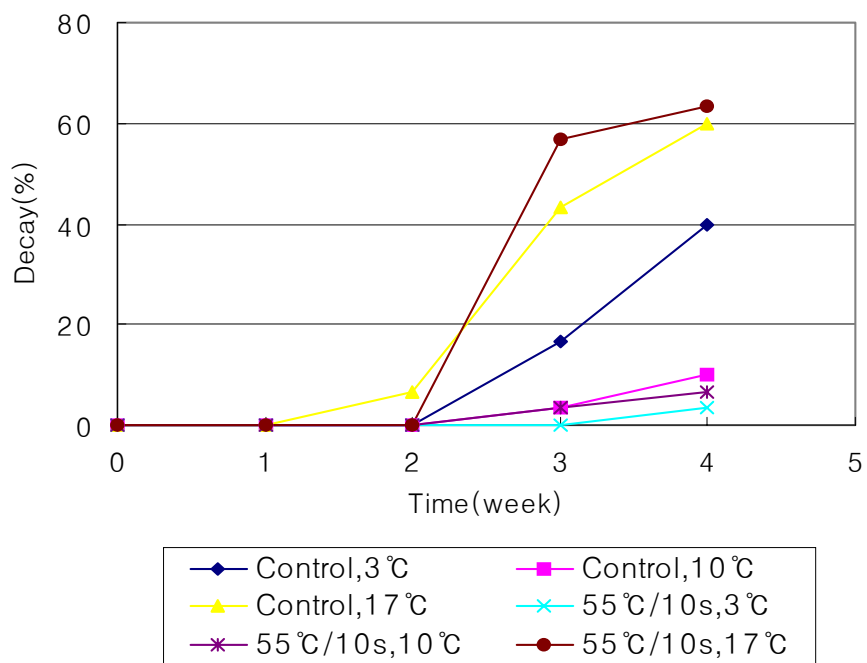


Fig. 2-10. Decay of heat treated green red pepper stored at different storage temperatures(3, 10 and 17°C) for 4 weeks.

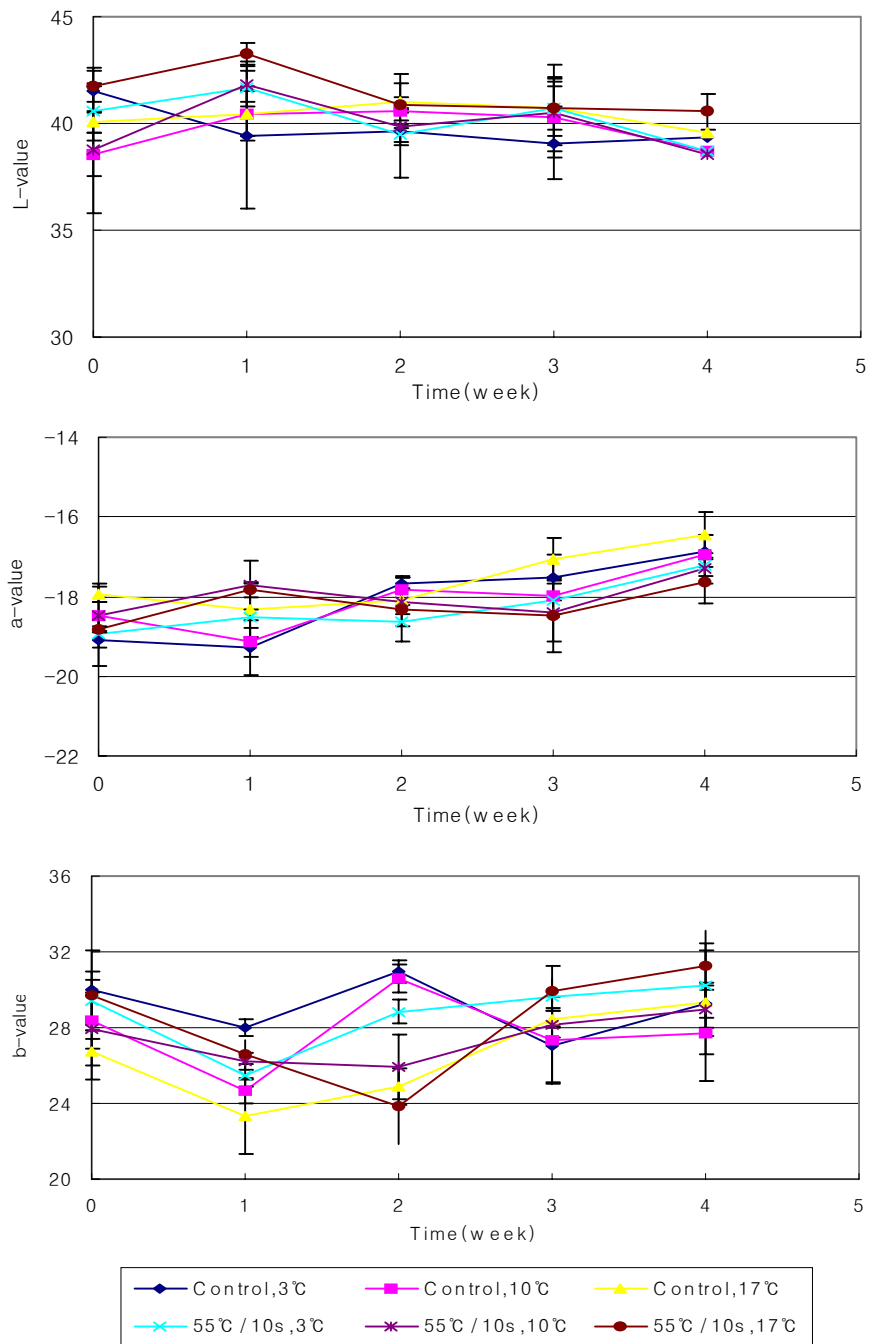


Fig. 2-9. Changes in surface color (L, a and b) values of heat treated green red pepper stored at different storage temperature(3, 10 and 17°C) for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

## 2. 대파의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명

### 가. 대파의 열처리 조건 설정

대파를 45℃의 온수에 5~20분, 50℃의 온수에 1분~10분, 55℃의 온수에 30초~4분, 60℃의 온수에 30초~2분 열처리를 수행하여 10℃에서 저장하면서 외관적으로 대파의 상태와 가열장해 현상 등을 관찰하여 대파의 열처리 가능온도를 확인하였다. Fig. 2-11에 나타낸 것처럼 45℃/5분, 50℃/3분 이하, 그리고 55℃/2분 이하로 온수 침지한 대파는 가열장해를 입지 않았으나 60℃에서 열처리한 대파는 처리시간과 관계없이 표면의 색상이 변화하는 가열장해 현상이 나타났다. 이 그림에서 곡선의 위쪽 부분(heat injury)의 조건으로 열처리를 하면 가열장해가 발생하며, 곡선 아래쪽 부분(safe area)의 조건으로 열처리하면 안전하게 열처리를 할 수 있게 된다.

대파를 다양한 온도의 온수에 일정한 시간 침지했을 때 대파 중심의 온도 변화는 Fig. 2-12와 같았다. 대파에 가열장해 현상이 나타나는 60℃의 온수의 경우 침지 1분 이내에 중심의 온도가 50℃ 이상이 되었으며, 그 외의 열처리 온도에서는 중심의 온도가 최대 48℃ 정도를 나타내었다. 이 실험에서 대파를 열처리할 때 중심의 온도가 50℃ 이상이 되면 가열장해가 일어남을 알 수 있었다. 대체적으로 대파를 침지하여 15~20분 정도 경과하면 대파 중심의 온도가 원래의 온도로 회복되었다.

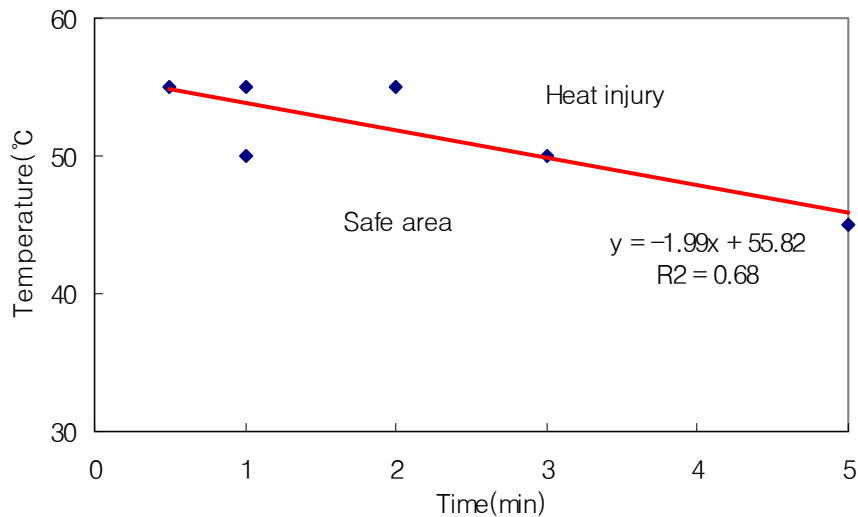


Fig. 2-11. Average time-temperature water dip conditions required to enhance storability of green onion. An effective treatment combination was one in which there was no visible injury.

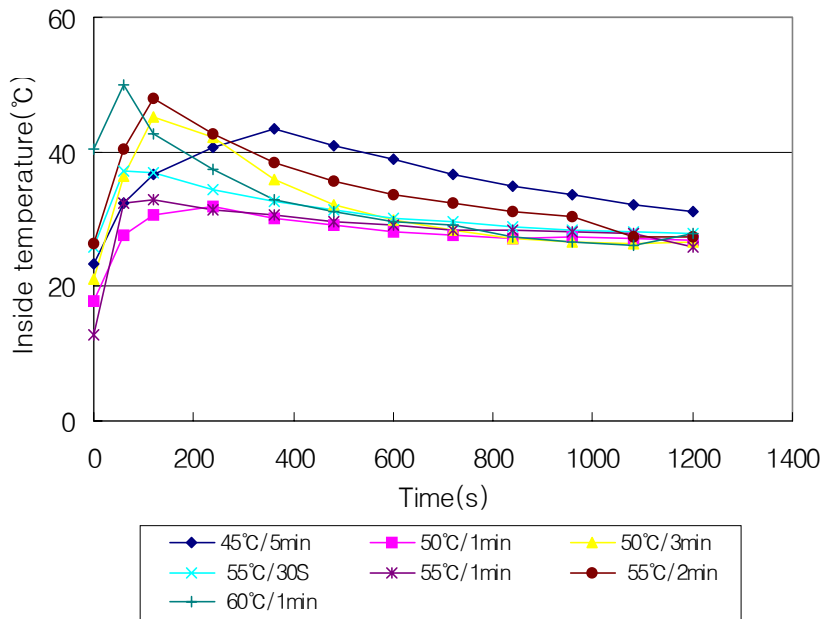


Fig. 2-12. Inside temperature profiles of green onion during hot water dipping.

#### 나. 열처리 조건에 따른 대파의 저장 중 품질 변화

대파의 품질에 영향을 주지 않는 안전한 열처리 조건 중 대파의 저장성 향상을 위한 적정 열처리 조건을 찾기 위하여 대파를 45°C/5분, 50°C/1분과 3분, 그리고 55°C/30초, 1분 및 2분 열처리한 후 10°C에서 저장하면서 저장 중 대파의 발근, 잎의 성장, 뿌리부분을 절단할 때 뿌리 부분 내부 잎이 빠져나오는 현상 (telescoping)과 관능검사 등의 외관적 품질을 측정하였다. 아울러 대파의 저장 중 외관 색도 변화, 물성의 변화와 pungency, 미생물학적 품질의 변화도 측정하였다.

대파의 뿌리 끝 부분을 완전하게 절단하여 저장할 경우 발생하는 telescoping 현상은 Fig. 2-13에서 볼 수 있듯이 저장 2주까지는 처리구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않으나 저장 3주째에는 55°C/2분 열처리구에서 15 mm 정도로 가장 적게 나타나고 대조구에서는 25 mm 정도로 가장 크게 나타났다. 저장 중 대파의 발근(Fig. 2-14)과 대파 잎의 성장(Table 2-4) 역시 55°C의 온수에 2분 침지한 열처리에 의해서 가장 많이 억제되는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 대파를 55°C/2분, 52.5°C/4분 온수 침지 열처리를 했을 때 절단한 뿌리 부분의 성장이 조절되고 저장 중 대파의 밝은 색이 좋게 유지된다고 보고한 Cantwell 등(20)의 보



고 내용과 일치한다.

대파 저장 중 저장기간 및 열처리 조건에 따른 표면색도 변화는 Fig. 2-15와 같았다. L 값은 열처리 유무에 관계없이 저장 15일까지는 초기 값과 비슷하였으나 저장 21일에는 급격하게 감소하는 경향을 나타내어 저장 15일 이후에는 표면의 색이 많이 어두워짐을 알 수 있었다. 저장기간에 대해서 a 값은 약간씩 감소하였으며, b 값은 조금 증가하는 경향을 나타내어 저장 중 표면의 색이 조금씩 갈색이 나타나고 있음을 보여 주었다. 그러나 열처리 유무에 따른 색상의 유의적인 차이는 나타나지 않아, 열처리가 대파의 표면 색상에 어떤 영향도 미치지 않음을 알 수 있었다.

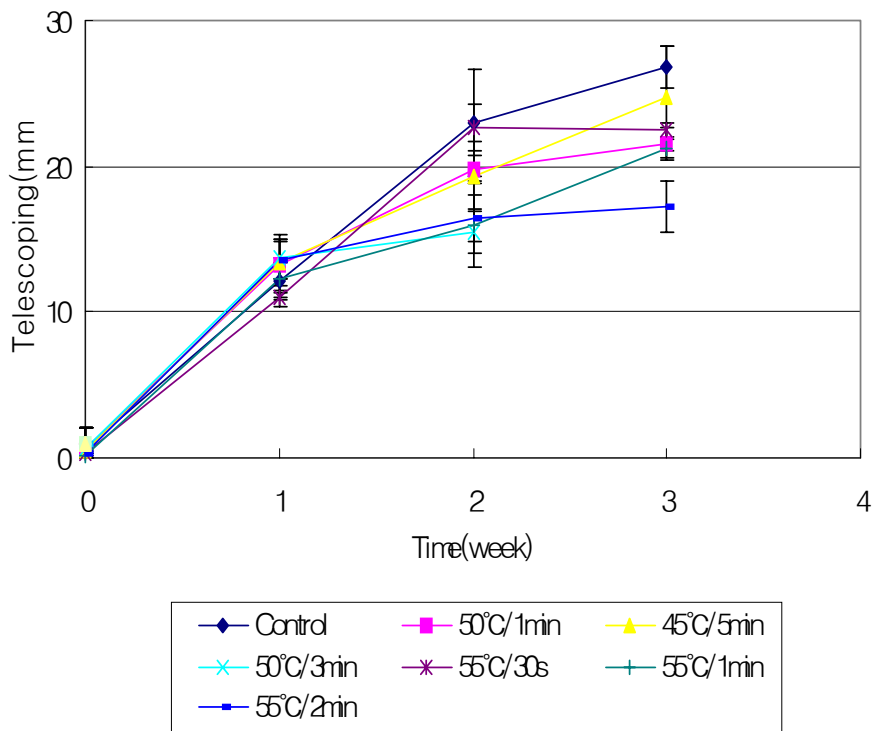


Fig. 2-13. Inner leaf extension ("telescoping") of white stem bases of green onions stored in air at 10°C for 3 weeks. Onions were cut(complete removal of roots and compressed stem) and heat treated. Data are averages of 3 replicates±std. deviation.

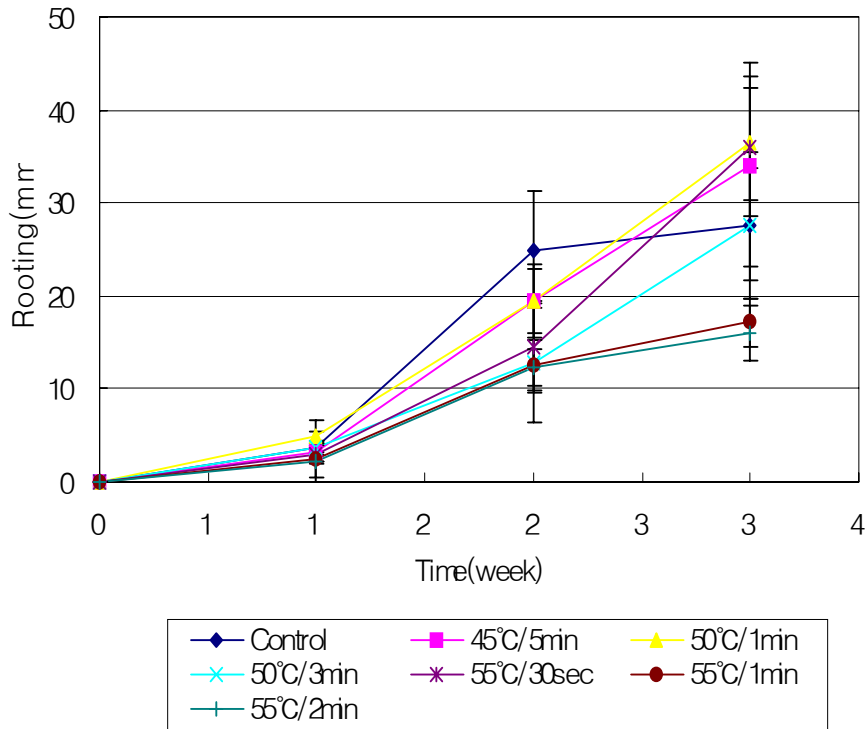


Fig. 2-14. Effect of heat treatments on root development of green onion stored in air at 10°C for 3 weeks. Roots were trimmed on day 0. Data are averages of 3 replicates±std. deviation.

저장 중 열처리 대파의 경도는 Fig. 2-16에서 볼 수 있듯이 열처리 유무에 관계없이 전반적으로 저장기간에 따라서 낮아졌는데 이는 저장 중 대파의 조직이 연화되어 감을 보여준다. 대파를 10°C에서 4주 동안 저장할 때 열처리조건에 따른 중량감소는 Fig. 2-17과 같았다. 저장 중 대파의 중량은 열처리 유무에 관계없이 감소하는 경향을 나타내었는데, 저장 4주 째에는 초기 중량에 비해서 약 2~4% 정도의 중량감소가 일어나는데 55°C의 온수에 1분 및 2분 열처리한 대파의 경우가 중량감소가 가장 적게 나타났다. 저장 중 대파의 관능적 품질은 Table 2-5에 나타낸 바와 같이 저장 2주까지는 전체 처리구가 시장 품질인 5점 이상을 유지하고 있었으나 저장 3주 째에는 55°C/1분과 2분 열처리한 대파 외에는 모두 심한 품질 열화를 나타내어 시장 품질을 상실하는 것을 확인할 수 있었다.

열처리 조건에 따른 대파의 초기 균수는 대조구나 열처리구에 상관없이  $1.0 \times 10^5 \sim 2.1 \times 10^5$  CFU/g 가량을 나타내어 열처리가 시료의 초기 균수에 별 영향을

미치지 않은 것으로 나타났다(Fig. 2-18). 저장기간에 따른 총균수는 대조구를 비롯하여 모든 열처리구에서 저장 중 완만하게 증가하여 저장 1주일 경과 후  $1.6 \times 10^6 \sim 5.6 \times 10^6$  CFU/g, 저장 3주일 후에는  $1.4 \times 10^7 \sim 3.9 \times 10^7$  CFU/g의 균수를 나타내었다. 그러나 저장기간에 따라서 대조구와 열처리구 상호간의 유의할 만한 균수의 차이는 나타나지 않았다.

Table 2-4. Effect of heat treatments on extension of leaf of green onion stored in air at 10°C for 3 weeks. Leaves were trimmed on day 0.

Time (week)	Extension of leaf(cm)						
	Control	45°C/5min	50°C/1min	50°C/3min	55°C/30sec	55°C/1min	55°C/2min
0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
1	3.2±1.4	2.8±0.5	2.7±0.9	3.0±1.1	2.9±0.8	2.0±1.0	2.1±0.7
2	8.3±1.4	8.5±1.8	5.7±1.4	6.2±2.0	6.7±1.1	5.7±0.8	6.4±1.1
3	17.3±3.2	17.0±4.1	13.7±1.6	14.0±1.7	13.9±2.7	13.4±2.7	10.5±1.4

Table 2-5. Effect of heat treatment conditions on sensory properties of green onion which was stored at 10°C for 3 weeks.

Time (week)	Overall hedonic scale <sup>1)</sup>						
	Control	45°C/5m	50°C/1m	50°C/3m	55°C/1m	55°C/2m	55°C/30s
0	8.8±0.1 <sup>a</sup>	8.8±0.1 <sup>a</sup>	8.8±0.3 <sup>a</sup>	8.8±0.1 <sup>a</sup>	8.8±0.1 <sup>a</sup>	8.4±0.4 <sup>a</sup>	8.8±0.2 <sup>a</sup>
1	8.0±0.7 <sup>a</sup>	8.3±0.6 <sup>a</sup>	8.3±0.4 <sup>a</sup>	8.3±0.5 <sup>a</sup>	8.3±0.7 <sup>a</sup>	6.7±0.8 <sup>b</sup>	7.8±0.6 <sup>a</sup>
2	6.0±0.4 <sup>a</sup>	6.5±0.8 <sup>a</sup>	7.5±0.9 <sup>a</sup>	7.3±0.5 <sup>a</sup>	6.5±0.6 <sup>a</sup>	7.0±0.5 <sup>a</sup>	7.3±0.6 <sup>a</sup>
3	2.3±0.3 <sup>d</sup>	2.5±0.4 <sup>cd</sup>	3.5±0.5 <sup>b</sup>	3.5±0.5 <sup>b</sup>	5.3±0.6 <sup>a</sup>	5.8±0.7 <sup>a</sup>	3.3±0.4 <sup>cb</sup>

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple comparison.

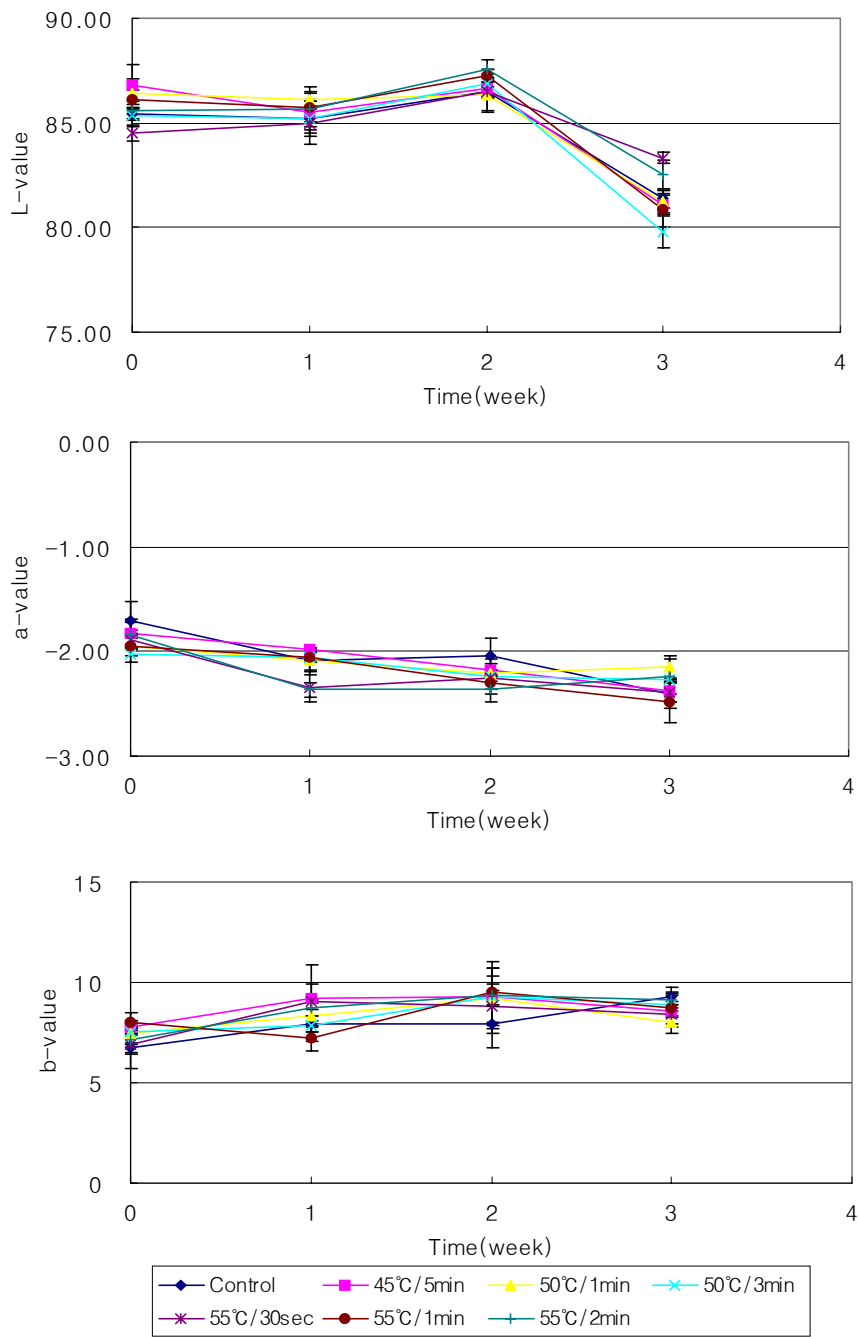


Fig. 2-15. Changes in surface color (L, a and b) values of the green onion stored at 10 °C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.

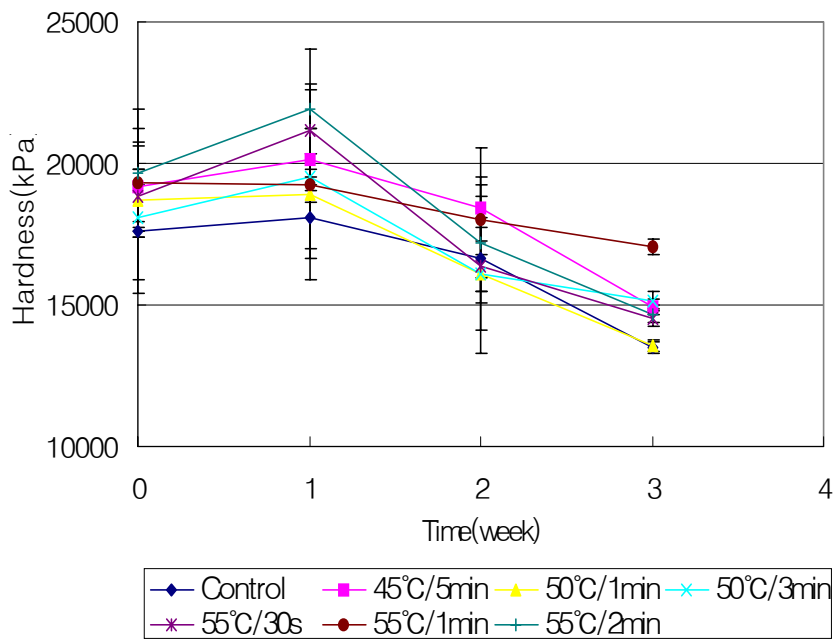


Fig. 2-16. Changes in hardness of heat treated green onion stored at 10°C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.

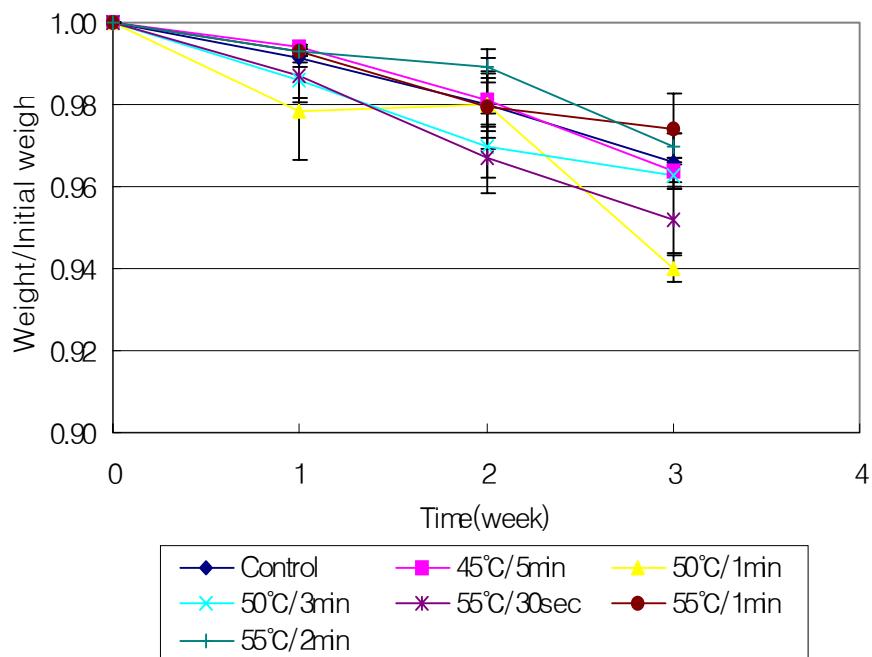


Fig. 2-17. Changes in weight ratio(weight/initial weight) of heat treated green onion stored at 10°C for 3 weeks.

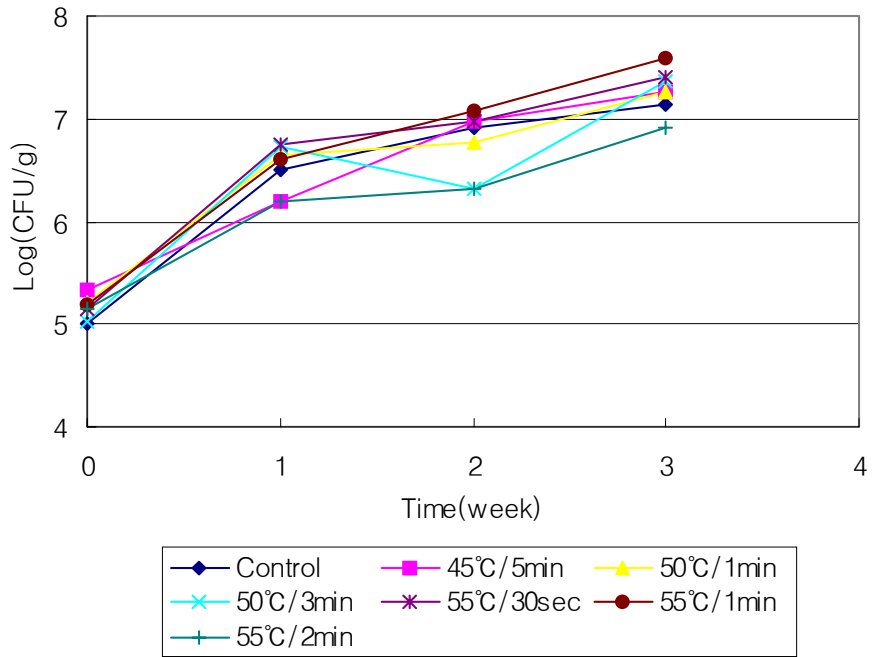


Fig. 2-18 Changes in viable cell count(CFU/g) of heat treated green onion stored at 10°C for 3 weeks.

