

최 중  
연구보고서

주요과실 및 채소류의 수확 후 생리장해  
방지 및 저장유통기술개발

Establishment of Postharvest Technology on  
Quality Maintenance in Major Horticultural  
Crops during Storage and Distribution

서울대학교

농 립 부

# 전 체 목 차

## I. 세부과제

고추·마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장기술유통개발에 관한 연구	
① 고추의 수확후 생리·병리장해의 원인 및 기작 구명과 억제방안강구	2
② 마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술 개발	66

## II. 제 1협동과제

국내산 버섯류의 품종별 수확 후 고품질 유지를 위한 저장유통기술 확립	153
--	-----

## III. 제 2협동과제

‘후지’ 사과의 CA 장해 원인 구명 및 저장유통기술 개발	289
----------------------------------	-----

## IV. 제 3협동과제

단감의 저장장해 방지 기술 개발	370
-------------------	-----

## V. 제 4협동과제

배 수확 후 과피이상 증상 원인 구명	445
----------------------	-----

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “주요과실 및 채소류의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발” 과제 중(세부과제: ‘고추·마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발에 관한 연구’)의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 27일

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 이 승 구

세부연구책임자 : 이 승 구

연 구 원 : 정 지 원

연 구 원 : 이 은 진

연 구 원 : 이 현 주

연 구 원 : 엄 향 란

연 구 원 : 이 병 욱

연 구 원 : 박 현 우

연 구 원 : 김 기 민

협동연구기관명 : 덕성여자대학교

협동연구책임자 : 김 건 희

협동연구기관명 : 안동대학교

협동연구책임자 : 박 윤 문

협동연구기관명 : 대구가톨릭대학교

협동연구책임자 : 최 성 진

협동연구기관명 : 원예연구소

협동연구책임자 : 정 대 성

참 여 기 업 : 농협 피산 청결 고춧가루 가공공장

참 여 기 업 : 무안·해제 농협

참 여 기 업 : 부암저온

참 여 기 업 : 주)후레쉬텍

세부과제: ① 고추의 수확후 생리·병리장해의 원인 및  
기작구멍과 억제방안 강구

서울대학교

# 요 약 문

## I. 제 목

세부과제: 고추·마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발에 관한 연구 중 ‘고추의 수확후 생리·병리장해의 원인 및 기작구명과 억제방안 강구’

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내의 풋고추는 여름철의 노지재배와 그 외 기간의 시설재배 형태로 생산된다. 재배유형의 차이에 따라 수확후 저장 유통시 품질차이가 발생할 수 있는데 이러한 재배적 차이에 따른 고추의 수확후 생리적 특성에 대한 자료가 미비한 실정이다.

풋고추는 저장 유통중 수분손실, 꼭지 부분의 곰팡이 발생, 종자갈변이 문제인 것으로 알려져 있다. MA포장과 저온 저장유통을 일반적으로 실시하여 수분손실은 억제하고 있으나 곰팡이 발생이나 종자갈변으로 인한 품질의 저하는 효과적으로 대처하지 못하고 있다. Methyl Jasmonate(MeJA)는 다른 작물에서 부패과와 종자갈변을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려진 물질이다. 풋고추에 적용하여 좀 더 적극적으로 품질유지에 대응하고자 한다.

홍고추는 연중 가격폭락이 심한 작물로 장기저장을 통해 물량조절을 할 수 있다면 가격변동에 효과적으로 대처할 수 있는 것으로 알려져 있다. 풋고추에 비해 저장력이 높지만 가격변화를 안정시킬 정도의 장기간 저장을 위한 방안은 농가와 유통업자들의 많은 요구에도 불구하고 아직 마련되지 않은 상태이다.

건고추는 열풍건조 또는 태양건조로 생산되고 있으나 태양건조 고추의 색과 맛이 우수하므로 소비자에게 선호도가 높고 가격도 높게 거래된다. 그러나, 태양건조 중에는 ‘희나리’가 많이 발생하여 품질이 손상되고 생산농가에서 버려지는 양이 많다. 희나리 발생을 둘러싼 농가와 종자생산 업체간의 분쟁도 발생하고 있어 정확한 희나리 발생의 기작 구명과 억제방안을 마련할 필요가 있다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

## 1. 풋고추

### 가. 노지 고추와 시설 고추의 재배차이가 저장품질에 미치는 영향

노지고추와 시설고추의 수확후 호흡변화, 매운맛과 비타민 함량, 곰팡이 발생과 종자갈변의 특성을 조사하여 재배적 차이에 따른 품질의 차이를 조사하였다.

### 나. 저장 유통을 위한 적정 MA 포장조건

온도와 포장필름 차이에 따른 품질 차이를 비교하였다.

### 다. MeJA 처리

고추에 적용할 수 있는 MeJA의 적정 농도를 찾아내고 부패과와 종자 갈변을 억제에 미치는 영향을 조사하였다.

### 라. 예냉처리

Forced air cooling과 hydrocooling을 실시하여 품질 향상 정도를 조사하고 hydrocooling을 통해 부가적으로 농약제거 효과가 있는지 측정하였다.

## 2. 홍고추 장기저장

### 가. 저장온도

홍고추는 저온장해 현상 때문에 5-10℃ 정도의 온도가 권장되는데 2℃와 4℃ 저장으로 홍고추 저장이 가능한 온도를 모색하였다.

### 나. 포장 방법

MA포장 후 꼭지를 모두 한쪽 방향으로 한 후 세워서 저장하는 방안을 시도하여 곰팡이발생 억제에 효과가 있는지 조사하였다.

### 3. 고추 건조시 변색발생

#### 가. 변색유형

건고추를 다량으로 취급하는 농가와 고춧가루 가공공장(괴산, 안동)에서 건조과정과 건조후에 발생하는 변색을 조사하여 원인별로 유형을 구분하였다.

#### 나. 희나리 발생 기작

희나리 발생 환경을 조사하고, 광과 수분 조절을 통해 희나리 발생 기작을 구명하였다.

#### 다. 후숙

후숙시 나타나는 변화를 조사하고 이용될 수 있는 적정 후숙 기간을 조사하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 풋고추

MA포장 전에  $50\sim 100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ 의 MeJA를 처리한 후 저온에서 저장 유통하면 풋고추 저장시 가장 큰 문제인 곰팡이 발생과 종자 갈변을 억제할 수 있다.

예냉은 품온을 떨어뜨려 부패과 발생 억제 등에 어느 정도 효과를 줄 수 있으나 다른 과실류의 작물에서처럼 큰 효과가 나타나지 않으므로 풋고추에서 적용하지 않는 것이 효율적이다.

### 2. 홍고추 장기저장

홍고추 장기 저장시 저장온도를  $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 로 낮추고, 꼭지를 모두 한 방향으로 한 후 세워서 저장한다.

### 3. 건고추 건조시 변색발생

희나리는 (1)곰팡이 감염이 된 고추를 건조하거나, (2)건조 중 습하고 강한 태양 빛에 노출되었을 때 발생한다. (2)의 경우 고추의 카로티노이드 성분이 환경적인 스트레스에 대해 항산화제로 작용함으로써 색소 분해가 일어난다. 태양건조 전 후숙을 통해 색소성분 함량을 증대시키고 수분함량을 10%정도 감소시킨 후 건조를 하면 희나리 발생을 억제시킬 수 있다.



## SUMMARY

### **Response mechanism and control scheme to physiological and pathological disorder in hot pepper after harvest.**

Storage quality was surveyed in green hot pepper cultivated from different growth condition of field and greenhouse. There was no significant difference in CO<sub>2</sub> concentration, weight loss and color during storage at 8°C. However, capsaicinoids and vitamin C of green hot pepper grown in field were higher than in greenhouse. 'Nok-Kwang' green hot pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits were sealed with 0.025 mm PE film or PVC wrap film and stored at 18°C or 8°C. At both temperature, use of 0.025 mm PE film reduced weight loss below 1.0% and increased CO<sub>2</sub> concentration to 2.0~5.0% which is beneficial to storage of green hot pepper. However, green hot pepper stored at 18°C completely lost a marketability due to severe weight loss and decay incidence after 10days. In order to control decay and seed browning of green hot pepper, in this work methyl jasmonic acid (MeJA) was treated. The occurrence of decay and seed browning at 8°C was more effectively reduced by low concentration of 50 and 100  $\mu\text{L} \cdot 12 \text{ L}^{-1}$  MeJA than high concentration of 300 and 600  $\mu\text{L} \cdot 12 \text{ L}^{-1}$ . Fruit quality during storage was maintained in low concentration of MeJA.

Red hot pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Nok-Kwang) fruits packed in polyethylene (PE) film bags of 20 or 30  $\mu\text{m}$  thickness were stored at low temperature of 2 or 4°C. The fruits in the PE film bag were placed in vertical position of their fruit stalks to the upper side. The fruit weights did not change during storage at any conditions examined. Red hot pepper fruits decayed at a rate of 40% after 35 and 45 days storage at 4 or 2°C, respectively. The decay incidence rates were almost the same in the PE film bags of different thickness. Setting fruit stalks to the upper direction was found to be effective to prevent the decay. Seed browning was retained below 20% during storage.

Discoloration in dried red hot peppers was classified into six different types

based on the appearance of discolored parts and discoloration factor. Type A and D were commonly named 'Hinari'. In type A mainly caused by the infection of fungi, epidermis and hypodermis cells were destructed and did not show pigments. In type D by intense sun light and high humidity carotenoids acted as antioxidants that protect biological systems against the potentially harmful effects of processes or reactions that can cause excessive oxidation such as lipid peroxidation and then lost color. Color loss was largely reduced in pepper fruits with low levels of moisture. Carotenoid biosynthesis continued to produce more carotenoids, and moisture contents decreased about 10% during curing processes. Therefore it is advisable to have curing processes before sun drying.

# CONTENTS

I. Introduction .....	11
1. Objectives .....	11
2. Goals and Scope .....	11
2.1 Green hot pepper .....	11
2.2 Storage of red hot pepper .....	12
2.3 Discoloration in red hot pepper drying .....	12
II. Current Development of Related Technology .....	14
1. Green hot pepper .....	14
2. Storage of red hot pepper .....	15
3. Discoloration in red hot pepper drying .....	15
III. Research Data: approaches, results, and discussion .....	16
1. Green hot pepper .....	16
2. Storage of red hot pepper .....	35
3. Discoloration in red hot pepper drying .....	39
IV. Achievement Evaluation .....	58
V. Practical Application of the Results .....	60
VI. Scientific Information Collected through the Project .....	61
VII. Literature Cited .....	62

# 목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 .....	11
제 1절 연구개발의 필요성 .....	11
제 2절 연구개발의 목표 및 범위 .....	11
1. 풋고추 .....	11
2. 홍고추 장기저장 .....	12
3. 고추 건조시 변색 발생 .....	12
제 2장 국내외 기술개발 현황 .....	14
제 1절 풋고추 .....	14
제 2절 홍고추 장기저장 .....	15
제 3절 고추 건조시 변색 발생 .....	15
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	16
제 1절 풋고추 .....	16
제 2절 홍고추 장기저장 .....	35
제 3절 고추 건조시 변색 발생 .....	39
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	58
제 5장 연구개발결과의 활용계획 .....	60
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	61
제 7장 참고문헌 .....	62

## 제 1장 연구개발 과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 필요성

고추는 국내의 소비가 많은 작물중 하나로 풋고추는 연중 유통되고 있다. 풋고추 유통시 문제는 수분손실, 곰팡이 등에 의한 부패과 발생, 종자의 갈변이다. 저온의 MA 포장을 통해 주로 유통되고 있으며 적합한 조건에 대한 많은 연구가 수행되고 있지만 가장 적합한 통일된 MA 조건을 구명하지는 못하였다. 또한 곰팡이 발생을 억제하는 방안이나 종자의 갈변을 억제시킬 방안이 미비한 상태이다. 풋고추의 예냉은 외국에서는 상용화 되어있으나 국내에서는 거의 시도되지 않고 있다. 그러므로 현 유통단계에서 처리할 수 있는 적절한 예냉방안을 강구하고 그 효과를 알아볼 필요가 있다.

홍고추는 가격변화가 큰 작물로 장기저장 방법을 강구하여 가격안정화에 기여할 필요가 있다. 저온이 작물의 장기 저장에 주로 이용되고 있지만 고추는 호온성 작물이므로 저온에서 장해를 받을 확률이 높다. 주로 7℃이상에서 저장이 이루어지고 있는 현 시점에서 홍고추의 가능한 저온저장 조건 구명을 통해 장기저장을 모색해보고자 한다.

국내 건고추는 화력건조, 태양건조, 그리고 이 두 가지를 병행한 건조로 생산되고 있다. 태양건조는 색과 풍미가 좋아 화력건조에 비해 선호도가 높다. 그러나 태양건조된 건고추 생산은 건조시 시간과 노동력이 많이 소모되고 건조 중 희나리 발생이 많아 손실이 크다. 희나리 발생으로 종묘회사와 농가간의 분쟁이 있을 정도로 그 문제는 심각하다. 그러나 현재 희나리 발생의 원인은 밝혀지지 않았으며 희나리라는 용어도 지역에 따라 서로 다르게 사용되고 있다. 그러므로 건조중 발생하는 변색을 구분하고 희나리 발생의 원인을 구명하여 그 방제 방안을 강구하여야한다.

### 제 2절 연구개발의 목표 및 범위

#### 1. 풋고추

##### 가. 개발목표

노지재배와 시설재배 고추의 저장 유통중 생리적 차이점을 조사하고 풋고추 저장 시 온도 처리와 포장재를 달리하였을 때 적절한 MA 저장 조건을 구명한다. 저온저장 시 발생하는 장애를 최소화할 수 있는 방안으로 MeJA를 처리하고 효과를 조사한다. 고추에 적용할 수 있는 예냉처리를 통해 그 효과를 알아본다.

#### 나. 범위

- 1) 노지재배와 시설재배 고추의 차이점 조사
- 2) 유통을 위한 적정 저장 조건
- 3) MeJA 처리의 효과
- 4) 예냉처리 효과

### 2. 홍고추 장기저장

#### 가. 개발 목표

가격 변동이 큰 홍고추의 장기저장 방안을 모색한다.

#### 나. 범위

- 1) 저장에 이용될 수 있는 저온조건 조사
- 2) 적절한 MA포장 방법 강구

### 3. 고추 건조시 변색 발생

#### 가. 개발 목표

희나리 발생의 원인을 구명하고 건조시 희나리 발생을 억제할 수 있는 방안을 모색한다.

#### 나. 범위

- 1) 홍고추 건조시 발생하는 변색유형조사

- 2) 희나리 발생 원인 구명
- 3) 희나리 발생 억제를 위한 후숙의 적용

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 풋고추

고추의 저장에 관한 연구는 MA(modified atmosphere) 저장을 중심으로 이루어지고 있다. 현재 국외에서 행해지는 MA 저장은 단순히 대기의 조성을 변경시켜주는 polymeric film만을 이용하는 것이 아니라 AA(ascorbic acid)를 이용한 항산화 효과(Carvajal 등, 1997), 흡착제를 이용한 포장 내 수분 흡착(Hughes 등, 1981), 그리고 Methyl jasmonic acid(MeJA)를 이용한 저장장해 억제에 관한 연구 등이 수행되어지고 있다(Meir 등, 1996).

풋고추의 저장 및 유통 시 발생하는 장해는 생리장해와 병리장해로 나뉘 볼 수 있으며, 병리 장해는 *Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병과 *Alternaria altanata*에 의한 검은곰팡이병이 대표적이며(Kang와 Lee, 1997; Serrano 등, 1995), 생리장해에는 저온에 의해 발생하는 종자 갈변이 있다. 병리장해인 부패과 발생은 MA 저장 시 주로 고추의 호흡에 의한 포장 내 과습으로 발생하며, 재배시 과피에 묻어 있던 곰팡이 포자들이 발아하여 발생된다. 곰팡이는 특히 꼭지 부위에 많이 발생한다. 생리장해는 일반적으로 모든 채소나 과일을 저온(0~10℃)에서 저장을 할 경우 저온장해로 인해 발생하는데 고추는 7.5℃이하 온도에서도 쉽게 발생된다. 이는 저온장해에 의해서 대사과정이 비정상적으로 수행되고 조직이 연화된 후, 결국에는 부패과 발생으로 이어진다.

MeJA는 jasmonic acid(JA)의 methyl ester로서 식물의 생장 조절 물질로 언급되고 있다(Sembdner와 Parthier, 1993). JA와 MeJA는 비록 저농도이긴 하지만 대부분의 식물체에서 꽃, 과실, 종자, 가지, 그리고 잎 등의 모든 부위에 존재하는 천연물질이다. JA는 ABA와 유사한 역할을 수행하는 물질로서 종자발아 억제, 뿌리발생 저지, 곰팡이 생장억제, 노화촉진, 호흡촉진, 엽록소 파괴, 저온장해 방지, 그리고 에틸렌 생합성 촉진 등 식물의 생장과 발달에 다양한 역할을 수행하며, 여러 스트레스에 대해서 식물자체의 방어 기작의 발현과정에서 생성된다(Fan 등, 1997). 외국의 경우 사과, 셀러리 및 고추 등의 저장 장해를 줄이기 위한 목적으로 사용된 연구가 있다(Meir 등, 1996; Fan 등, 1997; Buta와 Moline, 1998). 위와 같이 국외에서는 고추의 MA저장에 대해서 여러 관점으로 접근한데 반하여 국내에서는 풋고추 저장에 관한 연구가 거의 수행되지 않았다.



## 제 2절 홍고추 장기 저장

홍고추의 장기 저장시 주로 문제가 되는 것은 수분손실, 곰팡이에 의한 부패과 발생, 종자 갈변이다. 이중 수분손실은 저온과 PE film 등의 포장재를 이용하여 효과적으로 억제된다는 보고가 많이 있다(Lownds 등, 1993; Lownds 등, 1994; Park 등, 2001). 부패과 발생을 감소시키기 위해 CA 저장과 calcium chloride 처리 효과가 실험되었다(Lee와 Jeong, 2001; Park 등, 2001).

## 제 3절 고추 건조시 변색 발생(희나리)

희나리 발생에 대한 보고가 있으나 정확히 희나리를 규정한 보고가 없다. 주로 건조고추 생산을 위한 건조 온도와 광 조건에 대한 연구가 주로 수행되고 있다(Lee 등, 2002). 변색에 대해서는 장기간 고춧가루 보관시 발생하는 변색을 방지하는 방안에 대한 연구가 주로 수행되고 있다(Carnevale 등, 1980). 국외에서는 희나리 피해에 대한 직접적인 연구는 없다. 그러나 고추 가공 생산 보관 중 열, 빛, 산, 산소 등에 의한 변색에 대한 연구로 카로티노이드의 변화에 대한 연구가 많이 수행되고 있다(Minguez-Mosquera 등, 1994; Minguez-Mosquera 등, 2000; Mortensen과 Skibsted, 2000). 또한 생물체 내에서 카로티노이드의 분해과정에 대해 아직 구명되지 않았으므로 분해단계와 각 단계별 환경적 영향에 대한 연구가 주로 수행되고 있다. 생물체를 직접가지고 실험하는데 따른 어려움으로 인해서 각 카로티노이드 성분을 추출하여 각종 용매에서 그 분해 과정을 조사하는 방법론을 주로 택하고 있다(Minguez-Mosquera와 Jaren-Galan, 1995).

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 풋고추

#### 1. 연구방법

##### 가. 시료

시설과 노지에서 각각 재배된 '녹광' 품종을 공시재료로 하였다. MA 저장조건 구명, Methyl Jasmonate(MeJA) 처리, 예냉 실험은 시설 재배된 풋고추를 이용하였다.

##### 나. 노지재배와 시설재배의 저장성 비교

8℃에서 0.025mm PE film을 이용하여 MA저장을 하였다.

##### 다. MA 포장

실온(18℃)과 저온(8℃)에서 상업용 PVC wrap film과 0.025mm PE film을 이용하여 MA저장을 하였다.

##### 라. Methyl Jasmonate(MeJA) 처리

MeJA 처리는 풋고추 1kg과 100% MeJA(50μL, 100μL, 300μL, 600μL)가 처리된 Whatman filter paper(No.2)를 12L 밀폐용기에 넣고 15℃에서 24시간 동안 방치 후 각각 200g씩 0.025mm PE film에 포장하여 8℃에서 저장하였다.

##### 마. 예냉처리

풋고추를 9.8Kg/box로 포장하였다. Forced-air cooling과 Hydrocooling 방법을 이용하여 예냉을 하였다. 5℃ 냉풍을 간이 Forced-air cooling 장치를 이용해 4시

간 30분간 순환시켜 작물체 온도를 10℃로 낮춘 후 10℃에 저장하였다. Hydrocooling은 5℃의 NaOCl 100ppm 냉수에 10분간 침지 후 재포장하여 저장하였다. 대조구는 포장상태에서 곧바로 10℃에 저장하였다.

## 바. 품질평가

무게변화는 저장 기간동안 초기 무게에 대한 감량 분을 백분율로 나타내었으며, 색도는 고추 과육의 가운데 부위를 colorimeter(Minolta CR 200)를 이용하여 측정하였다. 포장내 이산화탄소 측정은 저장 시일에 따라 포장내 축적된 가스를 포집하여 gas chromatography(GC)를 이용하여 측정하였다. 엽록소 함량은 과육 1g을 *N,N*-Dimethylformamide를 이용하여 추출한 후, UV-visible spectrophotometer(UV-2401 PC, Shimadzu)로 흡광도를 측정하였고, William와 Paul(1985)의 식을 이용하여 산출하였다. Capsaicinoids는 acetone으로 추출 후 HPLC로 분석하였다. Vitamin C는 수정된 Zapata와 Dufour(1992)의 방법을 이용하여 추출한 뒤 HPLC로 분석하였다. 곰팡이 발생률은 저장기간에 따라 곰팡이가 발생된 과실 개수를 백분율로 나타내었다. 갈변율은 종자갈변이 발생된 과실 개수를 백분율로 나타내었다. 잔류농약 분석은 서울대학교 NICEM에 의뢰하였다.

## 2. 연구내용

### 가. 노지와 시설재배 고추의 저장성 비교

국내의 고추 재배 방식은 노지 재배와 시설재배로 나눌 수 있다. 두 재배방식으로 생산된 고추의 차이가 저장성에 미치는 영향을 조사하였다. 수확 후 저장중 PE film bag 내부의 CO<sub>2</sub> 축적정도는 노지재배 고추가 시설재배에 비해 다소 높게 유지되었고 이로 인해 시설재배고추에서는 중량감소가 전혀 없었으나 노지 고추에서는 1% 미만의 감소가 발생하였다(Fig. 1, Fig. 2). 그러나 이것은 품질에 영향을 미치지 않는 정도이다. PE film 포장이 두 재배 모두에서 저장 중 중량감소를 억제했다.

Hunter L, a, b 값에 의한 색도 변화는 재배방법에 따른 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다(Fig. 3).

고추의 매운맛을 나타내는 capsaicinoids 중 가장 많은 함량을 차지하는 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 측정하였다(Fig. 4). 노지재배가 시설재배에 비해

capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량 모두 높아 더 매운 고추가 생산됨을 알 수 있다. 이러한 차이는 저장 중 계속 유지되었다. 노지가 시설에 비해 광환경이 좋은데, capsaicinoids 함량은 광량에 비례하여 합성된다는 연구 결과가 있으므로 이로 인해 차이가 발생했다고 할 수 있다(Iwai 등, 1979).

Fig. 5는 고추의 ascorbic acid(AA)와 dehydroascorbic acid(DHAA)의 함량을 조사한 것이다. 노지가 시설에 비해 AA 함량이 많았고 저장중에도 같은 양상으로 유지되었다.

고추 저장시 발생하는 대표적 장해현상은 곰팡이에 의한 부패과 발생과 종자갈변이다. 고추에서 발생하는 부패과는 *Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병과 *Alternaria altanata*에 의한 검은곰팡이병에 의해 주로 생겨난다. 꼭지부위와 과실부위로 나누어 발생정도를 측정하였다(Fig. 6). 꼭지 부위는 과실부위보다 2배정도 곰팡이 발생률이 높은데, 노지 재배 고추에서 특히 발생이 많았다.

종자갈변이 발생하는 원인에 대해서는 저온장해 또는 포장내 가스 장해 등 아직 정확하게 밝혀지지 않았다. 노지 재배와 시설재배 모두 저장기간이 길어지면 종자갈변이 증가하여 저장 20일째에는 65%정도 발생하였다(Fig. 7). 시설재배의 경우는 저장 초기부터 상당히 종자갈변이 진행되었다.

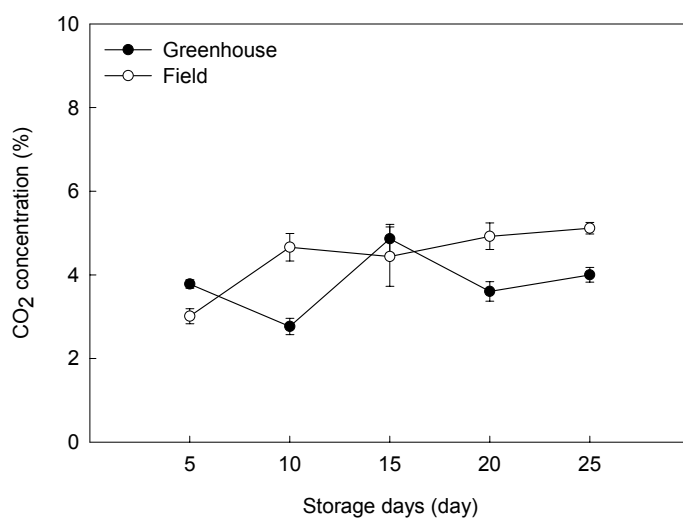


Fig. 1. Changes in CO<sub>2</sub> concentration inside of a film bag including green hot pepper grown in a green house or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent ±SE.

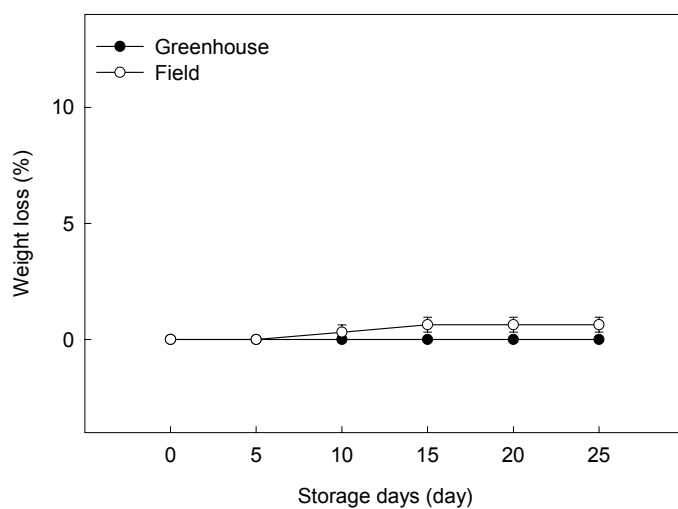


Fig. 2. Changes in weight loss of green hot pepper grown in a green house or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent ±SE.