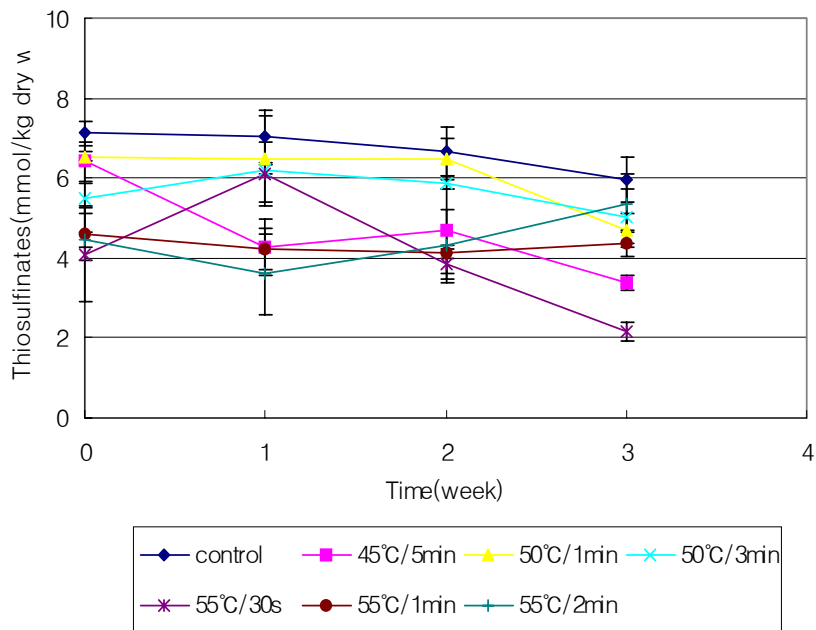


Fig. 2-19 Changes in thiosulfinates of heat treated green onion stored at 10°C for 21 days.

대파의 열처리 조건에 따른 저장 중 thiosulfinates의 함량은 저장기간과 열처리 유무에 관계없이 거의 일정하게 나타났으며 열처리방법 간에도 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 2-19). 마이크로웨이브로 대파를 가열하게 되면 대파의 독특한 냄새 성분인 alk(en)yl cysteine sulfoxide 전구체 생성에 관여하는 효소가 불활성화되므로 비열처리구에 비해서 thiosulfinates의 함량이 감소한다는 연구보고가 있다(36). 본 연구에서 열처리가 대파의 thiosulfinates 함량변화에 유의적인 차이를 주지 못한 것은 본 연구에서 채택한 열처리 조건이 대파에 가열장해를 주지 않는 범위를 선택한 결과로 볼 수 있다. 이 결과는 열처리를 심하게 하지 않을 경우는 열처리가 대파의 thiosulfinate 함량의 변화에 영향을 주지 못한다는 Hong 등(37)의 연구결과와 일치한다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 대파를 55℃ 온수에서 2분 침지하면 저장 중 대파의 품질이 다른 열처리구나 대조구보다 우수하게 유지되어서 이 조건을 대파의 저장성 향상을 위한 열처리 조건으로 설정할 수 있었다.

#### 다. 저장 온도에 따른 열처리 대파의 저장 중 품질 변화

저장온도에 따른 열처리 대파의 저장성을 구명하기 위해서 열처리 조건으로 구멍된 55℃의 온수에 2분 침지한 대파와 수돗물에 2분 침지한 대조구를 각각 3, 10 그리고 17℃의 저장고에 저장하면서 저장 중 품질 변화를 측정하였다.

열처리한 대파의 저장 온도에 따른 내엽의 성장 현상은 저장온도가 낮을수록 적게 나타났으며 같은 저장온도의 경우는 대체적으로 비열처리한 대파에서 보다는 열처리 한 대파에서 더 높게 나타났다(Fig. 2-20). 이 결과는 저장 방법과 조건에 관계없이 열처리에 의해서 대파의 내엽 성장이 억제된다고 보고한 Hong 등(37)의 연구결과와 일치하고 있다.

열처리 대파의 저장온도에 따른 저장 중 발근현상은 Fig. 2-21과 같았다. 대파를 3℃와 10℃에서 저장하였을 때 저장 2주까지는 열처리 유무에 관계없이 모든 대파에서 거의 발근을 나타내지 않았으나 10℃에서 3주동안 저장하였을 경우 열처리에 의해서 발근이 억제됨을 알 수 있었다. 3℃와 17℃에 저장한 대파의 경우는 열처리 유무와 발근과는 유의적인 상관관계를 나타내지 못하였다. 저장 온도에 따른 열처리 대파의 저장 중 중량감소는 열처리한 대파를 3℃에서 저장했을 때 가장 적게 나타났으며 비열처리 대파를 17℃에서 3주 저장하였을 때 가장 크게 나타났다(Fig. 2-22). 열처리 대파의 저장 온도에 따른 경도의 변화는 Fig. 2-23에 나타난 바와 같이 저장 기간이 경과함에 따라서 그리고 저장온도가 높을수록 감

소하였는데 열처리 대파를 17°C에서 3주간 저장하였을 때 경도가 가장 낮게 나타났고, 열처리한 대파를 3°C에서 저장하였을 때 가장 높은 경도를 보였다. 저장 중 열처리 대파의 표면 색도변화는 Fig. 2-24에 나타내었다. 저장 중 L 값과 a 값은 거의 일정한 값을 나타내었으나 b 값은 증가하였다. 열처리 유무나 저장 온도는 저장 중 대파의 색상에 유의적인 변화를 주지 못하였다.

이상의 결과에서 대파는 저장온도가 낮을수록 품질이 우수하게 유지됨을 알 수 있었다. 같은 저장온도에서 같은 저장기간 동안 저장할 경우는 비열처리구에 비해서 55°C의 온수에 2분 침지한 열처리 대파의 품질이 더 우수하게 나타나 열처리가 저장조건에 관계없이 대파의 저장성을 향상시키는 것으로 구명되었다.

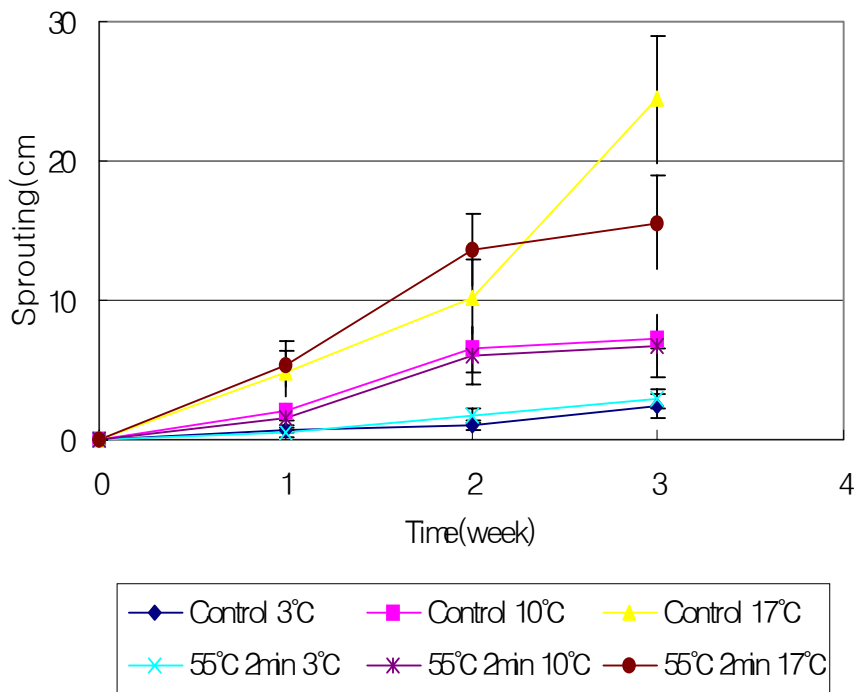


Fig. 2-20. Effect of storage temperature on sprouting of heat treated green onion stored in air at 3°C, 10°C and 17°C for 3 weeks. Onions were cut (complete removal of roots and compressed stem) and leaves were trimmed on day 0. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.



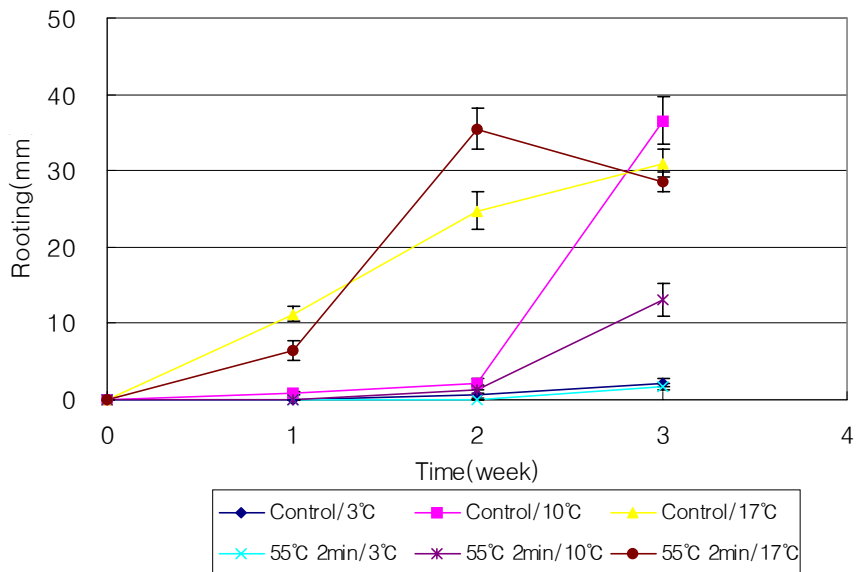


Fig. 2-21. Effect of storage temperature on root development of heat treated green onion stored in air at 3°C, 10°C and 17°C for 3 weeks. Roots were trimmed on day 0. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.

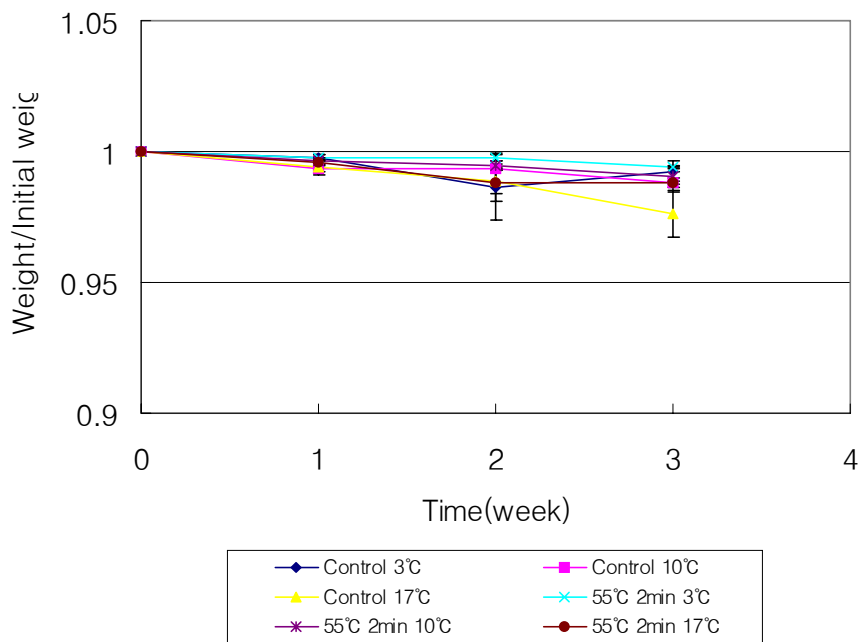


Fig. 2-22. Effect of storage temperature on weight ratio(= weight/initial weight) of heat treated green onion stored at 3°C, 10°C and 17°C for 3 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.

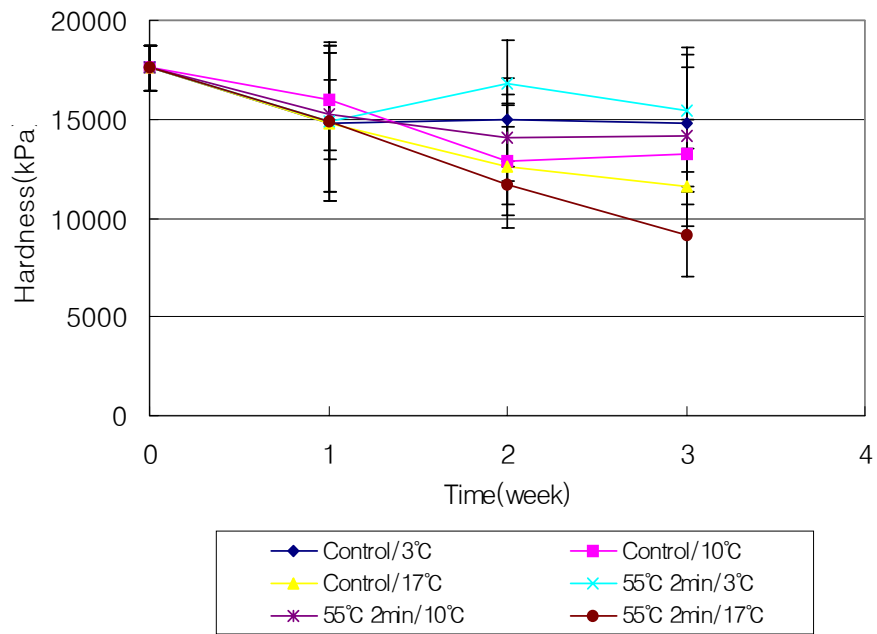


Fig. 2-23. Effect of storage temperature on hardness of heat treated green onion stored in air at 3°C, 10°C and 17°C for 3 weeks. Roots were trimmed on day 0. Data are averages of 3 replications of 10 green onion±std. deviation.

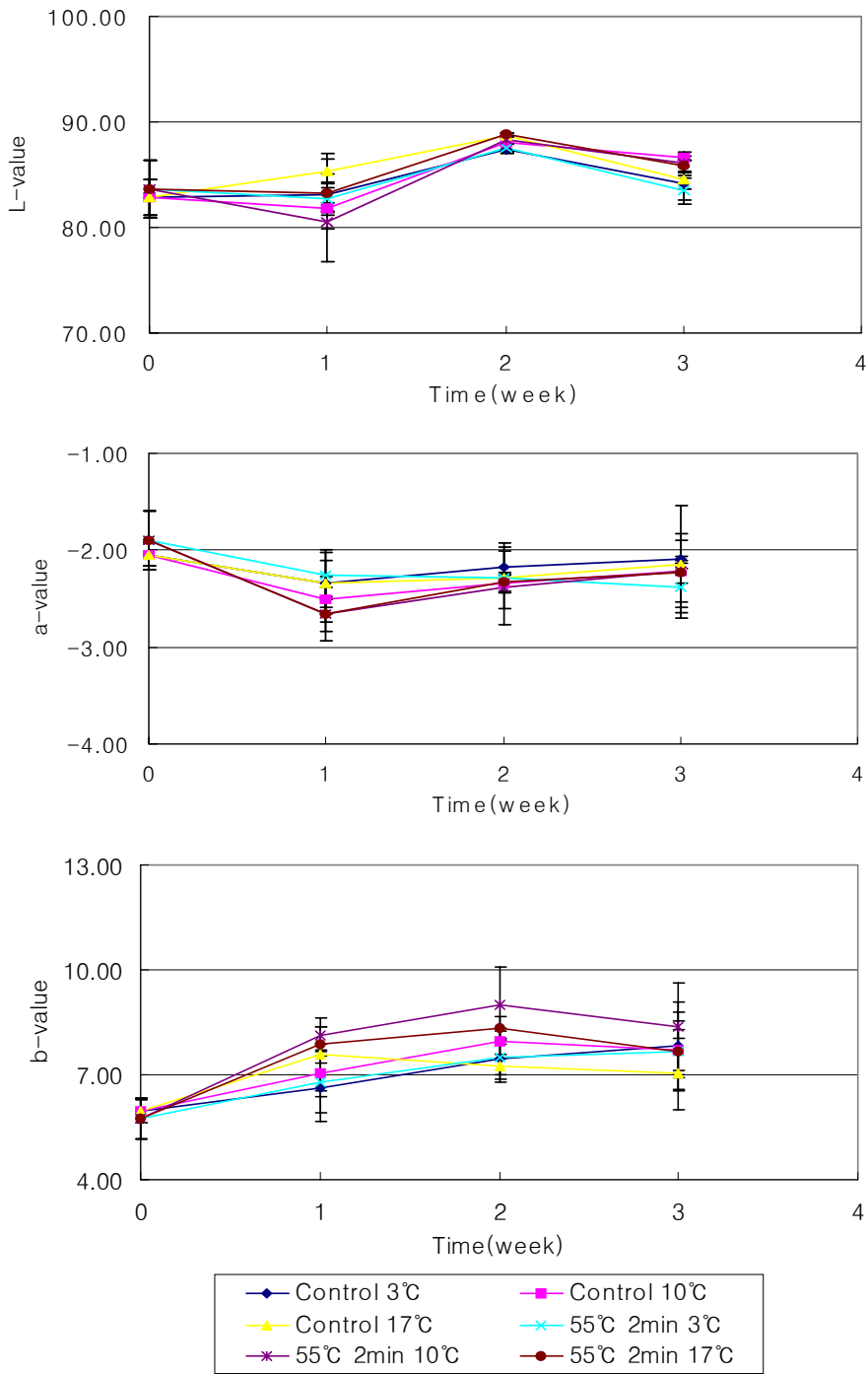


Fig. 2-24. Effect of storage temperature on surface color (L, a and b) values of the green onion stored at 3°C, 10°C and 17°C for 21 days.

### 3. 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 조건 구명

깻잎을 일정한 온도의 온수에 일정 시간 침지하여 10℃에서 저장하였을 때 저장 중 대상 채소의 중량감소, 표면색도, 물성, 관능적 품질변화, 화학적 및 미생물학적 품질을 측정하여 깻잎의 저장성 향상을 위한 열처리 가능온도를 확인하였다.

#### 가. 깻잎의 열처리 조건 설정

깻잎을 열처리할 경우 깻잎은 조직이 약하고 표면적이 넓어서 수조의 온도가 55℃를 넘으면 열처리 직후에 표면의 색상이 진하게 변하는 가열장해가 심하게 일어났다. 따라서 깻잎의 열처리 온도는 55℃이하가 적당한데, 40℃에서 10분 이내, 45℃에서는 3분까지, 50℃에서는 30초, 55℃에서는 10초 이내로 열처리한 깻잎은 가열장해를 받지 않았다(Fig. 2-25). 이 그림에서 곡선의 위쪽 부분(heat injury)의 조건으로 열처리를 하면 가열장해가 발생하며, 곡선 아랫부분(safe area)의 조건으로 열처리하면 안전하게 열처리를 할 수 있게 된다. 깻잎 역시 찜고추와 마찬가지로 열처리 시간을 단축시킬 필요가 있는데 이를 구명하기 위하여 열처리 가능 조건 중 45℃/10초 및 20초, 50℃/5초 및 10초, 55℃/5초 및 10초 열처리를 수행하였다.

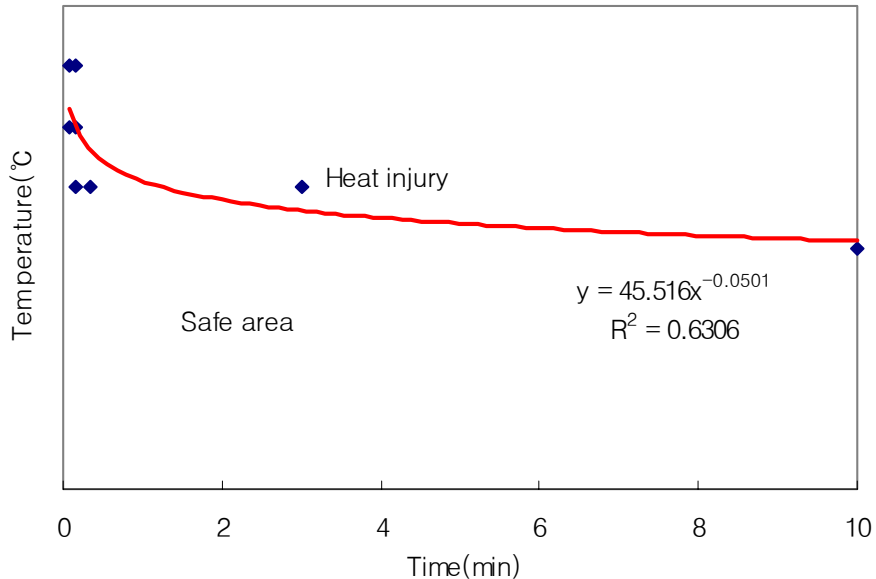


Fig. 2-25. Average time-temperature water dip conditions required to enhance storability of perilla leaf. An effective treatment combination was one in which there was no visible injury.

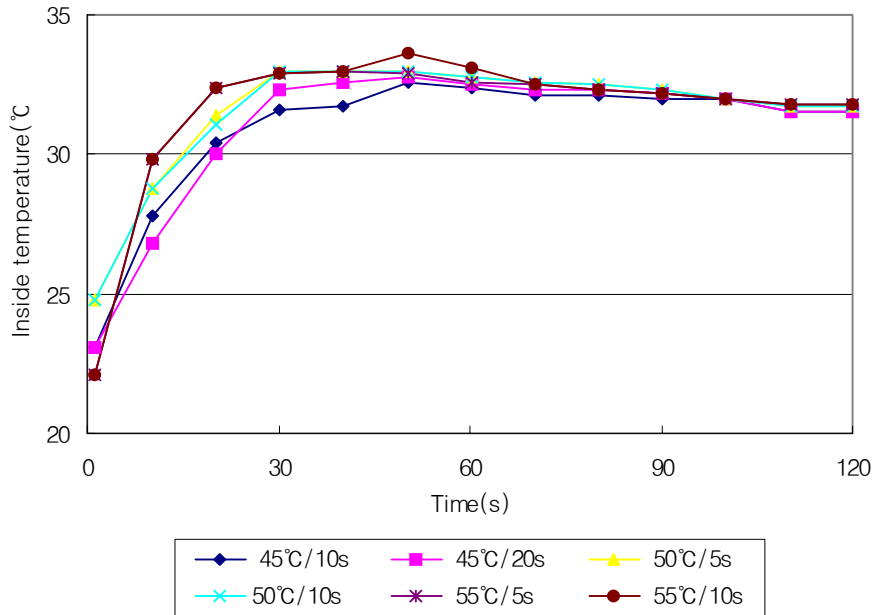


Fig. 2-26. Inside temperature profiles of perilla leaf during hot water dipping.

열처리 온도로 설정된 항온수조에 깻잎 한 묶음을 넣고 깻잎 묶음 중심의 온도를 측정한 결과는 Fig. 2-26과 같았다. 42°C로 열처리했을 때 중심의 온도는 32°C 부근이었으며 50°C로 열처리했을 때 중심의 온도는 33°C 정도로 열처리 간 중심 온도 차이는 1°C에 불과했다.

#### 나. 열처리 조건에 따른 깻잎의 저장 중 품질 변화

깻잎을 10°C에서 15일 동안 저장할 때 열처리조건에 따른 중량감소는 Fig. 2-27과 같았다. 저장 중 깻잎의 중량은 열처리 유무에 관계없이 감소하는 경향을 보였으며 저장 15일 째에는 초기 중량에 비해서 약 6~10%정도의 중량감소가 일어났으나 55°C/10s 열처리한 깻잎은 중량감소가 심하게 일어나서 같은 기간에 약 20%의 감량이 일어났다. 열처리 깻잎을 10°C의 저장고에 15일간 저장하였을 때 저장기간 및 열처리 조건에 따른 깻잎의 표면 색도 변화는 Fig. 2-28과 같았다. L값과 a 값은 저장기간 및 열처리 조건에 대해서 영향을 거의 받지 않았으며, b값은 저장기간에 대해서 약간 증가하는 경향을 나타내어, 저장 중 깻잎의 초록색이 점차 열어짐을 알 수 있었다. 그리고 저장 15일이 경과하였을 때 50°C/5초 열처리한 깻잎 외에는 모두 짓물러져서 표면 색도를 측정할 수가 없었다.

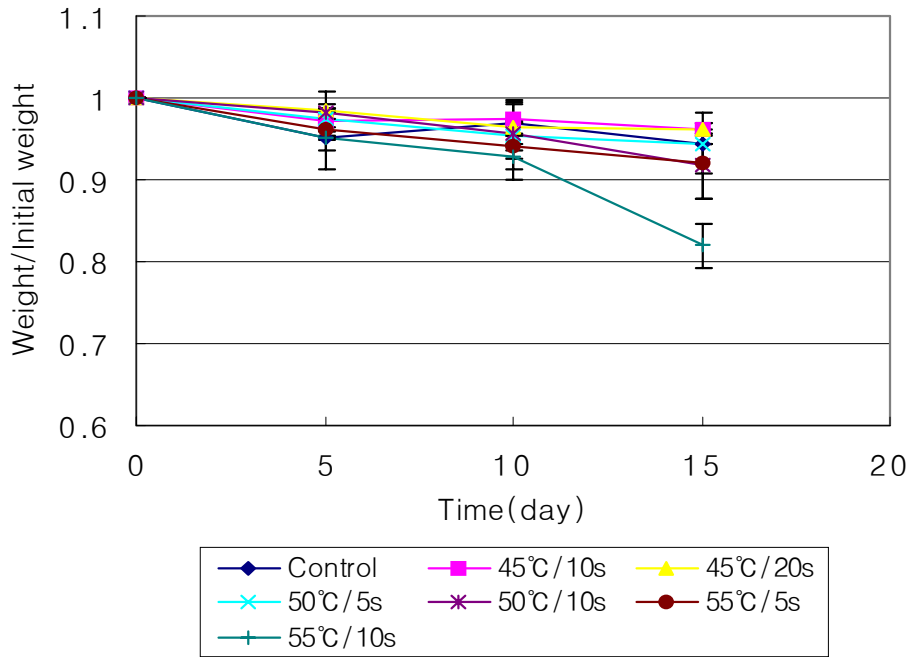


Fig. 2-27. Changes in weight of perilla leaf stored at 10°C for 15 days. Data are averages of 3 replications of 10 leaves±std. deviation.

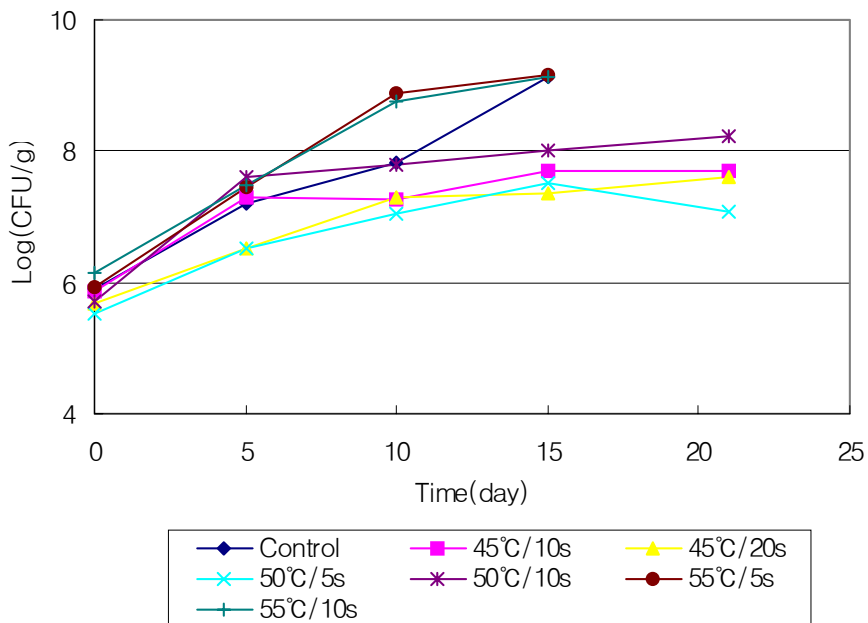


Fig. 2-29. Changes in viable cell count(CFU/g) of heat treated perilla leaf stored at 10°C for 21 days.

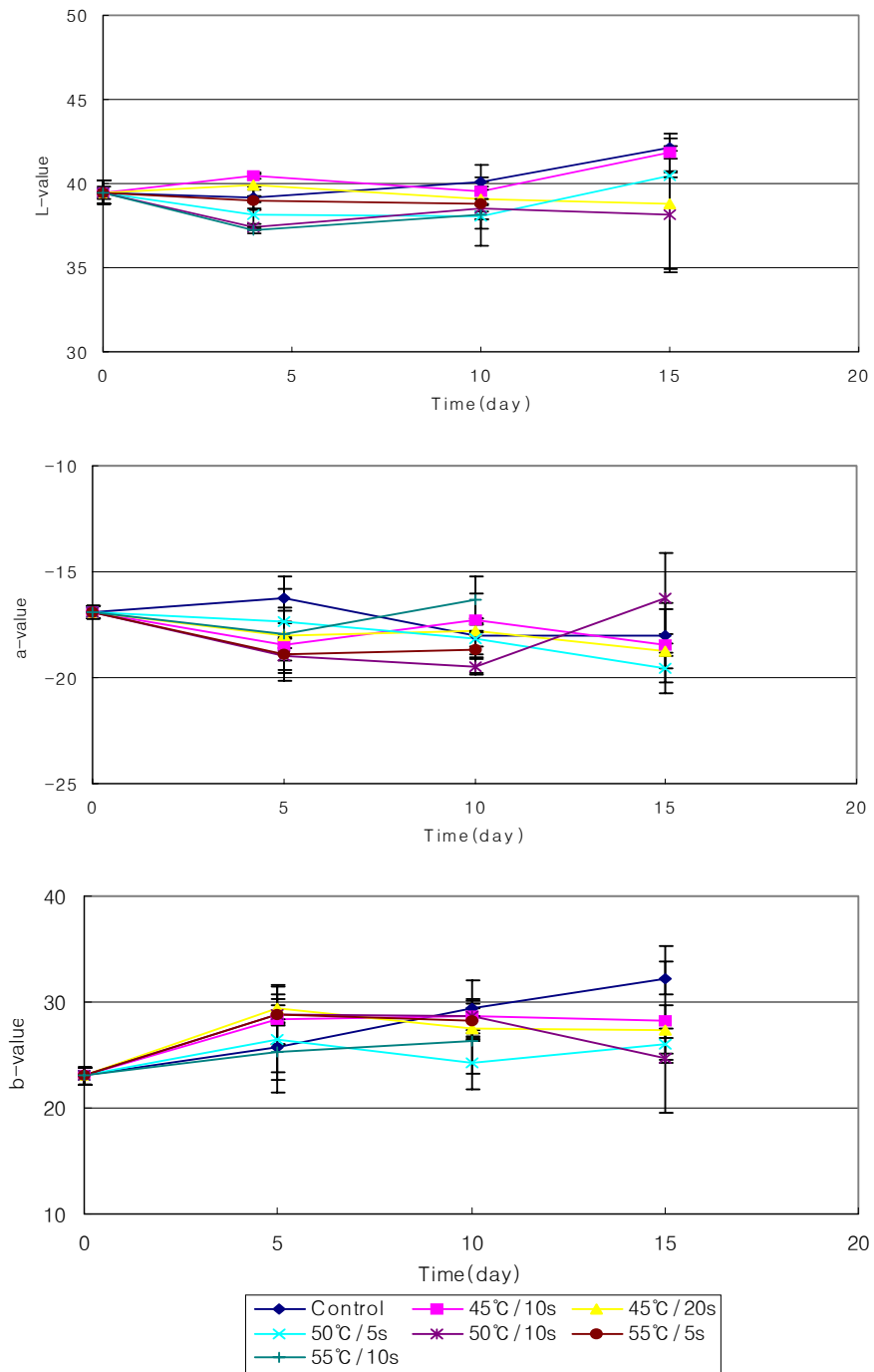


Fig. 2-28. Changes in surface color (L, a and b) values of perilla leaf stored at 10 °C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 leaves±std. deviation.

깻잎의 초기 균수는 대조구나 열처리구에 상관없이  $3.4 \times 10^5 \sim 1.4 \times 10^6$  CFU/g으로 나타나 55°C/10초까지의 열처리는 깻잎의 초기 균수에 별 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다(Fig. 2-29). 대조구나 45°C/10초 및 20초 처리구, 50°C 5초 및 10초 처리구, 55°C 5초 및 10초 처리구 모두 저장 5일 차까지는  $3.3 \times 10^7 \sim 3.9 \times 10^8$  CFU/g으로 균수의 증가속도가 별 차이를 보이지 않았다. 저장 10일 차에는 대조구와 45°C 및 50°C 처리구는  $1.8 \times 10^8 \sim 6.6 \times 10^8$  CFU/g이었으나 55°C 처리구는  $5.5 \times 10^9 \sim 7.5 \times 10^9$  CFU/g으로 다소 높은 균수를 나타내었다. 저장 15일 차에는 대조구는  $1.3 \times 10^9$  CFU/g, 55°C 처리구는  $1.3 \times 10^9 \sim 1.5 \times 10^9$  CFU/g로서 이들은 모두 시료의 외관도 상당 부분 짓물러지고 악취도 발생하는 부패된 양상이었다. 이때 45°C 및 50°C로 열처리한 반응구는  $2.2 \times 10^7 \sim 9.9 \times 10^7$  CFU/g 가량의 균수를 나타내었고 저장 21일 차에는  $1.2 \times 10^7 \sim 1.7 \times 10^8$  CFU/g의 균수가 나타났다. 따라서 깻잎은 45~50°C로 5~10초간 열처리했을 때 저장성이 연장되는 것을 알 수 있었다. 그러나 55°C로 처리한 반응구의 경우는 대조구와 유사하거나 오히려 대조구보다 다소 빠른 균수의 증가속도를 나타낸 점을 미루어 보아 55°C 이상의 처리로는 깻잎의 조직이 열에 의한 장애를 받는 것으로 추정된다.

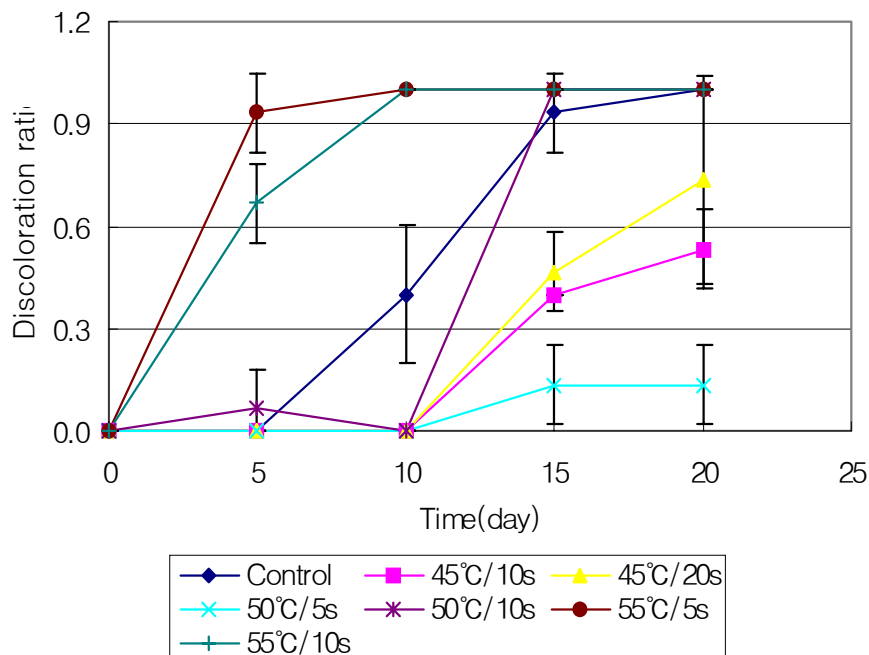


Fig. 2-30. Changes in discoloration ratio of heat-treated perilla leaf stored at 10°C for 21 days.



열처리한 깻잎의 저장 중 표면 갈변율의 변화는 Fig. 2-30과 같았다. 55℃로 열처리한 대파는 처리시간과 관계없이 저장 5일만에 전체 깻잎의 70%이상이 갈변되었다. 이는 열처리를 할 때 육안으로는 관찰되지 않았으나 초기에 깻잎에 가열장해가 발생했기 때문으로 보여진다. 대조구는 저장 10일에 45℃로 열처리한 깻잎은 저장 15일에 40% 정도의 갈변 비율을 보였으나 50℃에서 5초 열처리한 깻잎은 저장 21일까지 10 정도의 갈변만 보여 모든 처리구 중에서 가장 우수한 색상을 유지하였다. 저장 중 깻잎의 관능적 품질은 Table 2-6에 나타낸 바와 같이 저장 5일까지는 전체 처리구가 시장 품질을 유지하고 있었으나 저장 10일부터는 비교적 열처리 온도가 높은 55℃처리구와 대조구는 품질 열화가 일어나기 시작했다. 0℃에서 10초 열처리한 깻잎은 저장 10일까지는 우수한 품질을 보였으나 저장 15일부터 심한 품질열화가 일어났다. 그러나 50℃/5초 열처리구는 전체 처리구 중 가장 우수한 관능적 품질을 보여서 저장 21일까지 시장 품질을 유지하고 있었다.

이상의 결과에서 깻잎을 50℃의 온수에 5초 동안 침지하는 것이 깻잎의 저장성향상을 위한 열처리 조건임을 알 수 있었다.

Table 2-6. Effect of heat treatment conditions on sensory properties of perilla leaf which was stored at 10℃ for 21 days

Time (day)	Overall hedonic scale <sup>1)</sup>						
	Control	45℃/10s	45℃/20s	50℃/5s	50℃/10s	55℃/5s	55℃/10s
0	9.0±0.0 <sup>a</sup>	8.8±0.4 <sup>a</sup>	8.8±0.3 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	8.7±0.5 <sup>a</sup>	8.6±0.4 <sup>a</sup>
5	8.3±0.8 <sup>a</sup>	8.3±0.6 <sup>a</sup>	8.6±0.6 <sup>a</sup>	8.3±0.5 <sup>a</sup>	8.4±0.5 <sup>a</sup>	6.7±0.8 <sup>b</sup>	6.9±0.7 <sup>b</sup>
10	4.2±0.4 <sup>b</sup>	6.4±0.7 <sup>a</sup>	6.4±0.6 <sup>a</sup>	6.8±0.4 <sup>a</sup>	7.0±0.7 <sup>a</sup>	3.2±0.7 <sup>b</sup>	3.2±0.4 <sup>b</sup>
15	2.2±0.4 <sup>d</sup>	6.0±0.6 <sup>b</sup>	5.2±0.6 <sup>c</sup>	6.8±0.4 <sup>a</sup>	2.0±0.3 <sup>d</sup>	1.0±0.0 <sup>e</sup>	1.0±0.0 <sup>e</sup>
21	1.0±0.0 <sup>d</sup>	4.3±0.5 <sup>b</sup>	2.3±0.5 <sup>c</sup>	6.8±0.5 <sup>a</sup>	1.0±0.0 <sup>d</sup>	1.0±0.0 <sup>d</sup>	1.0±0.0 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

## 제4절 결론

신선채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 조건을 구명하기 위하여 풋고추, 대파 와 깻잎을 온수에 침지하여 열처리한 후 10℃의 저장고에서 4주 또는 3주 동안 저장하면서 관능적 품질, 화학적 품질과 미생물학적 품질 변화를 측정하였다. 또한 저장 온도가 열처리 채소의 저장성에 미치는 영향을 보기 위하여 열처리 채소를 3℃, 10℃ 및 17℃에서 저장하였다.

풋고추는 50, 55, 60, 65℃의 온수에 각각 10초 침지하여 열처리를 하였는데, 65℃에서 10초 열처리한 경우는 열처리 직후 과육표면에 가열장해 현상이 나타났다. 가열장해 현상이 일어난 풋고추의 열처리할 때 중심 최고 온도는 40℃ 이상이였다. 열처리 풋고추 표면 색도 중 L 값은 저장 중 조금씩 감소하는 경향을 보였으며, a 값과 b 값은 저장 3주까지는 거의 변화가 없다가 저장 4주에서는 대조구의 경우 열처리구에 비해서 a 값은 높아지고 b값은 낮아진 결과를 볼 때 저장 4주가 되면 대조구의 경우 열처리구에 비해서 초록색이 얼어짐을 알 수 있었다. 중량감소는 대조구와 열처리구 사이에 유의한 차이를 나타내지 못하였으나, 대조구의 정도와 생균수는 저장 3주까지는 차이가 없다가 4주에서 경도는 낮아지고 생균수는 높게 나타났다. 매운맛 성분인 capsaicin과 dihydrocapsaicin은 열처리 유무에 관계없이 저장 중 감소하는 경향을 나타내었으며, 대조구의 경우가 약간 높게 나타났다. 풋고추의 관능적 품질은 55℃ 온수에서 10초 동안 열처리한 경우가 가장 우수하게 나타나 이 조건이 풋고추의 저장성 향상을 위한 저장전 열처리 조건으로 구명되었다. 풋고추를 3, 10, 17℃에서 저장한 결과 대조구의 경우는 3℃와 17℃에서 저장했을 때 품질열화가 심하게 일어났다. 그러나 열처리 풋고추는 풋고추의 저온장해 온도인 3℃에서도 우수한 품질을 나타내어 열처리가 풋고추의 저온장해를 억제하는 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과에서 풋고추를 55℃의 온수에 10초 침지시키는 조건을 풋고추의 저장성을 향상을 위한 열처리 조건으로 구명할 수 있었다.

대파를 45℃/5분, 50℃/1분과 3분, 그리고 55℃/30초, 1분 및 2분과 가열장해를 일으키는 온도인 60℃/1분 열처리하였다. 위의 조건 중 60℃의 온수에 침지한 대파의 표면에 가열장해 현상이 나타났다. 이 때 대파의 중심온도는 침지 1분 이내에 50℃ 이상이 되었다. 대파의 telescoping 현상은 저장 2주까지는 처리구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 저장 3주 째에는 55℃/2분 열처리구에서 가장

적게 나타나고 대조구에서는 가장 크게 나타났다. 저장 중 대파의 발근과 대파 잎의 성장 역시 55℃의 온수에 2분 침지한 열처리에 의해서 가장 많이 억제되는 것을 알 수 있었다. 표면색상 중 L 값은 열처리 유무에 관계없이 저장 21일에는 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 열처리 유무에 따른 색상의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 경도와 관능적 품질은 55℃의 온수에 2분 열처리한 대파가 가장 우수하였다. 저장 중 열처리 대파의 생균수와 thiosulfinate 함량은 열처리 유무에 대해서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 저장온도에 따른 열처리 대파의 저장성을 구명하기 위해서 열처리 조건으로 구명된 55℃의 온수에 2분 침지한 대파와 수돗물에 2분 침지한 대조구를 각각 3, 10 그리고 17℃의 저장고에서 저장하면서 저장 중 품질 변화를 측정하였다. 저장 온도를 달리했을 때 열처리 대파의 품질은 저장 온도가 낮을수록 우수하게 나타났고 비열처리구에 비해서 열처리 대파의 품질이 우수하였다. 위의 결과를 바탕으로 대파를 55℃ 온수에서 2분 침지시키는 조건을 대파의 저장성 향상을 위한 열처리 조건으로 설정할 수 있었다.

깻잎을 45℃/10s, 45℃/20s, 50℃/5s, 50℃/10s, 55℃/5s 그리고 55℃/10s의 조건으로 온수에 침지시켜 열처리를 하였다. 55℃의 온수에 침지 시킨 깻잎은 저장 중 가열장해 현상을 나타내었는데, 이 때 깻잎의 중심 온도는 33℃이었다. 저장 중 중량감소는 55℃로 열처리한 깻잎에서 가장 많이 일어났다. 표면 색도는 열처리에 의해서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 생균수는 저장 5일까지는 열처리 유무에 따른 차이는 없었으나 저장 10일 이후부터 대조구와 가열장해가 일어난 55℃ 열처리구에서 미생물 생육이 다른 열처리구에 비해서 급격하게 높아졌다. 미생물이 성장하는 시기에 외관 품질도 저하되어 저장 21일에는 조직이 짓물러지고 악취가 났다. 저장 중 잎의 갈변도 미생물 성장과 유사한 형태로 나타났다. 열처리 깻잎의 관능적 품질은 50℃에서 5초 열처리한 것만 저장 21일까지 시장 품질을 유지하였다. 이상의 결과에서 깻잎을 50℃의 온수에 5초 동안 침지하는 것이 깻잎의 저장성향상을 위한 열처리 조건임을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. Paull, R.E. and Chen, N.J.: Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. and Technol.*, 21, 21 (2000)
2. 김상욱: Studies on the Changes of Vitamin C Content in the Hot Green Pepper Fruits during the Circulation Periods. *대한가정학회지*, 19, 41 (1981)
3. Jeong, C. H. and Shim, K. H.: Chemical Components of Unripe Red and Green Pepper. *J. Agriculture & Life Sciences*, 35, 39 (2001)
4. Lee, K. R.: Capsaicinoids contents of several varieties of red pepper. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 6(1), 21 (1977)
5. Yang, Y. J. and Lee, K. A.: Physiological Characteristics of Chilling Injury and CA Effect on Its Reduction during Cold Storage of Pepper Fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 38(5), 478 (1998)
6. Chung, S. K. and Cho, S. H.: Effect of Natural Antimicrobial Agent Dipping and Antimicrobial Packaging Films on the Keeping Quality of Green Chilli Peppers. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 8(3), 264 (2001)
7. Park, W. P., Yoo, J. I. and Cho, S. H.: Plastic Films affect the Storage Quality of Green Chili Pepper. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 5(3), 207 (1998)
8. 홍석인, 조미나, 김동만: 절단 대파의 품질특성에 미치는 세척 및 포장재의 효과. *한국식품과학회지*, 32(3), 659 (2000)
9. 김기남, 김석지, 김석환, 박인식: 파의 acid phosphatase의 특성. *한국식품과학회지*, 28(4), 663(1996)
10. Hong, G. Peiser, M.I. Cantwell: Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 53 (2000)
11. 이경임, 이숙희, 김정옥, 정해영, 박건영: 들깨잎 추출물의 항돌연변이 및 항산화 효과. *한국영양식량학회지*, 22(20), 175 (1993)
12. Hong, Y. P., Kim, S. Y. and Choi, W. Y.: Postharvest changes in quality and biochemical components of perilla leaves. *Korean J. of Food Sci. Technol.*, 18(4), 255 (1986)
13. 홍영표: Postharvest changes in quality and biochemical components of leaf

- lettuce and perilla leaves. 충남대학교 대학원 석사학위논문, (1986)
14. 신광규: 한국산 들깨잎의 지방질 및 향기성분에 관한 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문, (1990)
  15. 이경임, 이숙희, 김정옥, 정해영, 박건영: 들깨잎 추출물의 항돌연변이 및 항산화 효과. 한국영양식량학회지, 22(20), 175 (1993)
  16. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R.: Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 43, 124 (1989)
  17. King, A.D. Jr and Bolin, H.R.: Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 43, 132 (1989)
  18. Howard, L.R., Yoo, K.S. Pike, L.M., and Miller, G.H.: Quality changes in diced onions stored in film packages. *J. Food Sci.*, 59, 110 (1994)
  19. Lurie, S.: Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 14 257 (1998)
  20. Catwell, M.I., Kang, J.S. and Hong, G.H.: Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 57 (2003)
  21. Choi, S. J., Hong, Y. P. and Kim, Y. B.: Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during cold storage of 'Niiitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 36, 218 (1995)
  22. Barkai-Golan, R.: Postharvest heat treatment to control *Alternaria tenuis* Auct. rot in tomato. *Phytopathol. Med.*, 12, 108 (1973)
  23. McDonald, R. E., T.G. McCollum, and E. A. Baldwin: Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 147 (1999)
  24. Liu, F. W.: Modification of apple quality by high temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 730 (1978)
  25. Porritt, S. W. and P. D. Lidster.: The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 584 (1978)
  26. Barkai-Golan, R. and D. J. Phillips.: Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease*, 75, 1085 (1991)

27. Fallik, E., Grinberg S., Alkalai S., Yekutieli O., Wiseblum A., Regev R., Beres H. and Bar-Lev E.: A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 25 (1999)
28. Han, J., Jawson, L., Han, G., and Han, P.: A spectrophotometric method for quantitative determination of allicin and total garlic thiosulfates. *Anal. Biochem.*, 225, 157 (1995)
29. Speck Marvin L.: Compendium of methods for the Microbiological examination of foods. APHA (1976)
30. Pressey R., D.M. Hinton and J.K. Avants: Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. of Food Sci.*, 36, 1070 (1971)
31. 박세원, 고광출: 저온 및 가열 전처리가 몇 가지 과실의 저온생리에 미치는 영향. *한국원예학회지*, 27, 56 (1986)
32. 허우덕, 하재호, 남영중, 신동화: 고추 및 고추가공제품의 신미성분 분석에 관한 연구. *농수산물유통공사 식품연구사업보고*, p.5 (1986)
33. Powrie, W.D. and Skura, B.J.: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In: *Modified Atmosphere Packaging of Food*(edited by B. Oorakul & M. E. Stiles). 169-245. New York: Ellis Horwood (1991)
34. Paull, R.E. and Chen, N.J.: Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. and Technol.*, 21: 37-41 (2000)
35. Saltveit, M. E.: Chilling injury is reduced in cucumber and rice seedlings and in tomato pericarp discs by heat-shocks applied after chilling. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 169-177 (2001)
36. Yoo, S.Y. and Pike, L.M.: Determination of flavor precursors compound S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides by an HPLC method and their distribution in *Allium* species. *Sci. Hort.*, 15, 1 (1998)
37. Hong, G., Peiser G. and Cantwell, M.I.: Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions, *Postharvest Biology and Technology*, 20, 53 (2000)



## 제3장 열처리 채소의 저장 기술 개발 분야

### 제1절 서론

CA(controlled atmosphere, 환경기체조절저장) 저장은 과채류의 관능적 품질을 향상시키고 pre- and post-climacteric 기간을 연장 시켜 주며, ethylene 합성의 저해, 변색 방지, 과육의 경도 유지, 증산속도의 감소, 효소활성의 저해, 저온장해의 방지, 저장기간의 연장, 저장 후 유통시 shelf life가 연장되는 등 많은 장점을 갖는다(1). 농산물의 CA 저장의 효과를 최대로 높이기 위해서는 과채류를 적절한 시기에 수확해야하며, 수확한 후 예냉을 거쳐서 가능한 한 빨리 저장고에 넣어야 한다. 또한 저장고 내의 환경기체 조성도 빨리 원하는 적정 저장수준으로 낮추어야 하며 저장기간 동안의 세심한 관리도 필수적으로 요구된다(2,3). CA 저장에 관한 연구는 과채류 뿐만 아니라 육류(14,5) 화훼류(6,7), 어류(8) 등에도 수행되고 있으나 과채류에 대한 연구가 주종을 이루고 있다. 사과(9,10) CA 저장 중 경도, 산도, 관능적 품질의 변화(11,12), CA 저장 중 발생하는 내부갈변, 과육의 연화, scald, off flavor(13,14) 등 다양한 연구가 진행되어 왔다.

플라스틱 필름을 이용한 MAP(Modified atmosphere packaging, 환경기체조절포장)는 신선 채소의 저장 중 품질을 높이는 중요한 수단으로 이용되고 있다(15). MAP에서는 포장내부의 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도로 인하여 해당 작물의 호흡 및 증산 속도가 감소하여 저장성을 향상시킨다(16). 또한 MAP 내부의 높은 이산화탄소 농도는 채소의 저장 후 성장을 억제시킬 뿐만 아니라 미생물 생육도 억제시키는 효과 있는 것으로 알려져 있다(17-19). 최근 식생활 패턴의 변화로 최소가공처리 채소의 유통이 일반화되어 감에 따라서 MAP의 보급이 급속도로 늘고 있는 추세이다. 이에 따라 최소가공채소의 MAP에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데, Lee 등(20)은 최소가공처리 한 당근, 오이, 마늘과 풋고추를 혼합하여 포장했을 때 MAP 효과를 검토하였고, 풋고추의 적정 MAP 조건 구명(21), enzyme kinetics의 원리를 이용한 MAP에서의 과채류의 호흡특성 분석(22), 버섯(23)과 콩나물(24) 등의 분야에서 다양하게 진행되고 있다.

최근 과채류의 저장성 향상을 위한 저장 전 처리 기술로 열처리를 많이 활용



하고 있는데 열처리를 하게 되면 농산물의 노화가 억제되고, 저온장해가 완화될 뿐만 아니라 살균효과까지 있어 농산물의 저장성을 높여준다(25,26). 농산물 저장 전처리로서의 열처리에 관한 연구는 다양한 과일과 채소에 대해서 국내외적으로 수행되어 왔다. 열처리에 의한 마늘의 저장 중 부패율 감소, 발근 및 맹아율 감소에 관한 연구(27)와 배의 저장 중 흑변 방지를 위한 열처리 기술(28) 외에도 열처리에 의한 토마토의 부패 미생물의 생육억제(29,30), 사과와 감의 부패 감소(31,32), 감자의 저장성 연장(33), 고추 수확 후 부패율 감소(34) 등에 대한 연구가 있다.

그러나 저장 전 처리로서의 열처리 기술과 CA 및 MAP를 겸하여 수행한 연구는 찾아보기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 2장에서 구명한 풋고추, 대파 및 깻잎의 적정 열처리 조건으로 해당 채소를 열처리한 후 이들을 CA 및 MAP 저장을 수행하여, 열처리 채소의 CA 및 MAP 가능성을 검토하고 적정 조건을 구명하는 실험을 수행하였다.

## 제2절 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 실험에 사용한 풋고추, 대파와 깻잎은 2001년~2003년에 생산하여 수확한 것으로 모두 부산광역시 해운대구 소재 반여동 농산물 도매시장에서 실험 당일 구입하여 공시재료로 사용하였다. 각 채소의 처리 방법은 2장 2절 1항의 공시재료에 나타내었다.

### 2. 채소의 열처리 방법

열처리한 채소의 저장기술 개발을 위한 채소의 열처리 조건은 각 채소의 저장성 향상을 위한 적정 열처리 조건을 구명한 2장의 결과를 바탕으로 결정하였다. 풋고추의 경우는 55℃의 온수에 10초 침지하였으며, 대파는 55℃의 온수에 2분 침지하였고 깻잎은 50℃의 온수에 5초 침지하였다. 대조구는 상온의 수돗물에 각 채소의 열처리 적정시간 만큼 침지하였다. 열처리한 채소는 2장 2절 3항의 방법대로 표면의 수분을 제거시켰다.

### 3. 열처리 채소의 MAP저장

위의 조건으로 열처리한 풋고추 150g 정도를 기체 및 수증기 투과도가 다른 LDPE(low density polyethylene) 필름, 폴리올레핀 (MPD2055, Cryovac Division, W.R. Grace Co., Duncan, SC, USA) 필름, CPP(cast polypropylene CPG, (주)서통) 필름, 핀홀(SM 60, Cryovac Division, W.R. Grace Co., Duncan, SC, USA) 필름으로 만든 포장재에 넣고 열접착을 하여 완전히 밀봉시킨 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 저장하였다. 열처리 대과는 300g 정도를 포장하였는데 풋고추 포장 중 폴리올레핀 필름과 핀홀 필름을 PD900(Cryovac Division, W.R. Grace Co., Duncan, SC, USA)과 SM570(Cryovac Division, W.R. Grace Co., Duncan, SC, USA)으로 바꾼 것 외에는 같은 포장재를 사용하였다. 이 중 핀홀 필름인 SM60과 SM570은 필름의 표면에 미세한 구멍이 뚫려져 있으며, 대조구 포장은 플라스틱 필름 백에 직경 7.0±1.0 mm의 구멍을 12개 뚫어서 제작하였다. 깻잎의 포장은 대과와 같은 포장재를 사용하였으며 한 포장재에 한 묶음의 무게가 70g 정도 되는 깻잎 세 묶음을 넣어서 포장하였다. 산소 및 이산화탄소에 대한 필름의 기체 투과도는 준등압법(35)에 의하여 측정하였다. 즉, 1기압의 분압차에서 시간에 따라 필름을 통하여 투과된 기체의 양으로부터 기체투과도를 계산하였다. 이 포장재의 두께와 기체투과 등은 Table 3-1에 제시하였다.

Table 3-1. Gas permeabilities(mLm-2h-1atm-1) of plastic films used for packaging green red pepper. at 10℃

Film(Maker)	Thickness,μm	Gas permeability (mL/m <sup>2</sup> /h/atm)	
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Polyolefin 1 (PD 900, Cryovac,USA)	50	2797.2	29353.1
Polyolefin 2 (MPD 2055,vCryovac,USA)	15	2325.4	14298.9
LDPE (Daelim, Korea)	23	963.39	7959.1
CPP CPF (STC, Korea)	29	1145.2	3361.9

#### 4. 열처리 채소의 CA 저장

열처리한 풋고추 150g 정도를 플라스틱 그릇을 이용하여 만든 CA 저장 용기에 넣고 풋고추의 품질유지에 가장 적합한 것으로 알려진 2% O<sub>2</sub> + 1% CO<sub>2</sub>의 혼합기체(36)를 주입하였다. 대파의 경우는 열처리한 후 690g 정도를 플라스틱 그릇을 이용하여 만든 CA 저장 용기에 넣고 대파의 품질유지에 가장 적합한 것으로 알려진 0.2% O<sub>2</sub> + 8% CO<sub>2</sub>의 혼합기체(37)를 주입하였다. 저장 용기 내부의 기체 조성이 원하는 농도에 도달하면 기체 유입 밸브를 닫고 풋고추의 CA 저장을 수행하였다. 저장 중 CA 저장용기 내부의 기체조성을 일정한 간격으로 측정하여 각 채소의 호흡에 의한 저장 용기 내부의 변화된 기체 조성은 주기적으로 재설정해 주었다. 열처리 채소의 CA 저장 효과를 검토하기 위한 대조구로는 풋고추와 대파의 경우 각 채소의 CA 저장용기와 같은 용기의 윗부분에 직경 3 mm의 구멍을 각각 2개와 10개를 뚫어서 용기 내부를 일반 대기 조성으로 만든 후 열처리 채소를 저장하였다.

#### 5. 열처리 채소의 저장 중 품질 측정

##### 가. 관능적 품질

열처리 채소의 MAP 및 CA 저장 중 관능 품질은 2장 2절 4항의 방법과 같이 측정하였다. 즉, 저장 중 풋고추의 중량손실은 채소의 무게를 0.1g 단위까지 정확히 측정하여 초기 무게에 대한 감소의 비율로 나타내었다. 표면 색도는 color difference meter (Minolta CR-300, Japan)를 사용하여 L, a 및 b 값을 측정하였으며 경도는 2kg load cell을 부착한 Rheo-Meter(Compac-100, Daego, Japan)로 직경 5 mm의 probe를 사용하여 hardness를 측정하였다. 채소의 부패율은 전체 채소 중 부패된 채소의 비율을 육안으로 관찰하여 표시하였다. 가열장해(heat injury)는 열처리 전후의 채소 표면의 색을 육안으로 관찰하여 가열에 의한 표면 변색이 발생하는 여부에 따라서 판정하였다. 관능검사는 훈련된 6~8명의 관능요원에 의하여 9점 척도의 기호도 검사를 수행하였다. 관능검사의 결과는 Duncan의 다중검정( $\alpha < 0.05$ )을 실시하여 각 시료간의 유의적인 차이를 분석하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

#### 나. Thiosulfinates 분석

대파의 독특한 매운 맛 성분인 thiosulfinates 함량은 2장 2절 4항에 나타낸 방법과 같이 측정하였다. 즉, 진공 동결건조 시킨 대파 분말 0.5g을 1.5 mL의 증류수에 넣고 균질화 시킨 다음 5,000rpm에서 10분간 원심분리 시킨다. 이 때 얻은 상등액 500  $\mu$ L과 reference 용 증류수 500  $\mu$ L를 얼음으로 온도를 낮게 유지시킨 시험관에 각각 넣는다. 각각의 시험관에 625  $\mu$ L의 0.8 mM cysteine 용액을 넣고 10분 방치한 다음 이 용액에 200  $\mu$ L에 200 $\mu$ M DTNB용액 800  $\mu$ L을 첨가하여 발색시킨 다음 412 nm에서 흡광도를 측정하여 Han 등(38)의 방법으로 thiosulfinates 함량을 계산하였다.