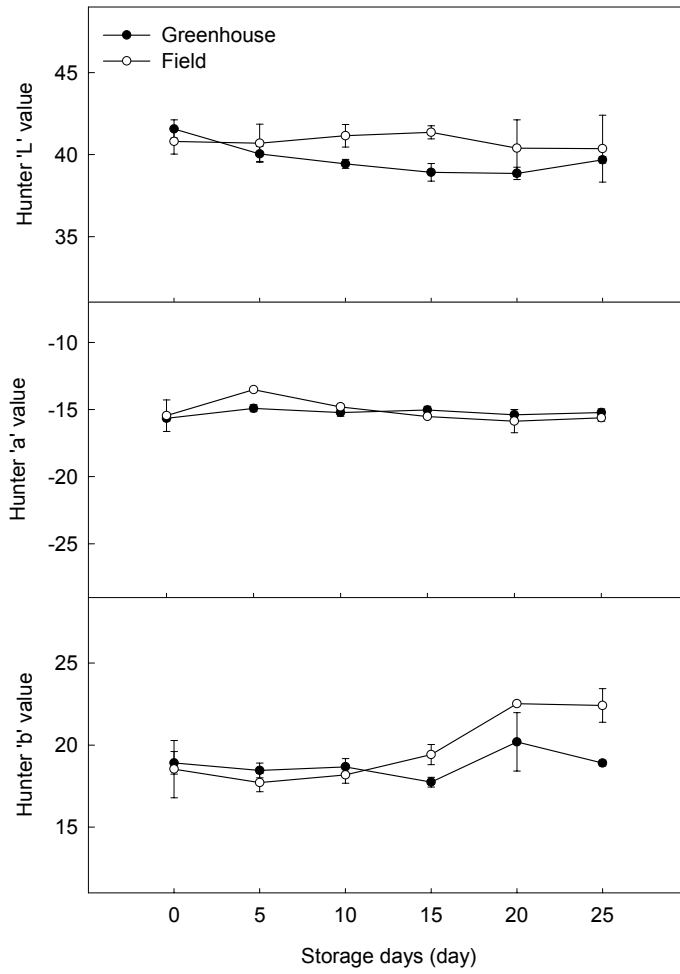


Fig. 3. Color changes of green hot pepper grown in a greenhouse or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

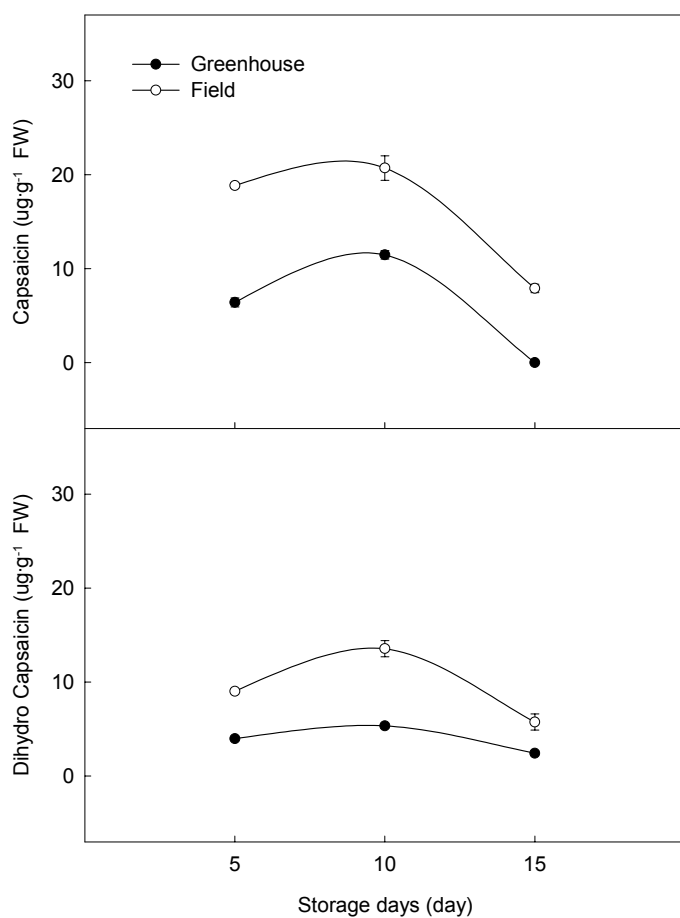


Fig. 4. Changes in capsaicin and dihydro capsaicin content of green hot pepper grown in a green house or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

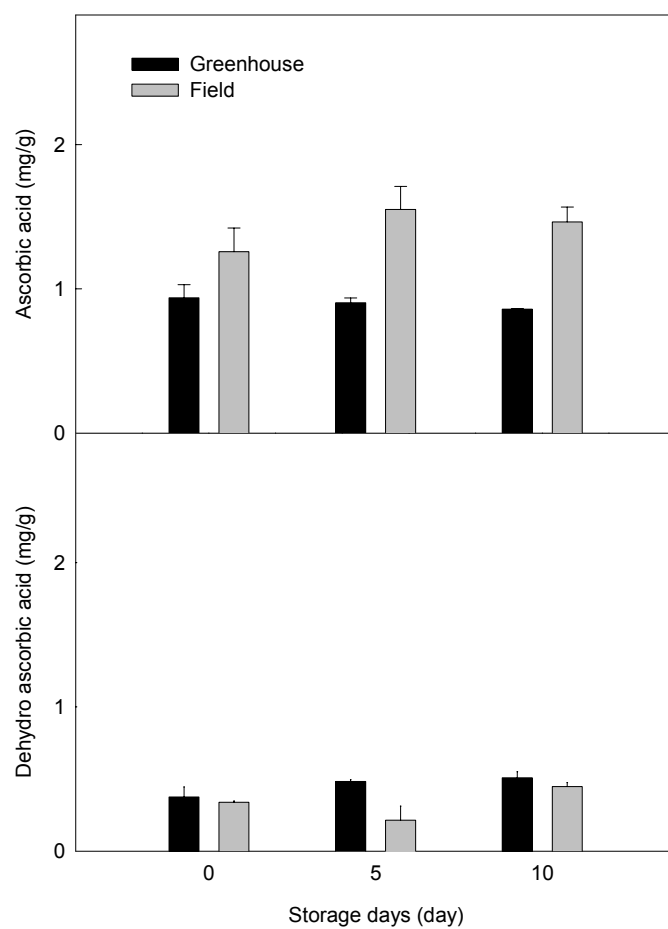


Fig. 5. Changes in ascorbic acid and dehydro ascorbic acid of green hot pepper grown in a green house or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent  $\pm$ SE.



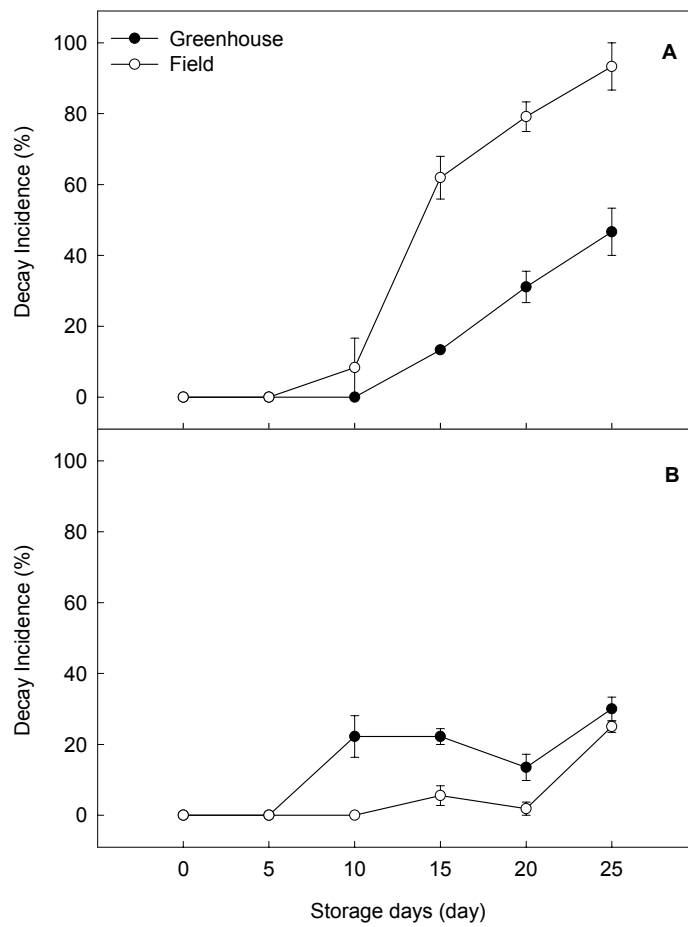


Fig. 6. Changes in decay incidence at fruit stem (A) and pericarp (B) of green hot pepper grown in a green house or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

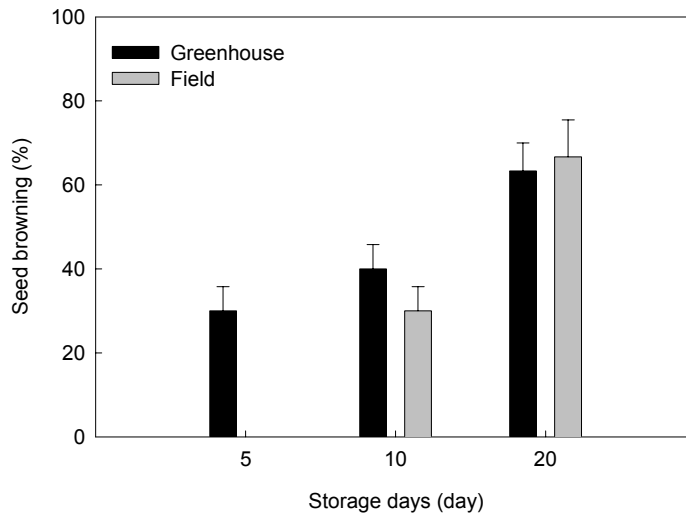


Fig. 7. Changes in seed browning of green hot pepper grown in a greenhouse or field during storage at 8°C. Fruits were sealed in a 0.025 mm PE film bag. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

#### 나. 고추의 적정 MA 저장조건 구명

저장기간 동안 포장 내 CO<sub>2</sub> 축적량을 살펴보면 PE 필름 포장이 wrap 필름 포장보다 4~6배 많이 축적되었다. 축적된 양은 2.0~5.0%이며 고추 controlled atmosphere(CA) 저장 시 이용되는 2.0~7.0% CO<sub>2</sub> 농도 범위 내에 존재하므로 CA 저장 효과를 볼 수 있는 것으로 판단된다(Hughes 등, 1981; Polderdijk 등, 1993). 온도 처리간에 뚜렷한 차이는 보이지 않았지만 상온 처리구는 저온 처리구에 비해 포장내 CO<sub>2</sub> 농도가 0.4~1.0% 정도 높았다(Fig. 8). Wrap 필름의 경우는 저장고내의 CO<sub>2</sub>량과 비슷하며 wrap 필름의 가스 투과율이 PE 필름에 비해 높아 MA 효과가 적은 것으로 판단되었다(Exama 등, 1993; Beaudry, 1999). 각 처리별 무게 손실은 저온 처리구가 상온 처리구에 비해 적었으며, 무포장 보다는 포장처리구가 적었다. 무포장 처리구에서는 저장 20일 경과 후 최대 12.0% 이상의 무게 손실이 발생되었고, 포장 처리구의 경우 wrap film이 3.0% 정도 무게 감소율을 보인 반면 PE film에서는 무게감소가 거의 없었다(Fig. 8). 이러한 현상은 저온 및 상온에서 모두 나타났으며 상온에서 저장한 고추는 그 차이가 더욱 컸다. 고

추는 5.0% 정도 무게 손실이 발생하면 상품성이 크게 저하되며 저온에서도 저장 기간이 18~20일 경과하면 포장내 호흡에 의한 수분형성과 이취 발생으로 인해 저장성이 급격히 저하된다.

Hunter L값은 저온 저장 시 포장재에 상관없이 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 상온에서는 L값의 편차가 심하게 나타나는데 특히, 포장 처리구에서 유의차가 높았다(Fig. 9). 이는 20일 후 과피에 발생한 곰팡이가 색도에 영향을 주었다고 생각되며, 실제 필름 포장된 처리구에서 곰팡이 발생률이 높았다(Table 1).

꼭지에 발생된 곰팡이는 저장기간이 증가함에 따라 저온과 상온 저장구 모두 급증하였다. 특히 상온저장에서는 무포장 및 포장 처리구에서 모두 곰팡이 발생이 증가하였는데, 이는 곰팡이 번식이 고온에서 더 활발하다는 것을 보여준다(Rodov 등, 1995). 저온저장에서는 무포장 처리구의 고추에서 곰팡이가 발생하지 않고 포장 처리구에서만 곰팡이가 발생하였다. 특히 저온 포장 처리구에서 그 차이가 뚜렷하였으며, wrap 필름에서 발생률이 더 높았다. 과실에 발생된 곰팡이는 저장기간 전반에 걸쳐서 증가하는 경향을 보이며 저온저장 시 PE 필름에 포장된 고추에서 곰팡이 발생이 억제되었으나 실온에서는 포장한 고추에서 발병률이 높았다(Table 1).

종자 갈변은 저온 저장 시 상온 저장에 비해 최대 31.8% 가량 높게 나타났다. 저온 저장에서는 포장 유무에 관계없이 모두 발생률이 높았던 반면 상온 저장에서는 오히려 포장 처리를 하지 않은 경우에 종자 갈변이 높게 나타났다. 일반적으로 종자갈변의 원인은 두 가지로 설명되고 있다. 하나는 포장재를 이용한 저장 시 내부의 가스축적에 의한 장애이며, 다른 하나는 저온장애에 의한 종자갈변이다(Beaudry, 1999). 본 실험에서 나타난 결과를 살펴볼 때 상온과 저온 모두 포장지 내에 축적된 CO<sub>2</sub>량은 비슷하였다. 그러나 상온에 저장한 고추는 무포장 처리구에서 34.5% 종자갈변을 보여 포장처리한 과실에 비해 3배 이상 높게 나타났다. PE 필름 내부의 CO<sub>2</sub> 농도는 wrap 필름 내부에 비해 현격히 높는데(Fig. 8) 상온에서 종자갈변에 차이가 없으므로 CO<sub>2</sub> 장애는 아닌 것으로 판단된다. 오히려 저온 저장이 포장유무에 관계없이 42.5% 이상으로 높게 나타났으므로 종자갈변은 저온장애의 일종으로 생각되었다(Fig. 10).

이상 고추 저장 시 온도의 영향을 살펴본 결과 저온에서 저장을 실시하면 18~20일 정도까지 저장이 가능한 반면 상온에서 저장된 고추는 10일 전후로 무게손실과 부패과 발생이 나타났다. 포장 유무에 관해서 살펴보면, 포장재를 이용하지 않은 처리구가 저장 15일이 경과되면 5.0% 이상의 무게손실이 발생하는 반면

0.025mm PE 필름을 이용하면 이러한 문제점을 감소시킬 수 있고 저장력 증진에 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 8°C의 저장온도는 저장 20일 후 종자갈변을 야기하므로 장기저장을 위해서는 온도를 더 상승시켜야 할 것으로 생각되며, 18°C 저장 시 포장처리는 꼭지와 과피에 곰팡이 발생이 증가할 우려가 높은 것으로 판단되었다.

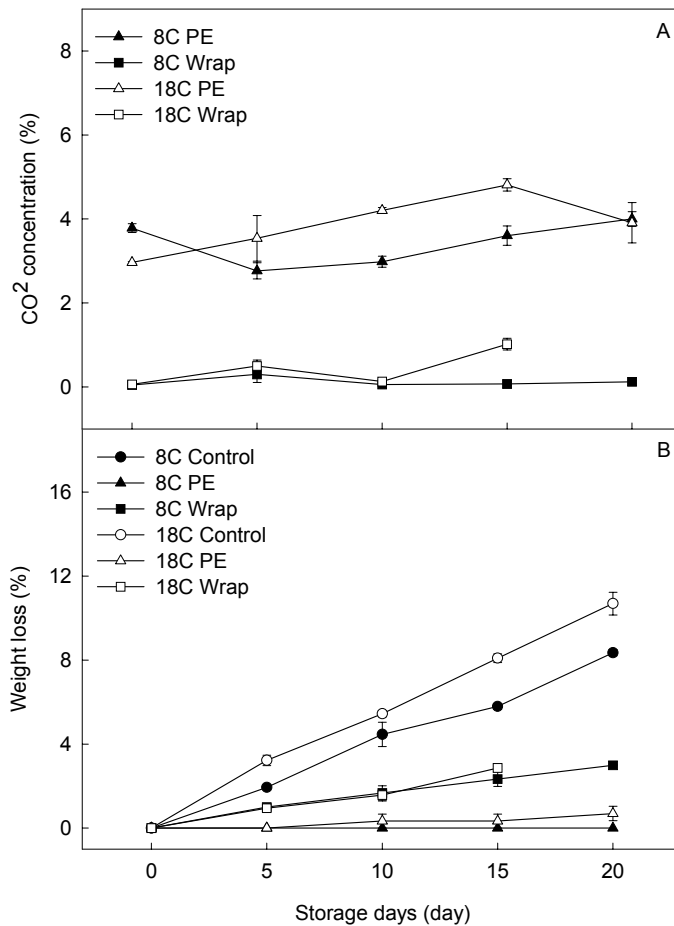


Fig. 8. Changes in CO<sub>2</sub> concentration (A) inside of film including green hot pepper and weight loss (B) during storage at 8°C or 18°C. Fruits were sealed with 0.025 mm PE film and PVC wrap film.

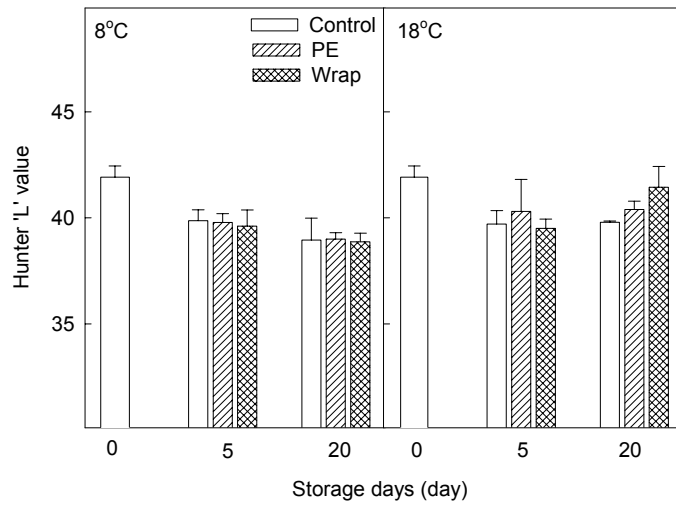


Fig. 9. Changes in Hunter L value of green hot pepper during storage at 8°C or 18°C. Fruits were sealed with 0.025 mm PE film, PVC wrap film, and not sealed as a control.

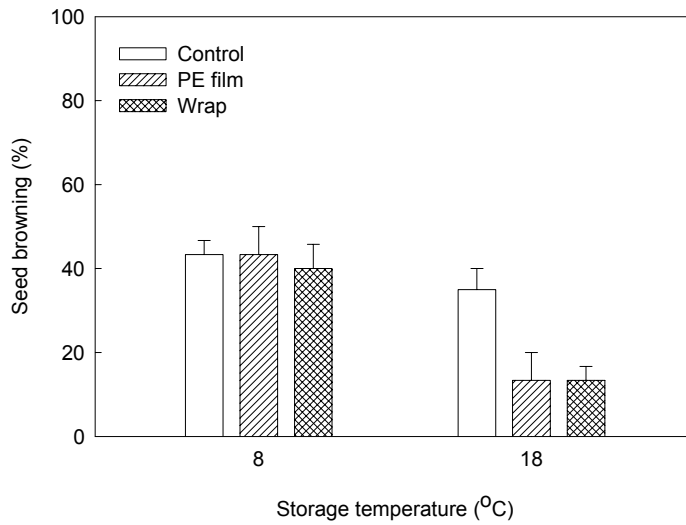


Fig. 10. Seed browning of green hot pepper after 20 days of storage at 8°C or 18°C. Fruits were sealed with 0.025 mm PE film, PVC wrap film, and not sealed as a control.

Table 1. Decay incidence at stem and pericarp of green hot pepper after 20 days of storage at 8°C or 18°C. Fruits were sealed with 0.025 mm PE film, PVC wrap film, and not sealed as a control. Vertical bars represent ±SE.

Treatment	Decay incidence (%)					
	Stem			Pericarp		
	Control	PE film	Wrap film	Control	PE film	Wrap film
8°C	0.0±0.0	31.1±4.4	46.7±13.9	51.0±7.7	13.5±3.7	48.9±9.7
18°C	50.8±14.7	67.9±9.4	48.9±8.0	22.2±11.8	68.2±11.1	57.5±8.0

#### 다. MeJA 처리 효과

고추 MA저장 중 가장 문제가 되는 부패과 발생과 종자갈변을 해결할 방안으로 기존에 다른 작물에서 그 효능이 인정된 천연물질 MeJA를 처리하여 고추에서의 효과를 살펴보았다(Meir 등, 1996; Fan 등, 1997; Buta와 Moline, 1998). 일반적으로 MeJA가 엽록소를 분해한다는 연구 결과가 보고되고 있으나(Sembdner와 Parthier, 1993; Creelman과 Mullet, 1997), 본 실험의 처리 농도 조건에서 총 엽록소 함량의 변화는 처리구와 무처리구 모두에서 유의적 차이는 보이지 않았다(Fig. 11). 비타민의 함량은 AA와 DHAA의 형태로 조사하였다. AA는 저장기간이 길어질수록 모든 처리구에서 대체적으로 감소하는 경향을 보이는데 저농도의 MeJA를 처리한 것이 고농도에 비해 감소율이 낮았으며, DHAA는 저장기간이 길어질수록 그 함량이 증가하는 경향을 보인다(Fig. 12). 그러나 전체 비타민 함량을 살펴보면 MeJA 처리구와 무처리구 모두 비슷한 양이 분포하였고 50~600µL의 MeJA 농도 범위는 고추의 비타민 C 함량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 고추의 저장 중 성분상에 영향을 미치지 않고 단지 고추의 저장장해 억제 방안으로 MeJA가 이용될 수 있음을 제시한다.

저장기간에 따른 고추 과실의 곰팡이 발생률을 살펴보면 무처리구에서 저장 18일 후 꼭지부위에 60.5%의 곰팡이 발생률을 보였는데 MeJA 처리에 의해 효과적으로 방지할 수 있었다. 그러나 300µL와 600µL의 고농도 MeJA 처리구가 50µL와 100µL의 저농도 처리구보다 곰팡이 억제 효과가 적게 나타났다(Table 2). 따라서 꼭지부위의 곰팡이 발생 방지를 위해서는 저농도 MeJA 처리(50~100µL · 12L<sup>-1</sup>)가 바람직하다고 판단된다. 과실표면의 곰팡이 발생은 MeJA 처리 시 1.8~3.9% 발견되었으나 처리간 유의적 차이는 보이지 않았다.

종자의 갈변은 저장일수가 경과됨에 따라 처리구가 무처리구에 비해 종자 갈변이 억제되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 13). MeJA 처리 농도별 결과를 살펴보면 곰팡이 발생률에서와 마찬가지로 고농도 MeJA 처리( $300\sim 600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ )에 비해서 저농도 MeJA 처리( $50\sim 100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ )에서 종자 갈변 발생을 줄이는데 효과가 있었으며, 특히 저장 6일 경과 후에 그 효과가 크게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면 MeJA 처리를 통해 부패과 발생과 종자갈변의 발생을 최소화할 수 있었다. 특히 고농도( $300\sim 600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ )의 MeJA를 처리했을 때보다 저농도( $50\sim 100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ )로 처리했을 때 그 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

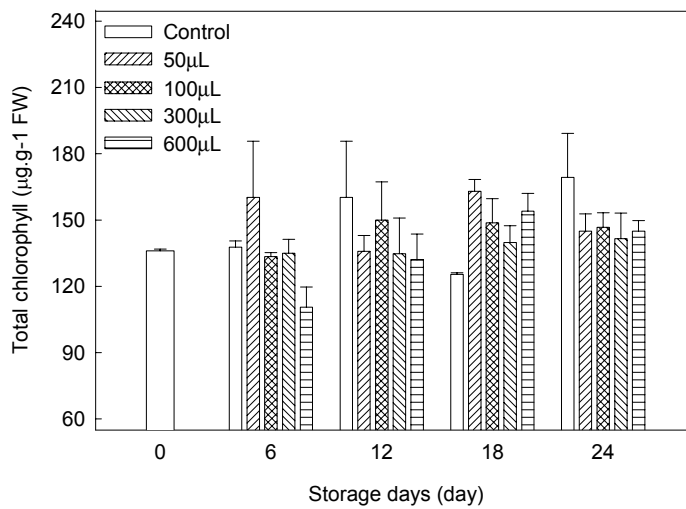


Fig. 11. Changes in total chlorophyll of green hot pepper during storage at 8°C. Fruit were treated with MeJA ( $0\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $50\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $300\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ), and then sealed with 0.025 mm PE film before storage at 8°C.

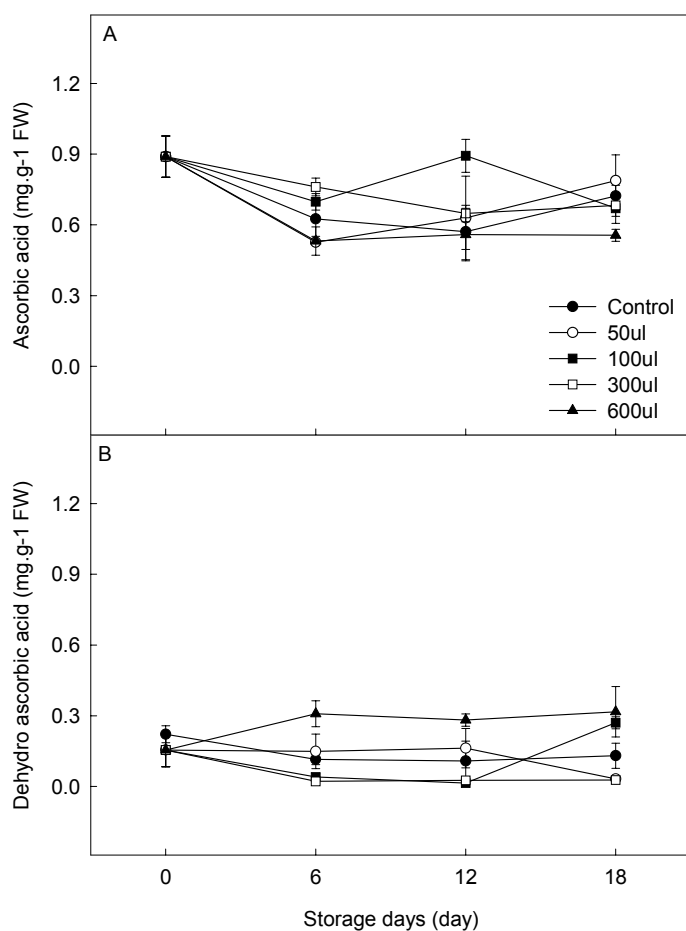


Fig. 12. Changes in AA (A) and DHAA (B) of green hot pepper during storage at 8°C. Fruit were treated with MeJA (0 $\mu$ L · 12L<sup>-1</sup>, 50 $\mu$ L · 12L<sup>-1</sup>, 100 $\mu$ L · 12L<sup>-1</sup>, 300 $\mu$ L · 12L<sup>-1</sup>, 600 $\mu$ L · 12L<sup>-1</sup>), and then sealed with 0.025 mm PE film before storage.