#### 다. Capsaicinoids 분석

풋고추의 매운 맛 성분인 capsaicinoids 함량은 열처리 채소의 MAP 및 CA 저장 중 2장 2절 4항에 나타낸 방법과 같이 측정하였다. 즉, 진공동결 건조시킨 고추 분말 0.2 g을 10 mL acetonitrile에 넣고 20 $^{\circ}$ C에서 4시간 초음파처리 시킨 다음, 이 액을 0.45  $\mu$ m의 membrane filter로 여과시킨 후 고속액체크로마토그래피(HPLC, Agilent 1,100 series, U.S.A.)에 주입하여 분석하였다. 이 때 HPLC 분석조건은 Table 2-1에 나타낸 것과 같다.

#### 라. Ascorbic acid 분석

풋고추의 MAP 및 CA 저장 중 ascorbic acid 함량은 2장 2절 4항에 나타낸 방법과 같이 측정하였다. 이 때 HPLC 분석조건은 Table 2-2에 나타내었다.

#### 마. 호흡속도 측정

열처리 채소의 공기 중에서의 호흡속도를 측정하기 위해서 밀폐계 시스템을 이용하였다(14). 미리 실험온도로 냉각된 풋고추 150 g 정도를 500 mL의 병에 넣고 밀폐시킨 다음 gas-tight syringe(Hamilton #1001, USA)를 이용하여 병 내부의 기체를 1 mL 씩 채취하여 기체크로마토그래프(GC, Hewlett Packard 5890A, USA)를 이용하여 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다. 대파의 경우는 240 g 정도의 시료를 1 L의 병에 넣고 밀폐시킨 후 같은 방법으로 기체 농도를 측정하였다. 측정된 자료를 선형회귀에 의하여 시간에 따른 기체의 변화속도를 얻고, 이에 밀폐병의 자유용적을 곱하고 시료의 무게로 나누어 mL/kg/hr 단위로 호흡속도를 구하였다. 저장 중 포장 내부의 기체 조성은 포장내부의 기체를 1 mL 씩 채취하여 호흡

속도 측정과 같은 방법으로 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다. 이 때 GC를 이용하여 기체를 분석하기 하여 TCD detector와 CTR I (Alltech Associates, Inc, Deerfield, IL, USA) 컬럼을 사용하였으며 injection 온도 100 °C, detector 온도 90 °C, 오븐 온도 35°C, carrier gas로 사용한 He의 flow rate는 65 mL/min이었다.

### 제3절 결과 및 고찰

#### 1. 열처리 풋고추의 MAP 저장 실험

##### 가. 풋고추의 호흡속도

풋고추의 열처리 적정 조건으로 구명된 55°C의 온수에 10초 침지시킨 풋고추와 비열처리 풋고추를 7일 동안 저장하면서 측정한 저장 중 호흡속도의 변화는 Fig. 3-1과 같다. 저장 중 풋고추의 호흡속도는 열처리 풋고추의 경우 5.63~7.73 mLCO<sub>2</sub>/kg/h, 비열처리 풋고추의 경우는 4.30~7.32 mLCO<sub>2</sub>/kg/h의 범위로 나타나 대체적으로 열처리한 풋고추의 호흡속도가 비열처리한 풋고추에 비해서 높게 나타났다. 이와 같은 현상은 열처리한 마늘을 열처리하면 비열처리구에 비해서 호흡속도가 50~75% 정도 높아진다는 Cantwell 등(27)의 결과와도 일치한다.

신선과채류의 저장 중 호흡속도는 이산화탄소 발생속도로 측정한다. 통상 이산화탄소의 발생 속도는 작물의 생리적인 대사나 호기성미생물에 의한 호흡활동에 의해서 결정된다. 즉, 호흡속도가 높다는 것은 해당 작물에 미생물에 많이 오염되었다는 것을 의미한다(39). 그러나 열처리는 해당 작물의 미생물의 생육억제효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 본 연구에서 열처리 풋고추의 호흡속도가 비열처리구에 비하여 높게 나타난 것은 열처리에 의해 풋고추의 생리적 대사에 변화가 일어났기 때문인 것으로 추정할 수 있다. 이와 같은 결과는 토마토를 48°C에서 열처리하였을 때 호흡속도가 증가하였다고 보고한 McDonald 등(30)의 연구결과와도 일치한다.

##### 나. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성

열처리한 풋고추를 필름의 기체투과도가 다른 LDPE, CPP, polyolefin, 편홀 필름과 대조구의 필름에 포장을 했을 때 포장내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변

화는 Fig. 3-2와 같이 나타났다. 대조구와 핀홀 포장 내부의 기체조성은 일반대기 조성과 거의 비슷하게 나타났으며 CPP 의 경우 이산화탄소 농도는 6.2~7.6%로 전체 포장 중 가장 높게 나타났으며, 산소농도의 경우는 1.8~2.2%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 신선 과채류 포장에서 자유용적은 포장내부의 기체조성의 평형 도달시간에는 영향을 주지만 평형기체조성 자체에는 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다. 평형기체 조성은 포장필름의 기체투과도와 과채류의 호흡에 따라서 결정된다(40). 본 연구에서 모든 포장에서 기체조성의 평형에 도달하는 시간은 48시간 이내로 나타났다.

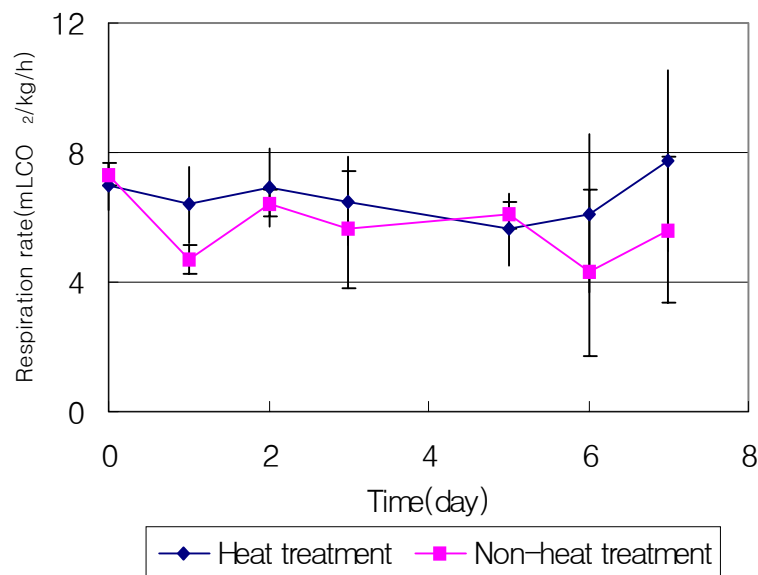


Fig. 3-1. Respiration rates of the heat-treat(55°C/10s) and non-heat-treated green red pepper. Data are average respiration rates of 3 replications of approximately 150g of green red pepper±standard deviation.

#### 다. 열처리 풋고추의 MAP 저장 중 품질 변화

풋고추의 저장유통온도를 10°C로 간주하고 150g 단위의 포장을 10°C에서 저장할 때 열처리 풋고추의 저장 중 중량변화와 저장기간에 따른 수분함량의 변화를 Fig. 3-3, Fig. 3-4에 각각 나타내었다. 포장한 열처리 풋고추를 밀폐포장인 LDPE, polyolefin, CPP에 포장하여 저장하였을 때 중량과 수분함량 모두 저장 4주 동안에 2%정도만 감소하였으나 포장 표면에 7mm의 구멍을 뚫은 대조구와 핀

홀 포장은 저장 2주 이후부터 중량 및 수분함량 감소가 심하게 일어나 저장 4주에는 저장 초기에 비하여 약 20%의 감소를 나타내 보였다.

열처리와 비열처리한 풋고추를 포장하여 저장할 경우 저장기간에 풋고추 표면 색도의 변화를 측정하였다. 풋고추의 L값(Fig. 3-5)은 열처리유무에 관계없이 저장기간에 따라서 약간 감소하는 경향을 나타내어 저장 중 표면의 색깔이 조금씩 어두워지고 있음을 알 수 있었다. 저장 3주까지는 열처리에 따른 L값의 변화는 거의 보이지 않았으나 저장 4주의 경우 비열처리 풋고추의 L값이 열처리구에 비해서 약간 낮게 나타남을 알 수 있었다. a값은 Fig. 3-6에서 알 수 있듯이 열처리한 풋고추의 경우는 저장기간과 포장재의 종류에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었으나, 비열처리구의 경우 저장기간이 경과함에 따라서 약간씩 증가하였고 포장재의 종류에 따라서도 약간의 차이를 나타내었다. 풋고추를 CPP 포장에 포장할 경우 a값의 증가가 가장 두드러지게 나타났다. CPP 포장은 사용한 필름 중 기체 투과도가 가장 낮아서 저장 중 가장 높은 함량의 이산화탄소 농도를 보였다. 이 결과에서 포장 내부의 이산화탄소농도가 비열처리 풋고추의 붉은 색소의 생성에 영향을 미치는지에 대해서 연구해 볼 가치가 있다고 판단되었다. 저장 중 풋고추의 b값은 조금씩 감소했으나 열처리 및 포장재가 풋고추의 b 값에는 그다지 영향을 미치지 않는 것 같다(Fig. 3-7).

풋고추의 경도는 Fig. 3-8에서 알 수 있듯이 열처리 유무와 포장재의 종류에 관계없이 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 열처리 유무에 따라서 경도가 감소하는 경향에는 차이를 보였는데, 열처리구에 비해서 비열처리 풋고추의 경도가 저장기간에 따라서 현저하게 빨리 감소함을 알 수 있었다. 열처리구는 저장 3주까지는 아주 우수한 경도를 보이다가 저장 4주째 약간 감소하였다. 특히 비열처리구 중에서 편홀 포장과 대조구의 경도는 저장 2주부터 급격하게 감소하는 양상을 나타내었는데 이는 이들 포장의 경우는 저장 중 수분감소가 현저하게 일어나서 조직이 손상되어 일어나는 현상으로 판단된다. 열처리구의 경도가 비열처리구에 비하여 높은 것은 Jacobi 등(41)의 연구와 유사한 결과로 볼 수 있다. 이들은 망고를 30℃에서 8분 숙성시킨 후 47℃의 온수에 15분 침지하면 망고의 경도가 비열처리 정도인 19.12N에 비해서 14% 정도 증가한 21.70N을 나타내었다고 보고했다. 열처리에 의해서 과채류의 세포벽을 붕괴시켜 조직연화를 일으키는 효소가 불활성화되어 과채류의 경화가 지연되고 경도가 높아진다고 보고한 박 등(42)의 결과와도 일치한다.

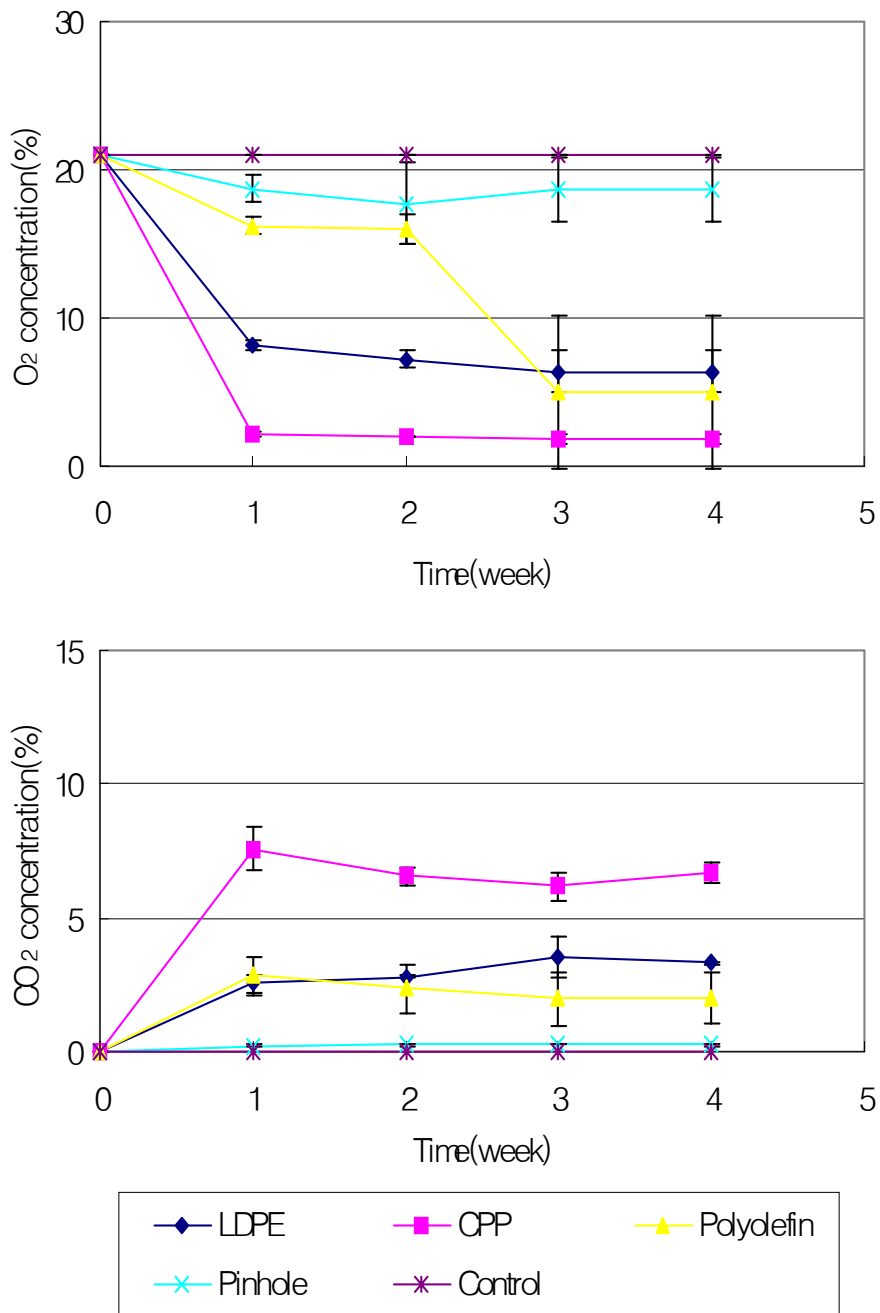


Fig. 3-2. Changes in gas composition inside packages of approximately 150g heat-treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks.



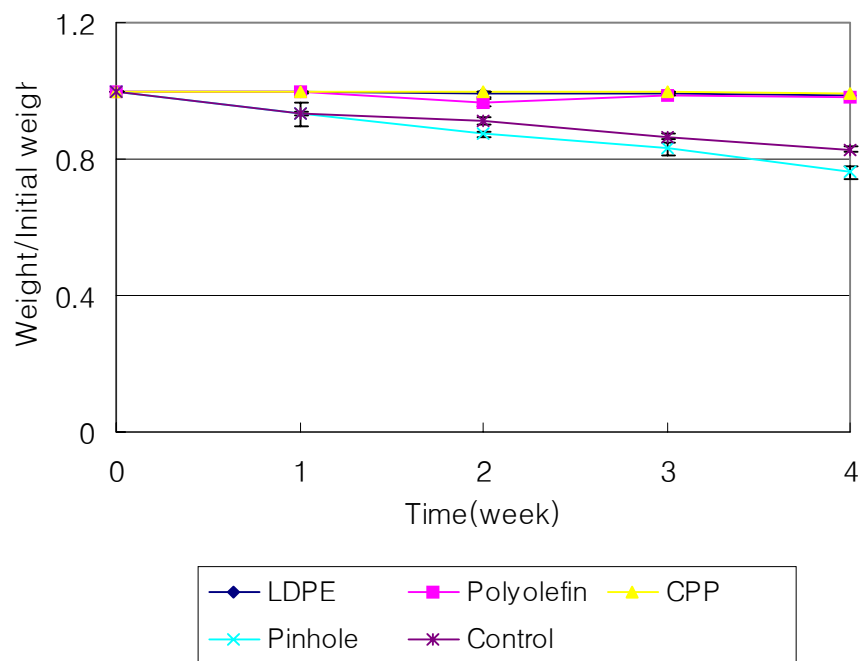


Fig. 3-3. Changes in weight ratio of the packaged heat-treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks.

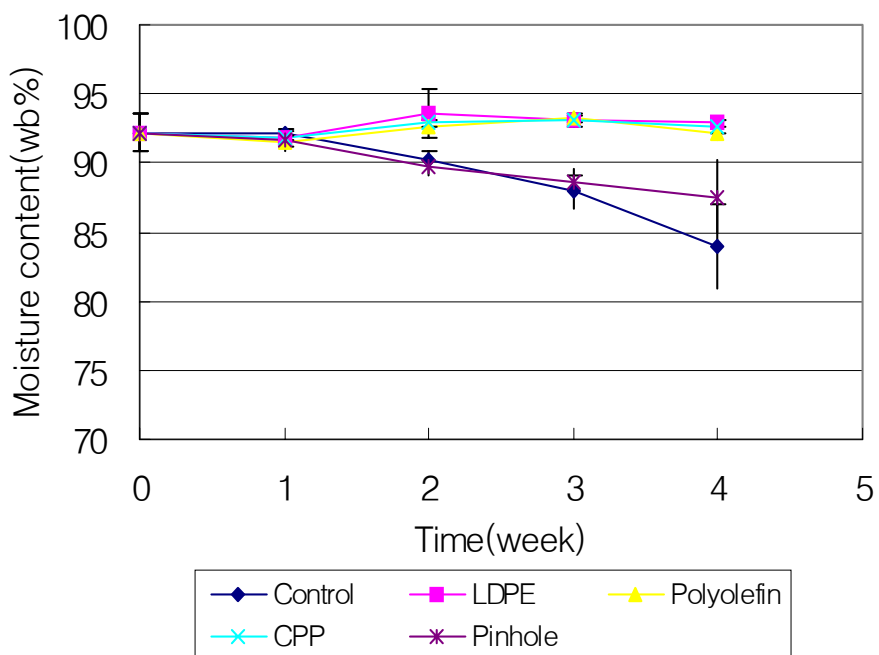
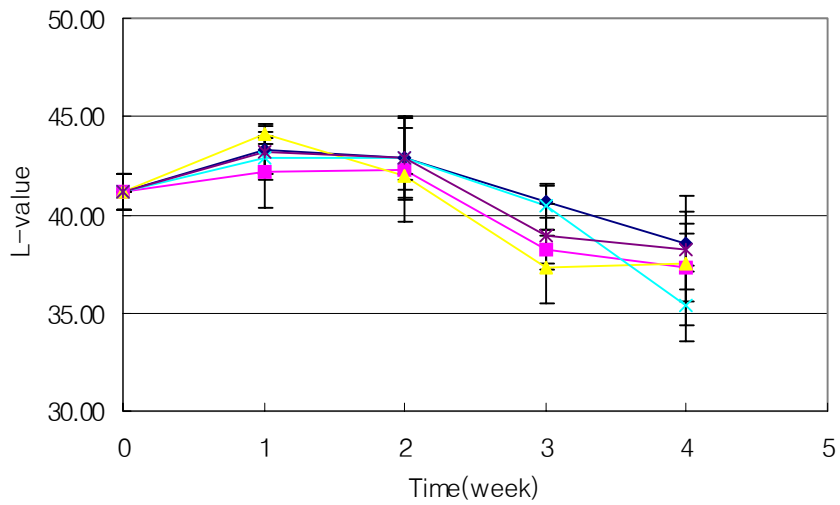
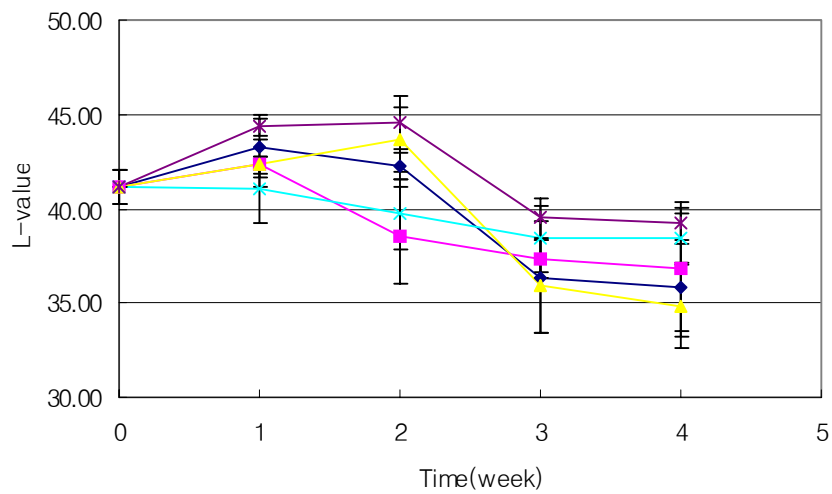


Fig. 3-4. Changes in moisture content of the packaged heat-treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks.

저장 중 열처리 풋고추의 ascorbic acid 함량의 변화는 저장기간이 경과함에 따라서 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었으나 열처리구와 비열처리구 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Fig. 3-9). 일반적으로 ascorbic acid는 열에 약해 가열을 하면 파괴되기 쉽다. 그러나 열처리한 풋고추와 비열처리구 사이에 ascorbic acid 함량의 변화에 유의적인 차이를 나타내지 않은 것은 본 연구에서 설정한 풋고추의 열처리 조건(55℃ 온수에 10초 동안 침지)이 ascorbic acid 함량에 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 포장재에 따른 ascorbic acid 함량의 변화는 LDPE 포장하여 저장한 풋고추의 경우 가장 낮게 나타났으며 CPP에 포장에서 가장 높게 나타났다. 이 결과는 풋고추를 다양한 포장재에 포장하여 연구한 박 등(43)의 결과와 유사하다. 이 들에 따르면 저장 14일까지 CPP에 저장한 풋고추의 ascorbic acid 함량이 LDPE 포장구에 비해서 높게 나타났는데, 이는 CPP 포장의 경우 포장내부의 산소농도가 낮고 이산화탄소가 높기 때문이라고 하였다. 그러나 저장 30일 이후에는 CPP로 포장한 풋고추의 ascorbic acid 함량이 급격하게 줄어들었는데 그 이유를 포장 내 고농도의 이산화탄소에 의한 풋고추의 생리적 장애로 해석하였다. 따라서 CPP 포장에 의한 비열처리 풋고추의 ascorbic acid 보존효과는 저장 10-20일 사이라고 하였다. 본 연구에서 열처리 풋고추를 CPP에 저장할 경우 저장 4주까지 ascorbic acid 함량이 높게 나타나 비열처리 풋고추의 20일에 비해서 더 높게 나타나 열처리가 ascorbic acid 보존효과에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.



(a) Heat treatment



(b) Non-heat treatment

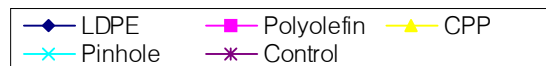
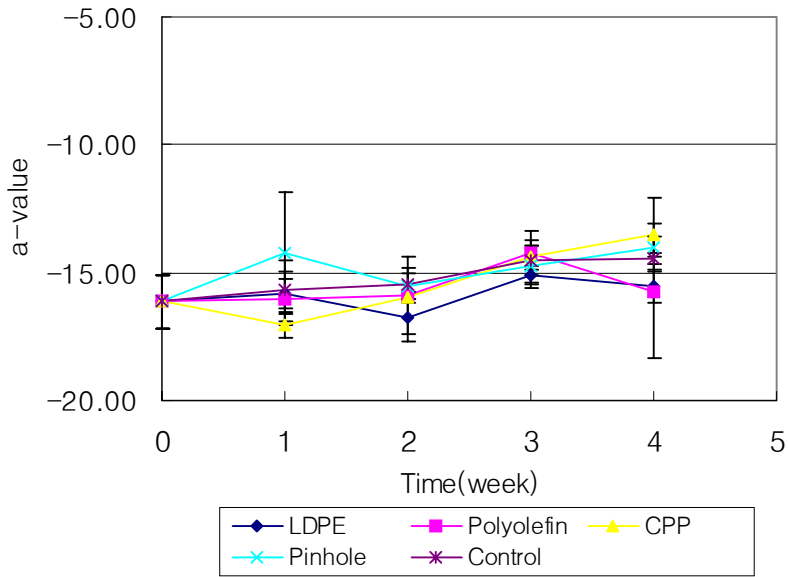
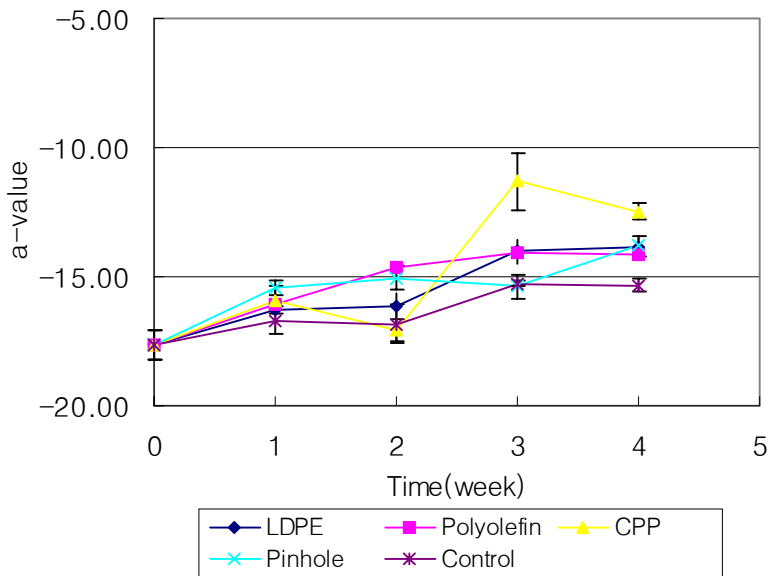


Fig. 3-5. Effect of heat treatment(55°C/10s) on the changes in L-value of the packaged green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

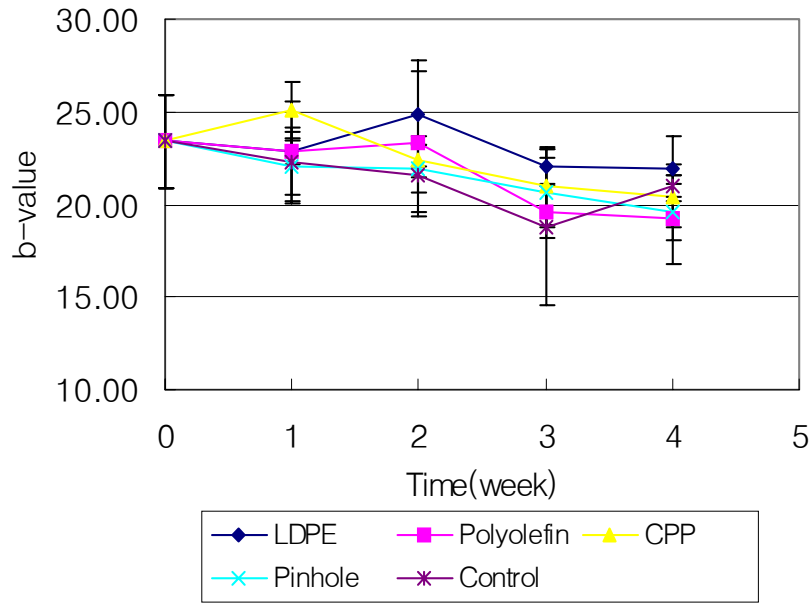


(a) Heat treatment

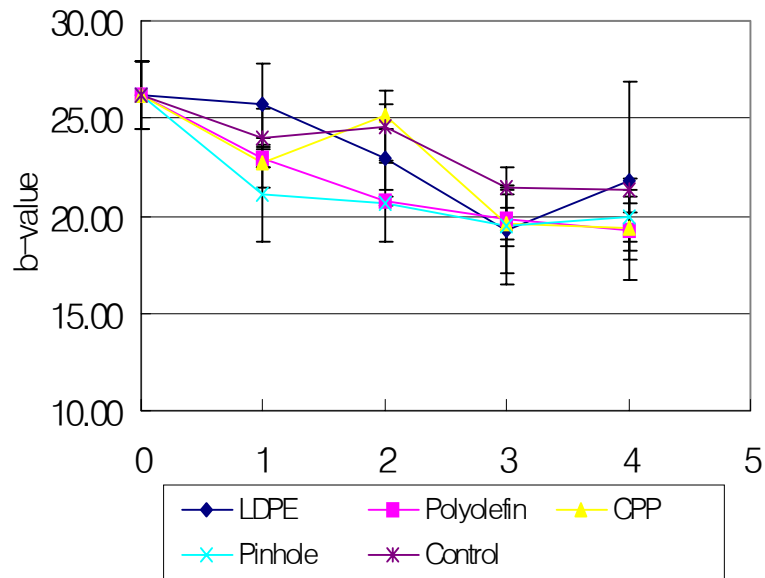


(b) Non-heat treatment

Fig. 3-6. Effect of heat treatment(55°C/10s) on the changes in a-value of the packaged green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

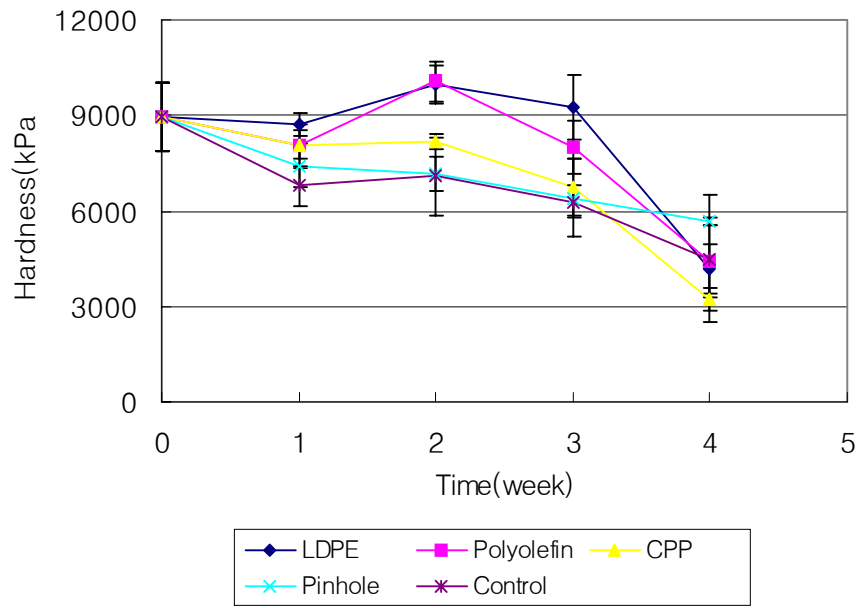


(a) Heat treatment

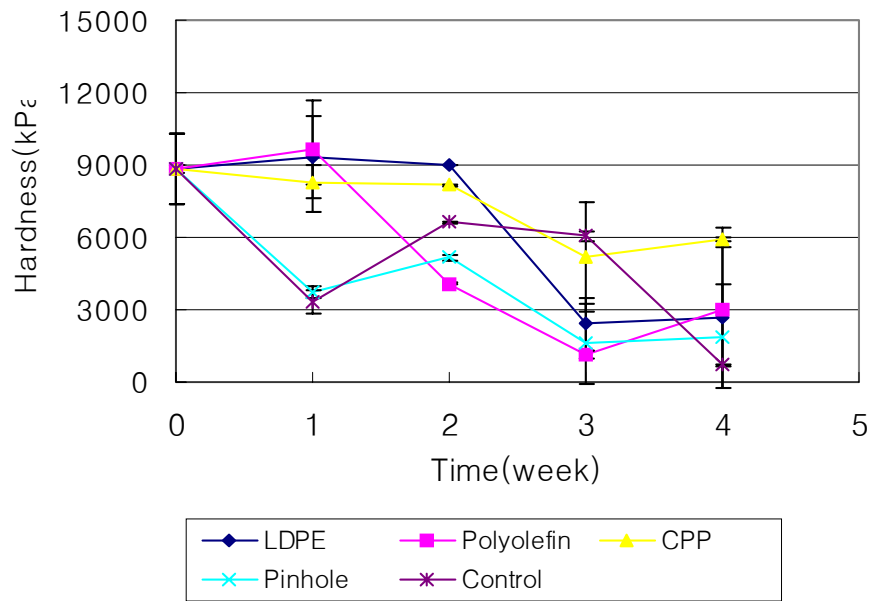


(b) Non-heat treatment

Fig. 3-7. Effect of heat treatment(55°C/10s) on the changes in b-value of the packaged green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.



(a) Heat treatment



(b) Non-heat treatment

Fig. 3-8. Effect of heat treatment(55°C/10s) on the changes in a-value of the packaged green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

열처리 풋고추는 저장 중 Table 3-2에서 볼 수 있듯이 저장 2주까지는 전혀 부패가 일어나지 않다가 저장 3주부터 품질 열화가 일어나기 시작하였다. 특히 저장 3주 이후부터는 polyolefin 필름, 핀홀 필름과 대조구에 포장한 풋고추의 경우는 50% 이상이 품질 손상을 나타내었다. 이와 같은 현상은 포장재의 기체 및 수증기 투과도와 연관이 있는 것으로 판단된다. Polyolefin 필름은 밀폐된 포장재 중 이산화탄소 투과도가 가장 높아서 저장 중 포장내부의 이산화탄소 농도가 CPP나 LDPE에 비해서 상대적으로 낮게 유지된다. 그리고 핀홀 필름과 대조구 포장의 경우는 표면에 구멍이 뚫려 있어서 포장 내부의 기체 조성이 대기 구성과 거의 같을 뿐만 아니라 포장된 풋고추의 수분증발이 급격하게 일어나서 외형적인 품질이 손상된 결과로 볼 수 있다. 저장 4주째 CPP 포장의 열처리 풋고추가 LDPE 포장 구에 비해서 부패율이 높은 것은 CPP 포장 내부의 고농도 이산화탄소가 풋고추에 이산화탄소 장애를 일으켰기 때문으로 볼 수 있다. 박 등(43)도 풋고추를 CPP 포장에 오래 두게 되면 포장내부의 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 상태가 오래 지속되어 풋고추의 호흡과 생리적 장애를 가져온다고 보고한 바 있다. 열처리 풋고추의 MAP 중 풋고추의 전반적인 관능 품질도 부패율의 결과와 유사하게 나타났다(Table 3-3). 5종류의 포장 중 저장 4주까지 시장품질 값인 5이상을 나타낸 것은 LDPE 포장 하나로 나타났다. 이상의 결과에서 열처리 풋고추를 포장하여 저장할 경우 2주 이내의 단기 저장을 할 때는 CPP, 4주 정도의 장기 저장을 할 경우는 LDPE를 포장재로 선택하는 것이 우수한 품질을 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Table 3-2. Effect of packaging on the decay of heat treated green red pepper during storage at 10°C for 4 weeks.

Time(week)	Decay(%±std. dev)				
	LDPE	CPP	Polyolefin	Pinhole	Control
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
2	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
3	0.06±0.10	0.17±0.00	0.50±0.00	0.56±0.10	0.72±0.10
4	0.17±0.00	0.33±0.17	0.44±0.10	0.61±0.10	0.72±0.10

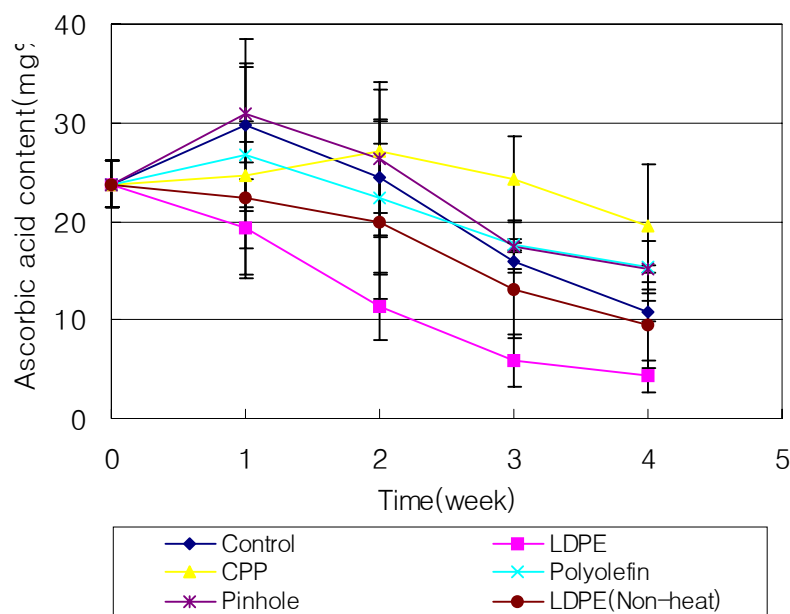


Fig. 3-9. Changes in ascorbic acid content(mg%) of the packaged heat-treated green red pepper stored at 10 °C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

Table 3-3. Effect of MAP on sensory properties of heat-treated green red pepper which was stored at 10°C for 4 weeks.

Time(week)	Overall hedonic scale				
	Control	Pinhole	Polyolefin	LDPE	CPP
0	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a
1	6.5±0.6c	6.0±0.8c	8.3±0.5ba	8.5±0.6a	7.0±0.7bc
2	5.8±0.5b	5.8±0.6b	8.8±0.7a	8.0±0.6a	8.0±0.6a
3	3.8±0.5cb	3.3±0.6c	5.3±0.5b	7.5±0.7a	4.8±0.5cb
4	3.8±0.5ba	2.0±0.4c	2.5±0.4bc	5.0±0.7a	4.8±0.6a

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.



## 2. 열처리 풋고추의 CA 저장 실험

### 가. CA 저장 중 저장 용기 내부의 기체조성

저장용기 내부의 기체 조성을 미리 조성해 둔 혼합기체로 풋고추의 CA 저장에 적합한 기체조성인 산소 2%와 이산화탄소 1%(질소 농도 97%)로 설정한 후 저장 용기에 풋고추 150g 정도를 담고 밀봉하였다. 저장 중 풋고추의 호흡에 의해 변하는 저장 용기 내부의 기체조성은 매일 한 번씩 보정해 주었다. CA 저장 용기 내부의 산소 및 이산화탄소 농도는 설정농도 $\pm$ 1.0% 정도의 오차로 조절되었다. 열처리 풋고추의 CA 저장 효과를 검토하기 위한 대조구 용기 내부의 기체 조성은 일반 대기 조성보다 산소 농도는 낮게 나타났고 이산화탄소 농도는 높게 나타났다(Fig. 3-10). 이는 대조구 저장 용기의 배기구 크기(직경 3 mm의 구멍 3개)가 작았기 때문으로 보인다.

### 나. 열처리 풋고추의 CA 저장 중 품질 변화

풋고추를 미리 제작한 CA 저장 용기에 넣고 4주 동안 저장하였을 때 저장 중 풋고추의 중량감소를 Fig. 3-11에 나타내었다. 일반적으로 풋고추를 CA 저장하게 되면 일반대기에서 저장하였을 때보다 중량감소는 적게 일어났다. 일반대기에 열처리 풋고추를 저장하면 저장 2주부터 중량감소가 급격하게 일어나 저장 4주가 되면 약 10% 정도의 중량감소가 일어난다. 이에 비해서 CA 저장구의 경우는 저장 3주까지는 중량감소가 미미하게 일어나다가 저장 4주가 되어서 약 5% 정도의 감소가 일어났다. 대부분의 과채류는 수확할 때의 중량에 비해서 약 5% 정도의 감량이 일어나면 신선도가 상실되고 표면의 광택이 없어지고 주름이 생겨서 제품으로서의 가치를 잃게 된다(44). 저장 중 과채류 감량의 주 원인은 호흡이나 증산이다. 일반대기 조성에서 저장한 풋고추의 감량이 큰 것 역시 CA 저장에 비하여 큰 호흡과 증산 속도로 해석할 수 있다.

CA 저장 중 열처리 풋고추의 표면색도는 Fig. 3-12에 나타낸 것처럼 전반적으로 L값과 a값은 저장 중 조금 감소하는 경향을 나타내었고 b값은 약간 증가하였다. 그러나 CA 저장과 대조구 사이에 유의적인 색상의 차이는 나타내지 않아 CA 저장이 열처리 풋고추의 색상에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

저장 중 열처리 풋고추의 ascorbic acid 함량의 변화는 저장기간이 경과함에 따라서 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었으나 CA 저장구와 대조구 사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 3-13).

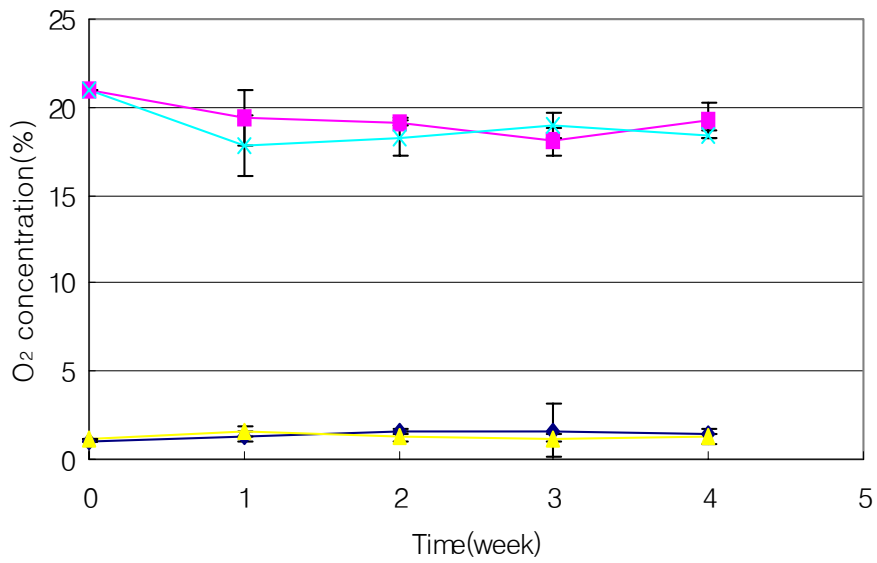
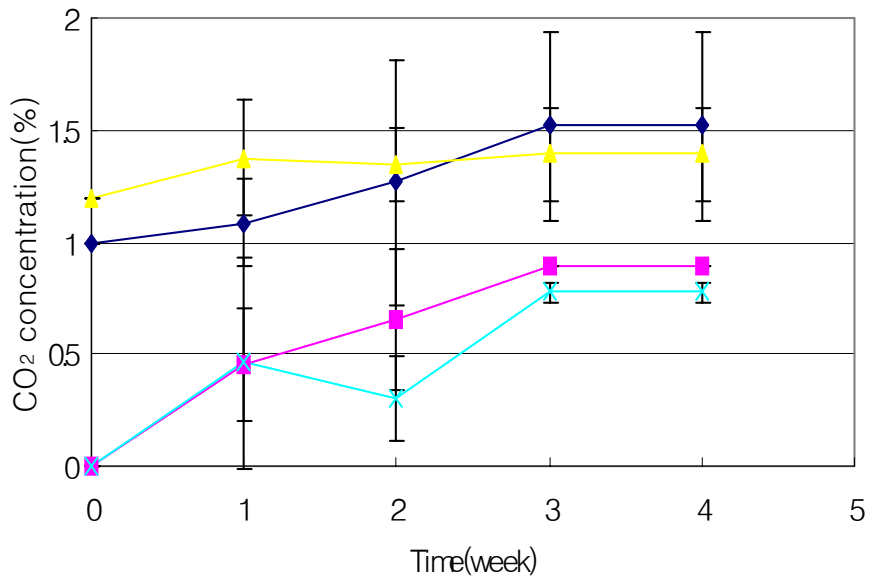


Fig. 3-10. Changes in gas composition in the controlled atmosphere chamber of approximately 150g heat-treated green red pepper stored at 10°C for 4 weeks.

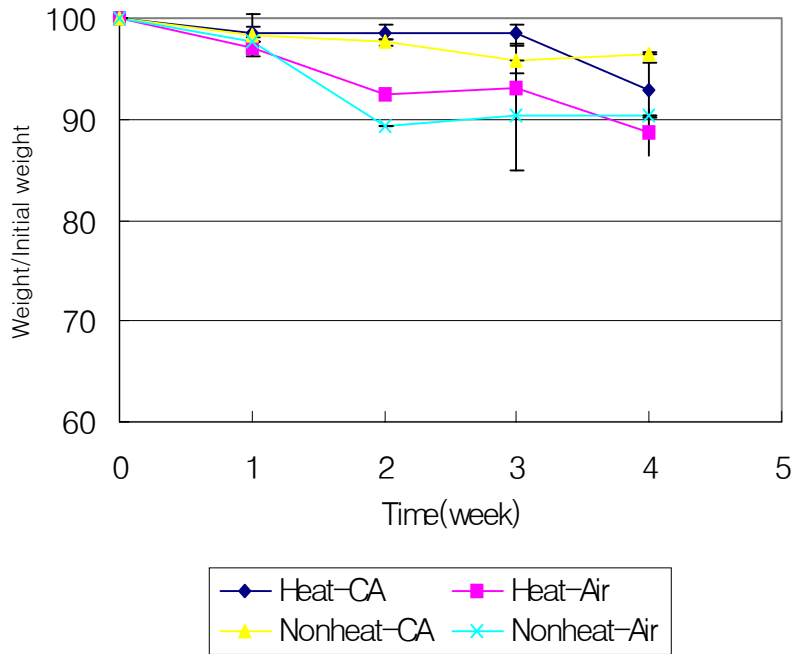


Fig. 3-11. Changes in weight ratio of heat-treated green red pepper stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 4 weeks.

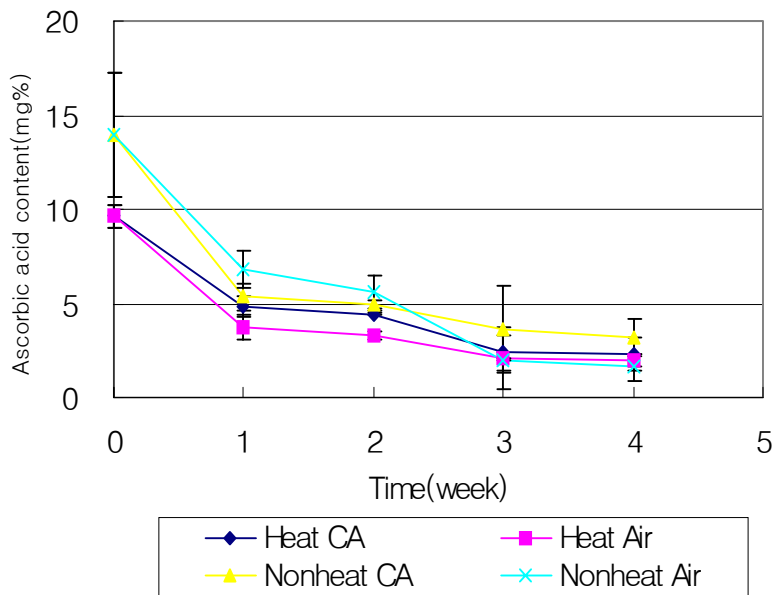


Fig. 3-13. Changes in ascorbic acid content of heat treated green red pepper stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 28 days.

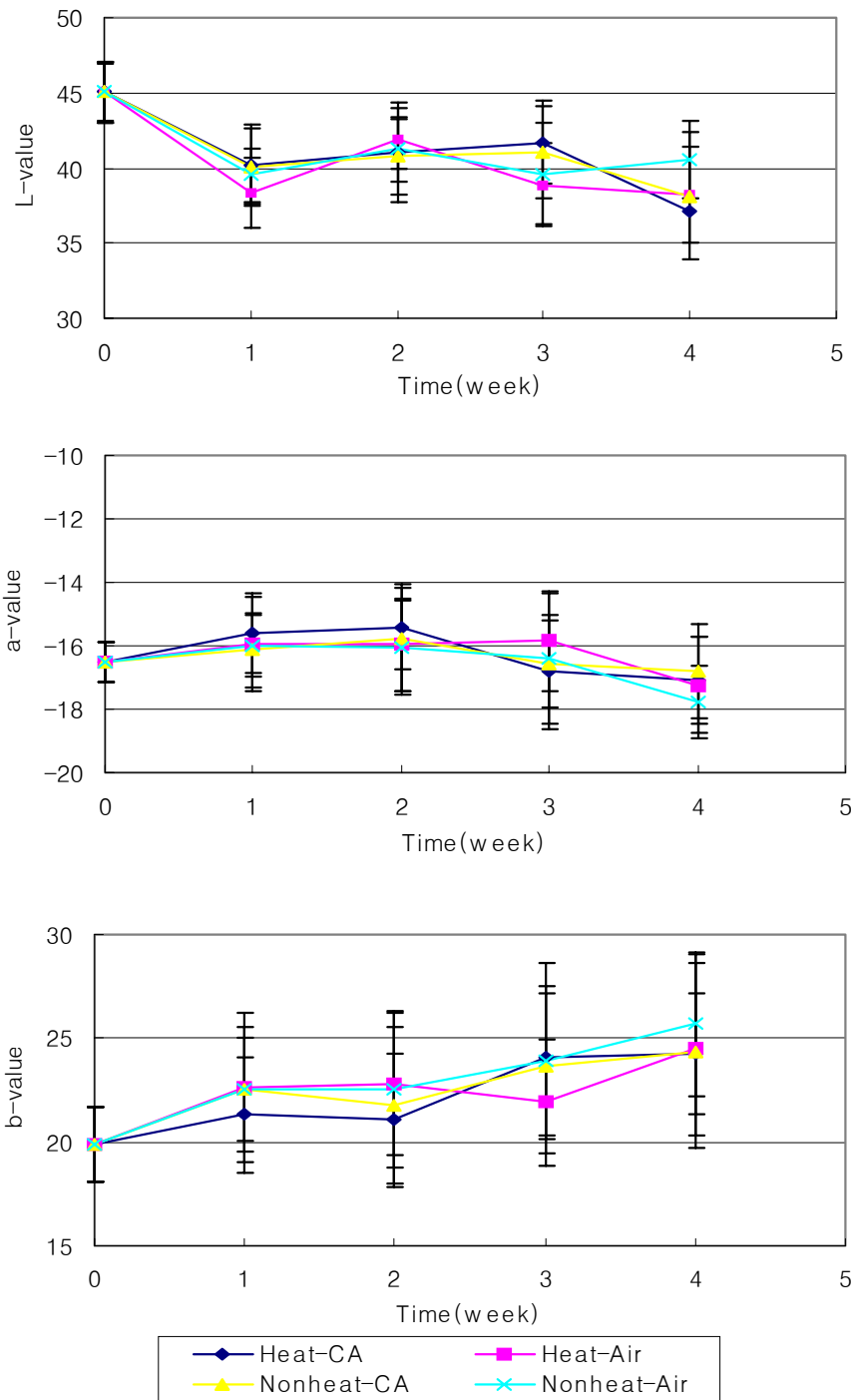


Fig. 3-12. Changes in color surface of the heat-treated green red pepper stored in air and controlled atmosphere at 10 °C for 4 weeks.

열처리 풋고추를 CA 및 일반대기에서 저장하였을 때 저장 중 풋고추의 매운맛 성분의 변화를 알아보기 위하여 capsaicin과 dihydrocapsaicin 농도를 측정하여 Fig. 3-14에 나타내었다. 저장 중 두 성분의 농도는 열처리 유무에 관계없이 거의 일정하게 나타났다. 그러나 대체적으로 같은 열처리 유무의 경우 CA 저장한 경우가 일반대기에서 저장한 경우보다 매운맛 성분의 농도가 낮게 나타났다. 이와 같은 현상은 마늘을 CA 저장하게 되면 마늘의 자극적인 매운맛 성분인 pyruvate, thiosulfinate와 alliin의 함량이 줄어들어 일반대기에서 저장한 마늘이 CA 저장한 마늘보다 더 자극적이라고 보고한 결과(45)와 유사하다.

열처리한 풋고추와 비열처리한 풋고추를 CA 저장 및 일반 대기에서 4주 동안 저장하였을 때 저장 중 풋고추의 관능적인 품질은 Fig. 3-15과 같았다. 저장 기간 중 모든 시험구에서 관능적 품질은 계속 감소하였으나 일반대기에 저장한 경우보다 CA 저장한 풋고추가 우수한 품질을 나타내었다. 열처리한 풋고추를 CA 저장한 경우는 저장 4주까지 시장품질인 overall hedonic scale 5이상을 나타내었다. 이상의 결과에서 풋고추를 열처리한 후 산소 2%와 이산화탄소 1%의 CA 조건에서 저장을 하면 비열처리 풋고추를 일반 저장하는 것보다 저장성이 높아짐을 알 수 있었다.

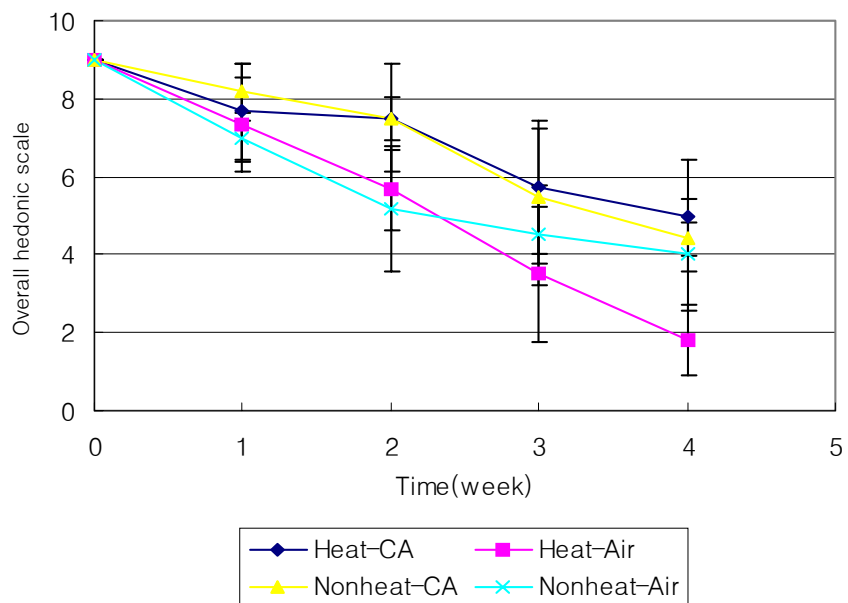


Fig. 3-15. Changes in overall hedonic scale of heat treated green red pepper stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 28 days. Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor.

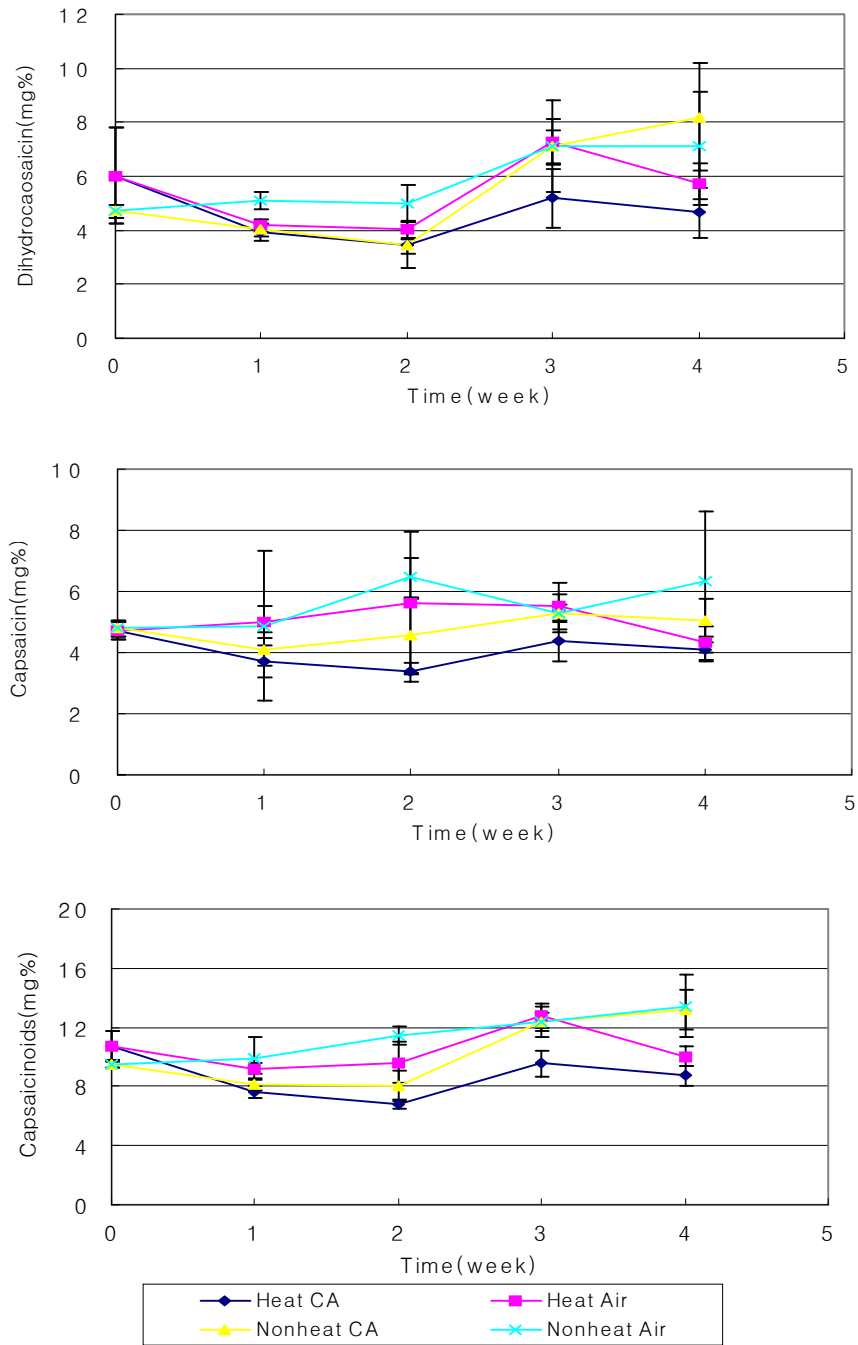


Fig. 3-14. Changes in capsaicin, dihydrocapsaicin and capsaicinoids of heat treated green red pepper stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 28 days.

### 3. 열처리 대파의 MAP 저장 실험

#### 가. 대파의 호흡속도

대파의 열처리 적정 조건으로 구명된 55°C의 온수에 2분 침지시킨 대파와 수돗물에 2분동안 침지시킨 비열처리 대파를 7일동안 저장하면서 측정된 저장 중 호흡속도의 변화는 Fig. 3-16과 같다. 저장 중 열처리 대파의 호흡속도는 6.76~9.60 mLCO<sub>2</sub>/kg/h, 비열처리 대파의 호흡속도는 5.88~10.72 mLCO<sub>2</sub>/kg/h의 범위로 나타나 대체적으로 열처리유무가 대파의 호흡속도에 큰 영향을 미치지 못하는 듯하였다. 그러나 저장 3~5일 사이에는 열처리대파의 호흡속도가 비열처리구에 비해서 약간 높게 나타나 열처리에 의해서 농산물의 호흡속도가 높아진다는 연구 결과와 일치한다(46,47).

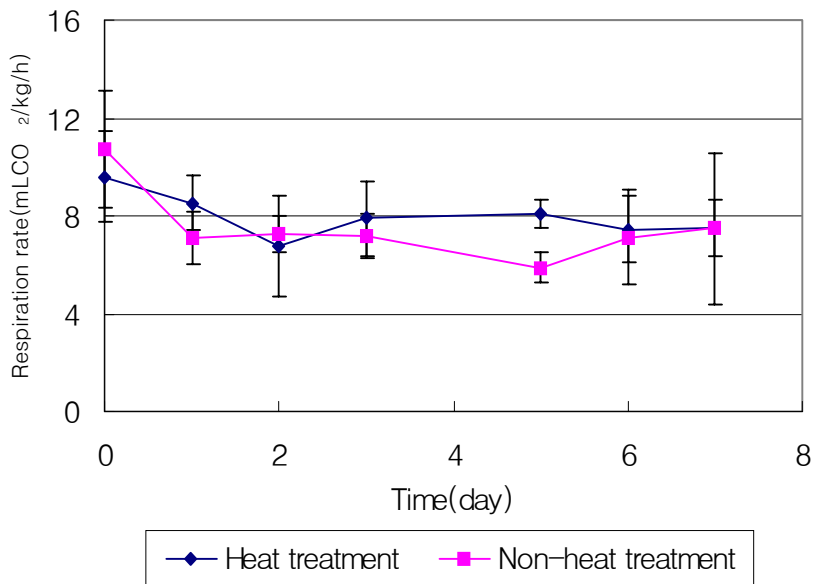


Fig. 3-16. Respiration rates of the heat-treat(55°C/2min) and non-heat-treated green onion. Data are average respiration rates of 3 replications of approximately 150g of green onion±standard deviation.