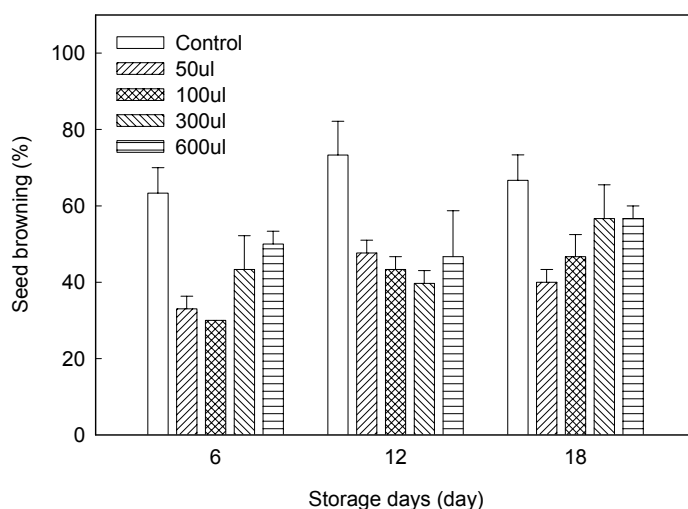


Fig. 13. Changes in seed browning of green hot pepper during storage at 8°C. Fruit were treated with MeJA ( $0\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $50\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $300\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ) before storage, and then sealed with 0.025 mm PE film.

Table 2. Decay incidence at stem and pericarp of green hot pepper after 18 days of storage at 8°C. Fruits were treated with MeJA ( $0\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $50\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $300\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ,  $600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ ), and then sealed with 0.025 mm PE film before storage. Vertical bars represent  $\pm\text{SE}$ .

Treatment	Decay incidence (%)	
	Stem	Pericarp
$0\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$	$60.5 \pm 5.3$	$0.0 \pm 0.0$
$50\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$	$36.7 \pm 3.9$	$2.1 \pm 2.1$
$100\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$	$25.9 \pm 3.7$	$1.8 \pm 1.8$
$300\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$	$41.8 \pm 1.6$	$1.8 \pm 1.8$
$600\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$	$43.9 \pm 7.5$	$3.9 \pm 3.9$

## 라. 예냉 효과

풋고추의 예냉 처리 효과를 알아보기 위해 forced-air cooling과 hydrocooling을 수행하였다. 저장 중 hydrocooling 처리에서 중량감소가 가장 적었다(Fig. 14). 저장 14일까지 대조구에 비해 예냉 처리구에서 색이 짙어지는 현상이 나타났으나 저장기간이 더 길어지면서 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다(Fig. 15). 저장 21일째에 곰팡이 발생률을 조사하였다(Fig. 16). 대조구에 비해 예냉 처리구의 곰팡이 발생률이 훨씬 낮은 것을 알 수 있다. Hydrocooling의 경우 대조구에 비해 수분함량이 높음에도 불구하고 발생률이 더 낮아서 예냉 처리가 곰팡이 발생을 줄이는데 효과가 있을 것으로 생각된다. 종자 갈변율은 저장 7일째 관찰에서 예냉 처리구가 무처리구에 비해 높게 나타났다(Fig. 17). 예냉처리 온도가 각각 5°C로 저온이므로 그 영향인 것으로 생각된다. 저장 기간이 지나면서 무처리구의 종자 갈변율은 꾸준히 증가하였다. Forced-air cooling 처리에서는 발생률이 둔화되어 무처리구와 비슷한 발생률을 나타냈다. Hydrocooling 처리의 경우 저장 14일과 21일 관찰에서 현격하게 낮은 발생률이 나타났다. 예냉 방법 중 hydrocooling은 잔류농약 제거의 부가적 효과가 있을 것으로 생각되어 풋고추 재배시 사용된 농약을 조사 분석하였다(Table 3). 분석 성분 중 chlorofenapyr만이 검출되었고, hydrocooling시 예냉하지 않은 것에 비해 그 양이 적었다. 그러나 현격한 감소가 일어나지 않아서 짧은 시간의 hydrocooling을 통한 잔류농약 제거는 어려운 것으로 생각된다.

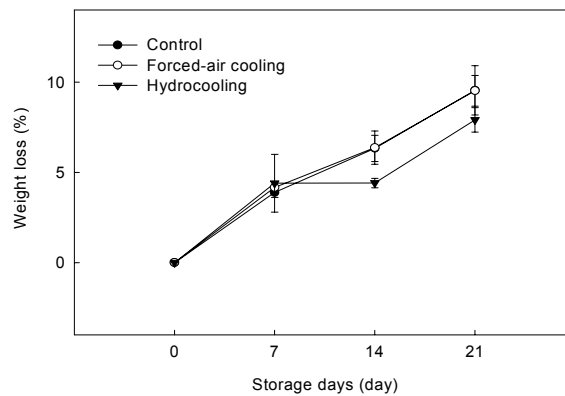


Fig. 14. Weight loss of green hot pepper during storage at 10°C after precooling. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

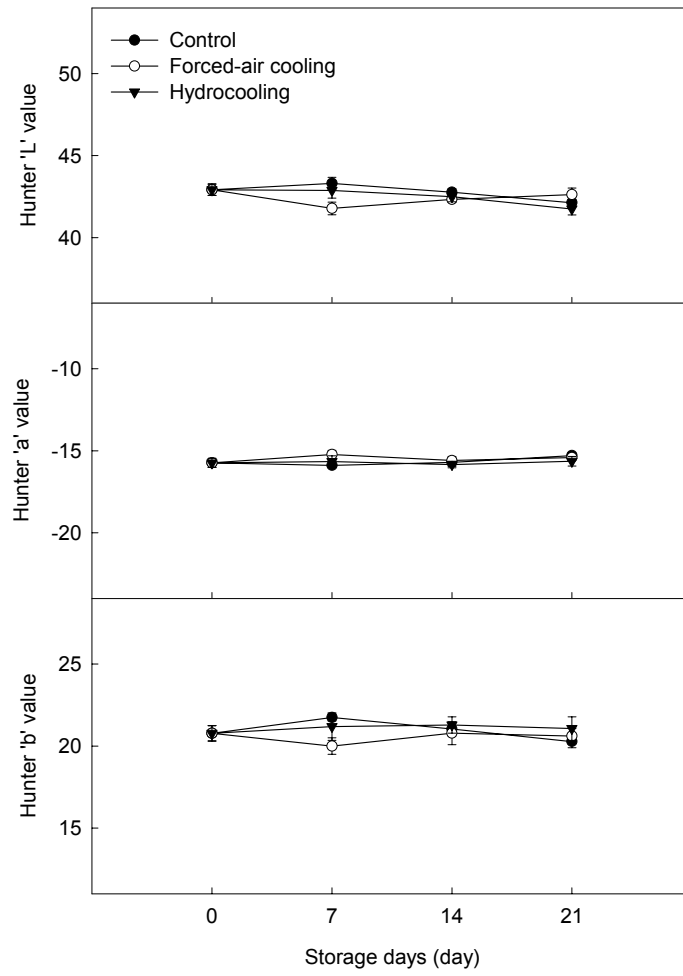


Fig. 15. Changes in Hunter L, a, b value of green hot pepper during storage at 10°C after precooling. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

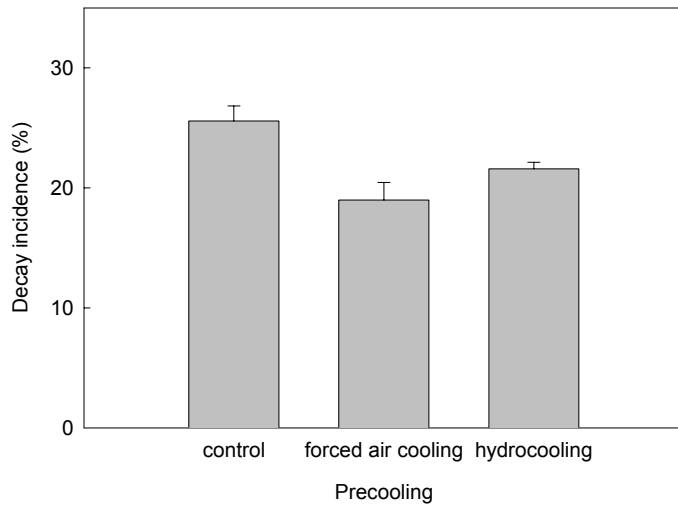


Fig. 16. Decay incidence of green hot pepper after 21 days at 10°C after precooling. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

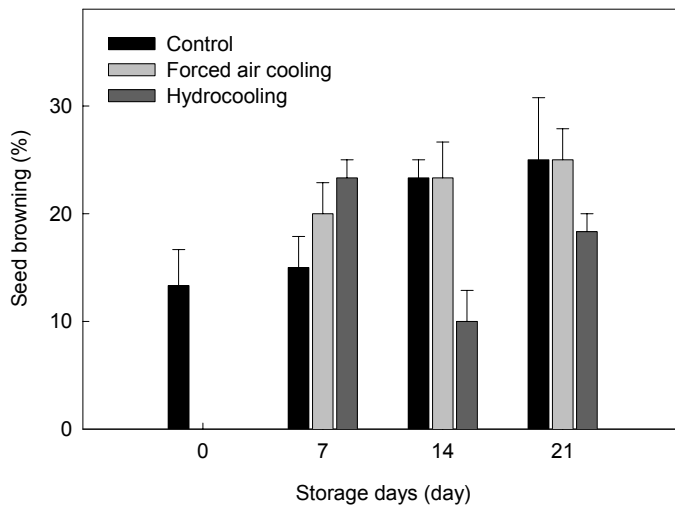


Fig. 17. Seed browning of green hot pepper after 21 days at 10°C after precooling. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

Table 3. Agrochemical residue concentration of green hot pepper after hydrocooling.

Active ingredient	Residue (mg/kg fresh wt)	
	Control	Hydrocooling
Imidacloprid	—	—
Spinosad	—	—
Emamectin	—	—
Chlorofenapyr	0.010	0.008
DDVP	—	—

## 제 2절 홍고추 장기저장

### 1. 연구방법

#### 가. 시료

시설에서 재배된 ‘녹광’ 품종을 수확하여 15개씩(250-300g) 넣어 2, 4℃에 저장하였다. 포장은 20×30cm 크기의 0.02, 0.03mm 두께의 PE film bag을 이용하였다. 대조구는 꼭지의 방향을 고려하지 않고 포장하였고, 실험구는 고추의 꼭지 부분을 위로 향하도록 하여 film bag을 세워서 저장하였다.

#### 나. 품질평가

무게변화는 저장 기간동안 초기 무게에 대한 감량정도를 백분율로 나타내었으며, 곰팡이 발생과 종자 갈변은 저장기간에 따라 발생된 과실 개수를 백분율로 나타내었다.

### 2. 실험결과

Fig. 18은 고추 꼭지가 한 방향으로 놓여진 것과 그렇지 않은 것 사이의 부패

과 발생률을 조사한 것이다. 2℃와 4℃ 저장에서 꼭지를 한 방향으로 하여 포장한 것에서 부패과 발생률이 더 낮은 것을 알 수 있다. 이때 포장재간에는 유의성 있는 차이가 발생하지 않았다. 2℃ 저장에서는 포장 방법에 따른 차이가 더 크게 나타났다. 홍고추는 풋고추에 비해 과육의 왁스층이 발달하고 경도가 높아지며 저온장해의 발생이 적어지고 곰팡이에 의한 부패과 발생도 낮아진다(Park 등, 2001). 저장온도가 낮을수록 곰팡이에 의한 부패과 발생보다는 꼭지 부분이 물러져서 상품성이 없어진다. 저온에서 고추를 저장유통 할 때 고추의 높은 호흡률로 인해 포장재 내에 수분이 많이 응결된다. 수분이 꼭지 부분에 닿으면서 꼭지가 물러지고 부패가 발생된다. 꼭지를 위로해서 포장한 것을 세워서 저장하면 응결된 수분이 포장재를 따라 아래로 떨어졌을 때 과육 부분과 닿게 되어 꼭지가 물러지는 현상이 크게 줄어들게 된다.

저장 중 무게 손실은 1% 미만으로 각각의 포장재에 의해 충분히 억제되었다(Fig. 19). 저장 중 곰팡이에 의한 부패과 발생은 4℃가 2℃에 비해 2배 이상 발생하여 온도에 따른 차이가 컸다(Fig. 20). 반면, 포장재의 두께간에는 유의성 있는 차이가 발생하지 않았다. 부패과 발생 억제를 위해서 저온저장이 효과적임을 알 수 있다. Fig. 21은 종자의 갈변정도를 조사한 것이다. 일반적으로 고추 저장에서 종자의 갈변은 저온장해 현상으로 간주되고 있다. 저장 중 종자갈변이 발생하였으나, 저장기간, 온도, 포장재 차이에 따른 유의성 있는 변화가 나타나지는 않았고, 16% 미만으로 유지되었다.

풋고추의 저장 유통에 관한 연구는 국내외적으로 많이 연구되었으나 홍고추 저장에 관한 연구는 미흡한 상황이다. 고추가 호온성 작물로 저온에서 장해현상이 나타나는 것으로 알려져 있기 때문에 주로 5℃ 이상에서 실험이 수행되었다. 그러나 홍고추는 풋고추보다 성숙이 진전되면서 저온에 대한 장해현상이 크게 감소하여 풋고추보다 낮은 온도에서의 저장이 가능할 것으로 제시되었다(Lin 등, 1993). 그래서 본 실험에서는 2℃와 4℃ 저장을 수행하였고, 2℃의 온도차이에도 부패과 발생률이 크게 차이가 나고, 저온장해의 한가지로 인식되고 있는 종자 갈변율이 온도에 따른 유의성이 없으므로 2℃의 저장뿐만 아니라 앞으로 더 낮은 온도의 저장도 가능한지 실험이 더 수행되어야 할 것이다.

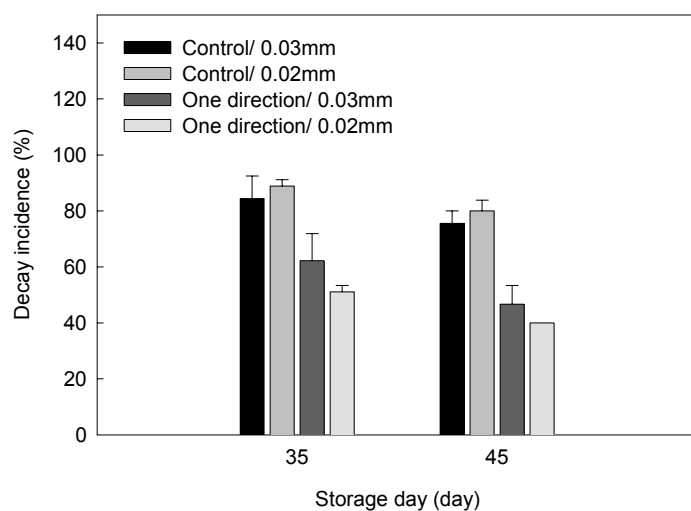


Fig. 18. Decay incidence of red hot pepper fruit after 35 days at 4°C and 45 days at 2°C. Fruits were packed in 0.02 or 0.03 mm PE film bags. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

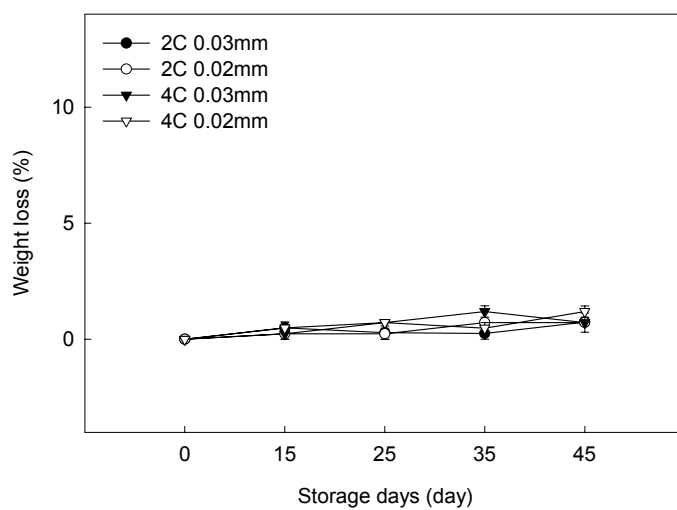


Fig. 19. Weight loss of red hot pepper fruit during storage at 2 and 4°C. Fruits were packed in 0.02 or 0.03 mm PE film bags. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

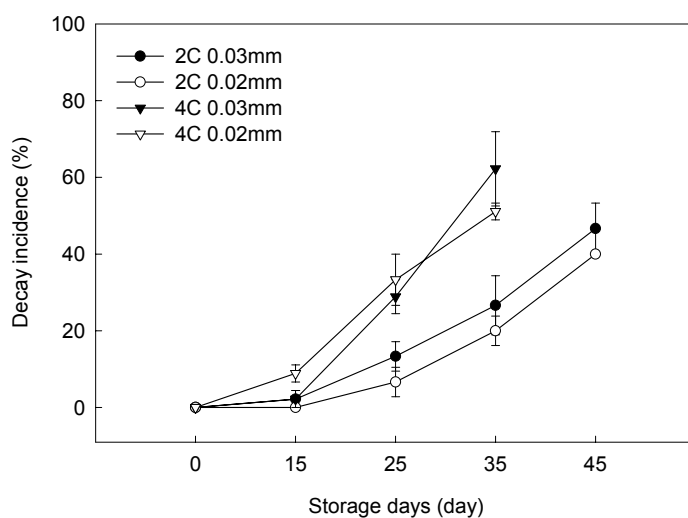


Fig. 20. Decay incidence of red hot pepper fruit during storage at 2 and 4°C. Fruits were packed in 0.02 or 0.03 mm PE film bags. Vertical bars represent  $\pm$ SE.

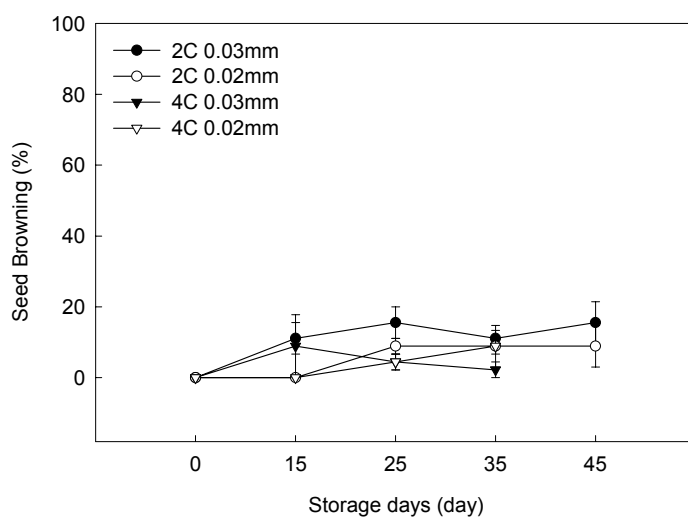


Fig. 21. Seed browning of red hot pepper fruit during storage at 2 and 4°C. Fruits were packed in 0.02 or 0.03 mm PE film bags. Vertical bars represent  $\pm$ SE.



## 제 3절 고추 건조시 변색 발생

### 1. 실험방법

#### 가. 변색유형 조사

건고추 생산 농가, 괴산 고춧가루 가공공장, 안동 고춧가루 가공공장에서 수매한 고추에서 발생하는 변색을 조사하여 유형별로 분류하였다.

#### 나. 현미경관찰

Transmission electron microscopy(TEM)를 이용해 색소가 존재하는 세포를 관찰하고 Scanning electron microscopy(SEM)로 변색 유형별 조직의 차이를 조사하였다.

#### 다. 색소분석

Acetone으로 고추 시료가 희게 보일 때까지 색소를 추출하여 HPLC를 이용해 분석하였다(Minguez-Mosquera와 Hornero-Mendez, 1994; Hornero-Mendez와 Minguez-Mosquera, 2000).

#### 라. 희나리 발생기작 구명

고추 건조시 수분이 나가는 부위를 알아보기 위하여 꼭지(stem)와 과육끝부분(apex)을 각각 파라핀으로 코팅하여 수분 변화를 조사하였다. 고추 과육을 4등분으로 나누어 과육의 부위별 수분건조 정도를 조사하였다.

고추 과육을 9.5mm cork bore를 이용해 절단하여 Petri dish에 sucrose-MES용액과 함께 넣은 후 인공광(Metal halide lamp)을 이용해 800-1600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 의 PPF (Photosynthetic photon flux)를 조사하였다. 암상태는 aluminium foil로 Petri dish를 감싼 후 인공광을 조사하였다. 수분함량 차이에 따른 색변화를 관찰하기 위해 Petri dish에 sucrose-MES 용액을 넣지 않고 인공광 아래에 두어 시간 경과에 따라 건조가 일어날 수 있도록 하였다. EC meter를 이용해 electrolyte

leakage의 변화(conductivity)를 측정하였다.

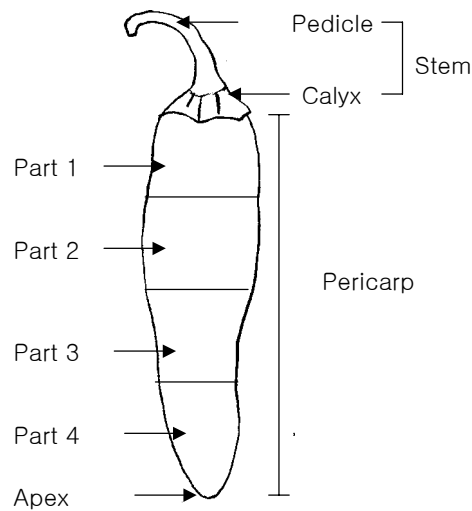
#### 마. 후숙처리

붉은 색이 덜 발달되어 주홍빛을 나타내는 고추(faint red)와 당장 이용이 가능하게 붉어진 고추(deep red)로 구분하여 수확후 통기가 잘 되는 바구니에 담아 신문지로 덮은 뒤 빛이 통하지 않고 습하지 않은 상온에서 12일간 후숙하였다.

#### 바. 품질평가

후숙에 따른 고추의 색도는 고추 과육의 가운데 부위를 colorimeter(Minolta CR 200)를 이용하여 측정하였다. Sugar 변화, 매운맛 성분은 HPLC를 이용해 분석하였다(Lopez-Hernandez 등, 1996).

#### 사. 본문 작성에 사용된 고추 부위의 명칭



## 2. 실험결과

### 가. 변색의 유형

홍고추 건조후 발생하는 변색은 Fig. 22에서와 같이 6가지 형태로 나눌 수 있다. 변색의 특징과 관찰되는 시기, 발생원인은 형태별로 다양하였다(Table 4).

A는 곰팡이 감염에 의해 발생하는 것으로 탄저병 등의 곰팡이에 이미 재배단계에서 감염된 경우이다. 건조 과정 중 높은 온도와 습도로 인해 확산되어 건조후에 병반이 더 뚜렷하게 관찰된다. SEM 관찰로 그 부분의 조직이 부풀어지고 일부 파괴되었으며 TEM 사진으로 세포내에 곰팡이의 균사가 퍼져있고 색소를 보유하고 있는 구조물이 관찰되지 않았다(Fig. 23).

B는 바이러스 감염에 의해 세포가 손상되었을 때 나타나는 증상이다. 변색부분이 과육에 길게 골고루 퍼져 있고 노란색을 띤다.

C는 주로 오랜 기간 저장했을 때 관찰된다. 변색이 나타난 부위에는 큐티클층만 남아있다. 저장조건이 좋지 못할 경우 더 빨리 나타나고 미생물이나 곤충에 의해 과육 조직이 소모되어 나타난다.

D는 태양건조(양건) 과정에서 발생한다. 환기가 원활하지 못한 상태의 건조장소에서 고추가 태양광선을 과도하게 받게되면 발생한다. 고추가 진한 붉은색이 되기 전에 수확한 경우 더 빠른 속도로 변색이 된다. 빛을 받은 부분에서만 발생하고 주로 꼭지부분부터 변색이 시작된다(Fig. 24). 피산지역 농가에서는 분홍초라 부르고 양건 중 흔히 발생하는 형태이다. 변색은 건조 시작후 2-3일째부터 나타나기 시작하며 그대로 방치하면 빠른 속도로 진행된다. 농가에서는 이러한 피해를 줄이기 위해서 건조기간 내내 고추의 빛 받는 부분이 골고루 되도록 고추를 뒤집어주고 변색이 나타나기 시작하면 양건을 포기하고 열풍건조로 단시간에 건조하여 피해를 줄인다. 그러나 이러한 작업들은 노동집약적이고 양건 과정중 많은 고추가 변색으로 버려지고 있다.

E는 오랜 기간 건조고추를 저장할 때 나타난다. 저장 중 색소가 서서히 산화되어 나타나는 증상으로 고추의 조직은 그대로 유지되지만 세포내 색소를 포함한 구조물이 감소된 것을 관찰할 수 있다. TEM 관찰시 D 형태와 유사하지만 외관상 희게 보일 때까지 산화가 일어나려면 상당히 오랜 시간이 소요되고, 그전에 과육의 소모가 일어날 것으로 생각된다.

F는 일명 흑변이라고 한다. 고추를 높은 온도로 열풍 건조하거나 초기에 희나리로 진전되지 않은 고추가 장기간 태양건조 될 때 발생한다. 건조의 적정온도보다 높은 온도에서 건조했을 때 발생되며 비효소적 갈변이 원인인 것으로 알려져 있다(Lee 등, 1991).

희나리는 건조고추가 희게 보일 때 쓰는 표현으로 건조 후 발생하는 변색의 6가지 형태

중 건조 직후 나타나는 A, D형태를 통칭하여 주로 쓰인다.

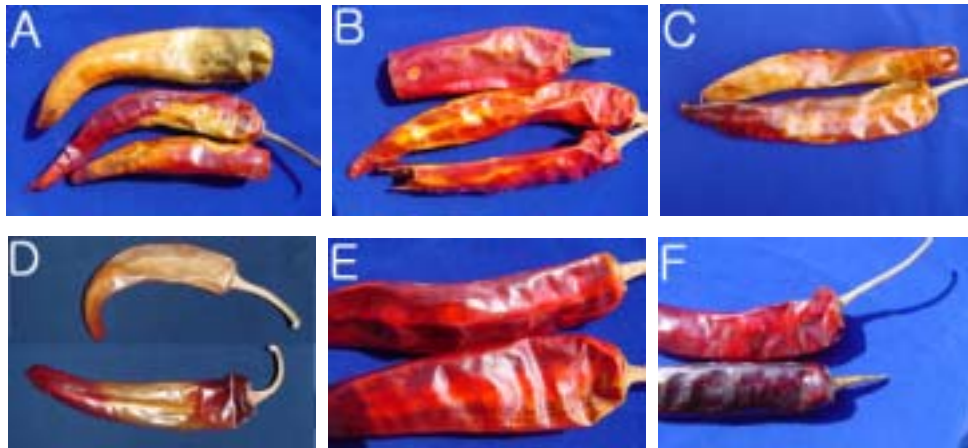


Fig. 22. Discoloration types of dried red hot pepper.

Table 4. Description of discoloration types in dried red hot pepper.

Type	Appearance time	Discoloration factor
A	right after drying	fungi
B	right after drying	virus
C	after long storage	microorganisms, insects
D (Bunhongcho)	in sun drying	light and humidity
E	after long storage	oxidation
F (Blackening)	right after drying	high temperature

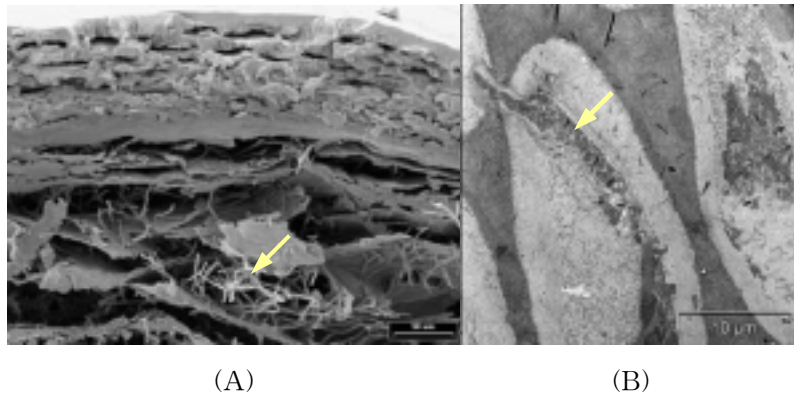


Fig. 23. SEM (A) and TEM (B) micrographs of discoloration type A in dried red hot peppers. Arrow indicates the hyphae of fungi.



Fig. 24. Discoloration type D (bunhongcho) of dried red hot peppers.

#### 나. 분홍초(변색형태 D)

고추를 열풍건조기로 빠른 시간내에 건조시킬 때는 분홍초 발생이 없는 것으로 알려져 있다. 농가에서 양건을 할 때 발생하므로 같은 상황을 조성하였다. 소형 비닐 하우스를 설치하여 고추를 양건하면서 고추가 한쪽 면만 빛을 받도록 유지했을 때 3-4일째에는 Fig. 25의 (A)와 같은 분홍초가 발생하였다. 이때 소형 비닐 하우스 내부의 온도는 낮 동안은 55-65℃ 정도가 되고 상대습도가 20% 정도까지 감소하고 밤 동안은 온도가 10-20℃, 상대습도가 80% 이상 유지되었다. 낮의 상대습도가 떨어지기는 하지만 대체로 비닐 하우스 내는 습하고 온도가 높은 상태로 유지되었다. 고추의 색소성분인 carotenoids는 높은 온도와 빛 모두에 의해 과

괴될 수 있다. 높은 온도와 빛이 색소파괴에 미치는 영향을 알아보기 위하여 PE film bag 속에 고추를 넣어 50℃의 빛이 없는 상태의 열풍 건조기 속에 두고 관찰하였다(Fig. 25. (B)). 열풍건조기에서 빠른 시간내에 건조가 일어나면 변색이 나타나지 않으므로 PE film bag 속에 넣어 양건할 때와 같이 상대습도를 높게 유지하였다. 5일이 경과했을 때도 붉은 색이 남아있어 양건에 비해 지속적으로 높은 온도에 있게 되어도 색소가 없어지는 속도는 매우 느렸다. 7일이 경과하였을 때 붉은 색은 없어졌으나 노랗게 보이고, 이것을 PE film bag에서 꺼내어 빠른 시간내에 건조하여도 희게 되지는 않았다. 그러므로 분홍초의 발생에는 빛이 반드시 존재해야 한다는 것을 알 수 있다.

농가에서 일부 상인들에 의해 분홍초가 거래되기도 하므로 품질을 평가하였다. 분홍초는 매운맛 성분인 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량이 정상건조에 비해 아주 미량 존재하고 soluble sugar 함량은 정상과 비슷한 상태였다(Table 5). 색뿐만 아니라 매운맛의 감소로 고춧가루로서의 이용 가치는 없을 것으로 생각된다. 분홍초가 발생하는 환경이 매운맛 감소에 어떻게 영향을 미쳤는지는 밝혀내지 못하였다.

TEM을 이용한 관찰에서 희게 변한 부분은 정상에 비해 색소를 보유한 구조물이 현저하게 감소된 것을 알 수 있다(Fig. 26). 색소 성분을 분석하면 모든 성분들이 전반적으로 다 감소되고 총 carotenoid는 40분의 1정도로 감소하였다(Table 6). 분홍초는 다른 물질의 합성보다는 고추의 색소성분인 carotenoids의 파괴에 의해 나타나는 현상이라고 할 수 있겠다.

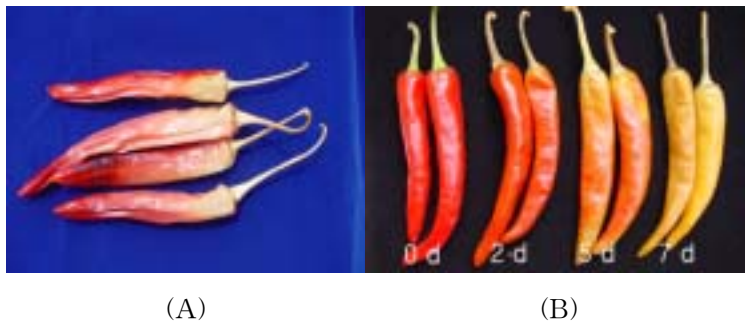


Fig. 25. Photographs of discoloration caused by different conditions in red hot pepper. (A) Red hot peppers were placed in a small sized vinyl-house for 4 days. (B) Red hot peppers packed in a PE film bag were placed in dark oven for 7 days at 50℃.

Table 5. Soluble sugars and capsaicinoids of normal and bunhongcho in dried red hot peppers.

	Normal	Bunhongcho
Soluble sugar (mg/g dry wt)		
Fructose	82.5	83.8
Glucose	44.1	55.7
Sucrose	2.1	2.7
Capsaicinoids (ug/g dry wt±S.E.)		
Capsaicin	160.8±26.8	trace
Dihydrocapsaicin	48.7±4.5	trace

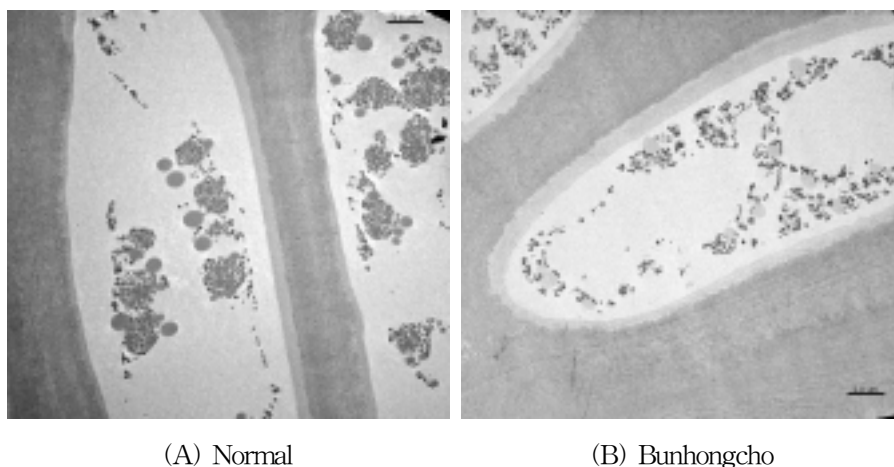


Fig. 26. TEM micrographs of normal and bunhongcho in dried red hot peppers.

Table 6. Carotenoid contents of normal and bunhongcho in dried red hot pepper.

Pigment	Carotenoid contents ( $\mu\text{g/g}$ dry wt $\pm$ S.E.)	
	Normal	Bunhongcho
$\beta$ -carotene	969.2 $\pm$ 185.1	14.8 $\pm$ 7.5
Free xanthophylls		
capsorubin	33.0 $\pm$ 10.2	-
violaxanthin	80.3 $\pm$ 3.6	-
capsanthin	468.8 $\pm$ 39.8	28.5 $\pm$ 15.0
capsolutein	72.1 $\pm$ 2.5	-
cucurbitaxanthin	170.7 $\pm$ 10.1	-
zeaxanthin	110.5 $\pm$ 6.6	-
cryptocapsin	-	-
$\beta$ -cryptoxanthin	287.4 $\pm$ 19.0	33.7 $\pm$ 1.6
Monoesters		
capsorubin	563.3 $\pm$ 44.6	28.7 $\pm$ 14.4
capsanthin-1	1478.7 $\pm$ 126.4	44.8 $\pm$ 5.3
capsanthin-2	765.5 $\pm$ 63.72	15.7 $\pm$ 3.4
capsanthin-3	510.3 $\pm$ 43.2	10.5 $\pm$ 5.3
zeaxanthin-1	569.1 $\pm$ 48.7	9.2 $\pm$ 4.7
zeaxanthin-2	320.0 $\pm$ 26.9	5.1 $\pm$ 2.6
$\beta$ -cryptoxanthin	-	-
Diesters		
capsorubin-1	182.7 $\pm$ 14.5	2.0 $\pm$ 2.0
capsorubin-2	502.8 $\pm$ 63.9	11.2 $\pm$ 5.7
capsanthin-1	996.7 $\pm$ 75.6	21.7 $\pm$ 7.1
capsanthin-2	978.8 $\pm$ 63.7	25.3 $\pm$ 13.5
capsanthin-3	469.5 $\pm$ 22.3	9.4 $\pm$ 4.7
capsanthin-4	208.1 $\pm$ 2.1	-
zeaxanthin-1	72.7 $\pm$ 5.5	-
zeaxanthin-2	38.5 $\pm$ 6.6	-
Total carotenoids	9848.7 $\pm$ 845.6	260.5 $\pm$ 59.7
Yellow pigments(%)	27.3	24.1
Red pigments(%)	72.7	75.9

#### 다. 분홍초 발생 기작



분홍초 발생시 Fig. 24와 25에서처럼 주로 꼭지 쪽에서부터 변색이 시작된다. 광과 온도는 과육의 꼭지쪽과 끝쪽에서 같은 상태이므로 수분변화를 관찰하였다. 고추 과육에는 왁스층이 발달하였으므로 일반적으로 고추 건조시 꼭지쪽이나 과육끝쪽을 통해 건조가 일어날 것으로 생각한다. 그래서 꼭지쪽(stem)과 과육끝쪽(apex)을 통한 수분감소의 영향을 측정하였다(Fig. 27). 과육끝쪽을 파라핀으로 감싸 수분이동을 차단했을 때는 대조구와 차이가 없었으나 꼭지쪽을 차단했을 때는 10%정도 수분감소율이 낮아졌다. 파라핀으로 꼭지쪽을 감쌌을 때 과육은 건조되어도 꼭지부분이 파라핀의 영향으로 건조되지 않은 상태였다. 꼭지쪽을 감쌌을 때 수분감소가 적었던 것은 꼭지쪽 자체의 건조가 일어나지 않아서 차이가 발생한 것으로 고추 전체의 건조를 막지는 않았다. 그러므로 과피를 통해 건조가 일어나고, 꼭지와 과육끝이 분홍초 발생에 영향을 주지는 않는 것으로 생각된다.

Fig. 28은 건조동안 고추 과육을 4등분하여 부위별 수분함량변화를 측정한 것이다. Part 4에서 Part 1에 비해 수분 감소가 빨리 일어났다. Part 1 부분에는 종자와 태좌부가 존재하고 part 4 쪽으로 갈수록 없어지므로 그 영향으로 part 1 부분이 더디게 건조된다. 그러므로 part 4는 변색반응이 일어나기도 전에 건조되고 건조가 느린 꼭지쪽 과육에서 주로 색소파괴가 일어난다고 할 수 있다.

고추건조 중 변색이 되는 과육의 색소가 파괴되는 기작을 알아보기 위하여 Fig. 29와 같은 실험을 수행하였다. 과육을 disc 형태로 절단 후 sucrose-MES 용액이 들어있는 Petri dish에 넣고 인공광(metal halide lamp)을 조사하였다. A는 광을 차단했을 때이고 B는 계속 광이 조사된 경우이다. B의 경우 시간에 따라 색소가 감소하여 44시간 광 조사시에는 색이 거의 없어져 과육이 희게 변하였다. 그러나, A는 색소 변화가 거의 없었다. 광 조사시 세포 손상으로 색소파괴가 일어나는지 알아보기 위하여 electrolyte leakage를 측정하였다(Fig. 30). 6시간 후 측정에서 초기에 비해 크게 증가가 나타나는데 이것은 disc 절단시 그 부분 세포의 손상에 따른 증가라고 생각된다. 암상태의 disc는 색소의 변화와 EC 변화가 거의 없었다. 광상태의 disc는 시간 증가에 따라 붉은 색이 계속 감소하였지만 EC 증가는 크지 않다가 disc의 색이 거의 없어진 44시간 이후부터 크게 증가하였다. 그러므로 색소파괴가 있는 후 세포손상이 일어난다고 할 수 있다. 이러한 실험을 과육 위치에 따른 변색발생 차이를 알아보는데 적용하였다. 과육의 위치에 따른 성숙정도나 색소의 미묘한 차이가 변색의 주요원인일 수 있으므로 광, 온도, 수분 환경이 같은 상태에서 과육 위치에 따라 변색이 달라지는지를 관찰하였다(Fig. 31). Part 1과 part 4에서 각각 disc를 절단하여 인공광하에서 EC를 측정하였다. 과육 위치에 따른 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 분홍초 발생시 꼭지쪽 과육

에서 주로 변색이 생기는 것은 건조가 더디기 때문이라고 결론지을 수 있다.

수분함량 차이가 색 변화에 크게 작용하므로 Petri dish에 sucrose-MES 용액을 넣지 않고 인공광에 의해 건조가 일어날 수 있게 하였다. 27시간의 인공광 조사후 건조가 일어난 처리구에서는 색소 함량이 높게 유지되었다(Fig. 32). 절단하지 않은 통고추에서 같은 결과를 얻을 수 있을지 실험하였다. 수확후 15시간동안 오븐에서 건조시켜 수분함량을 낮춘 고추와 상온에 그냥 방치하여 수분함량에 거의 변화가 없는 대조구를 PE film bag에 넣어 18시간 인공광에 조사하였을 경우, 대조구는 과육색이 바래지는 것이 육안으로도 관찰되나 수분함량을 줄인 처리구에서는 관찰되지 않았다(Fig. 33).

Carotenoids는 그 구조적 특징으로 reactive oxygen species(ROS)나 여러 free radical을 소멸시켜 lipid peroxidation 등 세포에 해가 되는 작용을 막는 항산화제로서 작용한다(Palozza와 Krinsky, 1992; Mortensen과 Skibsted, 1999). 태양 건조중 고추의 색소성분인 carotenoids가 빛의 높은 에너지에 의해 생성되는 ROS에 대해 항산화제로 작용하여 식물체를 보호한다. 그 과정에서 carotenoids 자체는 산화되어 분해되면서 색을 잃고, 희나리 증상이 나타나게 된다. 태양에 노출될 때 식물체내의 수분함량이 낮으면 이러한 현상은 크게 감소되므로 양건으로 건고추를 생산할 때는 먼저 식물체의 수분함량을 어느 정도 감소시키거나 건조중 수분이 빨리 손실될 수 있는 환경을 조성하여야 색소파괴를 억제하여 희나리 발생을 막을 수 있다.

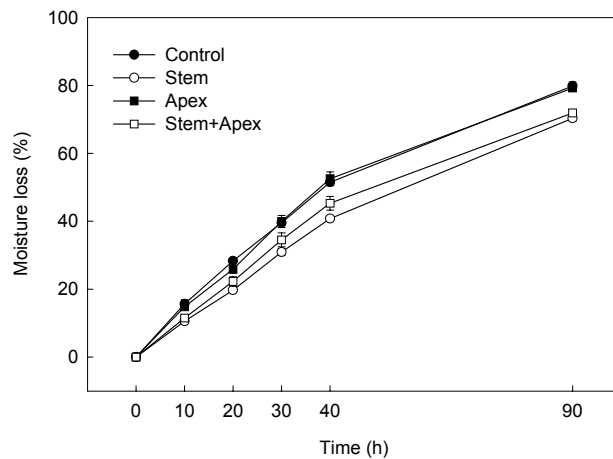


Fig. 27. Moisture loss in red hot pepper fruits during oven drying at 45°C. Different parts of pepper fruits were covered with paraffin to compare moisture loss rates in stem and apex parts.

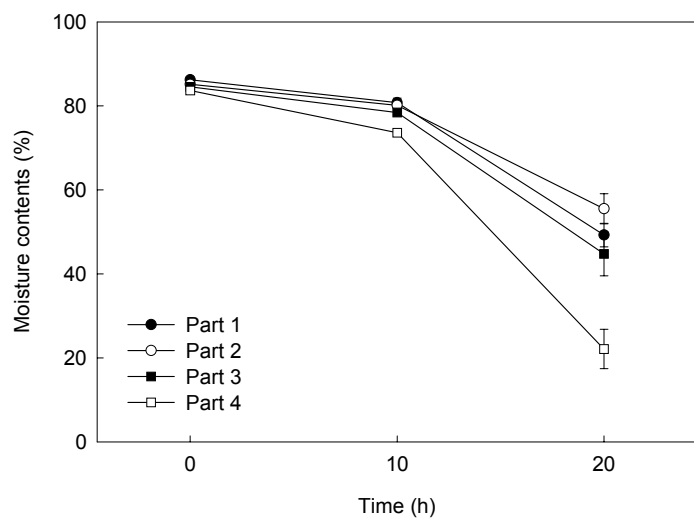


Fig. 28. Changes of moisture contents in red hot pepper during 60°C oven drying.

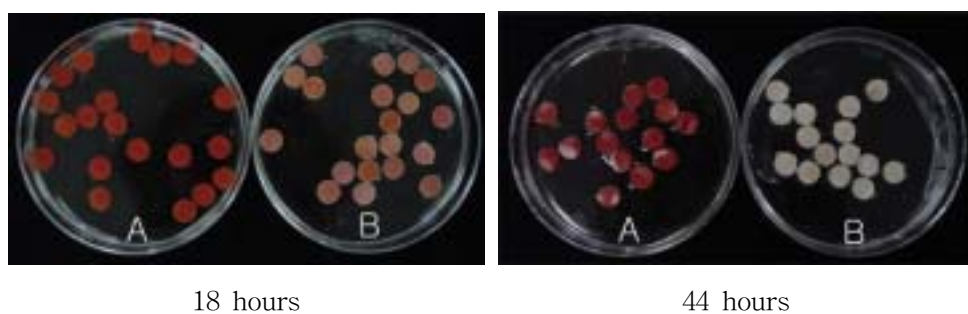


Fig. 29. Color changes of red hot pepper pericarp sections illuminated with a metal halide lamp after 18 and 44 hours. (A) Petri dish was wrapped with aluminium foil.

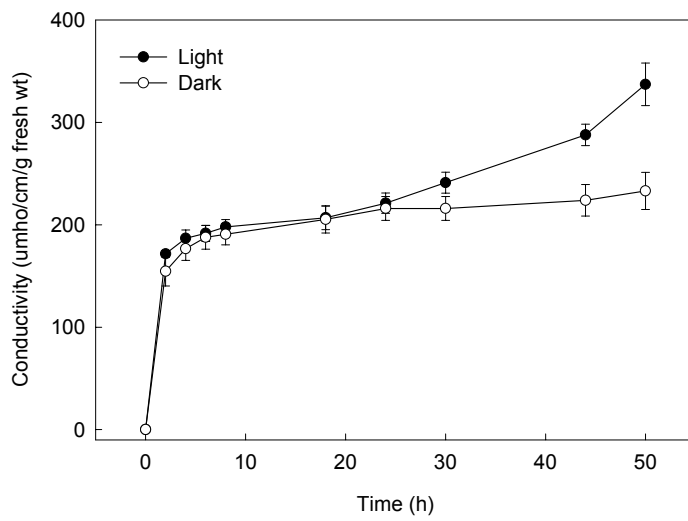


Fig. 30. Conductivity changes in red hot pepper sections under light and dark conditions illuminated with a metal halide lamp.

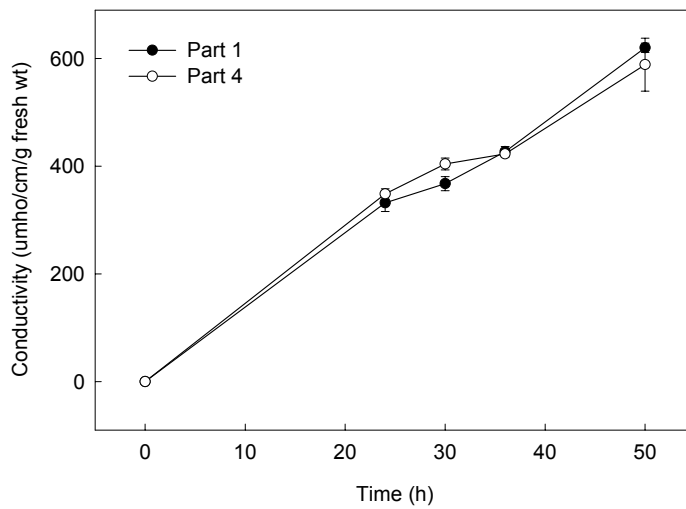


Fig. 31. Conductivity changes in different parts of red hot pepper pericarp under the light of a metal halide lamp.

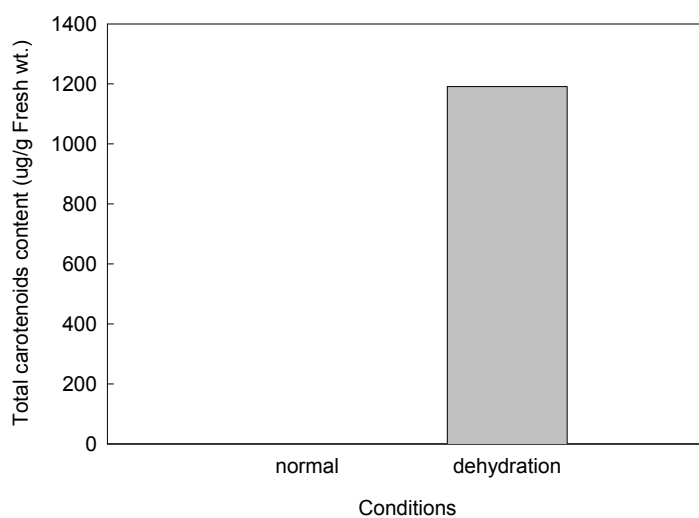


Fig. 32. Carotenoid changes of red hot pepper pericarp discs under normal or dehydrated conditions illuminated with a metal halide lamp for 27 hours. normal, humid atmosphere with sucrose-MES solution; dehydration, dry atmosphere without solution.



Fig. 33. Color of normal and dehydrated red hot pepper. Peppers were packed with PE film and illuminated with a metal halide lamp for 18 hours. A, control; B, dehydrated for 15 hours.

## 라. 후숙

과육내 색소의 함량이 적을 경우 많은 것에 비해 변색이 더 쉽게 발생되고 건조후 색상도 선호도에서 떨어진다. 그러나 수확하는 동안 육안으로 그 차이를 구별하기 어렵기 때문에 건조후 개체간 색 차이가 많이 발생한다. 후숙은 고추를 수확후, 건조전 일정기간 서늘하고 바람이 잘 통하는 암상태에 보관해 두는 것이다.

Fig. 34는 12일간 후숙하면서 색의 변화와 수분변화를 조사한 것이다. Ripening stage가 다른 faint red와 deep red를 수확하여 후숙을 실시하였다. 초기에는 밝기(L value)와 색(hue angle)에서 큰 차이를 나타냈으나 후숙 시일이 경과되면서 그 차이가 감소되었다. 수분 함량의 감소정도는 성숙도간에 차이가 없었고 12일간 후숙후 75-80% 정도가 되었다.

당함량은 후숙동안 조금 증가하였으나 faint red의 경우 후숙 12일에는 sucrose 함량이 감소하였다(Table 7).

이러한 변화는 carotenoids 함량 변화에서도 나타났다(Table 8). 후숙기간 동안 carotenoids 생합성이 계속 진행되어 더 많은 xanthophylls이 생성되고 esterification으로 더 안정된 형태로 변화되는 것으로 알려져 있다(Markus 등, 1999). Deep red는 각 성분들이 모두 증가하여 지속적으로 총 carotenoids 함량이 증가하였을 뿐만 아니라 색소합성의 초기 단계인  $\beta$ -catotene 함량도 증가되었다. 후숙시간이 더 진전될 경우 carotenoids 생합성으로 xanthophylls이 더 많이 축적될 가능성을 보여준다. Faint red는 후숙 6일에는 각 성분들이 수확직후에 비해 약 2배씩 증가되어 deep red와 비슷한 함량을 나타냈으나 후숙기간이 12일에 이르러서는 감소하는 경향이 나타났다. 고추가 성숙되는 동안 xanthophyll의 esterification이 일어나 색소가 좀 더 안정화되는 것으로 알려져 있으나(Hornero-mendez 등, 2000) 본 실험에서는 후숙기간 동안 xanthophyll의 esterification 비율에 큰 변화가 없었다(Fig. 35).

후숙은 색소함량을 증가시켜 건조후 고추 색을 좋게 할 수 있지만 농가에서 후숙에 적합한 공간을 확보하거나 과도한 양을 쌓아둘 경우 후숙기간 동안 곰팡이 발생이 진전될 수 있다. 그러므로 일주일 안팎의 기간동안 faint red 상태가 deep red 상태까지 이르게 되므로 일주일 정도의 후숙기간이 적합할 것으로 생각된다.

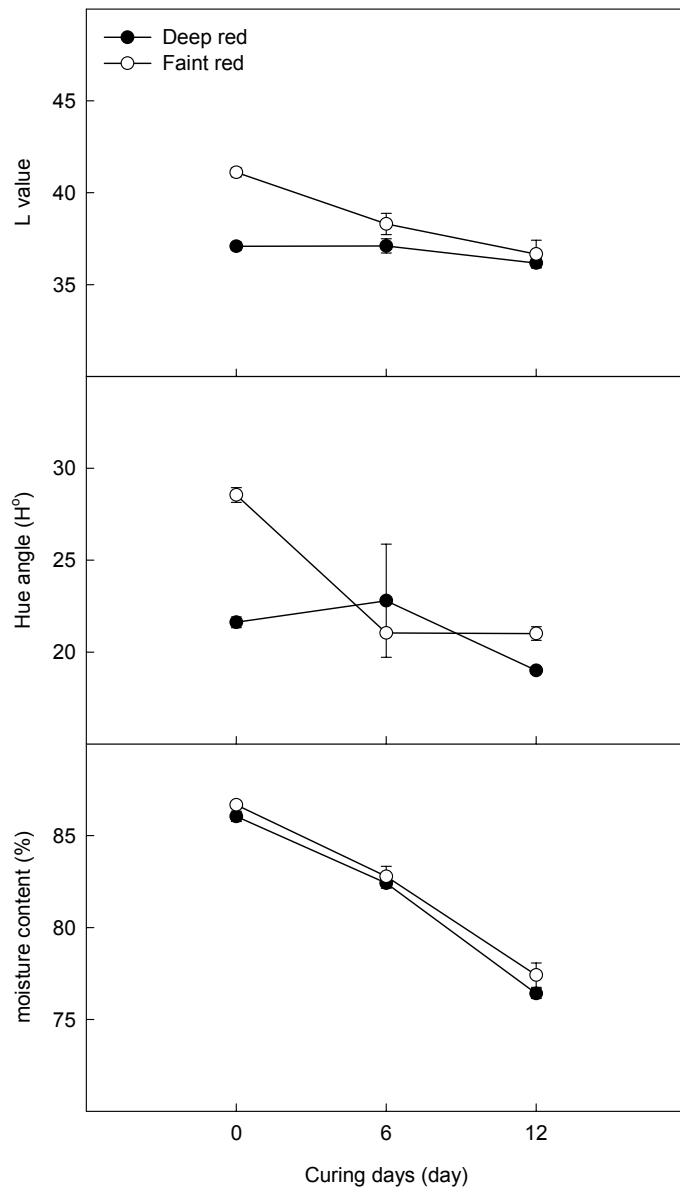


Fig. 34. Reflected colors and moisture contents of red hot pepper 'Nokguang' (*Capsicum annuum*) during curing processes after harvest.

Table 7. Soluble sugars contents of red hot pepper pericarp for curing processes.