#### 나. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성

열처리한 대파를 필름의 기체투과도가 각각 다른 LDPE, CPP, polyolefin, 편홀 필름과 플라스틱 필름 백에 직경 7.0±1.0 mm의 구멍을 12개 뚫은 대조구의 필름에 포장을 했을 때 포장내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변화는 Fig. 3-17과 같게 나타났다. 편홀 포장 내부의 기체조성은 저장기간 동안 이산화탄소 0.2%, 산소 19.0% 정도의 수준을 유지하였다. 포장내부의 이산화탄소 농도는 CPP 필름의 경우는 6.7~8.7%로 가장 높았으며 그 다음 LDPE, polyolefin의 순서로 나타났다. 저장 중 포장 내부의 산소농도는 밀폐 포장 중에는 LDPE가 가장 높게 나타나 4.7~6.1% 수준을 유지하였다. 포장재에 따라서 포장내부의 평형기체조성이 다른 것은 포장재의 각 기체에 대한 투과도 차이 때문에 발생하는 현상으로 볼 수 있다. 평형기체 조성은 포장필름의 기체투과도와 과채류의 호흡에 따라서 결정된다.

#### 다. 열처리 대파의 MAP 저장 중 품질 변화

기체 투과도가 각각 다른 플라스틱 필름에 열처리 대파 300g 정도를 포장하여 10℃에서 저장할 때 열처리 대파의 저장 중 중량변화와 저장기간에 따른 수분함량의 변화를 측정하였다. 예상했던 대로 열처리 풋고추 대파의 중량감소(Fig. 3-18)는 대파를 LDPE, polyolefin, 그리고 CPP등의 밀폐 포장재에 포장하여 저장하였을 때에 비해서 포장 표면에 7mm의 구멍을 뚫은 대조구와 필름 표면에 미소한 구멍이 있는 편홀 포장에 저장한 대파에서 수분감소가 현저하게 일어났다. 밀폐포장한 대파는 저장 4주 동안에 4%정도의 중량감소가 일어났으나 대조구는 저장 2주에 5% 정도의 중량감소가 일어났으며 저장 4주에는 중량감소가 14%에 달하였다. 편홀 포장은 저장 2주 이후부터 중량 감소가 대조구보다 더 심하게 일어나 저장 4주에는 저장 초기에 비하여 약 30%의 감소를 나타내 보였다. 수분함량 역시 밀폐포장과 통기성 포장은 현저한 차이를 보였다. 밀폐포장은 전체 저장기간 동안 수분함량이 거의 일정하였으나 대조구와 편홀 포장의 경우는 저장 3주부터 수분함량이 낮아지기 시작하여 저장 4주에서는 초기에 비해서 수분함량이 약 4% 정도 감소되었다.



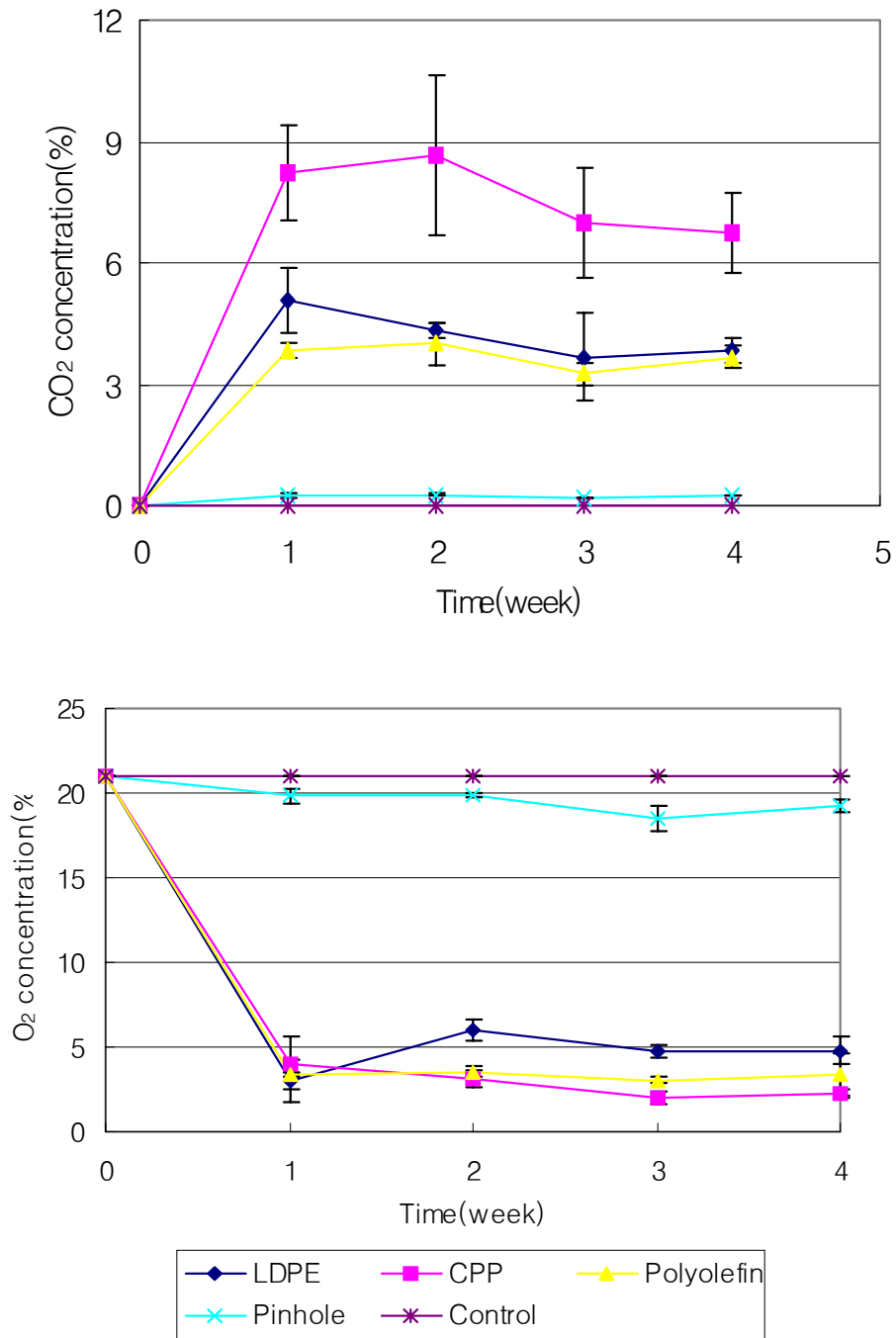


Fig. 3-17. Changes in gas composition inside packages of heat-treated green onion stored at 10°C for 4 weeks.

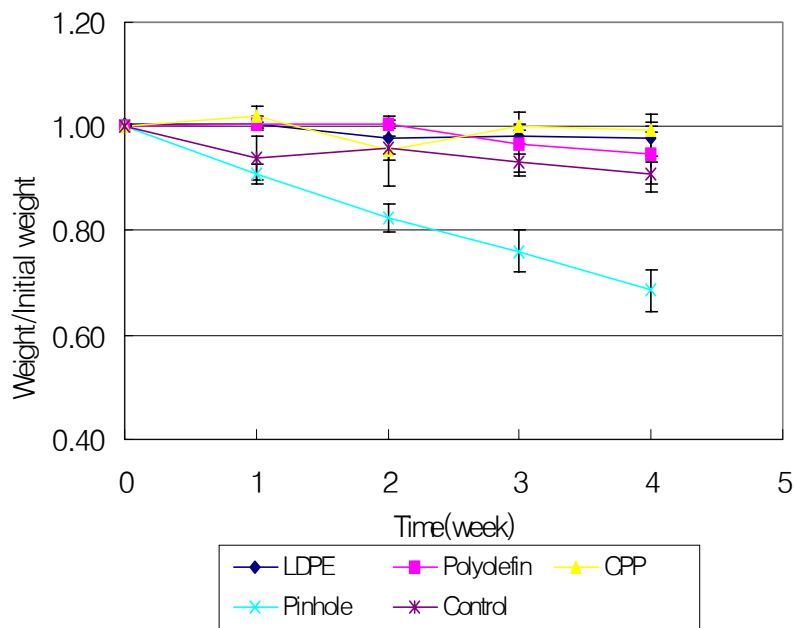


Fig. 3-18. Changes in weight ratio of the packaged heat-treated green onion stored at 10°C for 4 weeks. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

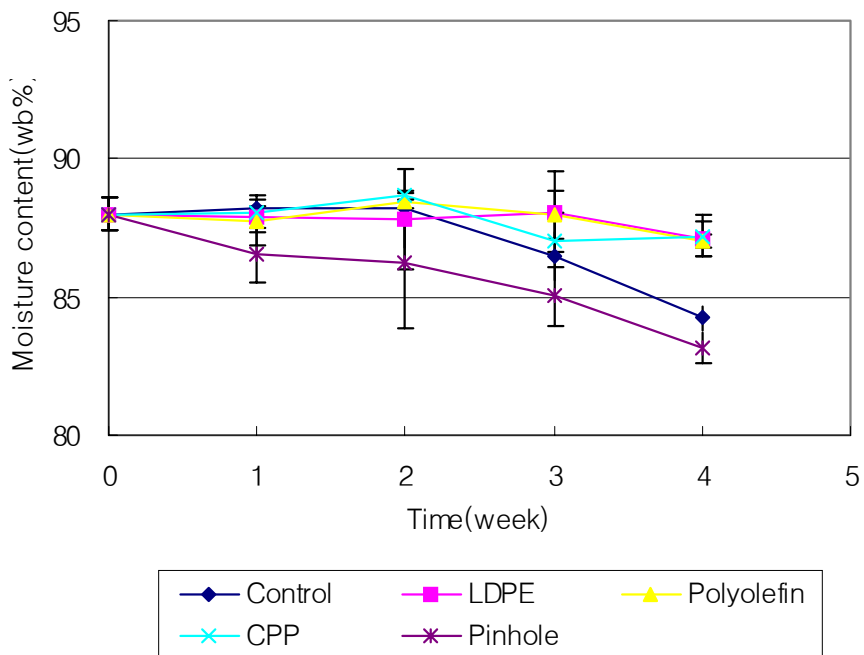


Fig. 3-19. Changes in moisture content of the packaged heat-treated green onion stored at 10°C for 4 weeks.

열처리와 비열처리한 대파를 포장하여 저장할 경우 저장기간에 따른 표면색도(L, a 및 b 값)의 변화를 Fig. 3-20에 나타내었다. 대파의 흰색의 뿌리 부분의 L 값은 전체 저장기간동안 포장재의 종류에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다. a 값은 편홍 포장과 대조구 포장의 경우 저장 중 약간 감소하였으나 나머지 포장에서는 저장기간동안 거의 일정한 값을 보였다. b 값은 전반적으로 저장 중 약간 증가하는 양상을 보였는데 특히 편홍 포장과 대조구 포장에서는 저장 4주의 경우 다른 밀폐 포장에 비해서 매우 높은 값을 나타내었다. 이는 통기성 포장의 경우 열처리 대파의 수분 감소로 인해 표면이 시들어서 흰 뿌리 부분의 색깔이 약간 갈색으로 변하고 있음을 보여 준다. 이러한 밀폐포장에서의 색택유지는 밀봉포장에 따른 수분증발의 억제와 MAP에 의한 엽록소 분해방지효과에 기인한 것으로 저농도 산소와 고농도 이산화탄소의 환경기체는 대부분의 과일, 채소류에 있어서 저장 중 색소 성분의 파괴를 상당히 억제하는 것으로 알려져 있다(48).

열처리 대파를 MAP 했을 때 저장기간 중 대파의 경도 변화는 Fig. 3-21과 같았다. 포장재의 종류에 관계없이 저장기간이 경과함에 따라서 대파의 흰 뿌리 부분의 경도는 감소하였다. 저장 2주부터 밀폐포장 대파의 경도와 통기성 포장 대파의 경도가 차이가 나기 시작하여 저장 4주에 이르러서는 밀폐포장에 비해서 통기성 포장 대파의 경도가 현저하게 낮게 나타났다. 이와 같은 현상은 통기성 포장에서 저장기간이 경과함에 따라서 수분이 증발하여 중량이 감소함에 따라 발생하는 것으로 판단된다.

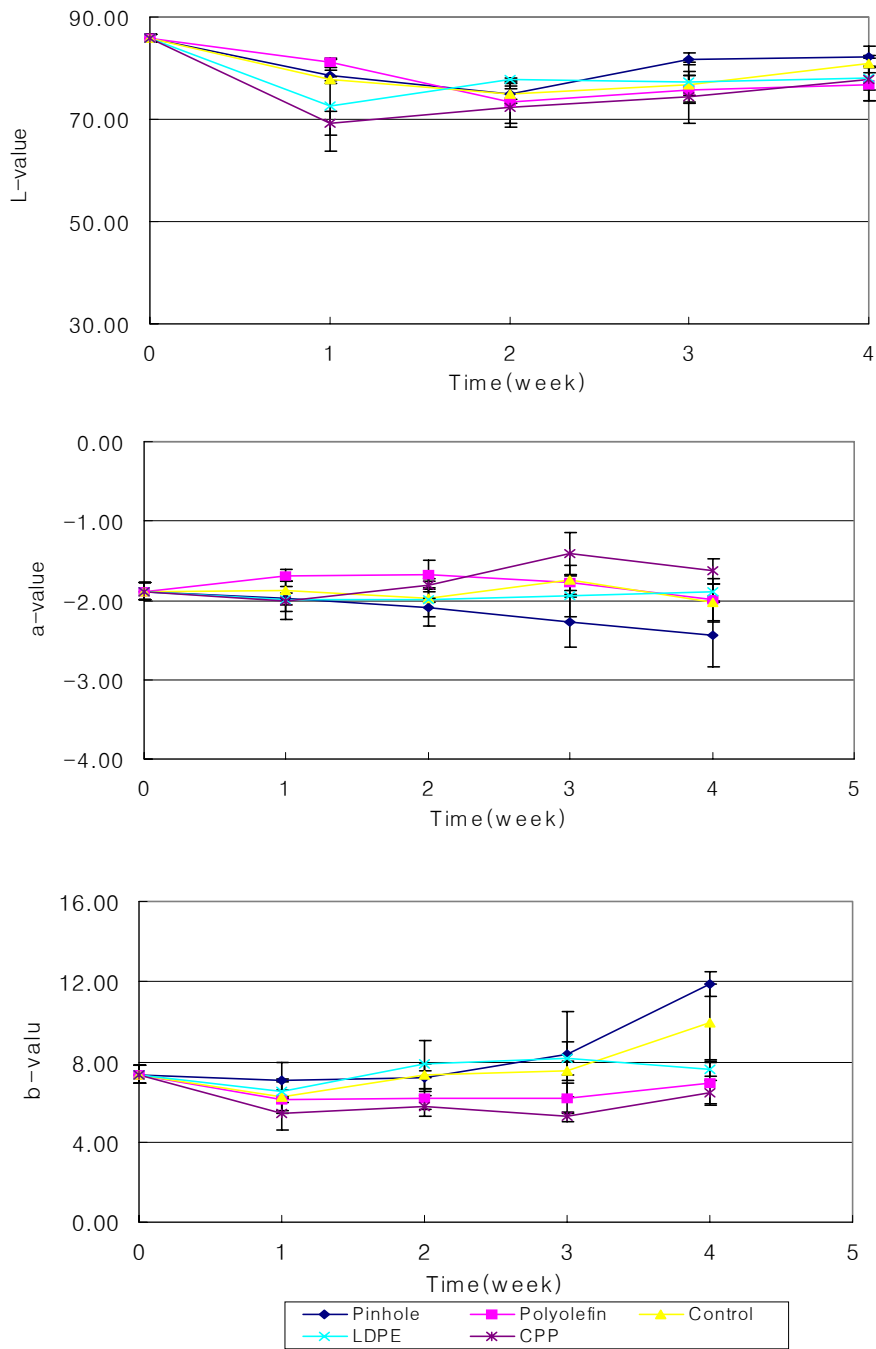


Fig. 3-20. Changes in Hunter color value of white bulbous parts of heat-treated(55 °C/2min) green onions packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks.

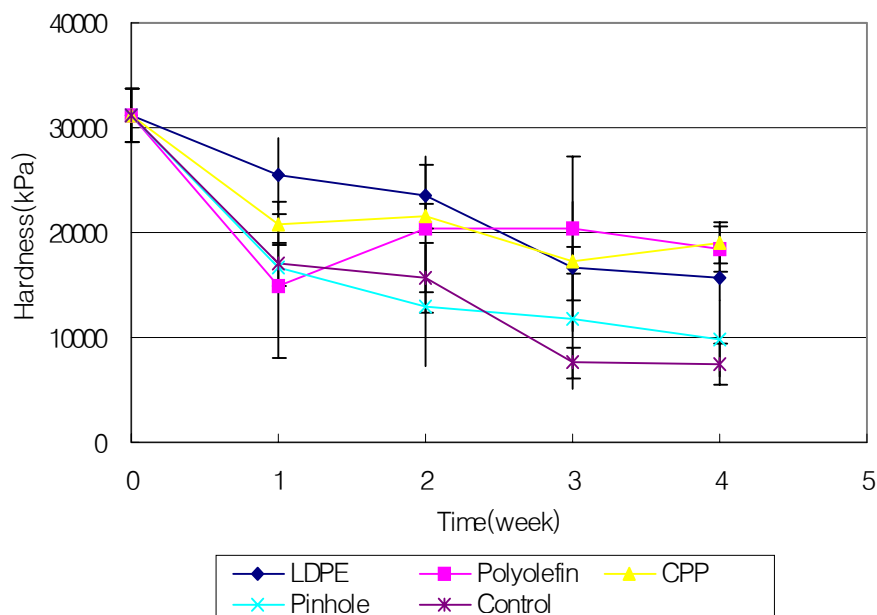


Fig. 3-21. Changes in hardness of white bulbous parts of heat-treated (55°C/2min) green onions packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks.

대파의 독특한 매운맛 성분의 원인이 되는 thiosulfinates 화합물로는 1-propanesulfonylthioic acid S-(Z)-propenyl ester, 1-propanesulfinothioic acid S-1-propyl ester와 methanesulfinothioic acid S-(Z)-propenyl ester가 있다(37). 열처리 대파의 MAP 중 대파의 독특한 매운 맛 성분의 변화를 보기 위해서 포장 필름을 달리했을 때 저장기간 동안 thiosulfinates의 함량의 변화를 측정하였다 (Fig. 3-22). 포장재의 종류에 관계없이 저장기간이 경과할수록 thiosulfinates의 함량은 조금씩 증가하는 양상을 나타내었다. 저장 4주에서 통기성 포장인 대조구와 핀홀 포장에 포장한 대파의 thiosulfinates의 함량이 조금 높게 나타났으나 유의적인 차이를 나타내지는 못하였다. 이 결과에서 포장방법이 저장 중 대파의 thiosulfinate 함량의 변화에 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 이는 대파의 저장성 향상을 위하여 수행하는 온화한 열처리 조건에서는 열처리가 대파의 thiosulfinate 함량의 변화에 영향을 주지 못한다는 Hong 등(37)의 연구결과와 유사한 현상으로 볼 수 있다.

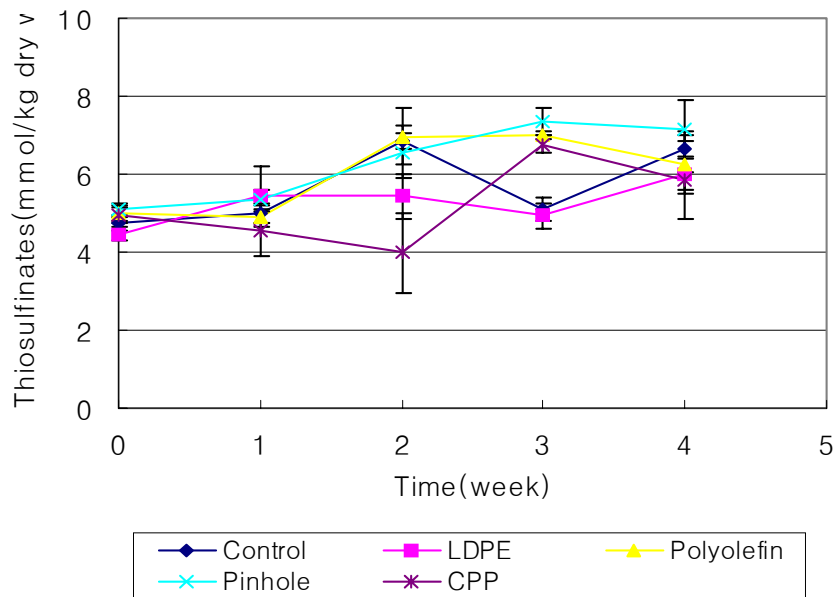


Fig. 3-23. Changes in thiosulfinates of heat-treated (55°C/2min) green onions packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks.

MAP 저장 중 열처리 대파의 관능적 품질 중 잎 상함(Fig. 3-24)과 발근 (Table 3-4) 현상을 관찰하였다. 열처리 대파를 밀폐 포장재에 포장한 경우가 대조구와 핀홀 포장과 같은 통기성 포장재에 포장하여 저장할 때에 비해서 잎이 상하는 정도가 적게 나타났다. 특히 핀홀 포장에 저장할 경우는 저장 2주 쯤 거의 모든 대파의 잎이 말라서 외관으로 보기에 심한 품질 결함을 나타내었다. 밀폐 포장재 중 LDPE에 포장한 경우는 저장 4주 저장대파의 약 83% 정도에서 잎이 상하는 현상이 나타났다. LDPE 포장에서는 핀홀 포장에서의 잎 마름과 달리 잎이 짓물러지는 현상이 관찰되었다. 포장재 내부의 이산화탄소 농도가 가장 높은 CPP 포장재로 포장할 경우 와 열처리 대파의 잎 손상이 가장 적게 나타났다. 열처리 대파의 MAP 중 발근은 통기성 밀폐포장의 경우가 통기성 포장에서보다 더 많이 발생하였다. 핀홀 포장에 포장한 경우는 초기부터 수분감량의 많이 일어나서 대파가 마르기 시작한 결과로 저장 4주까지 전혀 뿌리가 발생하지 않고 내리지 않았다. 밀폐 포장재 중 포장내부의 이산화탄소 농도가 가장 높게 유지되는 CPP에 포장한 대파에서만 발근이 거의 일어나지 않았다. 이 결과에서 포장 내부의 고농도 이산화탄소가 대파의 발근 억제에 영향을 미침을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는

저농도 산소/고농도 이산화탄소 환경에서 양파나 고구마의 맹아(sprouting), 대파의 발근과 고구마의 주피(periderm) 형성 등과 같은 생육현상이 억제된다는 보고 내용과 일치한다. 저농도 산소/고농도 이산화탄소 환경에서 식물의 생육현상이 억제되는 것은 이 환경에서 식물의 생육과 관련된 효소가 불활성화되고 생육에 필요한 에너지가 제한되기 때문이다(49).

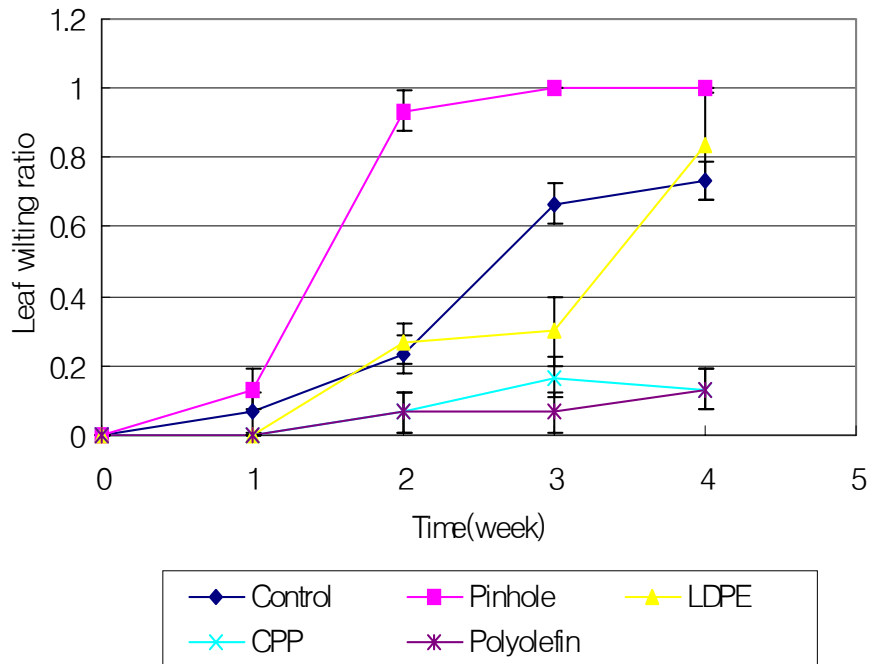


Fig. 3-24 Leaf wilting ratio of heat-treated (55°C/2min) green onions packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks. Leaf wilting ratio is number of leaf wilted green onion/total number of green onion.

대파를 MAP 저장할 경우 모든 포장에서 저장 3주까지는 시장품질의 최저한계 점 (hedonic score 5)은 유지할 수 있었는데, 밀폐포장으로 저장한 대파의 품질이 통기성 포장의 것보다 우수하게 나타났다. 핀홀 포장과 대조구 포장의 경우는 표면에 구멍이 뚫려 있어서 포장 내부의 기체 조성이 대기 조성과의 거의 같을 뿐만 아니라 포장된 풋고추의 수분증발이 급격하게 일어나서 외형적 품질 손상이 일어난 것으로 볼 수 있다. 또한 밀폐포장한 대파의 경우는 포장 내부의 이산화탄소 농도가 대파의 관능적 품질에 영향을 미칠 수 있었다. 같은 밀폐포장의 경우에도 포장재에 따라서 품질이 달라지는 것은 포장재의 기체 및 수증기 투과도와

연관이 있는 것으로 판단된다. 밀폐된 포장재 중 이산화탄소 투과도가 가장 낮아서 포장 내부의 이산화탄소 농도가 가장 높은 CPP 포장구의 경우는 저장 4주에서도 관능적 품질 값이 6.3을 나타내 시장품질의 최저한계점 이상을 보였다. 그러나 포장 내부의 이산화탄소 농도가 CPP보다 상대적으로 낮은 LDPE와 polyolefin 필름으로 밀폐 포장한 대파의 품질 값은 3부근으로 아주 낮은 값을 보였다. 이 결과는 이산화탄소 농도가 높은 환경으로 저장한 과일과 채소류는 저장 중 호흡활동 등의 생리현상이 억제되고 노화에 관여하는 효소가 불활성화 되므로 저장성이 길어진다고 보고한 Kader 등의 연구 결과와 일치한다(49).

Table 3-4 Rooting ratio<sup>1)</sup> of heat-treated (55°C/2min) green onions packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks.

Time (week)	Control	Pinhole	LDPE	CPP	Polyolefin
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
2	0.30±0.10	0.00±0.00	0.28±0.09	0.00±0.00	0.00±0.00
3	0.00±0.00	0.00±0.00	0.45±0.15	0.00±0.00	0.00±0.00
4	0.50±0.10	0.00±0.00	0.80±0.17	0.14±0.06	0.53±0.12

<sup>1)</sup>Rooting ratio is number of rooting green onion/total number of green onion.

Table 3-5. Sensory properties of heat-treated (55°C/2min) green onion in different films during storage at 10 °C for 4 weeks.

Time(week)	Overall hedonic scale				
	Control	Pinhole	Polyolefin	LDPE	CPP
0	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a	9.0±0.0a
1	9.0±0.0a	8.6±0.0a	9.0±0.0a	8.8±0.8a	9.0±0.0a
2	7.6±0.4a	6.0±0.6b	7.4±0.8a	8.0±0.8a	8.2±0.7a
3	5.2±0.7b	5.0±0.6b	5.8±0.5b	6.0±0.7b	8.0±0.6a
4	3.5±0.4b	2.5±0.5b	3.0±0.6b	3.5±0.8b	6.3±0.7a

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.



이상의 결과를 종합할 때 대파를 적절한 조건으로 열처리한 후 MAP를 할 경우는 포장재의 이산화탄소 투과도가 가장 낮아서 포장 내부의 이산화탄소 농도가 가장 높게 유지되는 CPP 필름으로 포장하는 것이 열처리 대파의 품질을 우수하게 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다.

## 2. 열처리 대파의 CA 저장 실험

### 가. CA 저장 중 저장 용기 내부의 기체조성

저장용기 내부를 미리 조성해 둔 혼합기체로 대파의 CA 저장에 적합한 기체 조성인 산소 0.5%와 이산화탄소 8%(37)로 설정한 후 저장 용기에 대파를 690g 정도를 담고 밀봉하였다. 저장 중 대파의 호흡에 의해서 변하는 저장 용기 내부의 기체조성은 매일 한 번씩 보정해 주었다. CA 저장 용기 내부의 산소 및 이산화탄소 농도는 설정농도 $\pm$ 1.0% 정도의 오차로 조절되었다. 열처리 대파의 CA 저장 효과를 검토하기 위한 대조구 용기 내부의 산소농도는 19% 정도로 일반 대기 조성보다 다소 낮았고 이산화탄소 농도 0.3% 정도로 일반 대기 조성보다는 다소 높게 나타났다(Fig. 3-25). 이는 대조구 저장 용기의 배기구 크기가 작았고 저장 중 대파의 호흡 때문으로 보인다.

### 나. 열처리 대파의 CA 저장 중 품질 변화

열처리 및 비열처리한 대파를 미리 제작한 CA 저장 용기에 넣고 4주 동안 저장하면서 저장 중 중량감소와 수분함량의 변화를 측정하였다.(Fig. 3-26, Fig. 3-27) 대파의 CA 저장 중 중량은 저장기간이 경과함에 따라서 서서히 감소하였는데 저장 3주까지는 감소폭이 약 5%이내였는데 저장 4주에는 약 10% 이상 중량이 감소하였다. 그 중 열처리한 대파를 일반대기 중에 저장하였을 경우 감소 폭이 가장 크게 나타났다. CA 저장구보다 일반대기에 저장한 대파의 중량감소가 더 일어난 것은 열처리 풋고추의 저장에서와 마찬가지로 대파를 일반대기 중에 저장하면 CA 조건에 저장할 때보다 호흡 및 증산 속도가 더 크기 때문으로 볼 수 있다.