Curing days (day)	Soluble sugar (mg/g dry wt±S.E.)		
	Fructose	Glucose	Sucrose
Faint red			
0	93.7±2.6	82.0±3.1	10.4±0.8
6	101.0±4.7	80.4±4.2	10.5±0.7
12	119.1±7.0	84.4±6.0	5.7±0.2
Deep red			
0	98.1±3.7	77.3±2.8	12.5±1.3
6	85.6±2.6	65.4±1.1	8.9±0.6
12	119.9±2.1	82.0±4.2	15.3±2.0



Table 8. Changes in concentration of carotenoid pigments in red hot pepper 'Nokguang' (*Capsicum annuum*) with curing after harvest.

Pigment	Days of curing ( $\mu\text{g/g dry wt}\pm\text{S.E.}$ )		
	Faint red		
	0 day	6 day	12 day
$\beta$ -carotene	1356.4 $\pm$ 92.1	2739.5 $\pm$ 309.5	1956.2 $\pm$ 263.3
Free xanthophylls			
capsorubin	23.2 $\pm$ 3.6	43.4 $\pm$ 2.3	22.2 $\pm$ 4.6
violaxanthin	59.3 $\pm$ 8.2	106.9 $\pm$ 3.1	63.8 $\pm$ 9.9
capsanthin	402.3 $\pm$ 52.3	502.5 $\pm$ 32.8	293.0 $\pm$ 48.3
capsolutein	87.0 $\pm$ 6.1	166.7 $\pm$ 4.9	144.8 $\pm$ 15.0
cucurbitaxanthin	54.8 $\pm$ 1.1	116.7 $\pm$ 6.0	100.3 $\pm$ 11.2
zeaxanthin	298.7 $\pm$ 44.3	234.1 $\pm$ 13.2	143.9 $\pm$ 15.4
cryptocapsin	47.9 $\pm$ 3.2	43.5 $\pm$ 1.7	36.5 $\pm$ 2.2
$\beta$ -cryptoxanthin	304.5 $\pm$ 15.4	540.5 $\pm$ 19.4	361.4 $\pm$ 41.2
Monoesters			
capsorubin	237.5 $\pm$ 9.6	539.3 $\pm$ 24.3	486.8 $\pm$ 40.0
capsanthin-1	769.7 $\pm$ 37.2	1806.2 $\pm$ 114.7	1630.5 $\pm$ 170.2
capsanthin-2	668.0 $\pm$ 38.0	1298.2 $\pm$ 99.0	1043.3 $\pm$ 86.7
capsanthin-3	703.5 $\pm$ 45.2	1317.4 $\pm$ 110.0	1128.7 $\pm$ 111.9
zeaxanthin-1	372.6 $\pm$ 23.8	802.9 $\pm$ 50.7	717.9 $\pm$ 116.5
zeaxanthin-2	396.3 $\pm$ 23.6	577.3 $\pm$ 56.8	393.1 $\pm$ 41.9
$\beta$ -cryptoxanthin	275.6 $\pm$ 21.3	424.0 $\pm$ 34.6	307.9 $\pm$ 56.6
Diesters			
capsorubin-1	129.6 $\pm$ 3.2	283.7 $\pm$ 18.3	253.8 $\pm$ 31.6
capsorubin-2	337.4 $\pm$ 7.5	738.7 $\pm$ 39.3	581.2 $\pm$ 172.9
capsanthin-1	909.1 $\pm$ 36.5	1928.4 $\pm$ 131.6	1684.4 $\pm$ 156.9
capsanthin-2	1666.1 $\pm$ 79.4	3209.6 $\pm$ 229.5	2646.6 $\pm$ 342.8
capsanthin-3	1547.8 $\pm$ 111.7	2734.7 $\pm$ 192.8	2185.6 $\pm$ 334.3
capsanthin-4	956.4 $\pm$ 39.5	1542.2 $\pm$ 131.6	1335.7 $\pm$ 161.9
zeaxanthin-1	253.3 $\pm$ 27.8	430.1 $\pm$ 77.6	380.8 $\pm$ 31.3
zeaxanthin-2	130.6 $\pm$ 30.4	197.1 $\pm$ 10.3	163.0 $\pm$ 22.3
Total carotenoids	11987.5 $\pm$ 688.9	22323.7 $\pm$ 1699.0	18061.2 $\pm$ 1915.8
Yellow pigments(%)	69.7	71.4	73.6
Red pigments(%)	30.3	28.6	26.4

(continue)

Pigment	Days of curing ( $\mu\text{g/g}$ dry wt $\pm$ S.E.)		
	Deep red		
	0 day	6 day	12 day
$\beta$ -carotene	2201.7 $\pm$ 103.7	2339.8 $\pm$ 276.3	2421.6 $\pm$ 128.1
Free xanthophylls			
capsorubin	58.3 $\pm$ 13.9	40.9 $\pm$ 7.3	38.8 $\pm$ 2.9
violaxanthin	105.4 $\pm$ 24.3	103.9 $\pm$ 16.1	89.9 $\pm$ 5.1
capsanthin	574.9 $\pm$ 82.4	479.0 $\pm$ 76.4	439.3 $\pm$ 9.0
capsolutein	222.0 $\pm$ 50.2	203.7 $\pm$ 29.7	276.2 $\pm$ 4.6
cucurbitaxanthin	158.1 $\pm$ 26.3	149.9 $\pm$ 28.2	186.3 $\pm$ 4.8
zeaxanthin	207.4 $\pm$ 12.5	174.2 $\pm$ 27.2	174.0 $\pm$ 5.8
cryptocapsin	51.2 $\pm$ 0.9	55.9 $\pm$ 8.4	59.6 $\pm$ 2.5
$\beta$ -cryptoxanthin	491.7 $\pm$ 33.6	528.7 $\pm$ 69.2	521.4 $\pm$ 20.2
Monoesters			
capsorubin	626.2 $\pm$ 85.9	767.3 $\pm$ 127.1	972.1 $\pm$ 19.7
capsanthin-1	2012.2 $\pm$ 287.5	2289.6 $\pm$ 333.9	2850.1 $\pm$ 47.7
capsanthin-2	1288.6 $\pm$ 136.2	1497.0 $\pm$ 208.3	1407.7 $\pm$ 179.0
capsanthin-3	1220.8 $\pm$ 113.6	1399.1 $\pm$ 172.8	1508.4 $\pm$ 90.9
zeaxanthin-1	746.8 $\pm$ 78.8	811.1 $\pm$ 97.3	883.3 $\pm$ 44.3
zeaxanthin-2	513.9 $\pm$ 34.5	523.3 $\pm$ 79.1	481.7 $\pm$ 31.4
$\beta$ -cryptoxanthin	363.2 $\pm$ 15.6	385.0 $\pm$ 47.6	359.8 $\pm$ 24.5
Diesters			
capsorubin-1	332.6 $\pm$ 28.8	378.1 $\pm$ 55.7	434.7 $\pm$ 25.0
capsorubin-2	895.9 $\pm$ 135.4	1144.3 $\pm$ 189.1	1204.7 $\pm$ 148.5
capsanthin-1	2044.8 $\pm$ 193.6	2486.9 $\pm$ 343.4	2600.7 $\pm$ 146.1
capsanthin-2	3074.5 $\pm$ 258.8	3565.8 $\pm$ 451.1	3529.2 $\pm$ 166.6
capsanthin-3	2262.7 $\pm$ 51.3	2517.7 $\pm$ 303.3	2175.1 $\pm$ 144.1
capsanthin-4	1200.7 $\pm$ 2.2	1276.1 $\pm$ 147.2	1111.9 $\pm$ 92.3
zeaxanthin-1	273.1 $\pm$ 35.6	321.2 $\pm$ 39.2	362.1 $\pm$ 27.6
zeaxanthin-2	227.2 $\pm$ 59.9	163.2 $\pm$ 22.6	138.1 $\pm$ 12.9
Total carotenoids	21154.1 $\pm$ 1713.7	23601.5 $\pm$ 2962.5	24226.8 $\pm$ 1056.1
Yellow pigments(%)	73.7	75.6	75.4
Red pigments(%)	26.3	24.4	24.6

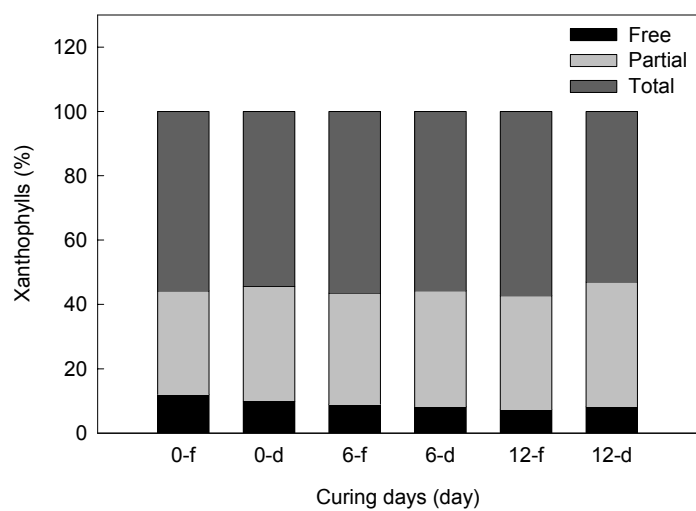


Fig. 35. Changes in the xanthophyll esterification degree of red hot pepper during curing processes after harvest. f, faint red; d, deep red; free, no esterified fractions; partial, partially esterified fractions; total, totally esterified fractions.

## 제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

#### 1. 풋고추

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 재배의 차이가 저장성에 미치는 영향과 저장 유통기간 확대를 위한 방안	- 노지재배와 시설재배 고추의 차이점 조사 - 유통을 위한 적정 저장 조건 - MeJA 처리의 효과 - 예냉처리 효과	달성

#### 2. 홍고추

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 홍고추의 장기저장 방안	- 저장에 이용될 수 있는 저온조건 조사 - 적절한 MA포장 방법 강구	90%

#### 3. 건고추

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 희나리 발생의 원인을 구명하고 건조시 희나리 발생을 억제할 수 있는 방안 마련	- 홍고추 건조시 발생하는 변색유형조사 - 희나리 발생 원인 구명 - 희나리 발생 억제를 위한 후숙의 적용	달성

## 제 2절 관련분야에의 기여도

연구개발 내용	관련분야	기여도
노지와 시설재배 고추의 차이점과 적정 MA 포장	생산농가, 유통업체	재배차이에 따른 적정 포장유통방안 마련
MeJA처리	생산농가, 유통업체	저장유통 기간 확대와 품질 향상
푼고추의 예냉처리	생산농가, 유통업체	예냉의 적용여부
홍고추 장기저장 방안	생산농가, 저장·유통업체	고추값 안정화에 기여
희나리 발생의 원인구명과 억제방안	홍고추 양건 농가	희나리 발생 억제로 농가 수입확대

## 제 5장 연구개발 결과의 활용계획

### 1. 풋고추의 적정 유통방안과 MeJA 처리

풋고추의 저장 유통 중 곰팡이에 의한 부패과 발생과 종자갈변을 막기 위해 50~100 $\mu\text{L} \cdot 12\text{L}^{-1}$ 의 MeJA 처리가 효과적이었다. 농협 등 유통 관련 업체에 MeJA 처리에 대한 방법과 적정 농도에 대한 자료를 제공할 수 있다.

과수를 중심으로 예냉처리의 효과가 크게 나타나 필요성이 주장되고 있다. 풋고추에 적용시 저장유통기간이 길어질수록 부패과와 종자갈변율이 예냉처리를 하지 않은 것에 비해 낮게 유지되었다. 농가에서 수확후 예냉을 실시하면 이후 유통과정에서 손실을 줄일 수 있으므로 영농자료로 이용할 수 있다.

### 2. 홍고추 장기저장 방안

저온 저장시 발생하는 저온장해에 대한 염려로 5-10 $^{\circ}\text{C}$  정도의 온도에서 저장하도록 주로 권장되었다. 본 실험에서는 5 $^{\circ}\text{C}$  아래 온도에서도 충분히 가능하므로 홍고추 저장을 위한 저온 한계를 찾는 실험을 이후에 수행하는 기초 자료로 제공될 수 있다.

장기 저장시 꼭지를 한방향으로 한 후 세워서 보관하는 방법을 통해 부패과 발생을 크게 줄일 수 있으므로 농가나 유통업체에 활용될 수 있도록 자료를 배포한다.

### 3. 회나리 발생조건과 후숙

회나리 발생의 환경 조건을 제시하고, 일주일 안팎의 후숙을 권장하여 후숙 후 태양건조 할 경우 회나리 발생을 억제할 수 있다는 자료를 고추 생산 농가의 영농자료로 활용한다.

## 제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 원예산물의 수확후 저장 유통중 MeJA 처리 이용

MeJA는 대부분의 식물체에서 꽃, 과실, 종자, 가지, 그리고 잎 등의 모든 부위에 존재하는 천연물질로 성장 조절 물질로 언급되고 있다(Sembdner와 Parthier, 1993). JA는 ABA와 유사한 역할을 수행하는 물질로서 종자발아 억제, 뿌리발생 저지, 곰팡이 생장억제, 노화촉진, 호흡촉진, 엽록소 파괴, 저온장해 방지, 그리고 에틸렌 생합성 촉진 등 식물의 성장과 발달에 다양한 역할을 수행하며, 여러 스트레스에 대해서 식물자체의 방어 기작의 발현과정에서 생성된다(Fan 등, 1997). 사과, 셀러리 및 고추 등의 저장 장해를 줄이기 위한 목적으로 사용된 연구가 있다(Meir 등, 1996; Fan 등, 1997; Buta와 Moline, 1998).

### 2. 카로티노이드

카로티노이드의 생성과정에 대한 연구가 많은 성과를 거두는 것과는 달리 생물체내에서 분해과정에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않다(Britton 등, 1998). 카로티노이드는 고추 과육내 chromoplast 속에 galactolipid와 phospholipid로 둘러싸여 있으며 그 주변은 다시 fibrillin이라는 단백질에 의해 연결된 fibril이라는 형태로 존재한다(Deruere 등, 1994). 이러한 구조는 비교적 안정적으로 세포내에 카로티노이드를 축적시킨다. 빛, 열, 산, radical등의 환경적 스트레스에 산소가 작용함으로써 파괴되어 색을 잃게 되는 것으로 알려져 있다.

## 제 7장 참고문헌

- Beaudry, R.M. 1999. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol. and Technol.* 15:293-303.
- Britton, G., H.S. Liaaen-Jensen, and H. Pfander. 1998. Carotenoids: volumn 3. Biosynthesis and metabolism. Birkhauser Verlag, Basel Switzerland.
- Buta, J.G. and H.E. Moline. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers. *J. Agric. Food Chem.* 46:1253-1256.
- Carnevale, J., E.R. Cole, and G. Crank. 1980. Photocatalyzed oxidation of paprika pigments. *J. Agric. Food Chem.* 28:953-956.
- Carvajal, M., M.R. Martinez, M.S. Francisco, and C.F. Alcaraz. 1997. Effect of ascorbic acid addition to peppers on paprika quality. *J. Sci. Food Agric.* 75:442-446.
- Creelman, R.A. and J.E. Mullet. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48:355-381.
- Deruere, J., S. Romer, A. d'Harlingue, R. A. Backhaus, M. Kuntz and B. Camara. 1994. Fibril assembly and carotenoid overaccumulation in chromoplasts: A model for supramolecular lipoprotein structures. *Plant Cell* 6:119-133.
- Exama, A.J., R.W. Arul, L.Z. Lencki, and C. Toupin. 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 58:1365-1370.
- Fan, X., J.P. Mattheis, J.K. Fellman, and M.E. Patterson. 1997. Effect of methyl jasmonate on ethylene and volatile production by summered apples depends on fruit development stage. *J. Agric. Food Chem.* 45:208-211.
- Hornero-Mendez, D. and M.I. Minguez-Mosquera. 2000. Xanthophyll esterification accompanying carotenoid overaccumulation in chromoplast of *Capsicum annuum* ripening fruits is a constitutive process and useful for ripeness index. *J. Agric. Food Chem.* 48:1617-1622.



- Hughes, P.A., A.K. Thompson, R.A. Plumbley, and G.B. Seymour. 1981. Storage of capsicums (*Capsicum annuum* (L.) Sendt.) under controlled atmosphere, modified atmosphere and hypobaric conditions. *J. Hort. Sci.* 56:261-265.
- Iwai, K., T. Suzuki, and H. Fujiwake. 1979. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *capsicum annuum* L. var. *annuum* cv. Karayatsubusa at different growth stages after flowering. *Agric. Biol. Chem.* 43:2493-2498.
- Kang, J.S. and D.S. Lee. 1997. Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate. *Internatl. J. Food Sci. and Technol.* 32:421-426.
- Lee, D.S., S.K. Chung, H.K. Kim, and K.L. Yam. 1991. Nonenzymatic browning in dried red pepper products. *J. Food Quality* 14:153-163.
- Lee, G.H. and C.S. Jeong. 2001. Effect of CA storage of red peppers and red bell peppers for long-term storage. *Food Eng. Progress* 5(1):52-57.
- Lee, S.H., K.H. Cho, Y.H. Kim, Y.M. Kim, Y.K. Cho, and S.S. Oh. A study on the drying of red pepper by using artificial lighting and heated air. 2002. *Proceedings of the KSAM 2002 winter conference* 7(1):362-367.
- Lin, W.C., J.W. Hall, and M.E. Saltveit Jr. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6):791-795.
- Lopez-Hernandez, J., M.J. Oruna-Concha, J. Simal-Lozano, M.E. Vazquez-Blanco, and M.J. Gonzalez-Castro. 1996. Chemical composition of padron peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in Galicia (N.W. Spain). *Food Chem.* 57(4):557-559.
- Lownds, N.K., M. Banaras, and P.W. Bosland. 1993. Relationships between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *HortScience* 28:1181-1184.
- Lownds, N.K., M. Banaras, and P.W. Bosland. 1994. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (*Capsicum*) cultivars. *HortScience* 29:191-193.
- Markus, F., H.G. Daood, J. Kapitany, and P.A. Biacs. 1999. Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a

- function of ripening and some technological factors. *J. Agric. Food Chem.* 47:100-107.
- Meir, S.M., P.H. Sonia, S. Lurie, and S. Droby. 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. *Can. J. Bot.* 74:870-874.
- Minguez-Mosquera, M.I., A. Perez-Galvez, and J. Garrido-Fernandez. 2000. Carotenoid content of the varieties Jaranda and Jariza (*Capsicum annuum* L.) and response during the industrial slow drying and grinding steps in paprika processing. *J. Agric. Food Chem.* 48:2972-2976.
- Minguez-Mosquera, M.I. and D. Hornero-Mendez. 1994. Changes in carotenoid esterification during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. *Bola*. *J. Agric. Food Chem.* 42:640-644.
- Minguez-Mosquera, M.I. and D. Hornero-Mendez. 1994. Comparative study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (*Capsicum annuum*) of the *Bola* and *Agridulce* varieties. *J. Agric. Food Chem.* 42:1555-1560.
- Minguez-Mosquera, M.I. and M. Jaren-Galan. 1995. Kinetics of decolouring of carotenoid pigments. *J. Sci. Food Agric.* 67:153-161.
- Minguez-Mosquera, M.I., M. Jaren-Galan and J. Garrido-Fernandez. 1994. Competition between the processes of biosynthesis and degradation of carotenoids during the drying of peppers. *J. Agric. Food Chem.* 42:645-648.
- Mortensen, A. and L.H. Skibsted. 1999. Carotenoid photobleaching. *Methods Enzymol.* 299:408-421.
- Mortensen, A. and L.H. Skibsted. 2000. Kinetics and mechanism of the primary steps of degradation of carotenoids by acid in homogeneous solution. *J. Agric. Food Chem.* 48:279-286.
- Palozza, P. and N.I. Krinsky. 1992. Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: an overview. *Methods Enzymol.* 213:403-420.
- Park, S.M., K.H. Lee, C.S. Jeong. 2001. Effect of several pre-cooling methods of shelf-life of red pepper and red sweet pepper fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(4):394-398.
- Park, S.M., W.H. Kang, I.S. Kim, and C.S. Jeong. 2001. Effect of storage

- temperature and relative humidity on the quality of red hot pepper and sweet pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(5):519-522.
- Park, S.M., Y.S. Lee and C.S. Jeong. 2001. Effect of preharvest foliar application of calcium chloride on self-life of red sweet pepper 'Ace'. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 19(1):12-16.
- Park, J.C., S.M. Park, K.C. You, and C.S. Jeong. 2001. Changes in postharvest physiology and quality of hot pepper fruits by harvest maturity and storage temperature. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):289-294.
- Polderdijk, J.J., H.A.M. Boerrigter, and E.C. Wilkinson. 1993. The effects of controlled atmosphere storage at varying levels of relative humidity on weight loss, softening and decay of red bell peppers. *Sci. Hortic.* 3(4):315-321.
- Rodov, V., S. Ben-Yehoshua, T. Fierman, and D. Fang. 1995. Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortScience* 30:299-302.
- Sembdner, G. and B. Parthier. 1993. The biochemistry and the physiological and molecular actions of jasmonates. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44:569-589.
- Serrano, M., M.C. Martinez-Madrid, F. Riqueline, and F. Romojaro. 1995. Endogenous levels of polyamines and abscisic acid in pepper fruits during growth and ripening. *Physiol. Plant.* 95:73-76.
- William, P.I. and R.B. Paul. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiol.* 77:483-485.
- Zapata, S. and J.P. Dufour. 1992. Ascorbic, dehydro-ascorbic and iso-ascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *J. Food Sci.* 57:506-511.

세부과제: ② 마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통  
기술개발에 관한 연구

서울대학교

# 요 약 문

## I. 제 목

세부과제: 고추·마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발에 관한 연구 중 ‘마늘의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발에 관한 연구’

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 수확 후 관리기술

최근 4-5년간 마늘 유통형태가 박피마늘로 변하고 있어 도매시장 마늘거래물량의 70-80%를 차지하고 있다. 특히 박피되어 장기간 저장·유통되는 마늘은 인편변색, 부패, 멍아발생 등이 문제점으로 대두되고 있어 이를 방지하는 수확 후 처리기술이 필요하다. 유통단계별 부패율을 각각 살펴보면 저장시 9.1%, 수집상하차시 1.8%, 도매 6.3%, 소매 6.4%로 총 부패율은 23.6%에 달하며 이 중 저장시 발생하는 부패율이 가장 높다. 현재 우리 나라에서 박피마늘 유통시 이용되는 포장 방법은 대부분 그물망을 이용하거나 플라스틱 용기에 마늘을 일정량 담아 상업용 필름(wrap)으로 포장하는 것이다. 이러한 방법은 마늘 유통시 발생하는 인편변색 및 멍아형성 등의 문제점을 해결하는데 한계가 있으며 특히 수분감량으로 인한 상품성 손실이 큰 문제이다.

따라서 본 연구는 박피마늘의 저장·유통중 발생하는 수분감량, 부패, 멍아발생 등으로 인한 감모율을 낮추기 위한 방안으로 식용 가능한 코팅물질(edible coatings)의 이용가능성을 살펴보고, 다양한 필름으로 포장함으로써 유통중 선도 유지 효과를 증대시키는데 그 목적이 있다.

### 2. 마늘 녹변현상 원인구명 및 방지기술

마늘 다대기 이용시 나타나는 녹변현상은 소비자들의 마늘이용을 기피하게 한

다. 실례로 한 대형 마켓에서 판매되었던 저장마늘이 녹변이 발생한다는 이유로 대량 반품되는 사태가 있었으며, 녹변마늘은 재배중 과도한 농약살포로 인한 것이라는 잘못된 인식이 소비자들 사이에 자리잡고 있다.

이러한 녹변현상은 저온저장 마늘을 가공품으로 제조시 주로 발생하는데 영양학적인 면에서는 문제가 되지 않으나 시각적 측면에서 갈변 못지 않은 가공중의 문제점으로 대두되고 있다.

녹변의 원인 및 이와 관련된 기작에 관한 내용은 거의 밝혀지지 않고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 녹변이 나타나는 원인 및 기작을 구명하며, 미지의 물질로 알려진 녹색물질을 추출, 분리하여 이를 동정하고자 한다. 마지막으로 녹변을 방지할 수 있는 수확 후 처리기술을 적용하는데 그 목적이 있다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 코팅 및 필름 이용

박피마늘의 유통중 발생하는 인편변색 및 부패로 인한 문제점을 해결하고자 키토산과 다른 가식성 코팅물질을 처리함으로써 박피마늘에 이용 가능한 물질을 선별하였다. 또한 그물망 포장의 대체 수단으로 다양한 필름을 이용함으로써 선도유지 방안을 모색하였다. 사용된 필름은 PE, LDPE 필름이외에 ceramic(zeolite 5% 함유), AF-OPP, 진공, 질소충진 방법 등이다. 이용된 기술의 품질유지 효과를 검증하기 위하여 인편변색 및 부패율, 맹아, 발근, 수분감량, 호흡량 등을 조사하였으며 내부 주요물질로 피르브산, 당 함량을 각각 조사하였다.

#### 2. 마늘 녹변현상 원인 구명

녹변현상이 마늘의 품종, 저장온도, 수확시기 등의 외적요인과 연관성이 있는지를 살펴보았다. 우리 나라 마늘주산지에서 주로 재배되는 품종을 이용하여 저온 및 상온에 저장함으로써 녹변발생 여부를 조사하고, 녹변의 생리적 발생기작을 구명하기 위하여 마늘의 주요성분인 황화합물, 효소 알리네이즈 등의 변화를 알아보았다. 더 나아가 미지의 물질인 녹색색소를 순수분리 및 동정함으로써 녹변발생의 근본적인 원인을 파악하고 이를 바탕으로 녹변을 방지할 수 있는 수확 후 처리기술을 적용하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 코팅 및 필름 이용

박피마늘은 저장중 인편변색과 미생물 증식으로 인한 부패가 문제시된다. 이를 방지하고자 코팅물질을 처리한 결과 carbohydrate-based 코팅 물질(carboxymethyl cellulose, CMC)에 0.1% potassium sorbate를 첨가한 처리구가 가장 좋은 품질을 유지하였다. 또한 그물망 포장은 상온에서 4일 동안 품질이 유지된 반면, PP와 AF-OPP를 이용하여 포장할 경우 그물망에 비하여 3배 이상 상품성 연장 효과를 보았다. 이러한 연구결과는 박피마늘의 포장법 개선을 위한 자료로 활용이 가능하다.

### 2. 마늘 녹변현상 원인 구명

본 연구 결과 10°C 이하 저온에서 4개월 이상 저장된 마늘이 모두 녹변을 나타냈고 품종과 수확시기와의 연관성은 없었다. 또한 저온에 노출된 마늘이 녹변물질을 만들어 내는 생리적 기작을 실험을 통하여 예상하였으며, 미지의 물질로 알려진 녹색색소를 순수분리 및 동정함으로써 몇몇 가능성 있는 물질들을 확인하였다.

마늘 녹변현상에는 비휘발성 향미성분 전구체(S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides, ACSOs), 특히 1-propenyl-L-cysteine sulfoxide(1-PeCSO)와 2-propenyl-L-cysteine sulfoxide(2-PeCSO 또는 alliin)이 관련이 있었으며 세포 파괴시 향미성분 전구체에 효소 알리네이즈가 작용 한 이후 일련의 과정을 거쳐 녹색물질을 만들어냄을 확인하였다. 알리네이즈에 의하여 생성된 미확인 물질인 color developer가 세포내부에 존재하는 유리아미노산인 glycine, 그리고 formaldehyde와 반응하여 최종적으로 녹색물질을 만드는 것으로 이러한 반응은 양파에서 나타나는 pinking현상(양파의 인편 마쇄시 붉은색으로 변하는 현상) 기작과 매우 유사하다.