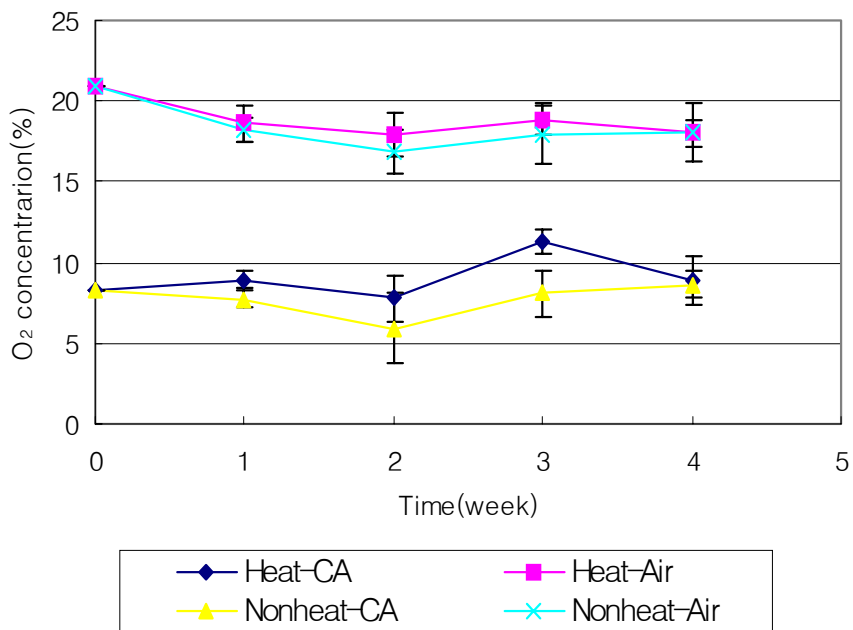
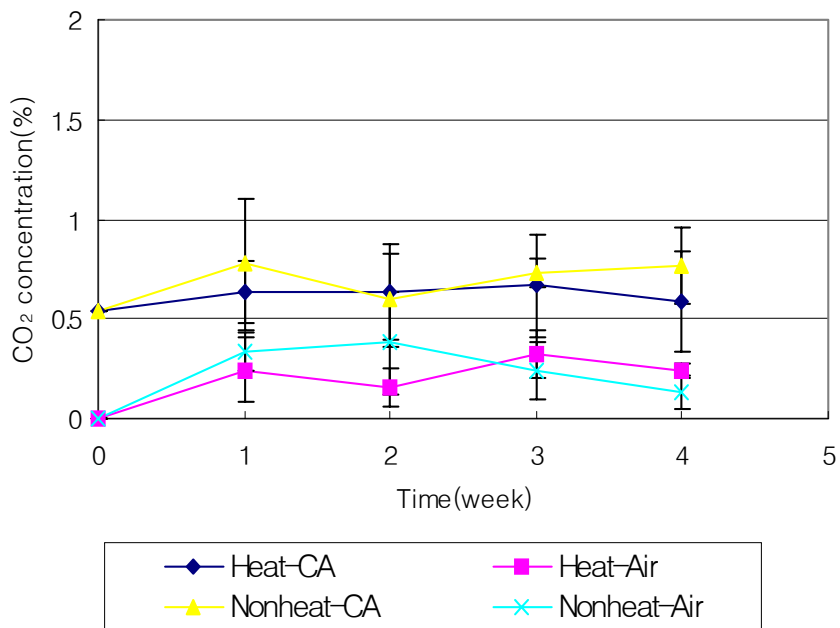


Fig. 3-25. Changes in gas composition in the controlled atmosphere chamber of approximately 300g heat-treated green onion stored at 10°C for 4 weeks.

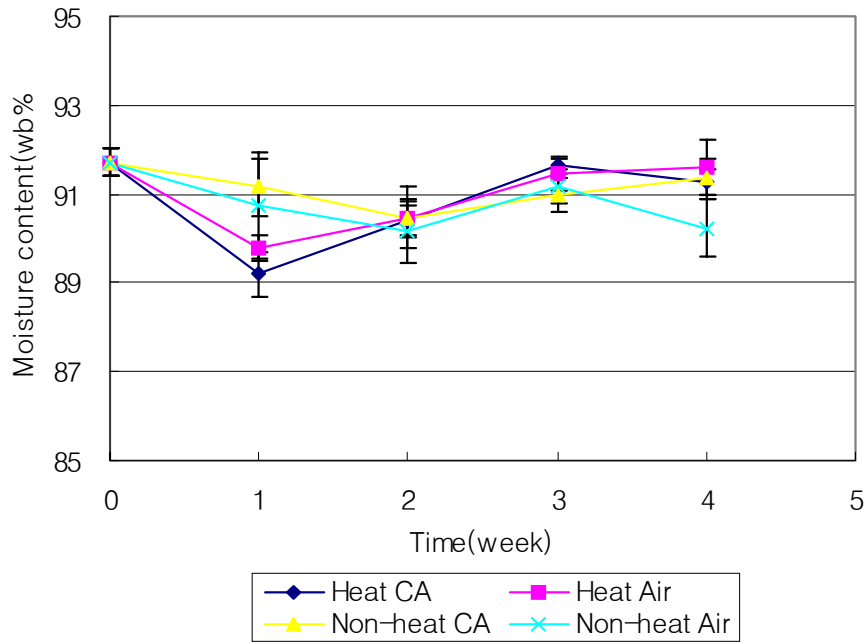


Fig. 3-26. Changes in moisture content of heat-treated green onion stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 4 weeks.

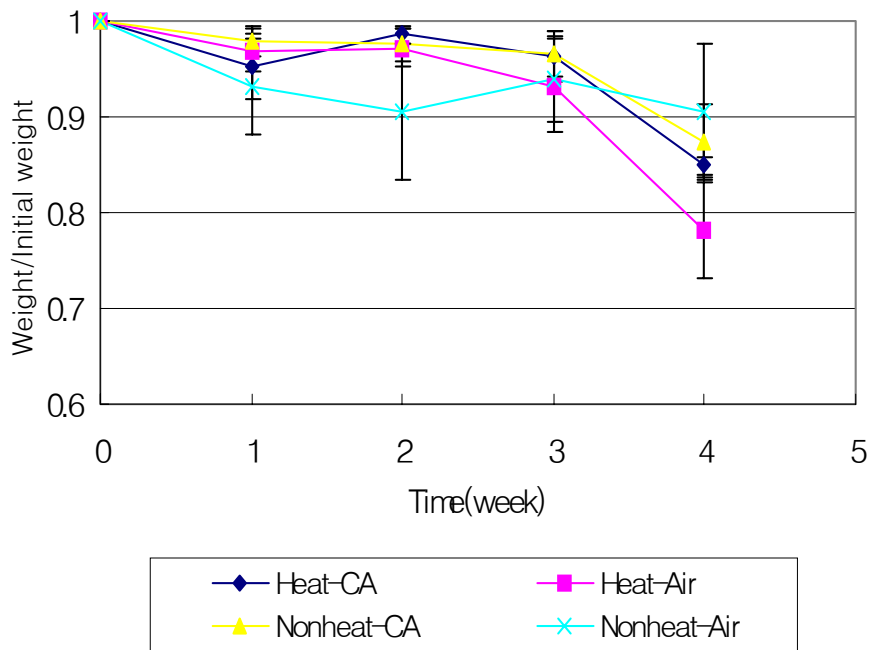


Fig. 3-27. Changes in weight ratio of heat-treated green onion stored in air and controlled atmosphere at 10°C for 4 weeks.

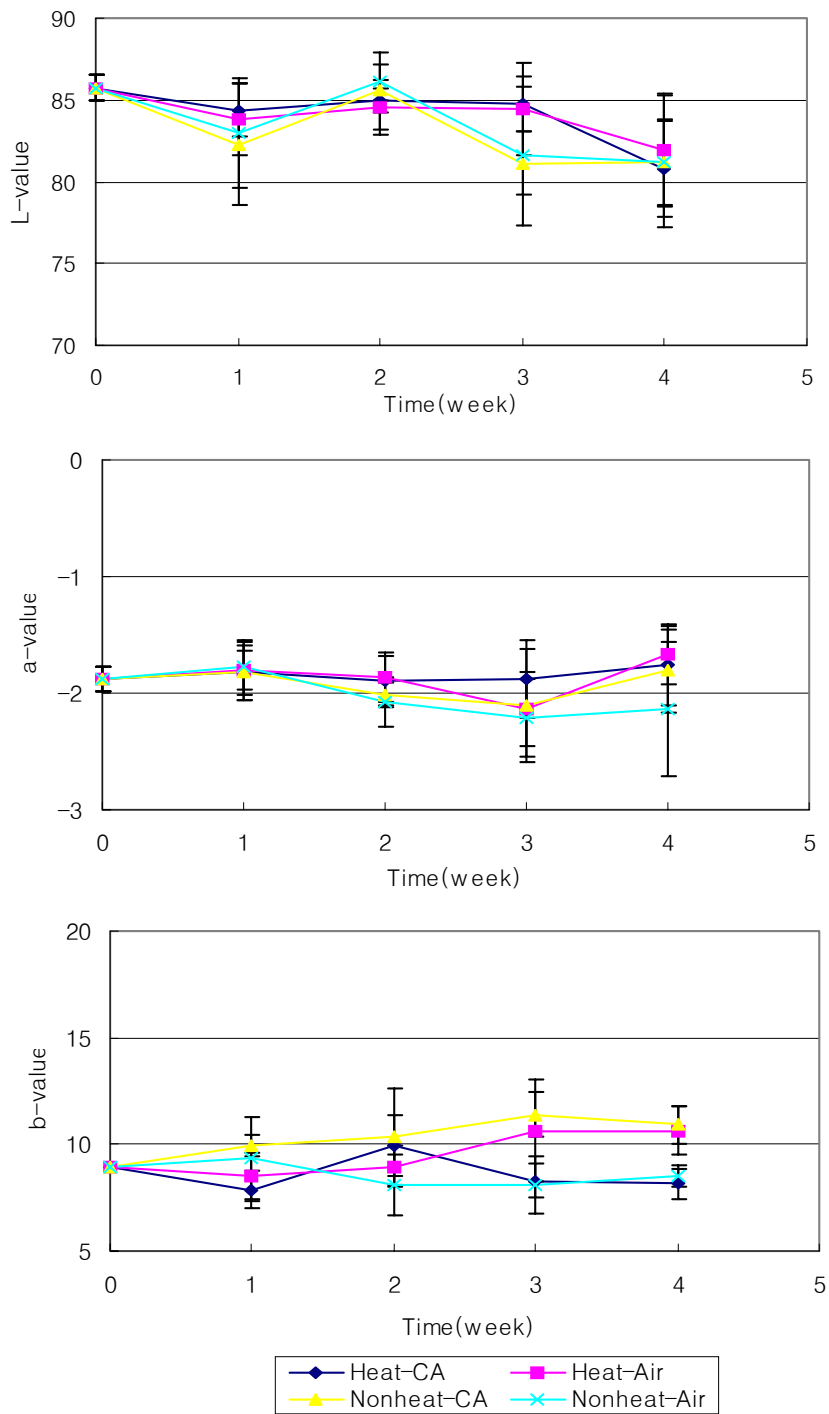


Fig. 3-28. Changes in color surface of the heat-treated green onion stored in air and controlled atmosphere at 10 °C for 4 weeks.

CA 저장 중 열처리 대파의 표면색도는 Fig. 3-28에 나타낸 것처럼 L 값은 저장 중 서서히 감소하는 경향을 보였고 a 값과 b 값은 거의 일정하였다. CA 저장과 대조구 사이에 유의적인 색상의 차이는 나타내지 않았다. 저장 중 열처리 대파의 독특한 매운맛 성분인 thiosulfinates 함량의 변화는 저장기간이 경과함에 따라서 조금씩 감소하였는데 같은 저장 방법인 경우는 열처리한 대파의 thiosulfinates 함량이 비열처리구의 값에 비해서 낮게 나타났다(Fig. 3-29). 이와 같은 현상은 대파를 가열하게 되면 대파의 독특한 냄새 성분인 alk(en)yl cysteine sulfoxide 전구체 생성에 관여하는 효소가 불활성화되므로 비열처리구에 비해서 thiosulfinates의 함량이 감소한다는 연구보고와 같은 맥락으로 이해할 수 있다(37).

열처리한 대파와 비열처리한 대파를 CA 및 일반 대기에서 4주 동안 저장하였을 때 저장 중 대파의 관능적인 품질 변화는 Fig. 3-30과 같았다. 저장 기간 중 모든 시험구에서 관능적 품질은 계속 감소하였으나 일반대기조성에 저장한 경우보다 CA 저장한 대파가 우수한 품질을 나타내었다. 열처리한 대파를 3주 동안 저장할 때 CA 저장구의 경우는 저장 3주에도 품질이 우수(overall hedonic scale 6 이상)하였으나 일반대기에 저장한 대파는 품질 값이 4이하로 떨어져 시장품질의 최저한계 이하 값을 나타내었다. 이상의 결과에서 대파를 열처리한 후 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장을 하면 비열처리 대파를 일반 저장하는 것보다 저장성이 높아짐을 알 수 있었다.

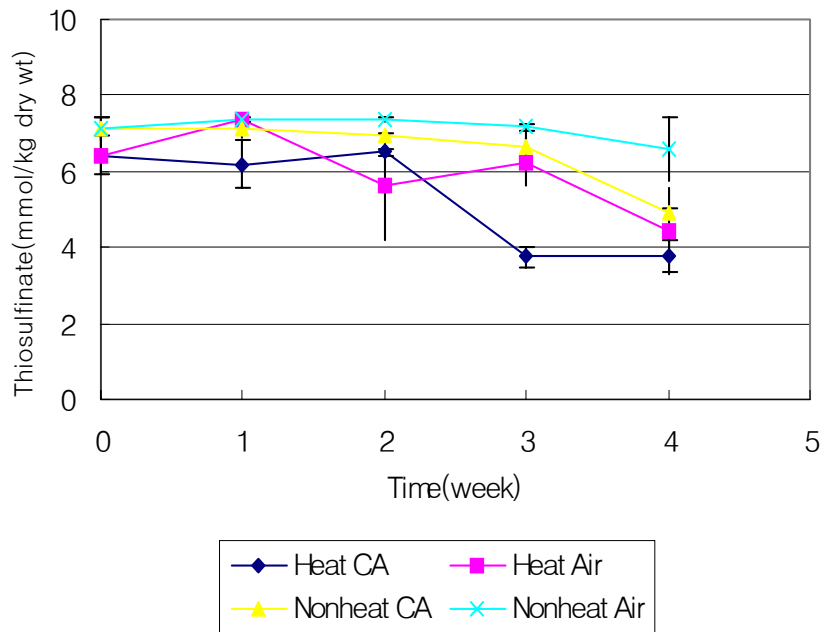


Fig. 3-29. Changes in thiosulfates concentration of the heat-treated green onion stored in air and controlled atmosphere at 10 °C for 4 weeks.

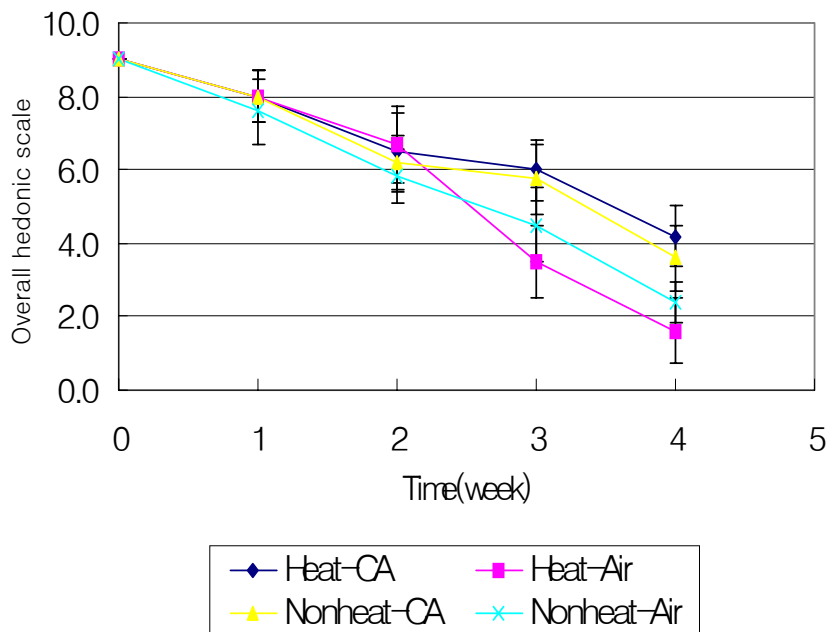


Table 3-30. Sensory properties of heat-treated (55°C/2min) green onion stored in air and controlled atmosphere at 10 °C for 4 weeks.

## 5. 열처리 깻잎의 MAP 저장 실험

### 가. MAP 저장 중 포장 내부의 기체조성

열처리한 깻잎을 기체투과도가 각각 다른 LDPE, CPP, polyolefin, 핀홀 필름과 플라스틱 필름 백에 직경 7.0±1.0 mm의 구멍을 12개 뚫은 대조구의 필름에 포장을 했을 때 포장내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변화는 Fig. 3-31과 같게 나타났다. 핀홀 포장 내부의 기체조성은 풋고추나 대파를 저장할 때와는 다른 양상을 나타내었다. 저장 기간 동안 산소는 17% 수준으로 다른 채소 포장 때보다 낮았으며, 이산화탄소는 3% 수준으로 polyolefin 포장재 내부의 농도와 비슷하여 다른 채소를 포장할 때보다 높게 나타났다. 포장내부의 이산화탄소 농도는 필름의 이산화탄소 투과도가 가장 낮은 CPP 필름에서 10~13%로 가장 높았으며 그 다음 LDPE, polyolefin 필름 포장의 순서로 나타났다. 저장 중 포장 내부의 산소농도는 밀폐 포장 중에는 polyolefin 필름 포장에서 가장 높게 나타나 6~8%의 수준을 유지하였다.

### 나. 열처리 깻잎의 MAP 저장 중 품질 변화

기체 투과도가 각각 다른 플라스틱 필름에 한 묶음이 70g 정도되는 열처리 깻잎 세 묶음을 넣고 포장하여 10℃에서 저장할 때 열처리 깻잎의 저장 중 중량변화와 저장기간에 따른 수분함량의 변화를 측정하였다. 열처리 깻잎의 중량감소(Fig. 3-32)는 풋고추나 대파와 유사한 경향을 나타내어 밀폐포장보다 통기성 포장에서 중량감소가 심하게 일어났다. 그러나 깻잎은 대파나 풋고추에 비하여 단위 중량 당 표면적이 넓어서 수분감소 속도가 매우 크게 나타났다. 대파의 대조구는 저장 2주에 5% 정도의 중량감소가 일어난 것에 비해 깻잎은 저장 5일만에 20% 정도의 감량이 일어났다. 열처리 유무가 깻잎의 수분함량 감소에 유의적인 영향은 주지 못하였다.

MAP 중 깻잎의 L 값(Fig. 3-33)은 열처리유무에 관계없이 저장기간에 따라서 증가하는 경향을 나타내었으며, 열처리구의 L 값이 비열처리 깻잎보다 약간 높게 나타났다. a 값(Fig. 3-34)과 b 값(Fig. 3-35)은 열처리유무에 관계없이 저장 기간 중 매우 심한 변화를 나타내었다. a 값은 포장 내부의 이산화탄소 농도가 높은 CPP 포장의 경우 저장 15일까지는 계속해서 증가하다가 저장 21일째 급격하게 감소하였다. b 값 역시 CPP 포장에서 변화가 가장 크게 나타났다. 이와 같은 현상은 깻잎이 고농도의 이산화탄소에 의해서 장해가 일어나 조직이 짓물러져서 표면의 색도에 급격한 변화가 일어났기 때문으로 판단된다. 깻잎을 CPP에 포장하면

저장 중 포장 내부의 이산화탄소 농도가 10%이상을 유지하게 된다.

열처리한 깻잎의 저장 중 표면 갈변율의 변화는 Fig. 3-36과 같았다. 열처리한 깻잎을 CPP 포장할 경우 저장 5일만에 전체 깻잎의 표면에 갈변이 일어났으며 polyolefin 필름 포장 역시 저장 5일만에 80% 정도 깻잎에서 갈변이 일어났다. LDPE로 포장한 깻잎에서 갈변이 비교적 적게 관찰되었으나 저장 10일만에 10% 이상의 깻잎에서 갈변이 일어났다. 열처리 MAP 깻잎의 관능적 품질은 Table 3-6에 나타낸 바와 같이 저장 5일까지는 전체 처리구가 시장 품질을 유지하고 있었으나 저장 10일에는 CPP와 polyolefin 필름 포장에 저장한 깻잎에는 이미 심한 품질 열화가 일어났다. 저장 15일에는 LDPE를 제외한 포장재에 포장된 깻잎이 상품적 가치를 잃었다. 이상의 결과에서 깻잎을 MAP 포장하는 것은 열처리 깻잎의 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다.



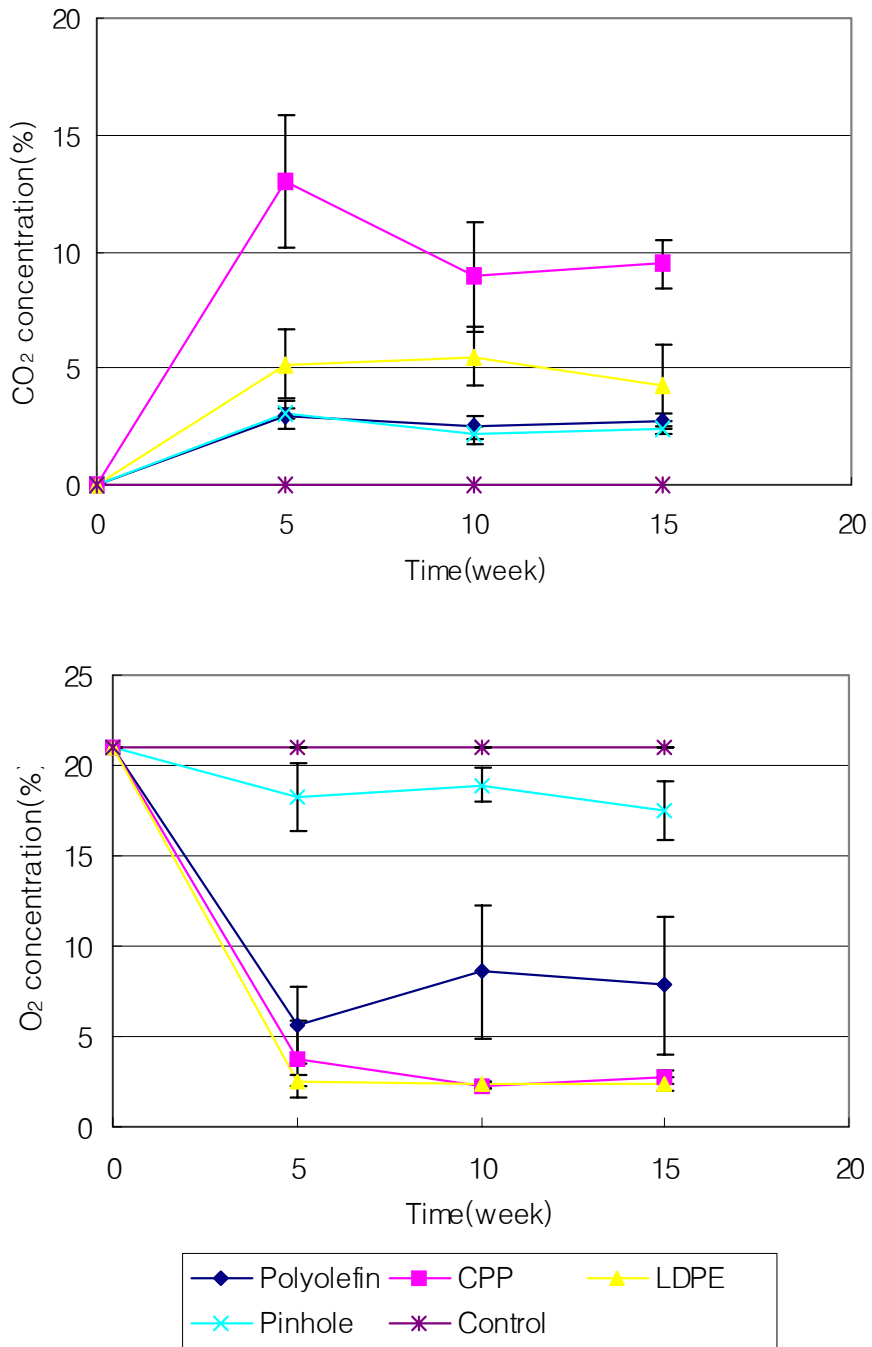
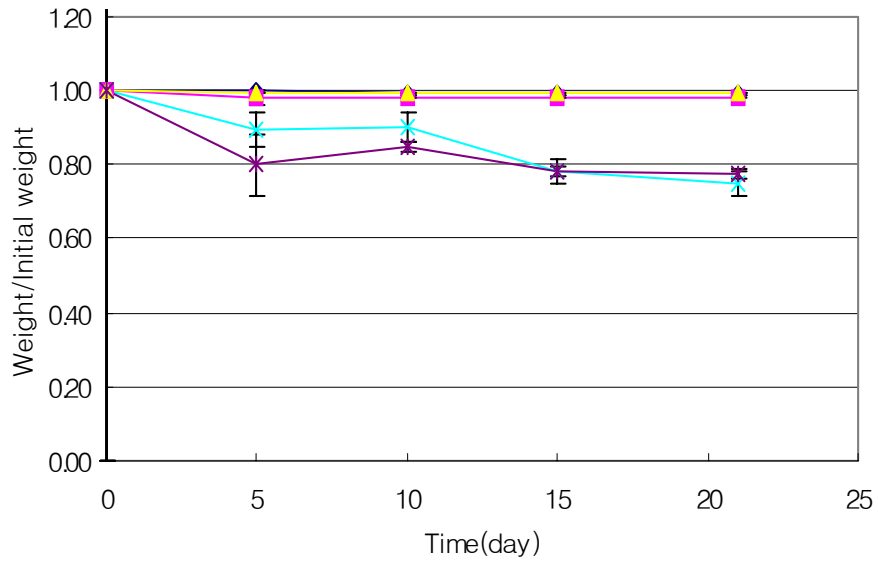
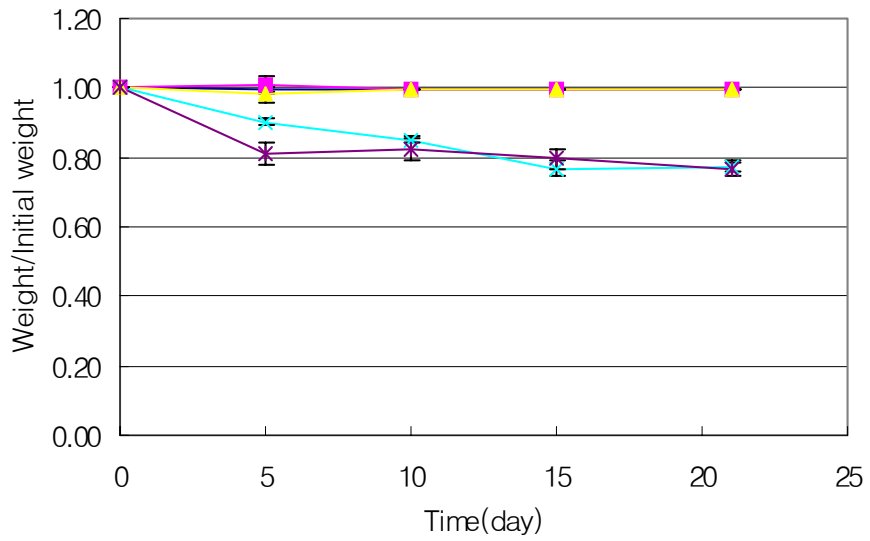


Fig. 3-31. Changes in gas composition inside packages of heat-treated perilla leaf stored at 10°C for 15 days.



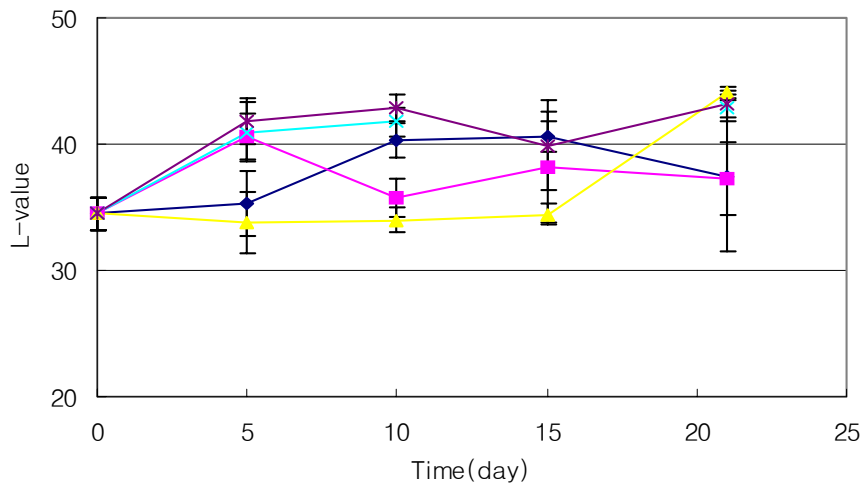
(a) Heat treatment



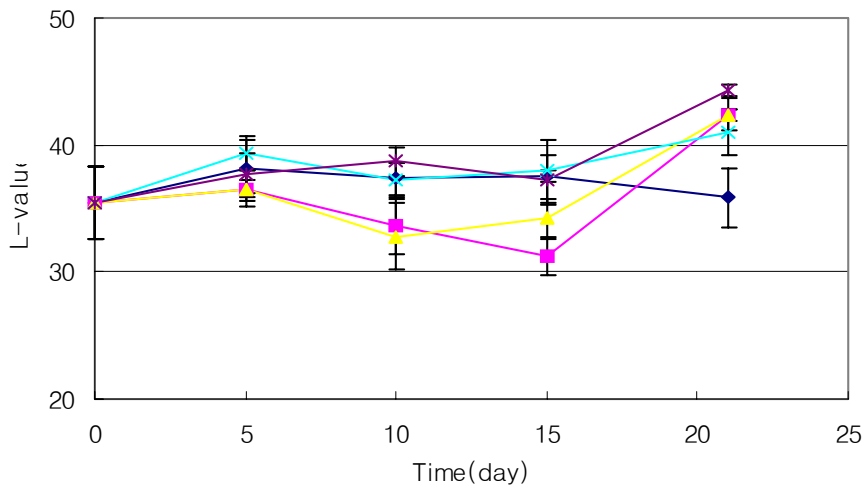
(b) Non-heat treatment



Fig. 3-32. Effect of heat treatment(50°C/5s) on the changes in weight ratio of the packaged heat-treated perilla leaf stored at 10°C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.