또한 녹변을 나타내는 물질 중 주 녹색물질은 C(25-30개), N(1개), S(1개), O(1개)와 여러 개의 H로 구성된 물질로 질량분석 결과 확인되었다. 마쇄마늘의 녹변은 저온에 대한 식물체의 방어 또는 스트레스 반응으로 생각되며 효소 알리네이즈(alliinase)가 깊이 관여한다. 이러한 연구결과는 그 동안 전혀 발생기작을 구명

하지 못했던 녹변이라는 생리현상을 이해할 수 있는 기초자료로 활용되어질 수 있으며, 녹변을 방지하는 수확 후 처리기술이 효소 알리네이즈의 활성을 억제하는 방법으로 접근되어야 함을 의미한다.



## SUMMARY

### Establishment of Postharvest Technology on Quality Maintenance in Garlic Crop during Storage and Distribution

#### 1. Improving storage life of peeled-garlic with edible coating materials and films

Recently, there has been a surge of interest on part of both industry and consumer in conveniently packaged fresh produce. For the most part, this included peeled, trimmed, cored, or otherwise lightly processed fruits and vegetables. Prepeeled garlics are perishable products that need to be preserved from enzymatic browning and microbial growth prior to further processing. Since these products are still metabolically active, minimal processing increases their perishability by causing cellular disruption, increased respiration, increased ethylene production, and synthesis of the secondary metabolites.

Use of edible coatings or various films to minimize undesirable changes due to minimal processing has been reported for several commodities. The objective of this work was to explore the benefit of a polysaccharide/protein based edible coating and various functional films for extending shelf life of peeled-garlics.

In this study, cellulose-based edible coating (CMC), as carrier of antioxidant, acidulants and preservatives prolonged the storage life of peeled garlics. CMC coating solutions are easily spread on the peeled-garlic surfaces. Storage of coated garlic reduced weight loss and browning compared to non-coated produce. Potassium sorbate (0.15%) delayed browning and marketability more effectively when applied in CMC than any other coating formulations.

Packaging with PP and AF-OPP improved storage life for 10 days at 20°C, compared to 4 days with commercially used net-packaging, and did not give any negative effect on the physical and chemical qualities of peeled garlics. But the anti-microbial ceramic films were not effective to reduce weight loss

and discoloration resulted in significantly higher microbial activities.

## **2. Surveys on greening and its causal factors as related to storage**

During the preparation of commercial garlic condiments such as purees, juice, garlic powder, and oils, the formation of green pigment ('greening') in macerated garlic has often rendered the products unsaleable. Although the mechanism of greening has not yet been well elucidated, this phenomenon only occurred in mechanically bruised or finely cut tissues but not in carefully sliced garlics. The objective of this study was 1) to determine the ACSOs involved with greening and the postharvest factors influencing the development of green color in crushed garlic, 2) to purify and identify, and the structural elucidation of the unknown green color pigment extracted from crushed garlic cloves in order to see what class of compounds it belonged, and 3) to development postharvest technology for the inhibition of greening.

Green pigment formation (greening) after complete maceration of garlic (*Allium sativum*) cloves was investigated using five cultivars stored at 0, 10, and 20°C. Greening was only observed in garlic cloves stored at both 0 and 10°C. Garlics stored at 20°C did not develop greening under all experimental conditions. Longer low-temperature storage increased the green color intensity, and less time required for green color development after homogenization. Contents of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides (ACSOs) were quantified by high performance liquid chromatography, and three major flavor precursors, S-methyl-L-cysteine sulfoxide (MeCSO), S-2-propenyl (or allyl)-L-cysteine sulfoxide (2-PeCSO), and S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide (1-PeCSO), were detected. The flavor precursors gradually increased with storage time at all temperatures, whereas 1-PeCSO was detected only in garlic cloves which developed greening. The possible role of 1-PeCSO in inducing greening was confirmed with a high significance ( $r^2=0.89$ ) by the addition of synthetic 1-PeCSO into crushed garlic. At 100 mM, hydroxylamine, an alliinase inhibitor, completely inhibited greening. These results suggest that greening is induced by increased contents of ACSOs below 10°C, particularly 1-PeCSO on which alliinase acted when garlic cells were finely disrupted. The amino acid

1-PeCSO was necessary for the development of the green color.

Expected mechanism of greening as follows. The colorless ether soluble precursor reacted with certain amino acid (maybe glycine) in garlies to form a second compound insoluble in ether. The latter compound then reacted with formaldehyde of naturally occurring carbonyls to form the green pigment. The isolation and identification of green pigment were carried out by solvent extraction, chromatographic separation on column, HPLC, MS and NMR. The pigment was a new type of nitrogenous water-soluble pigment differing from previously investigated plant pigments.

# CONTENTS

I. Introduction .....	76
1. Objectives .....	76
2. Goals and Scope .....	77
2.1 The use of edible coatings to prolong storage life of peeled garlic .....	77
2.2 The use of various films to prolong storage life of peeled garlic .....	77
2.3 Surveys on greening and its causal factors as related to storage .....	78
2.4 Identification and structure elucidation of green pigments extracted from crushed garlic cloves .....	78
2.5 Post-harvest treatment to inhibit greening .....	79
II. Current Development of Related Technology .....	80
1. Storage technology for peeled garlics .....	80
2. Storage technology for inhibition of greening .....	81
III. Research Data: approaches, results, and discussion .....	83
1. The use of edible coatings to prolong storage life of peeled garlic .....	83
2. The use of various films to prolong storage life of peeled garlic .....	92
3. Surveys on greening and its causal factors as related to storage .....	105
4. Possible mechanism of green pigment formation .....	124
5. Identification and structure elucidation of green pigments extracted from crushed garlic cloves .....	134
6. Post-harvest treatment to inhibit greening .....	142
IV. Achievement Evaluation .....	144
V. Practical Application of the Results .....	147
VI. Scientific Information Collected through the Project .....	149
VII. Literature Cited .....	150

# 목 차

제 1장 연구개발 과제의 개요 .....	76
제 1절 연구개발의 필요성 .....	76
제 2절 연구개발 목표 및 범위 .....	77
1. 박피마늘 선도유지를 위한 코팅물질 이용 .....	77
2. 박피마늘 선도유지를 위한 다양한 필름 이용 .....	77
3. 마늘 녹변현상 원인 구명 .....	78
4. 녹변물질 분리 및 확인 .....	78
5. 녹변 방지 기술 .....	79
제 2장 국내외 기술개발 현황 .....	80
제 1절 코팅 및 필름의 이용 .....	80
제 2절 마늘 녹변현상 원인 및 방지 .....	81
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	83
제 1절 박피마늘 선도유지를 위한 코팅물질 이용 .....	83
제 2절 박피마늘 선도유지를 위한 다양한 필름 이용 .....	92
제 3절 녹변현상 원인 구명 .....	105
제 4절 예상되는 녹변발생 기작 .....	124
제 5절 녹변물질 분리 및 확인 .....	134
제 6절 녹변 방지 기술 .....	142
제 4장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	144
제 1절 목표 달성도 .....	144
제 2절 관련분야에의 기여도 .....	146
제 5장 연구개발 결과의 활용계획 .....	147
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	149
제 7장 참고문헌 .....	150

# 제 1장 연구개발 과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 필요성

### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 수확 후 관리 기술

최근 4-5년간 마늘 유통형태가 박피마늘로 변하고 있어 도매시장 마늘거래물량의 70-80%를 차지하고 있다. 특히 우리 나라에서 재배 생산된 난지형 마늘은 수확된 상당량이 수집상, 중도매상 또는 박피마늘 업체 등에 의하여 손으로 또는 기계로 박피된 후 장기간 저장·유통된다. 유통단계별 부패율을 각각 살펴보면 저장시 9.1%, 수집상하차시 1.8%, 도매 6.3%, 소매 6.4%로 총 부패율은 23.6%에 달하며 이 중 저장시 발생하는 부패율이 가장 높다. 특히 장기간 저장·유통되는 경우 인편변색, 부패, 맹아발생 등이 문제점으로 대두되고 있어 이를 방지하는 수확 후 처리기술이 필요하다. 한 예로 미국에서는 박피마늘을 edible oil로 코팅한 후 1.5Kg씩 담아 0-3℃에 장기간 저장하고 이를 다시 250g 단위로 포장하여 유통시키고 있다. 또한 PET병에 약 2Kg 담은 후 4봉지씩 골판지 상자에 넣어 홍콩으로 수출하고 있다. 현재 우리 나라에서 박피마늘 유통시 이용되는 포장법은 대부분 그물망을 이용하거나 플라스틱 용기에 마늘을 일정량 담아 일반 상업용 필름(wrap)으로 포장하는 방법이다. 이러한 방법은 박피마늘의 유통시 발생하는 수분감량으로 인한 상품성 손실, 인편변색, 맹아발생 등의 여러 문제점을 해결하는데 한계가 있다.

따라서 본 연구는 박피마늘의 저장·유통 중 발생하는 수분감량, 부패, 맹아발생으로 인한 감모율을 억제하기 위한 방안으로 여러 가지 가식성 코팅물질의 이용 가능성을 살펴보고, 다양한 필름으로 포장함으로써 유통중 선도유지 효과를 높이는데 그 목적이 있다.

### 2. 마늘 녹변현상 원인구명 및 방지기술

마늘 다대기 이용시 나타나는 녹변현상은 소비자들의 마늘이용을 기피하게 한다. 실례로 한 대형 마켓에서 판매되었던 저장마늘이 녹변이 발생한다는 이유로 대량 반품되는 사태가 있었으며, 녹변마늘은 재배중 과도한 농약살포로 인한 것

이라는 소비자들의 잘못된 인식이 자리잡고 있다. 녹변현상은 저온저장 마늘을 가공품으로 제조시 주로 발생하는데 영양학적인 면에서는 문제가 되지 않으나 시각적 측면에서 갈변 못지 않은 가공중의 문제점으로 대두되고 있다.

녹변의 원인 및 관련 기작에 대해서는 거의 밝혀지지 않고 있다. 단지 마늘 이용시 발생하는 갈변 등의 변색반응에 관한 연구결과로 유기산, 항산화제 등이 변색을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려졌다.

따라서 본 연구의 목적은 녹변이 나타나는 원인 및 기작을 구명하기 위하여 내·외부적 요소와의 연관성을 검토하며, 미지의 물질로 알려진 녹색물질을 추출 및 분리하여 이를 동정하는 것이다. 마지막으로 녹변을 방지할 수 있는 수확 후 처리기술을 적용하는데 있다.

## 제 2절 연구개발의 목표 및 범위

### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 코팅물질 이용

#### 가. 연구 목표

박피마늘에 이용 가능한 코팅물질을 선별하여 이의 적용 가능성을 살펴본다.

#### 나. 연구 범위

- 1) 키토산
- 2) Polysaccharide-based hydrocolloid coating(carboxylmethyl cellulose, CMC), protein-based coating(peptone NZ-soy) 처리
- 3) 인편변색, 부패율 조사
- 4) 맵아, 발근율 조사
- 5) 수분감량 조사

### 2. 박피마늘 선도유지를 위한 다양한 필름 이용

#### 가. 연구 목표

박피마늘에 이용 가능한 포장재를 선별하여 이의 적용가능성을 살펴본다.

#### 나. 연구 범위

- 1) AF-OPP, PP, ceramic(zeolite 5% 함유) 필름을 이용한 포장
- 2) LDPE, PE, 진공포장, 질소, 이산화탄소 및 산소 충전 포장
- 3) 호흡율 조사
- 4) 인편변색 및 부패율 조사
- 5) 멍아 및 발근율 조사
- 6) 품질변화(피르브산, 당 함량 등)

### 3. 마늘 녹변현상 원인 구명

#### 가. 연구 목표

녹변현상의 원인 및 발생 기작을 구명함으로써 녹변방지를 위한 수확 후 처리 기술을 적용한다.

#### 나. 연구 범위

- 1) 외적요인과의 연관성(품종, 재배지역, 수확시기 등)
- 2) 저장방법과의 연관성(저온, 상온)
- 3) 내부요인과의 연관성
  - 가) 휘발성 황화합물 분석
  - 나) 비휘발성 황화합물 분석
  - 다) 효소 알리네이즈 활성 분석

### 4. 녹색물질 분리 및 확인

#### 가. 연구 목표

미지의 물질인 녹색색소를 분리 및 동정한다.



## 나. 연구 범위

- 1) 녹색물질 순수분리 및 정제
- 2) 녹색물질 동정

## 5. 녹변방지 기술

### 가. 연구 목표

녹변현상 원인 구명 후 얻어진 자료를 기초로 하여 녹변을 방지할 수 있는 수확 후 처리기술을 적용한다.

## 나. 연구 범위

- 1) 열처리

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 박피마늘 선도유지를 위한 코팅 및 포장재 이용

식품포장의 기본 목적은 내용물을 외부 미생물이나 기타 오염물질로부터 보호하는 것이다. 이와 같은 오염원으로부터 산물을 효과적으로 보호하기 위해서 기존의 포장에 특수한 기능을 부여한 기능성 포장을 이용하거나, 식용이 가능한 물질로 과실이나 채소를 코팅함으로써 수확 후 수명연장의 효과를 극대화 할 수 있다 (Derksen 등, 1996; Karina 등, 1999; Lee 등, 1996). 그 일환으로 다당류를 기초로 한 필름이나 코팅물질이 후숙 과일의 숙성을 지연시킴으로써 혐기적 조건의 형성 없이 저장수명을 연장 할 수 있다고 알려져 있다(Voragen, 1998). 그 예로 carboxymethyl cellulose(CMC), ethyl cellulose 등의 코팅물질은 바나나, 토마토, 망고, 파파야, 당근, 호박, 감자, 마늘 등에서 그 효과가 입증되었고(Baldwin 등, 1996; Beck 등 1996; Bustillos 등, 1994; Hershko 등, 1998; Park 등, 1994; Peiyin 등, 1998), 코팅 단독으로의 목적과 더불어 칼슘, 항산화제 등의 첨가제를 함께 처리하면 더 큰 효과를 볼 수 있다고 하였다(Kester 등, 1986; Song 등, 1999). 이외에 carnauba wax, caseinate-acetylated monoglyceride, sucrose와 fatty acid가 결합한 Semperfresh 등의 가식성 코팅 물질을 토마토, 자몽 등에 처리함으로써 수확 후 생리장해를 감소시키고 저장수명을 연장하고자 하는 연구가 이미 진행되었다. 이러한 노력의 결과로 미국, 유럽 등 선진국의 경우 50% 이상 기능성 코팅제가 처리된 사과가 유통되고 있으며 저장효과가 뛰어난 것으로 평가되고 있다. 일본에서는 제올라이트를 함유한 항균성 필름을 개발하여 원예작물에 이용하려는 시도가 있었다.

국내의 경우 식용코팅이 자두의 연화에 미치는 영향을 연구하여 수확 후 연화 현상을 억제하는 결과를 얻었으며(Song과 Kim, 1999), 항균성 플라스틱 필름을 이용하여 딸기를 포장한 결과 부패율이 크게 감소함을 확인한 바 있다(Jung 등, 1998). 기능성 필름이나 코팅물질을 이용한 수확 후 기술은 몇몇 작물을 제외하고는 실용화 사례가 그리 많지는 않으나 연구는 활발히 진행되고 있다. 따라서 주요 원예산물의 수확 후 관리를 위한 기술로써 이들의 사용이 국내에서도 크게 증가될 것으로 예상된다.

## 제 2절 녹색변현상 원인 및 방지기술

마늘마늘의 녹색변 원인 및 방지에 대한 연구는 극히 일부분만 진행되어졌다(Cho 등, 1999; Ahmed 등, 2000). Lukes(1986)은 마늘 녹색변이 발생하는 주요 원인 물질을 S-1-propenyl cystein sulfoxide라고 추측하였다. 마늘과 같은 Allium 속 식물인 양파의 경우 마늘의 녹색과 달리 붉은색으로 변하는 현상(pinking)이 관찰되는데, 이의 발생 기작에 관한 연구가 몇몇 보고된 바 있다. Shannon 등(1967)은 pinking 현상을 크게 3단계로 나누었다. 1단계는 세포가 파괴되면서 세포 내에 존재하던 효소 알리네이즈에 의하여 S-1-propenyl cystein sulfoxide(1-PeCSO) 등의 비휘발성 황화합물이 alk(en)ly thiosulfates 등의 휘발성 물질로 변한다. 이 과정에서 무색의 color developer를 형성하고 이것이 다시 세포 내에 존재하는 유리아미노산과 결합하여 무색의 색소 전구체(pigment precursor)를 형성한다. 마지막 단계로써 형성된 전구체가 carbonyls과 결합함으로써 붉은색을 나타내는 색소를 형성한다고 예상하였다(Banbyopadhyay 등, 1973; Joslyn 등, 1955; Joslyn 등, 1958; Lukes, 1958; Shannon 등, 1967).

녹색물질을 특징을 확인하기 위한 몇몇의 실험들이 이루어 졌는데 이들은 주로 흡광도를 이용한 방법들이다. 식물에서 추출한 엽록소와 마늘에서 추출한 녹색물질의 흡광도를 비교하면 엽록소는 680nm에서 녹색물질은 590nm에서 각각 최대의 흡광도를 나타낸다(Joslyn, 1955; 배 등, 1990). 이는 마늘에서 추출된 녹색물질과 식물체에서 녹색색소의 주종을 이루는 엽록소는 다른 물질임을 확인시켜 주는 결과이다.

녹색변 발생에는 수확시기, 저장온도, 품종 등의 외적요인이 관여하며 수확시기가 늦어질수록 그리고 저장온도가 낮을수록 나타난다고 한다. 또한 마늘의 저온저장이 상온저장이나 기타 다른 저장(CA 등) 보다 녹색변을 더 많이 유발하는 것으로 알려져 있다.

마늘의 녹색변을 억제하기 위한 수확 후 처리기술로 열처리, 염, 항산화제 등을 외부에서 첨가하는 방법이 일부 실시되고는 있으나 이는 일시적인 효과를 거두고 있을 뿐이다. 주로 다진마늘의 갈변을 억제하는 방안이 제시되었는데, Singh 등(1959)은 마늘분말의 갈변억제를 위하여 수분함량을 6%로 하여 갈색 병에 저장하는 방법을 제안하였고, 김 등(1987)은 마늘의 갈변이 건조조건, 수분함량 및 환원당에 의하여 크게 좌우된다고 보고, 65℃에서 0.1%, 75℃에서 0.5%, 85℃에서 1.0%의 아황산용액에 침지하였을 때 갈변을 억제할 수 있었다고 보고하였다. 또

한 배와 이(1990)는 다진마늘을 1% citric acid 용액에 침지하면 pH가 4.0-5.0 정도로 감소되어 최적 pH가 6.0-6.5인 polyphenol oxidase의 작용억제로 갈변이 감소되며, citric acid 단독보다는 soybean oil을 함께 처리하면 변색방지 효과가 더 크다고 하였다.

다진마늘 녹변현상은 재배지역, 품종, 수확시기, 저장방법, 저장기간 및 온도 등의 외적요인들과 황화합물 함량 및 종류, 효소 알리네이즈, 매운맛 성분(pyruvic acid, alliin), 휴면상태 등 내적 요인들과의 복합적인 작용에 의하여 나타나는 현상으로 생각된다.

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 박피마늘 선도유지를 위한 코팅물질 이용

#### 1. 재료 및 방법

우리 나라 마늘주산지인 전라남도 무안, 고흥 지역에서 생산된 난지형 마늘을 키토산, hydrocolloid 형태의 가식성 물질로 코팅함으로써 인편변색, 맹아, 발근을 억제하는 것을 목표로 하였다. 박피마늘에 이용 가능한 코팅물질을 선별하기 위하여 다당류 및 단백질을 기본으로 한 carboxymethyl cellulose(CMC)와 peptone NZ-soy를 이용하였으며 이에 여러 가지 첨가물을 가하여 코팅효과를 증진시켰다.

2000년 전라남도 무안, 고흥 지역에서 생산된 난지형 마늘로 수확 후 5-6일 동안 자연건조 후 약 3개월 간 창고형 저온저장고에 보관되었던 마늘을 구입하였다. 이들을 모두 손으로 박피 한 후 다음과 같이 코팅처리 하였다. 이용된 코팅물질은 (미)Aqualon사의 carboxymethyl cellulose(CMC), (미)Sigma사의 peptone NZ-soy이다. 이밖에 ascorbic acid, potassium sorbate, calcium chloride 등을 각각 첨가하였으며, 사용한 코팅물질의 조합은 아래 제시된 Table 1과 같다. 박피마늘을 준비한 코팅물질에 약 3분간 담근 후 꺼내어 상온에서 4시간 동안 건조시켰다. 건조 후 0℃, 상대습도 90% 이상의 저장고에서 4-6 주간 저장하면서 약 1주 간격으로 아래 항목을 조사하였다.

Table 1. Polysaccharide/protein-based coating formulation.

Coating formulation I	Storage weeks
Water <sup>Z</sup>	4
1% CMC <sup>Y</sup>	4
1% CMC + 0.5% Peptone	4
0.5% Peptone	4
Coating formulation II	Storage weeks
1% CMC + 0.15% Potassium sorbate (pH 2.5)	6
1% CMC + 0.5% Ascorbic acid (pH 2.5)	6
1% CMC + 0.2% Calcium chloride (pH 2.5)	6
2% Chitosan (pH 2.5)	6

<sup>Z</sup> CMC means carboxymethyl cellulose.

<sup>Y</sup> Peptone means peptone NZ-soy.

## 2. 연구 결과

### 가. 박피마늘에 이용 가능한 코팅물질

1차적으로 박피마늘에 이용 가능한 코팅제를 선별하기 위하여 CMC와 peptone NZ-soy를 비교하였고 저장 4주 동안 무게감량, 갈변율, 부패율, 멍아형성, 발근율을 각각 조사하였다.

본 연구에서 CMC를 박피마늘에 처리시 인편변색 및 부패율을 감소시키는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 peptone NZ-soy는 저장 4주 동안 그 효과가 전혀 관찰되지 않았으며 오히려 대조구 보다 부패율이 높게 나타나 이용이 어려운 코팅물질로 조사되었다. 뿐만 아니라 두 물질을 혼합하여 처리하여도 코팅효과를 볼 수가 없었다. Peptone NZ-soy가 마늘의 코팅물질로 부적합한 가장 큰 이유는 높은 부패율에서 찾을 수가 있다. 손으로든 기계적으로든 마늘외피 제거시 발생하는 상처부위를 통해 스며든 코팅물질이 상처부위를 보호하지 못하고 오히려 미생물의 번식을 촉진시켰기 때문이다. 무게감량 변화를 살펴보면 대조구와 peptone NZ-soy 처리구에서 수분증발로 인한 무게손실이 높게 나타났다. 두 처리구 모두 저장 2주 후부터는 외관이 나빠짐과 동시에 상품성을 잃기 시작했으며

대조구는 저장 4주 동안 전체 생체중의 15% 이상을 손실하였다. 반면 CMC는 5% 미만의 손실을 보여 초기 약 63%의 수분함량을 그대로 유지하였다(Fig. 1).

마늘 저장시 큰 문제로 대두되는 인편변색 정도를 L, a 값을 이용하여 나타내었다. CMC가 박피마늘의 인편변색을 억제하는데 가장 효과적인 코팅물질로 조사되었다. CMC는 저장 4주 동안 대조구 및 peptone NZ-soy와 달리 초기 색도를 그대로 유지시켰으며 인편변색이나 부패 등으로 인한 별다른 피해도 관찰되지 않았다(Fig. 2). Fig. 3에서 나타난 것처럼 peptone NZ-soy의 이용은 오히려 대조구보다 부패 발생율을 증대시켜 저장 4주 후 13% 이상으로 높았던 반면 CMC는 4% 미만의 낮은 부패율을 나타냈다. 한편 본 실험 기간 동안 대조구를 제외한 모든 처리구에서 맹아나 발근으로 인한 상품성 손실의 피해는 발생하지 않았다(Table 2).

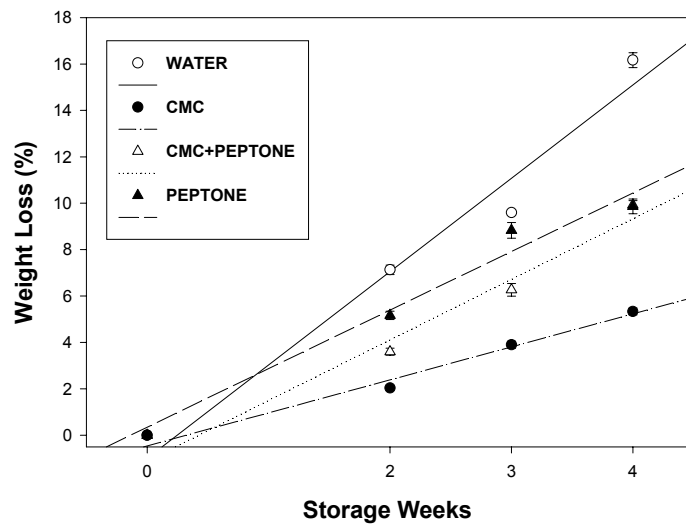


Fig. 1. Effect of edible coating materials on weight loss (%) of peeled garlic cloves during storage at 0°C. Bars represent  $\pm$ SE.

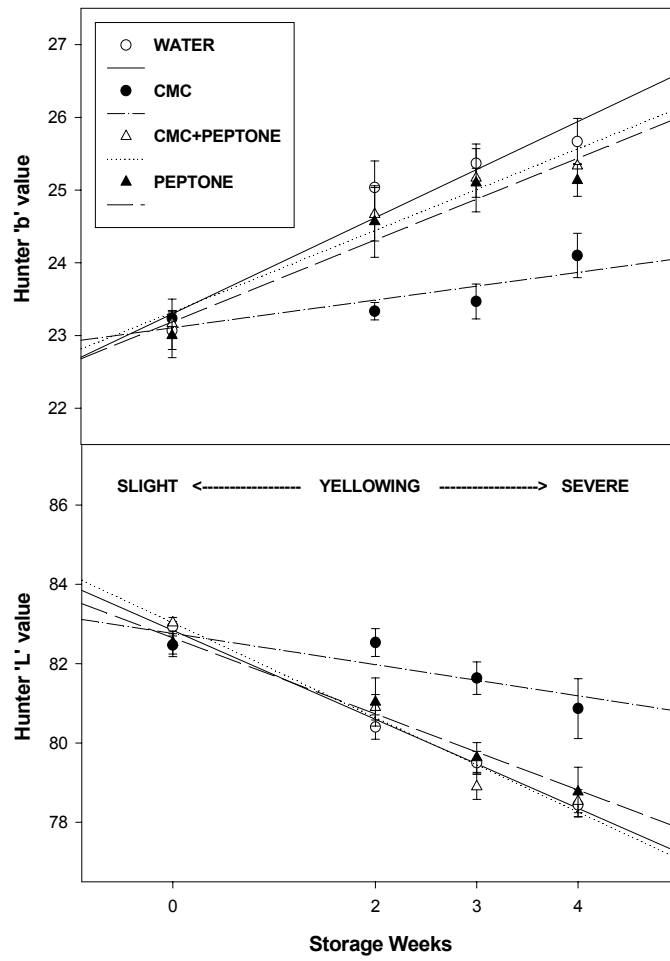


Fig. 2. Effect of edible coating materials on hunter L and b values of peeled garlic cloves during storage at 0°C. Bars represent  $\pm$ SE.



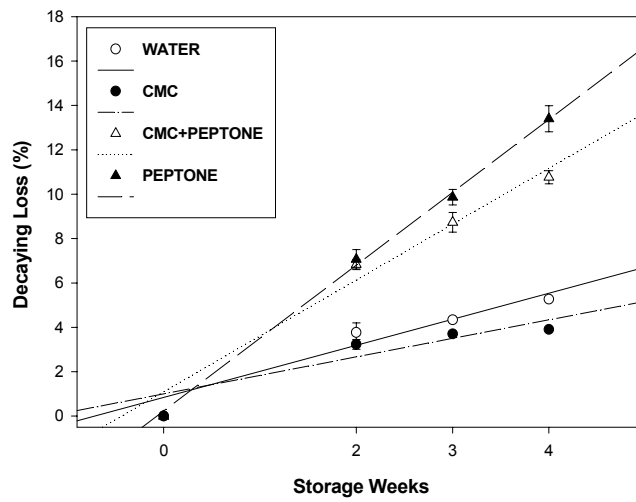


Fig. 3. Effect of edible coating materials on decaying loss (%) of peeled garlic cloves during storage at 20°C. Bars represent  $\pm$ SE.

Table 2. Effect of edible coating materials on sprouting and rooting rate of peeled garlic after 4 weeks storage at 0°C.

After 4 Weeks		
Treatments	Sprouting Rate (%)	Rooting Rate (%)
Water	8.3 $\pm$ 1.2 <sup>Z</sup>	0
CMC <sup>Y</sup>	0	0
CMC+Peptone <sup>X</sup>	0	0
Peptone	0	0

<sup>Z</sup> Values are means of 3 replication.

<sup>Y</sup> CMC means carboxymethyl cellulose.

<sup>X</sup> Peptone means peptone NZ-soy.

이상의 결과를 종합하면 코팅처리를 하지 않고 단지 저온에 놓아두었을 때 약 2주 후면 급격한 수분감량과 인편변색으로 인하여 상품성을 손실한 반면, CMC에 간단한 침지 과정을 거쳐 코팅할 경우 4주 이상 저장·유통기간을 연장할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 peptone NZ-soy에서는 그 효과를 기대하기 어려웠다. 코팅된 마늘을 저온저장 후 꺼내어 몇 일간 상온에 놓아둠으로써 shelf-life를 관찰한 결과 코팅처리로 인한 별다른 피해는 발생되지 않았으며 특히 대조구에 비하여 수분감소를 억제하여 중량을 유지시키는 효과가 있었다.

#### 나. 첨가제를 이용한 코팅효과 증진

CMC를 박피마늘에 이용할 경우 작물로부터의 수분감소를 효과적으로 억제시켜 결국 shelf-life를 증대시키는 결과를 가져왔으며 인편변색으로 인한 상품성 손실도 줄일 수 있었다. 코팅물질은 그 자체로도 효과가 있지만 antioxidants, acidulants, fungicides 그리고 preservatives 기능을 하는 여러 첨가제들과 함께 처리시 이들이 효과적으로 작용할 수 있도록 도와주는 매개체(carrier) 역할을 한다. 실제로 첨가제들을 단독으로만 처리하는 것보다 코팅물질과 함께 이용하면 그 효과가 더 크다고 알려져 있는데, fresh cut 사과와 과육변색을 방지하고자 아스코르브산 등의 항산화제를 함께 처리한다. 이는 주로 수확 후 변색이 심한 감자와 같은 채소 작목에 이용되고 있으며 다른 작목으로도 확대 적용이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 박피마늘의 부패나 인편변색을 좀 더 효과적으로 억제하고자 Table 1에 제시된 것과 같은 여러 첨가제를 코팅물질에 함께 넣어 처리하였으며 이외에 키토산의 효과도 알아보았다.

아스코르브산 처리구를 제외한 모든 처리구에서 저장 6주간 10% 미만의 무게감소를 보이며 상품성을 유지하였다(Fig. 4). 아스코르브산을 첨가한 것이 무게감량이 많았던 이유는 인편변색으로 인한 부패율이 높았기 때문이다. 그러나 키토산 단독처리나 다른 첨가제를 넣어 코팅한 처리구간의 무게감량 차이는 크지 않았다. 즉, CMC만 단독으로 이용했던 앞의 실험결과와 비교해 볼 때 코팅물질이 작물로부터의 수분증발을 억제하여 생체중을 유지시키는 것은 분명하며, 사용된 여러 첨가제들은 fungicides 또는 preservatives 등으로써의 기능을 할 뿐 수분증발 억제에 관여하지는 않았다. 항산화제로써 변색을 방지하는 물질로 널리 알려진 아스코르브산이 예상했던 것과 달리 박피마늘에는 효과가 없었다. 반면 potassium sorbate가 코팅물질과 함께 처리시 마늘의 인편변색을 효과적으로 억제하였고 키토산 역시 이와 비슷한 결과를 가져왔다(Fig. 5).

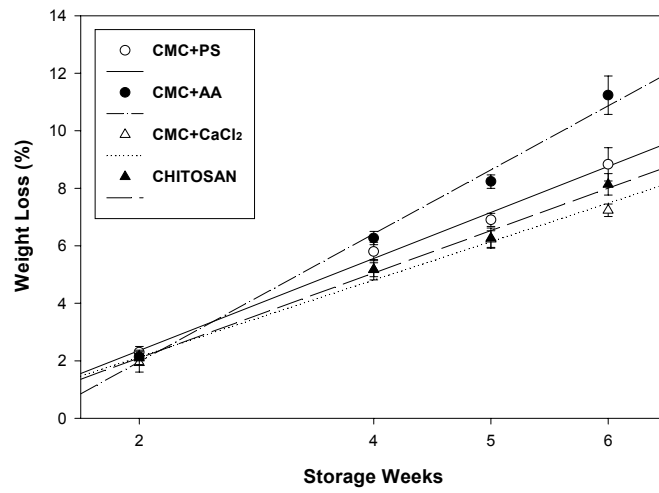


Fig. 4. Effect of edible coating material and additives on weight loss (%) of peeled garlic cloves during storage at 0°C. Bars represent ±SE.

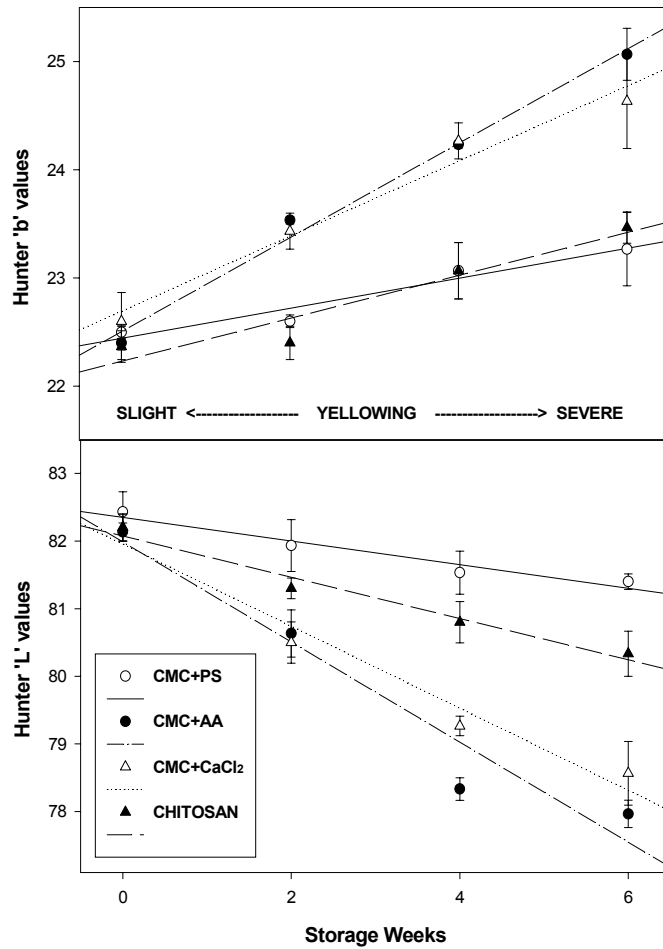


Fig. 5. Effect of edible coating materials and additives on hunter L and b values of peeled garlic cloves during storage at 0°C. Bars represent  $\pm$ SE.

이용된 첨가제들은 potassium sorbate, 키토산, calcium chloride, ascorbic acid의 순으로 인편변색을 방지하였다. 그러나 이들 첨가제가 직접적으로 관여하여 영향을 준다고보다는 일종의 preservatives로써 작용하여 미생물의 번식을 막고 이와 동시에 부패를 방지하는 것으로 보인다. 이는 Fig. 6을 통해서 확인할 수가 있는데, 저장 4주까지 키토산, potassium sorbate가 첨가된 처리구에서 부패로 인

한 손실이 전혀 관찰되지 않았으며 6주까지 3% 미만의 낮은 부패율을 보였다. 따라서 키토산도 마늘의 부패를 억제하는데 효과가 있는 코팅물질로 나타났다. 그러나 아스코르브산을 첨가제로 이용할 경우 저장기간 동안 10% 이상의 높은 부패율을 보임과 동시에 인편변색 방지 역할도 없어 다른 첨가제들 보다 이용가능성이 낮은 것으로 조사되었다. 저장 6주간의 본 연구에서 맵아나 발근으로 인한 상품성 손실의 피해는 발생하지 않았다(Table 3).

이상의 결과를 종합해 보면 코팅물질로 CMC 및 키토산을 박피마늘에 이용시 수분감량, 부패, 인편변색을 억제함으로써 저장성을 증가시키고 이와 동시에 shelf-life 연장시키는 효과를 가져왔다. 이는 무 처리구인 대조구에 비해서 적게는 2주에서 많게는 4주 이상 상품성을 지속시키는 효과를 보인 것이다. 그러나 CMC 단독으로 처리하는 것보다 antioxidants, fungicides, preservatives로써 작용하는 여러 첨가제들과 함께 처리함으로써 더 높은 코팅 효과를 볼 수 있었다. 특히 potassium sorbate 이용은 박피마늘 부패 발생율을 줄이는데 크게 효과적이었다. 그러나 항산화제로써 아스코르브산의 역할은 기대하기 어려웠다.

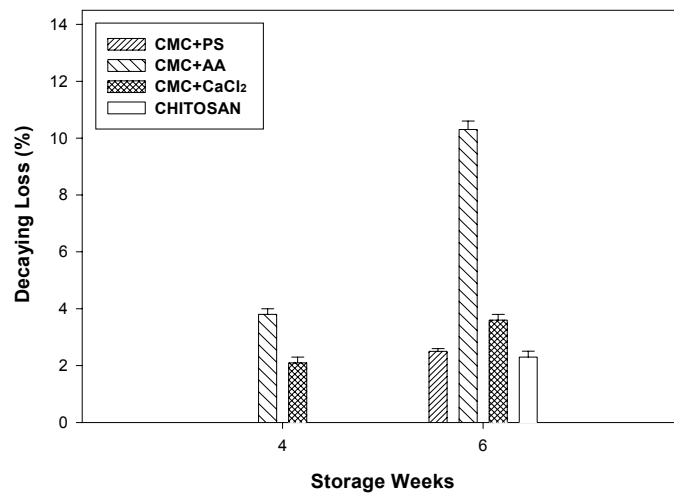


Fig. 6. Effect of edible coating material and additives on decaying loss (%) on peeled garlic during storage at 0°C. Bars represent SE.

Table 3. Effect of edible coating materials and additives on sprouting and rooting rate of peeled garlic after 6 weeks storage at 0°C.

After 6 Weeks		
Treatments	Sprouting Rate (%)	Rooting Rate (%)
CMC+PS <sup>Z</sup>	0	0
CMC+AA <sup>Y</sup>	0	0
CMC+CaCl <sub>2</sub>	0	0
Chitosan	0	0

<sup>Z</sup> PS means potassium sorbate.

<sup>Y</sup> AA means ascorbic acid.

## 제 2절 박피마늘의 선도유지를 위한 다양한 필름 이용

### 1. 재료 및 방법

AF-OPP(antifogging-oriented polypropylene), PP(polypropylene film), ceramic (zeolite 5% 함유), 진공, 질소, 이산화탄소 및 산소를 이용한 포장을 시도하였다.

2000년 전라남도 무안, 고흥 지역에서 생산된 난지형 마늘로 저온저장고에서 약 5개월 저장된 마늘을 본 실험에 이용하였다. 구입한 시료를 손으로 박피 한 후 약 1Kg 단위로 나누어 아래 Table 4에 제시된 필름을 이용하여 포장하였다. 또한 포장 내 가스 충전 및 진공처리 효과를 구명하기 위하여 나일론 소재의 진공포장용 비닐에 시료를 담은 후 각각 질소, 1% 이산화탄소와 1% 산소를 처리하여 밀봉하였고 일부는 내부의 가스를 완전히 제거한 후 진공처리 하였다. 대조구로는 현재 박피마늘 유통시 사용되고 있는 1Kg 단위의 붉은색 그물망을 이용하였다. 모든 처리구는 5반복하였으며 상온에 일정기간 두면서 약 1주 간격으로 아래와 같은 항목을 조사하였다.

Table 4. Various packing materials.

Packing materials <sup>Z</sup>	O <sub>2</sub> permeability <sup>Y</sup> (CC/m <sup>2</sup> /day)	Water transmission rate <sup>X</sup> (gm/m <sup>2</sup> /day)
LDPE <sup>W</sup>	7180	28.08
AF-OPP <sup>V</sup>	1750	6.15
PP <sup>U</sup>	3040	11.65
Ceramic <sup>T</sup>	6180	11.37

<sup>Z</sup> Thickness of all kinds of films is 30 $\mu$ m.

<sup>Y</sup> Oxygen permeability was analyzed by ASTM method.

<sup>X</sup> Water transmission rate was analyzed by the ASTM.

<sup>W</sup> LDPE : Low density polyethylene film.

<sup>V</sup> AF-OPP : Antifogging-oriented polypropylene.

<sup>U</sup> PP : Polypropylene film.

<sup>T</sup> Ceramic : Coated with zeolite 5%

## 2. 조사항목

가. 무게감량: 저장초기의 중량에 대한 저장 중의 감량분을 %로 나타내었다.

나. 색도: Minolta CR200 colorimeter를 이용하여 측정하였으며 lightness(L) bluness- yellowness(b)로 표시하였다.

다. 부패율: 각 처리구에 따른 부패율은 곰팡이에 감염된 시료의 개수를 %로 나타내었다.

라. 멍아 및 발근율: 각 처리구 마다 멍아 및 발근이 형성된 시료의 개수를 %로 나타내었다.

마. 포장재내의 기체조성: 각 처리구 마다 포장지 내에 축적된 이산화탄소 및 산소의 농도를 Gas Chromatography로 분석하였다.

바. 가용성 당 및 프락탄 함량: 마쇄마늘 분말 1g을 50ml의 증류수에 넣고 추

출한 후 C<sub>18</sub> Sep-pak cartridge와 0.45 $\mu$ m membrane filter를 이용하여 거른 후 HPLC를 이용하여 분석하였다.

마. **피루브산 함량:** 2g의 마늘 추출물과 5ml의 TCA를 섞어 약 한시간 방치한 후 1ml DNP와 1ml 증류수를 첨가한 후 37°C에서 10분간 방치하였다. 그 후 0.6N의 NaOH를 첨가한 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 3. 연구 결과

#### 가. 다양한 필름을 이용한 연구

##### 1) 그물망을 이용한 포장

본 연구에 이용된 박피마늘의 기본적 생리특성과 저장력을 알아보기 위하여 일반적으로 사용되고 있는 1Kg 단위의 그물망에 시료를 담은 후 상온에 두면서 아래와 같은 항목을 조사하였다. 그 결과 약 4일 후 멍아가 처음 관찰되기 시작하였으며 발근으로 인한 피해는 관찰되지 않았다(Fig. 7). 그러나 저장 3일째 20% 이상의 높은 부패율을 나타냈으며 5일 후에는 50% 이상이 부패하였다(Fig. 8). 따라서 본 연구에 이용된 마늘은 상온에서 그물망으로 포장시 유통기간이 3일 이상 지속되기가 어려운 것으로 조사되었다. 상온에서의 호흡량은 최고 68(ml/Kg/hr)로 매우 높은 호흡량을 나타냈으며, 특히 멍아가 형성되기 직전에 호흡량이 급증하여 이 시기에 생리적 대사가 활발히 진행되는 것으로 나타났다(Fig. 9).

가용성 당 함량은 저장기간이 지날수록 프락탄을 제외한 모든 당들이 증가하였다(Fig. 10). 이는 마늘과 같은 백합과 식물에서 저장 당 형태인 프락탄이 점차 가수분해되어 대사활성에 필요한 단당류로 분해되었기 때문이다. 프락탄은 마늘 식용시 단맛을 느끼게 하는 성분일 뿐만 아니라 이의 함량은 마늘의 품질을 평가하는 중요한 요소로 작용하는데 그물망 포장의 경우 프락탄 함량이 점차 감소하여 이에 따라 품질이 저하됨을 확인할 수 있었다. 마늘 특유의 성분인 알린의 분해산물로 피루브산 함량을 측정해 본 결과 저장기간이 지날수록 큰 변화가 없는 것으로 나타났다(Fig. 11).

본 연구에서 박피마늘의 그물망 포장 후 상온보관시 가장 큰 문제점으로 대두된 것은 Fig. 7과 8에서 보여진 바와 같이 바로 높은 부패율과 멍아형성이다. 그물망 포장을 이용하여 상온 보관시 1일만에 약 5% 이상의 부패율을 나타냈으며 멍아가 처음 형성된 4일 후에는 40% 이상의 높은 부패율을 보였다.



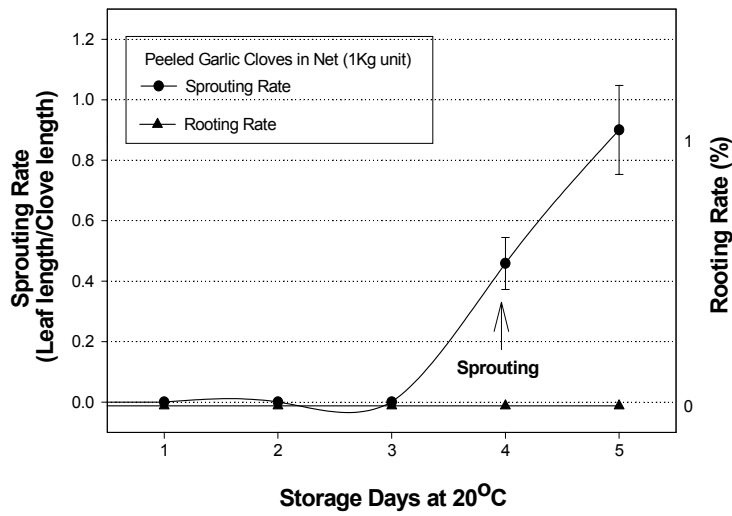


Fig. 7. Sprouting and rooting rate of peeled garlic cloves packaged with net (1Kg unit) for 5 days at 20°C. Bars represent  $\pm$ SE.

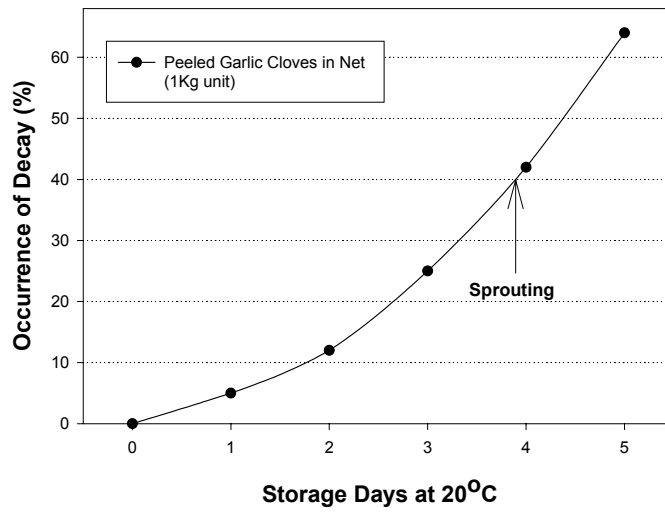


Fig. 8. Occurrence of decay of peeled garlic cloves packaged with net (1Kg unit) for 5 days at 20°C.

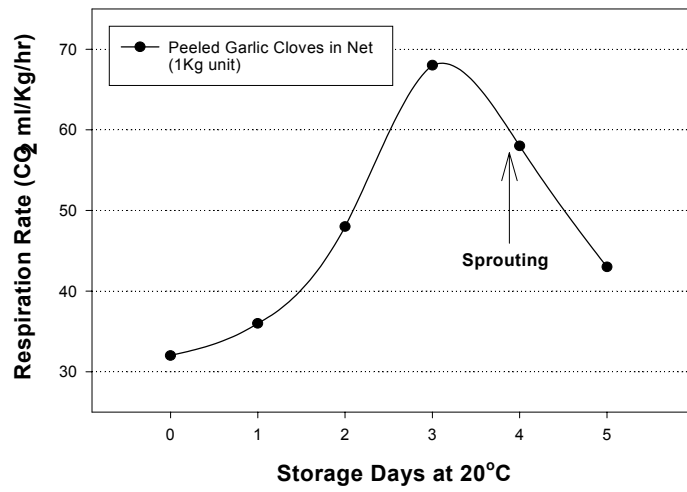


Fig. 9. Respiration rate of peeled garlic cloves packaged with net (1Kg unit) for 5 days at 20°C.

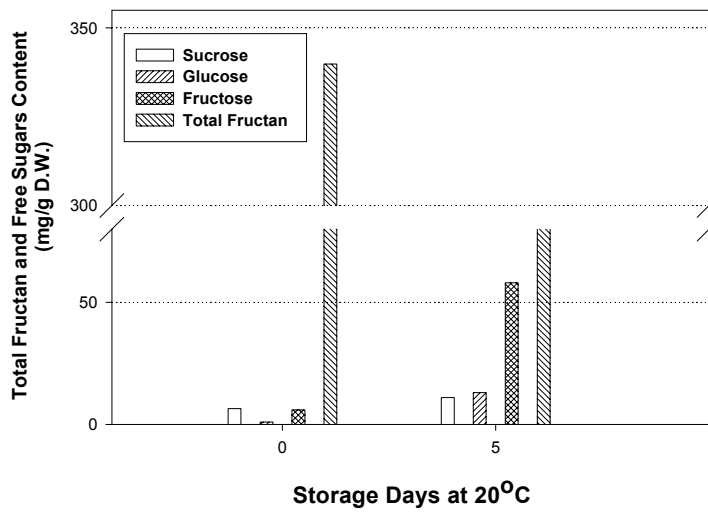


Fig. 10. Total fructan and free sugar contents of peeled garlic cloves packaged with net (1Kg unit) for 5 days at 20°C.

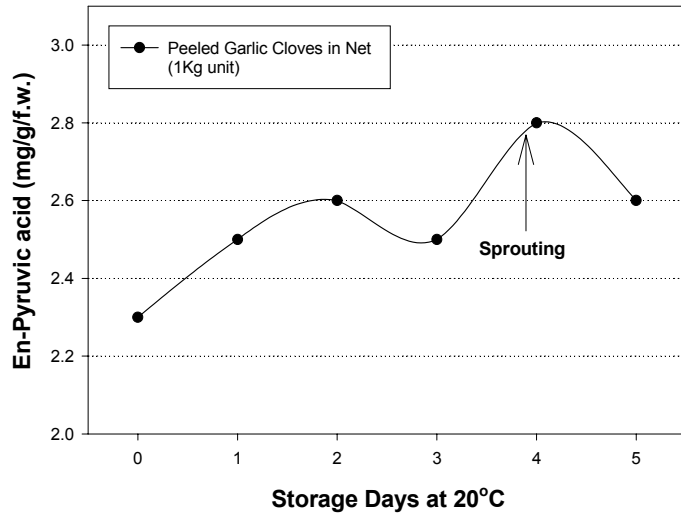


Fig. 11. En-pyruvic acid contents of peeled garlic cloves packaged with net (1Kg unit) for 5 days at 20°C.

## 2) 다양한 필름을 이용한 포장

박피마늘 저장·유통중 선도유지를 목적으로 5종류의 필름과 가스 및 진공처리를 이용한 포장실험을 실시한 결과는 다음과 같다. 수분감소로 인한 무게감량은 그물망에 포장된 대조구를 제외한 모든 처리구에서 저장 12일 동안 4% 미만으로 낮게 나타났으나 대조구는 저장 5일째 10% 이상의 높은 수분감량을 나타내었다 (Fig. 12). PP, AF-OPP, 1% 산소와 1% 이산화탄소, 질소 및 진공을 이용한 포장은 본 연구에서 가장 큰 문제로 대두되었던 높은 부패율을 줄이는데 매우 효과적이었다(Fig. 13).

그러나 효과를 기대했던 ceramic 필름은 저장 5일째 Fig. 14에서 보여지는 바와 같이 필름내부에 푸른곰팡이가 번식하면서 이로 인한 부패과의 발생이 급증하였다. 이는 직접적으로 필름자체의 가스투과율과 관련이 있는 현상으로 여겨지며 본 연구에서는 ceramic 필름내부에 축적된 낮은 이산화탄소 농도에서 그 원인을 찾을 수 있다(Fig. 15). 저장·유통중 높은 이산화탄소 농도의 이용은 미생물의 번식을 억제하여 부패를 방지하는 효과가 있다고 알려져 있다. 그러나 본 실험에 이용된 ceramic 필름은 박피마늘의 높은 호흡량에도 불구하고 다른 필름에 비하

여 현저히 낮은 이산화탄소 농도를 유지하여 고농도 이산화탄소로 인한 부패억제 효과를 기대할 수 없는 것으로 나타났다. 필름내부에 축적된 산소농도는 저장기간이 지날수록 낮게 유지되었으며 필름간 차이는 없었다(Fig. 16).

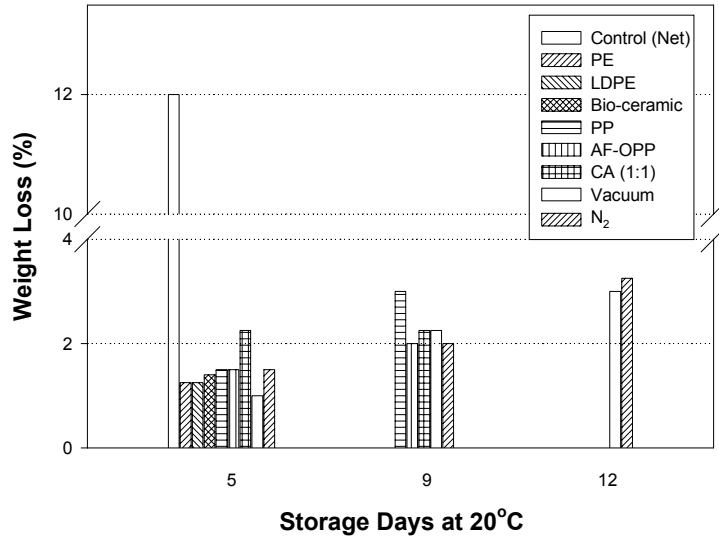


Fig. 12. Effect of various packaging films on weight loss of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.