(a) Heat treatment



(b) Non-heat treatment

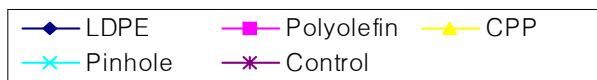
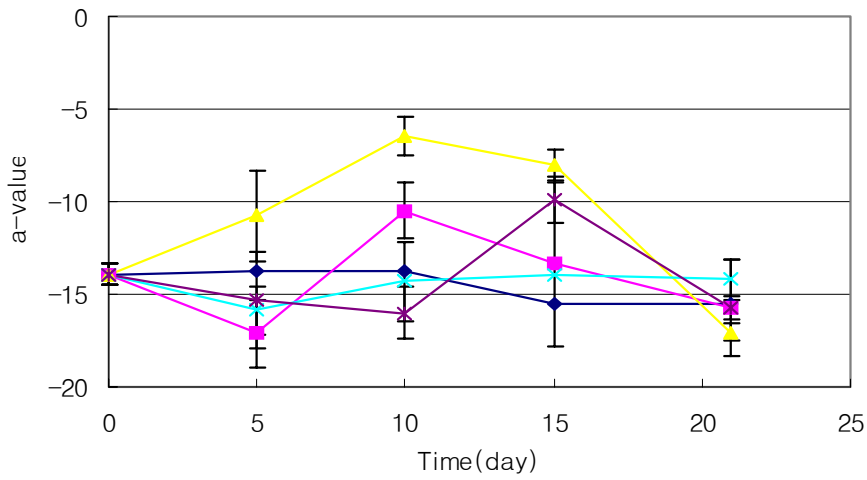
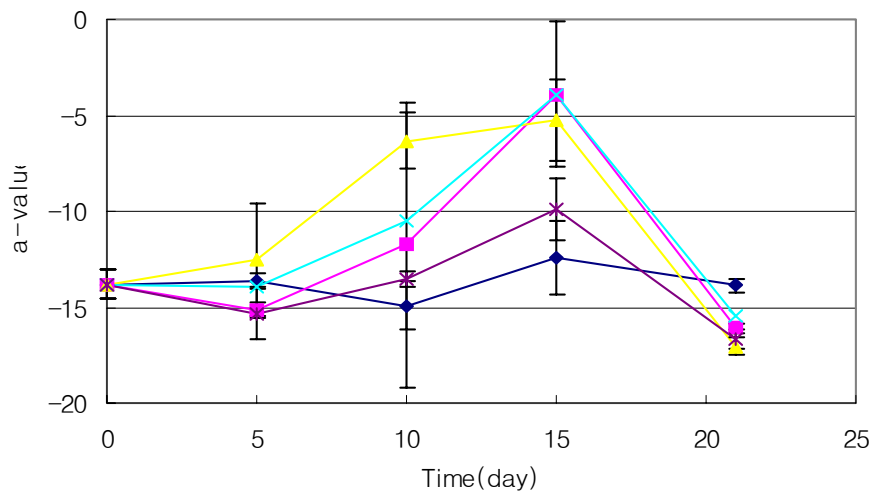


Fig. 3-33. Effect of heat treatment(50°C/5s) on the changes in L-value of the packaged perilla leaf stored at 10 °C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.



(a) Heat treatment



(b) Non-heat treatment

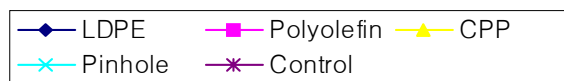
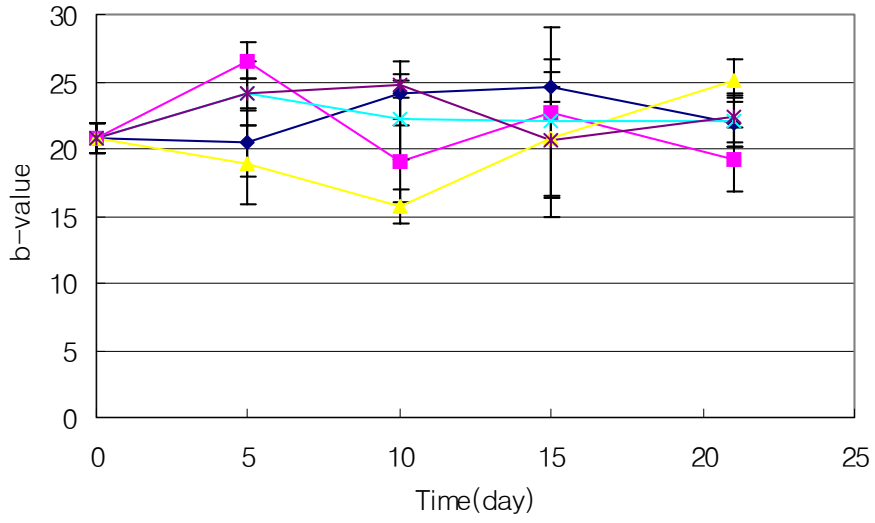
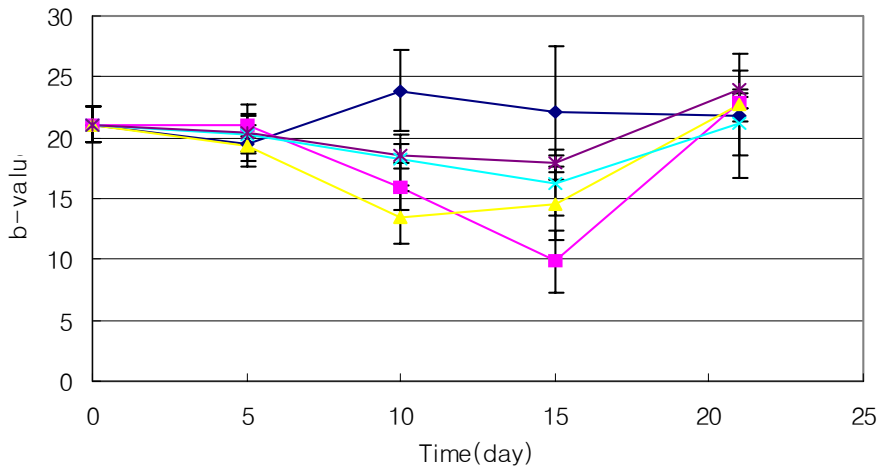


Fig. 3-34. Effect of heat treatment(50°C/5s) on the changes in a-value of the packaged perilla leaf stored at 10 °C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.



(a) Heat treatment



(b) Non-heat treatment

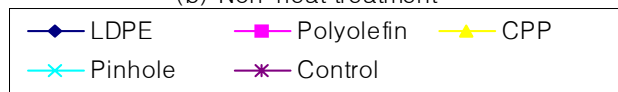


Fig. 3-35. Effect of heat treatment(50°C/5s) on the changes in b-value of the packaged perilla leaf stored at 10 °C for 21 days. Data are averages of 3 replications of 10 pepper±std. deviation.

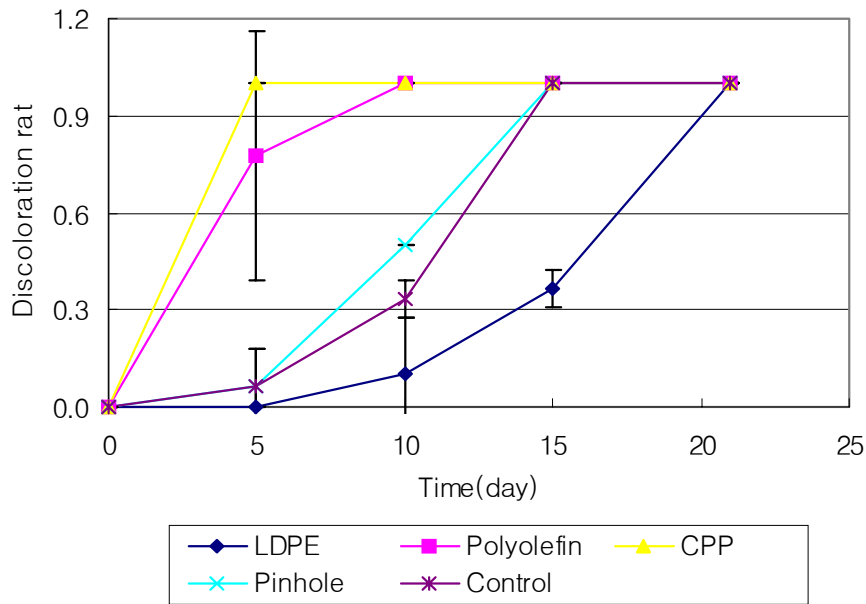


Fig. 3-24 Discoloration ratio of heat-treated (55°C/2min) perilla leaf packaged in different films during storage at 10 °C for 4 weeks. Discoloration ratio is number of leaf discolored perilla leaf/total number of perilla leaf.

Table 3-6. Effect of MAP on sensory properties of heat-treated perilla leaf which was stored at 10°C for 21 days

Time (day)	Overall hedonic scale <sup>1)</sup>				
	Control	LDPE	CPP	Polyolefin	Pinhole
0	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>	9.0±0.0 <sup>a</sup>
5	7.3±0.7 <sup>ba</sup>	8.5±0.6 <sup>a</sup>	7.5±0.9 <sup>ba</sup>	7.8±0.6 <sup>ba</sup>	7.3±0.6 <sup>b</sup>
10	6.3±0.5 <sup>b</sup>	7.5±0.8 <sup>a</sup>	2.8±0.4 <sup>c</sup>	4.0±0.8 <sup>c</sup>	6.0±0.6 <sup>b</sup>
15	3.0±0.6 <sup>b</sup>	5.3±0.8 <sup>a</sup>	1.8±0.5 <sup>c</sup>	1.3±0.5 <sup>c</sup>	3.3±0.6 <sup>b</sup>
21	1.5±0.6 <sup>b</sup>	4.0±0.8 <sup>a</sup>	1.0±0.0 <sup>b</sup>	1.0±0.0 <sup>b</sup>	1.3±0.5 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation, 9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor. Different superscript letters in a row indicate significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

## 제4절 결론

풋고추, 대파 및 깻잎의 적정 열처리 조건으로 해당 채소를 열처리한 후 이들을 CA 및 MAP 저장을 수행하여 열처리 채소의 CA 및 MAP 가능성을 검토하고 적정 조건을 구명하는 실험을 수행하였다.

풋고추의 MAP는 열처리 풋고추 150 g을 LDPE, polyolefin, CPP, 핀홀 필름과 대조구에 포장하여 열접착한 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 저장하였다. 열처리한 풋고추의 호흡속도가 비열처리한 풋고추에 비해서 높게 나타났으며, MAP에서 포장내부의 산소 및 이산화탄소 농도의 변화는 CPP 필름 내부의 이산화탄소 농도가 6.2~7.6%로 가장 높게 나타났다. 그러나 이 농도에서 풋고추 과육에 장해 증상이 나타났다. 열처리 풋고추를 밀폐포장에 포장하였을 때 중량과 수분함량 모두 저장 4주 동안에 2%정도만 감소하였으나 대조구와 핀홀 필름에서는 약 20%의 감소를 나타내 보였다. 풋고추의 L 값은 열처리유무에 관계없이 저장기간에 따라서 약간 감소하는 경향을 나타내었다. CPP 포장 풋고추의 a 값이 가장 크게 증가하였다. 풋고추의 경도는 열처리구에 비해서 비열처리구에서 저장기간에 따라서 현저하게 감소하였다. 이는 열처리에 의해서 과채류의 세포벽을 붕괴시켜서 조직 연화를 일으키는 효소가 불활성화되어서 과채류의 경화가 지연되고 경도가 높아졌기 때문으로 판단된다. 저장 중 열처리 풋고추의 ascorbic acid 함량의 변화는 저장기간이 경과함에 따라서 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었으나 열처리구와 비열처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 포장재에 따라서 달랐는데 CPP 포장 풋고추에서 가장 높았으며 LDPE 포장의 경우 가장 낮은 값을 보였다. MAP 풋고추의 부패율과 관능적 품질을 종합해 볼 때 저장 3주부터 polyolefin, 핀홀 필름과 대조구에 포장했을 경우 50% 이상이 품질 손상을 나타내었다. CPP로 포장한 경우는 저장 2주까지는 아주 우수한 품질을 유지하였으나 그 이후에 이산화탄소 장해로 추정되는 품질 결함이 일어났다. LDPE로 포장한 풋고추는 저장 4주까지 우수한 품질을 유지하고 있었다. 이상의 결과에서 열처리 풋고추를 포장하여 저장할 경우 2주 이내의 단기 저장을 할 때는 CPP, 4주 정도의 장기 저장을 할 경우는 LDPE를 포장재로 선택하는 것이 우수한 품질을 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다.

풋고추 150g 정도를 플라스틱 그릇을 이용하여 만든 CA 저장 용기에 용기 내부의 기체를 2% O<sub>2</sub> + 1% CO<sub>2</sub>로 조성하여 CA 저장을 수행하였다. 열처리 풋고추

를 CA 저장하게 되면 호흡과 증산의 억제로 일반대기에서 저장하였을 때보다 중량감소는 적게 일어났다. 풋고추의 색상과 ascorbic acid 함량 CA 저장구와 대조구 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. Capsaicin과 dihydrocapsaicin 농도는 CA 저장한 경우가 일반대기에서 저장한 경우보다 매운맛 성분의 농도가 낮게 나타났다. CA 저장 풋고추의 관능적인 품질은 일반대기조성에 저장한 경우보다 우수하였다. 이상의 결과로 열처리 풋고추를 2% O<sub>2</sub> + 1% CO<sub>2</sub>의 CA 저장하면 일반대기저장보다 우수한 품질을 유지시켜줄 수 있었다.

대파의 MAP는 열처리 대파 300 g을 LDPE, polyolefin, CPP, 핀홀 필름과 대조구에 포장하여 열접착한 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 저장하였다. 열처리가 대파의 호흡속도에 큰 영향을 미치지 못하는 못하였다. 포장내부의 이산화탄소 농도는 풋고추에서와 마찬가지로 CPP 필름의 경우가 6.7~8.7%로 가장 높았다. 열처리 풋고추 대파의 중량감소는 밀폐포장에서보다 통기성 포장에서 더 많이 발생하였다. 표면색도와 경도는 열처리 유무와는 상관관계가 없었으나 밀폐포장에서보다 통기성 포장에서 변화가 심하게 일어났다. Thiosulfinates 함량은 포장방법에 따라서 유의적인 차이는 없었다. MAP 중 대파의 잎 상함, 발근 등의 외관적인 품질은 포장 내부의 이산화탄소 농도가 높은 CPP 포장에서 가장 우수하게 나타났는데, 저장 4주까지 시장품질을 유지하고 있었다. 이상의 결과에서 열처리 대파의 MAP에 적합한 포장재는 CPP로 구명되었다.

열처리 및 비열처리한 대파를 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장하면 CA 저장구보다 일반대기에 저장한 대파의 중량감소가 더 일어났다. 표면색도는 CA 저장과 대조구 사이에 유의적인 차이는 나타내지 않았다. Thiosulfinates 함량은 저장기간에 따라서 조금씩 감소하였는데 같은 저장 방법인 경우는 열처리한 대파의 thiosulfinates 함량이 비열처리 구의 값에 비해서 낮게 나타났다. 대파의 관능적인 품질 변화는 일반대기조성에 저장한 경우보다 CA 저장한 풋고추가 우수한 품질을 나타내었다. 이상의 결과에서 대파를 열처리한 후 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장을 하면 비열처리 대파를 일반저장하는 것보다 저장성이 높아짐을 알 수 있었다.

깻잎의 MAP는 열처리 깻잎 210 g을 LDPE, polyolefin, CPP, 핀홀 필름과 대조구에 포장하여 열접착한 후 10℃의 저장고에 넣고 3-4주간 저장하였다. 포장내부의 이산화탄소 농도는 CPP 포장에서 10%이상으로 높게 유지되었다. 저장 중 중량변화는 풋고추나 대파와 유사한 경향을 나타내어 밀폐포장보다 통기성 포장에서 중량감소가 심하게 일어났다. 그러나 깻잎은 대파나 풋고추에 비하여 단위



중량 당 표면적이 넓어서 수분감소 속도가 매우 크게 나타났다. 깻잎의 L 값은 열처리유무에 관계없이 저장기간에 따라서 증가하는 경향을 나타내었으며, 열처리구의 L 값이 비열처리 깻잎보다 약간 높게 나타났다. a 값과 b 값은 열처리유무에 관계없이 CPP에 포장한 겨우 저장 기간 중 매우 심한 변화를 나타내었다. CPP에 포장한 열처리한 대파는 저장 5일만에 전체 깻잎의 표면에 갈변이 일어났으며 polyolefin 포장 역시 저장 5일만에 80% 정도 깻잎에서 갈변이 일어났다. LDPE로 포장한 깻잎에서 갈변이 비교적 적게 관찰되었으나 저장 10일만에 10% 이상의 깻잎에서 갈변이 일어났다. 열처리 MAP 깻잎의 관능적 품질은 저장 10일에는 CPP와 polyolefin 포장에 저장한 깻잎에는 이미 심한 품질 열화가 일어났다. 저장 15일에는 LDPE를 제외한 포장재에 포장된 깻잎이 상품적 가치를 잃었다. 이상의 결과에서 깻잎을 MAP 포장하는 것은 열처리 깻잎의 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다.

## 참고문헌

1. Gorini, F.: Development of controlled atmosphere storage of fruit and vegetables, Istituto Sperimentale Valorizzazione Prodotti Agricoli Milano Italia
2. Kader, A. A.: Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres., Food Technol., March, 51 (1981)
3. David, R. D.: New CA storage equipment for atmosphere generation and carbon dioxide removal. New York state horticultural society annual meeting, 1 (1988)
4. Silliker, J. H and Wolfe, S. K.: Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats. Food Technol., March, 59 (1980)
5. Gee, D. L. and Brown, W. D.: Extension of shelf life in refrigerated ground beef stored under atmosphere containing carbon dioxide and carbon monooxide, J.Agric. food chem., 26(1), 274 (1978)
6. Thornton, N. C.: Carbon dioxide storage of fruits, vegetables, and flowers. Indst. and engin. chem., 22(11), 1186 (1930)
7. Parsons, C. S., Asen, S. and Stuart, N. W.: Controlled-atmosphere storage of daffodil flowers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 90, 506 (1966)
8. Wolfe, S. K.: Use of CO- and CO2-enriched atmospheres for meats, fish, and produce. Food Technol., March:55 (1980)
9. Dewey, D. H.: Development in food preservation. Applied science publishers, p.1-24 (1983)

10. Kader, A. A.: Modified atmospheres and low pressure systems during transit and storage. U.C. Davis Plant sci. 196 Syllabus, 10-1-10-10 (1981)
11. Lau, O. L. and Looney, N. E.: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4), 531 (1982)
12. Lidster, P. D., McRae, K.B. and Sanford, K. A.: Responses of "McIntosh" apples to low oxygen storage. J.Am.Soc.Hort.Sci., 106(2), 159 (1981)
13. Kajiura, I.: Effects of gas concentration on fruits. VI. Effects of carbon dioxide concentrations on 'Jonathan' and 'Ralls' apple fruits. Jap. J hort. Sci., 41(3) 301 (1971)
14. Meheriuk, M. and Porritt, S. W.: Controlled atmosphere storage behavior of a spur and standard type red delicious apple. Can. J. Plant Sci., 51, 246 (1971)
15. Park, Y. M.: Effect of MA packaging and shelf temperature on the quality of garlic cloves during simulated marketing and consumption. Proceedings of the 7th ISHS symposium on Vegetable Quality. p.173. Lee, J.M., Park, Y.D., Lee, S.K., Park, K.W. and Choi, G.W.(ed.), Seoul, Korea (1997)
16. Hardenberg, R. E., Watada, A. E. and Wang, C. Y.: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. p.59. Agriculture Handbook No. 66, US Department of Agriculture, Washington DC. (1986)
17. Powrie, W.D. and Skura, B.J.: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In: Modified Atmosphere Packaging of Food. Ooraikul, B. and Stiles, M.E. (ed.), Ellis Horwood, New York, USA (1991)
18. Kabir, H.: Fresh-cut vegetables. In: Modified Atmosphere Food Packaging. p.155. Brody, A. L. (ed.), Institute of Packaging Professionals, Herndon, Virginia, USA (1994)
19. Cantwell, M.: Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. p.277. In: Postharvest Technology of Horticultural Crop. Kader A.A.(ed.), University of California Davis, Oakland, CA, USA (1992)
20. Lee, K. S., Park, I. S. and Lee, D. S.: Modified atmosphere packaging of mixed prepared vegetable salad dish. Int'l. J. Food Sci. and Technol., 31, 7 (1996)
21. Lee, K. S., Woo, K. Y. and Lee, D. S.: Modified atmosphere packaging for green chili peppers. Packaging Technol. and Sci., 7, 15 (1994)
22. Lee, D. S., Hagggar, P. E. and Yam, K. L.: Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. J. Food Sci., 56(6), 1580 (1991)
23. Lopez, G., Varoquaux, P., Bureau, G. and Pascat, B.: Modified atmosphere packaging of common mushroom. Int'l J. Food Sci. Technol., 28, 57 (1993)
24. Patric Varoquaux, Guy Albagnac, Christophe Nguyen The and Francouse

- Varoquaux: Modified Atmosphere Packaging of Fresh Beansprouts. *J. Sci. food Agric.*, 70, 224 (1996)
25. Lurie, S.: Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 14, 257 (1998)
  26. Paull, R.E. and Chen, N.J.: Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. and Technol.*, 21, 21 (2000)
  27. Catwell, M.I., Kang, J.S. and Hong, G.H.: Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 57 (2003)
  28. Choi, S. J., Hong, Y. P. and Kim, Y. B.: Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during cold storage of 'Niiitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 36, 218 (1995)
  29. Barkai-Golan, R.: Postharvest heat treatment to control *Alternaria tenuis* Auct. rot in tomato. *Phytopathol. Med.*, 12, 108 (1973)
  30. McDonald, R. E., T.G. McCollum, and E. A. Baldwin: Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 147 (1999)
  31. Liu, F. W.: Modification of apple quality by high temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 730 (1978)
  32. Porritt, S. W. and P. D. Lidster.: The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 584 (1978)
  33. Barkai-Golan, R. and D. J. Phillips.: Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease*, 75, 1085 (1991)
  34. Fallik, E., Grinberg S., Alkalai S., Yekutieli O., Wiseblum A., Regev R., Beres H. and Bar-Lev E.: A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 25 (1999)
  35. Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V.: Application of gas chromatography to measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.*,17(3): 91 (1963)
  36. Yang, Y. J. and Lee, K. A.: Physiological Characteristics of Chilling Injury and CA Effect on Its Reduction during Cold Storage of Pepper Fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 38(5), 478 (1998)
  37. Hong, G., Peiser G. and Cantwell, M.I.: Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions, *Postharvest Biology and Technology*, 20, 53 (2000)
  38. Han, J., Jawson, L., Han, G., and Han, P.: A spectrophotometric method for

- quantitative determination of allicin and total garlic thiosulfates. *Anal. Biochem.*, 225, 157 (1995)
39. Kang, J.S. and Lee, D.S.: Susceptibility of minimally green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate, *International Journal of Food Science and Technol.*, 32, 421 (1997)
  40. Kang, J.S. Park, W.P. and Lee, D.S.: Quality of enoki mushrooms as affected by packaging conditions. *J. of the Sci. of Food and Agriculture*, 81, 109 (2001)
  41. Keryl K. Jacobia, Elspeth A. MacRaeb, Suzan E. Hetheringtonc. Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 39-49 (2000)
  42. 박세원, 고광출: 저온 및 가열 전처리가 몇 가지 과실의 저온생리에 미치는 영향. *한국원예학회지*, 27, 56 (1986)
  43. 박우포, 유재일, 조성환: 포장용 필름에 따른 풋고추의 저장 중 품질 변화. *농산물 저장유통학회지* 5:3, 207 (1998)
  44. 강준수: CA 저장 중 마이크로컴퓨터 시스템을 이용한 사과 Fuji의 증산속도 예측. *경북대학교박사학위논문*, p.3, 1993
  45. 강준수, 홍경훈: 통마늘의 CA 저장 중 저장기체 농도에 따른 품질변화. *농산물저장유통학회지* 8:3, 258 (2001)
  46. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R.: Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 43, 124 (1989)
  47. King, A.D. Jr and Bolin, H.R.: Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 43, 132 (1989)
  48. 홍석인, 조미나, 김동만: 절단 대파의 품질특성에 미치는 세척 및 포장재의 효과. *한국식품과학회지*, 32(3), 659 (2000)
  49. Kader, A.A.: Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food TechNet.* 40, 99 (1986)



## 제4장 현장 적용실험 및 연구개발 결과의 활용 계획

### 제1절 열처리 기술의 현장 적용실험 결과

신선 채소의 저장성 향상을 위하여 개발한 저장 전 열처리 기술을 최소가공채소의 포장 및 유통에 적용하기 위해서 연구결과를 부산 인근에 있는 대형 마트의 신선 농산물 유통 부서에 제공하여 열처리 기술의 현장적용 실험을 수행하였다. 최근 들어 소비자들의 편의성에 대한 구매욕구의 증가, 외식산업의 발전과 도시 음식 쓰레기의 처리문제 등으로 인하여 신선 채소의 소비패턴이 포장한 최소가공채소를 선호하는 쪽으로 급격하게 변화하고 있기 때문에 최소가공 열처리한 채소의 MAP에 대한 실험을 수행하였다.

풋고추의 MAP의 경우는 55℃의 온수에 10초 침지한 후 표면의 수분을 제거한 다음 LDPE 포장에 포장한 다음 유통을 시켰다. 일반적으로 신선 풋고추의 실제 마트에서의 유통기간은 7일 이내이므로 이 기간동안 열처리 풋고추는 아주 우수한 외관적 품질을 나타내었다. 대파를 55℃의 온수에 2분 침지한 다음 마른 수건으로 표면의 수분을 닦아낸 다음 상온에서 30분 정도 방치하여 냉각한 다음 대파 저장에 가장 우수한 포장재로 판명된 CPP 포장재를 이용하여 MAP를 수행하여 유통시켰다. 최소가공 대파 역시 풋고추와 마찬가지로 실제 유통 기간동안 전혀 품질의 열화를 나타내지 않았다. 열처리 깻잎의 MAP는 본 연구 결과 포장 내부의 이산화탄소에 의해서 깻잎의 표면이 짓물러지는 등 MAP 중 외관 품질의 열화가 심하게 나타나서 현장적용실험에서 제외시켰다.

### 제2절 연구개발 결과의 활용 계획

신선 채소의 저장성 향상을 위한 저장 전 열처리 기술의 개발에 관한 연구를 수행하여 얻은 결과는 다음과 같다. 풋고추는 60℃ 이하의 온도로 열처리하여야 과육에 가열장해 현상이 나타나지 않는다. 열처리 풋고추의 저장 중 제반 품질은

55℃ 온수에서 10초 동안 열처리한 경우가 가장 우수하게 나타났다. 열처리 풋고추는 풋고추의 저온장해 온도인 3℃에서도 우수한 품질을 나타내어 열처리가 풋고추의 저온장해를 억제하는 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 대과는 55℃ 이하의 온수에 열처리하여야 가열장해 현상이 나타나지 않는다. 55℃의 온수에 2분 침지하여 열처리하면 대과 잎의 성장이 억제되고 경도와 관능적 품질은 55℃의 온수에 2분 열처리한 대과가 가장 우수하였다. 깻잎은 50℃ 이하의 온수에 열처리하여야 깻잎의 표면에 가열장해 현상이 나타나지 않았다. 대조구와 가열장해가 일어난 55℃ 열처리구에서 미생물 생육이 다른 열처리구에 비해서 급격하게 높아졌다. 미생물이 성장하는 시기에 외관 품질도 저하되어 저장 21일에는 조직이 짓물러지고 악취가 났다. 저장 중 잎의 갈변도 미생물 성장과 유사한 형태로 나타났다. 열처리 깻잎의 관능적 품질은 50℃에서 5초 열처리한 것만 저장 21일까지 저장 품질을 유지하였다.

열처리한 풋고추를 MAP 저장할 경우 저장 중 부패율과 관능적 품질을 종합해 볼 때 2주 이내의 단기 저장을 할 때는 CPP, 4주 정도의 장기 저장을 할 경우는 LDPE를 포장재로 선택하는 것이 우수한 품질을 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다. 열처리 풋고추를 2% O<sub>2</sub>와 1% CO<sub>2</sub>의 CA 조건으로 저장하면 저장 중 관능적 품질이 일반대기조성에 저장한 경우보다 우수하였다. 그러나 CA 저장구보다 MAP 저장한 것이 품질이 더 우수하였다. MAP 중 열처리 대과의 외관적인 품질은 포장 내부의 이산화탄소 농도가 높은 CPP 포장에서 가장 우수하게 나타났다. 대과를 산소 0.5%와 이산화탄소 8%의 CA 조건에서 저장하면 대과의 관능적인 품질 변화는 일반대기조성에 저장한 경우보다 우수하였다. 열처리 깻잎은 고농도의 이산화탄소 조건이 유지되는 CPP 포장에서 심한 장해를 나타내었다. LDPE 포장으로 포장한 깻잎의 품질이 비교적 양호하나 저장 10일만에 10% 이상의 깻잎에서 갈변이 일어났다. 따라서 깻잎을 MAP 포장하는 것은 열처리 깻잎의 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다.

이상의 연구 결과를 채소의 최소가공처리 회사나 농민들이 활용할 수 있도록 하기 위해서 인근에 있는 대형 마트의 채소 처리 담당자에게 연구 결과를 제공하였다. 일반적으로 채소를 처리할 때 세척과정을 거치는데 이 때 세척수의 온도를 해당 채소의 적정 열처리 조건으로 맞추어 주면 간단하게 열처리를 할 수 있게 된다. 풋고추는 55℃의 온수에 10초, 대과는 55℃ 온수에 2분, 깻잎은 50℃의 온수에 5초 동안 세척하게 되면 원하는 열처리 효과를 얻게 된다. 열처리한 풋고추는 LDPE로, 열처리 대과는 CPP로 포장하면 우수한 품질을 유지시킬 수 있어 이 결

과를 바탕으로 적정 포장재를 선택할 수 있게 된다. 그러나 깻잎의 MAP는 저장성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 판명되었다. 열처리 풋고추는 2% O<sub>2</sub>와 1% CO<sub>2</sub>, 열처리 대파는 0.5% O<sub>2</sub>와 8% CO<sub>2</sub>의 C조건으로 CA 저장하면 일반대기에서 저장했을 때 보다 우수한 품질을 얻을 수 있었으나 채소의 품질은 MAP의 것보다 좋지 않게 나타나 이들 열처리 채소는 CA 저장보다 MAP가 더 좋은 방법임을 알 수 있었다.