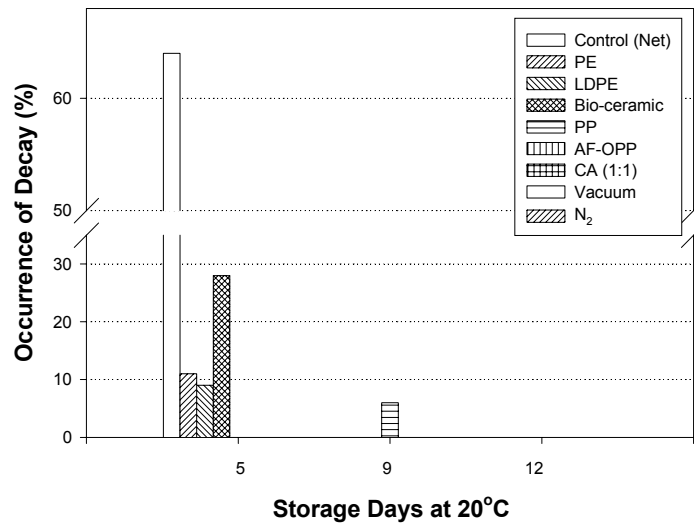


Fig. 13. Effect of various packaging films on decay of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.



Fig. 14. The feature of decay occurred on peeled garlic cloves packaged with ceramic film coated with 5% zeolite during storage at 20°C

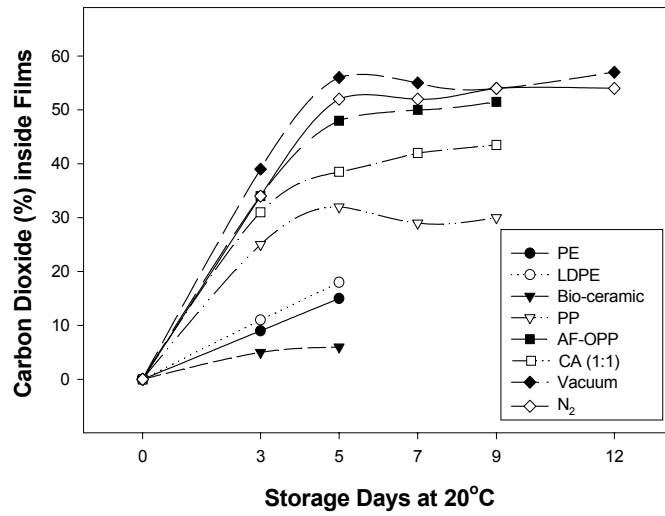


Fig. 15. Effect of various packaging films on carbon dioxide concentration inside films for several storage days at 20°C

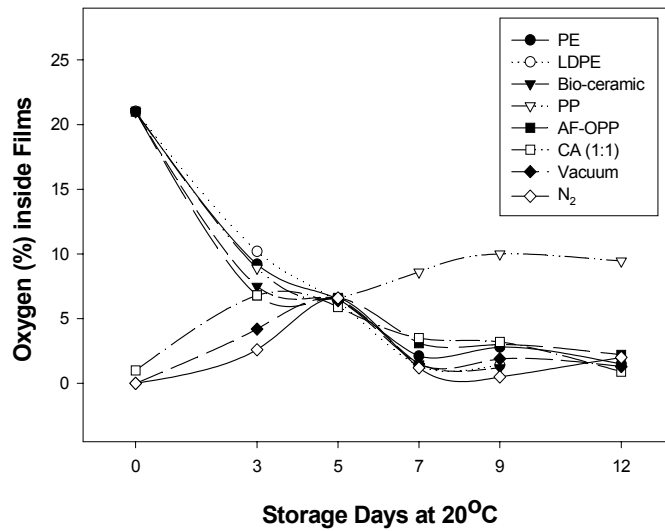


Fig. 16. Effect of various packaging films on oxygen concentration inside films for several storage days at 20°C.

PE와 LDPE는 대조구에 비해서 수분감소를 억제하여 중량을 유지하는데는 효과가 있었지만(Fig. 12), 저장 5일째 10% 이상의 부패율을 보여 다른 필름에 비해서 상품성 유지기간이 짧았다(Fig. 13). 그물망을 이용한 포장은 상온에서 약 4일 만에 맹아가 처음 관찰되었으나(Fig. 7), PP, AF-OPP, 질소 및 진공처리는 저장 12일 동안 맹아가 전혀 발생되지 않았고 발근 현상도 없었다(Fig. 17). 그러나 박피마늘을 위와 같은 필름으로 포장했을 때 인편 색이 전체적으로 푸른색으로 변하는 현상이 관찰되었는데, 이와 같은 현상은 ceramic 필름에서 가장 뚜렷하였다

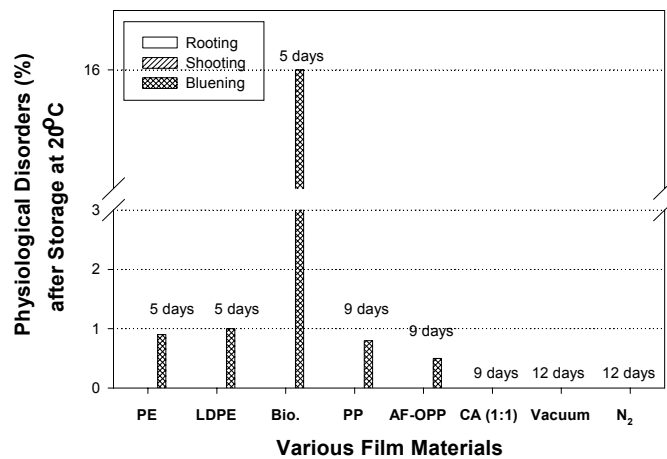


Fig. 17. Effect of various packaging films on physiological disorders of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.

이상의 결과를 종합하면 상온에서 그물망과 ceramic 필름에 포장된 박피마늘은 각각 최고 4일, 5일 동안 상품성을 유지하였고, PE와 LDPE는 6일, PP, AF-OPP, 진공, 질소, 1% 이산화탄소와 1% 산소 처리구 모두 10일 이상 상품성을 유지하는 효과를 보였다. 이 중 질소충진 처리구는 최고 16일까지 유지하였다(Fig. 18). 그러나 필름을 이용한 박피마늘의 상온저장시 해결되어야 할 문제점은 필름 개봉 시 느껴지는 이취(off-flavor)이며 진공 및 질소 충진 처리구에서 좀 더 많이 발생되었다(Fig. 19). 그러나 이취 발생의 문제점은 저온저장시에는 크게 고려되지 않는 부분이며 본 연구에서 나타난 이취 발생량 역시 상품성에 직접적인 영향을 미치지 않는 범위로 판단되었다

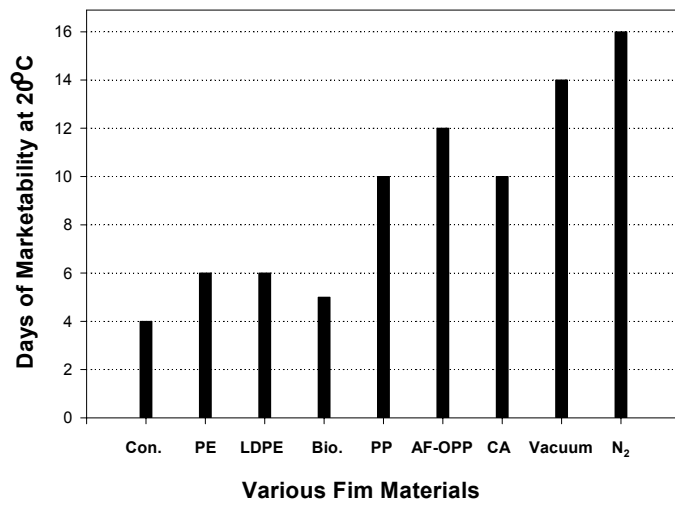


Fig. 18. Effect of various packaging films on marketability of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.

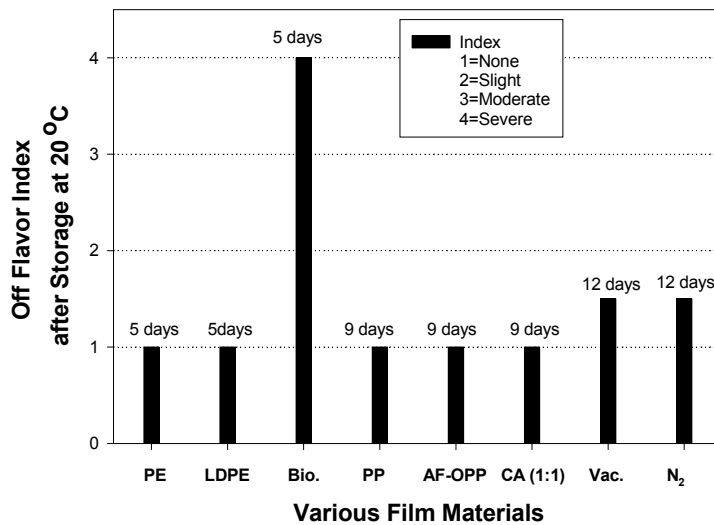


Fig. 19. Effect of various packaging films on off-flavor of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.



각 처리구 마다 상품성이 유지되는 기간 동안 내부물질변화를 조사해 본 결과 가용성당과 피르브산 함량에는 거의 차이가 없는 것으로 조사되었다(Fig. 20과 21). 특히 총 프락탄 함량은 그물망을 이용한 대조구와 PP 처리구에서 저장기간이 지날수록 감소하였으나 나머지 처리구에서는 초기함량을 유지하여 필름 및 가스처리가 박피마늘의 저장력을 증진시킴과 동시에 품질을 유지시키는 효과가 있는 것으로 확인되었다.

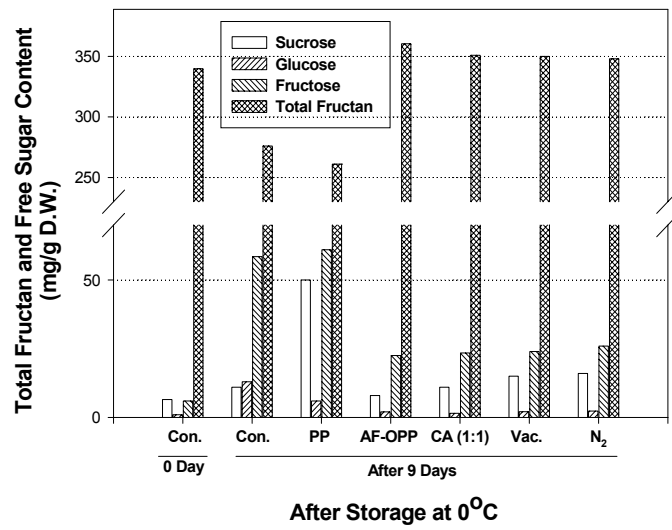


Fig. 20. Effect of various packaging films on total fructan and free sugar contents of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.

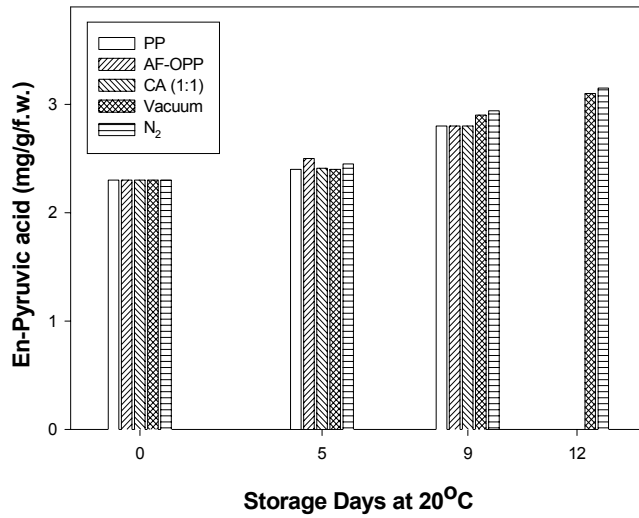


Fig. 21. Effect of various packaging films on en-pyruvic acid contents of peeled garlic cloves for several storage days at 20°C.

### 3) 종합고찰

본 연구에 의하면 CMC와 키토산이 박피마늘에 적용 가능한 코팅물질로 조사 되었으며, 코팅물질에 첨가제 이용시 potassium sorbate, calcium chloride, ascorbic acid의 순서로 인편변색을 방지하였다. 한편 박피마늘의 상온유통시 선도유지 목적으로 다양한 필름을 이용한 포장법 연구 결과 질소충진을 이용한 포장법, PP 그리고 AF-OPP가 가장 효과적인 방법으로 조사되었고, 이는 그물망을 이용한 포장법에 비하여 3배 이상 상품성 연장효과를 가져왔다.

## 제 3절 녹변현상 원인 구명

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

경북 의성, 충북 단양, 충남 서산(한지형, 난지형), 전남 남해 등 우리 나라 마늘 주산지에서 재배된 것으로 2001년 5월 중순에서 7월말에 걸쳐 수확된 마늘을 이용하였다.

#### 나. 저장방법

수확 후 약 한 달 동안 반 그늘에서 건조한 후  $-1.5-0^{\circ}\text{C}$ (상대습도 85%),  $10^{\circ}\text{C}$ (상대습도 95%) 그리고  $20^{\circ}\text{C}$ (상대습도 97%) 온도에 저장하면서 녹변발생 유무를 조사하였다. 자연건조 후 마늘 보호엽의 수분함량은 건조 전과 비교하여 22-26% 정도 감소하였다. 저장직전 마늘인편의 육질은 단단하고 밝은 백색을 나타냈으며 인편내부 상태는 저장엽 속의 공간이 없고 맹아엽의 길이가 5mm 정도였다. 마늘의 저장기간은 각각의 온도에서  $0^{\circ}\text{C}$ 는 10개월,  $10^{\circ}\text{C}$ 는 6개월,  $20^{\circ}\text{C}$ 에서는 5개월 동안 저장하면서 분석하였다.

#### 다. 내부 구성성분 분석

##### 1) 향미성분 전구체(S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides, ACSOs) 합성

알린(S-2-propenyl-L-cysteine sulfoxide, 2-PeCSO 또는 alliin)은 미국 LKT laboratory(www.lktlabs.com)에서 구입한 것을 이용하였으며, MeCSO(S-methyl-L-cysteine sulfoxide)와 1-PeCSO(S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide)는 Lancaster(1983)와 Thomas(1994)의 방법에 의하여 본 실험실에서 합성하였다. 합성한 물질의 최종 확인은 EI-MS를 통하여 이루어졌다(Fig. 22와 23).

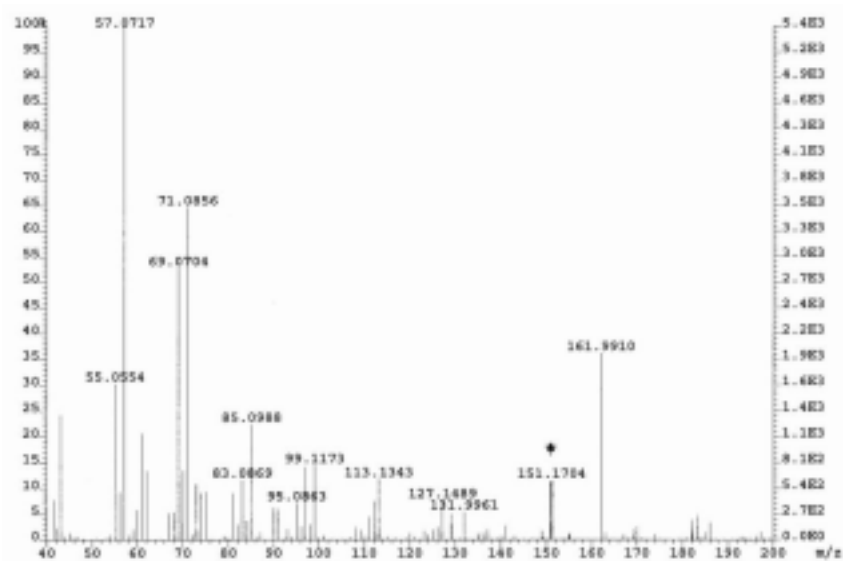


Fig. 22. Mass spectrum of synthetic MeCSO.

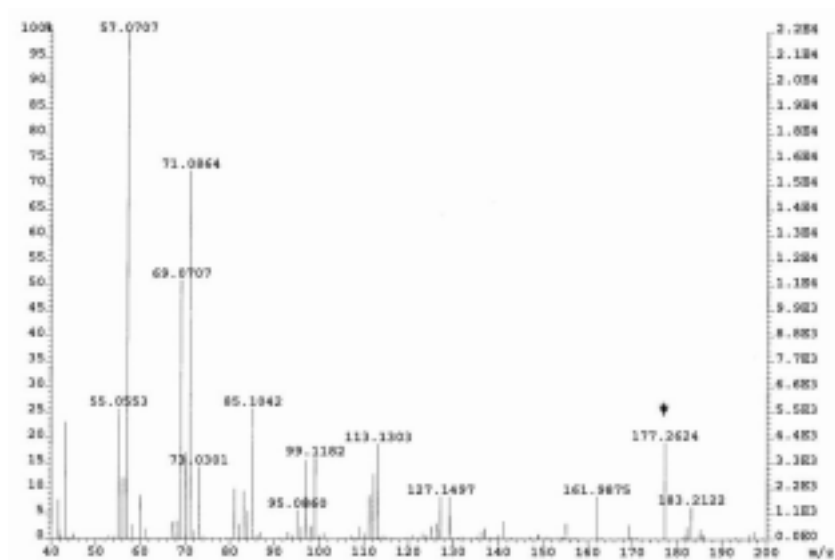


Fig. 23. Mass spectrum of synthetic 1-PeCSO.

## 2) ACSOs 추출 및 분리

마늘 조직 20g을 10mM hydroxylamine이 첨가된 MCW(MeOH : chloroform : water = 2 : 5 : 3 v/v) 용액에 넣은 후 24시간 동안 -20℃에서 추출하였다. 추출 용액에 chloroform(9ml)과 증류수(11ml)를 첨가하였으며 이때 생성된 상층액을 Edward et al. (1994)가 제시한 방법에 따라 HPLC를 이용하여 분석하였다.

## 3) 피르브산 및 알리네이즈 활성

호흡작용에 의하여 생성된 피르브산(basal level)과 알리네이즈 작용에 의하여 생성된 피르브산(enzymatically-produced)을 총 피르브산 함량으로 나타내었다 (Bacon et al., 1999).

## 4) 총 thiosulfinates 함량

마늘 20g을 50ml 증류수에 넣어 37℃에서 30분간 교반하였다. 이를 원심 분리하여 10배 희석한 시료 375 $\mu$ l에 200 $\mu$ M DTND(0.8ml)와 0.8mM cystein 용액 (16mM cystein HEPS buffer, pH 7.5를 이용하여 20배 희석)을 첨가하였다. 이를 10분 동안 상온에 방치한 후 나타나는 색변화를 412nm에서 흡광도를 이용하여 측정하였다.

## 2. 연구 결과

### 가. 녹변발생 원인

#### 1) 품종과 수확시기에 따른 녹변발생

본 실험에 이용된 모든 마늘 품종에서 녹변이 관찰되었다(Table 5). 한지형 마늘에서 주로 녹변이 나타난다고 알려져 있었으나, 본 연구에서는 난지형인 대서마늘과 남해마늘에서도 관찰되었다. Fig. 24는 녹변마늘과 정상마늘의 마쇄 후의 모습을 나타낸 것이다. 난지형 대서마늘은 한지형 의성, 단양, 서산마늘 보다 약 2달 정도 빠른 시기에 녹변이 나타났다(Table 5). 수확시기가 녹변에 미치는 영향을 의성, 단양, 남해마늘을 통해서 조사해 본 결과 의성마늘은 수확시기가 빠를수록, 단양마늘은 늦을수록 녹변이 일찍 나타났으나 남해마늘에서는 수확시기에 따른 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다.

마늘 녹변은 모든 품종의 마늘에서 나타날 수 있는 일종의 생리현상으로 보여지며 수확 후 저장조건 특히, 10℃ 이하의 낮은 온도가 마늘 내부물질변화에 기여하여 녹변을 유발하는 것으로 추정되었다.

Table 5. Effect of cultivar, harvest time and storage temperatures on greening ( $G^*$ ) and sprouting ( $S^*$ ) of garlic cloves.

Cultivar	Harvest Time	Storage Temp.(°C)	Storage Days (Months)				
			2	3	4	5	6
			Greening ( $G^*$ ) & Sprouting ( $S^*$ )				
Euisung	Early	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20			$S$		
Euisung	Late	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20			$S$		
Danyang	Early	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20		$S$			
Danyang	Late	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20			$S$		
Seosan	Early	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20			$S$		
Daeseo	Early	0		$G$			
		10		$S$	$G$		
		20		$S$			
Namhae	Early	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20		$S$			
Namhae	Late	0					$G$
		10			$S$	$G$	
		20		$S$			

\* The time of greening and sprouting first observed.



Fig. 24. The feature of greening and non-greening garlic homogenates.

## 2) 저장온도에 따른 녹변 발생

일반적으로 마늘 녹변현상은 수확 전 재배요인 보다는 수확 후의 저장온도와 관련이 있는 것으로 보인다. 본 연구 결과 0℃와 10℃에 저장되었던 모든 마늘에서 녹변이 나타난 반면, 20℃에서는 전혀 관찰되지 않아 10℃ 이하의 비교적 낮은 온도조건이 녹변을 유발하는 중요한 외부환경임을 알 수 있었다(Table 5). 수확 즉시의 마늘에서는 녹변이 관찰되지 않았으나 4개월 이상 일정기간 저온에 저장된 마늘에서만 나타났다. 따라서 마늘 녹변현상은 10℃ 이하의 저온조건과 함께 이에 일정시간 노출되어야만 나타나는 것으로 추정된다.

마늘 마쇄 후 녹색색소가 처음 관찰되는데 까지 걸리는 시간은 저온저장기간이 길어질수록 점점 감소하였다(Fig. 25). 저장 6개월 된 마늘에서 마쇄 후 녹변이 관찰되는데 걸리는 시간은 약 25시간이었으나 10개월 된 마늘에서는 5시간 이내에 나타났다. 마쇄 후 생성되는 녹색색소의 양도 저장기간이 길어질수록 많아져 hunter a 값도 진한 녹색을 나타내는 음의 값을 나타낸다(Fig. 25).

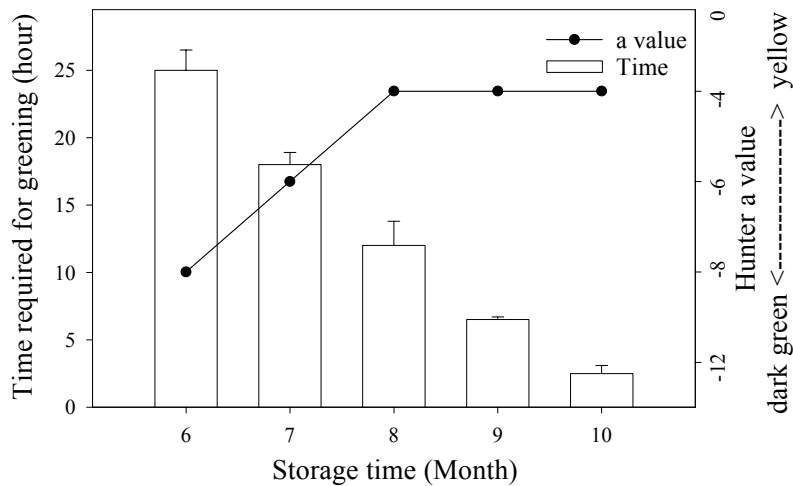


Fig. 25. Required time for green pigment formation and Hunter a value of garlic homogenates stored at 0°C for several months.

맹아형성은 녹변을 유발 또는 촉진한다고 알려져 있다. 본 연구에서 0°C 저장 마늘의 녹변은 4-5개월만에 관찰되었고, 이때 인편내부 상태는 저장전과 마찬가지로 빈 공간이 거의 존재하지 않았으며 맹아엽의 길이도 저장전과 같았다. 0°C 저장마늘은 9개월 이후에 인편내부에 뚜렷하게 맹아가 형성되었고 외부출현은 전혀 없었다. 10°C에서는 맹아가 외부로 완전히 출현한 후에 녹변이 나타났으며, 20°C에서는 맹아만 형성되었다. 따라서 마늘구 외부로 보여지는 현상만으로 맹아와 녹변과의 상호관계를 밝히는데 어려움이 있어 향미성분 전구체와 같은 마늘의 주요 내부성분들의 변화를 함께 알아보았다.

### 3) 향미성분 전구체(ACSOs)와 녹변발생

마늘의 녹변은 마늘 특유의 향미를 내는 몇몇 향미성분 전구물질들(ACSOs)과 관련이 있을 것으로 추측된다. 따라서 마늘의 주요 향미성분 전구체인 2-PeCSO (또는 alliin), MeCSO 그리고 1-PeCSO를 분석하여 저장중 발생하는 녹변과의 연관성을 알아보았다. 본 연구에서는 한지형인 의성 마늘과 난지형인 대서마늘의 ACSOs를 각각 비교 분석하였다.

Table 6은 0°C 저장마늘의 ACSOs의 변화를 나타낸 것이다. 저장기간이 길어



질수록 MeCSO, 2-PeCSO 및 1-PeCSO 함량이 모두 증가하였다. 이들 중 마늘의 가장 주요한 향미성분인 2-PeCSO(또는 alliin)의 함량이 가장 높으며 MeCSO와 1-PeCSO의 순서로 많다. 특히 1-PeCSO는 저장 초반에는 존재하지 않았으나 6개월 이후에 나타나 녹변과 관련이 있는 향미성분 전구체로 추정되었다. 마찬가지로 Table 7과 8은 각각 10°C와 20°C에 저장된 마늘의 향미성분 전구체 변화를 나타낸 것이다. 0°C 저장마늘과 같이 모든 전구체가 저장기간과 함께 증가하였으며 녹변이 관찰되지 않은 20°C에서는 1-PeCSO가 전혀 존재하지 않는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 녹변마늘과 비녹변마늘 그리고 저장온도에 따른 총 ACSOs의 함량을 비교하면 Fig.26 그리고 27과 같다. 총 ACSOs 함량은 모든 온도에서 저장기간에 따라 초기함량보다 증가하였으며, 비녹변마늘과 달리 녹변마늘은 1-PeCSO를 포함하는 특징을 보인다.

ACSOs는 맹아형성에 관여하는 GTP( $\gamma$ -glutamyl transpeptidase)와 이의 기질인  $\gamma$ -glutamyl peptides와 관련 있는 물질이다. 맹아가 형성된 10°C와 20°C에서 저장 5에서 6개월 동안 총 ACSOs 함량이 높아진 것은 GTP 활성 증가에서 기인한 것으로 보이며, GTP 활성이 높아지면서 기질인  $\gamma$ -glutamyl peptides의 양이 감소하고, 이때 함께 생성된 유리아미노산이 향미성분 전구체 (ACSOs)의 합성에 이용되었기 때문이다.

저장마늘에서 향미성분 전구체 증가는 휴면타파를 준비하기 위한 생리대사 과정의 일부이며, 녹변은 일정기간 저온에 노출되는 동안 증가한 향미성분 전구체와 연관되어 나타나는 현상으로 추측된다.

Table 6. Effect of storage time at 0°C on the content (mg/g fresh weight) of flavor precursors in garlic cloves.

Month	Cultivar (Ecotype)	
	Euisung (Northern)	Daeseo (Southern)
<b>MeCSO<sup>Z</sup></b>		
0	0.35±0.05	0.23±0.08
1	0.25±0.02	0.21±0.01
2	0.26±0.05	0.25±0.02
3	0.31±0.01	0.21±0.01
4	0.25±0.03	0.22±0.06
6	0.19±0.01	0.24±0.04
8	0.23±0.02	0.23±0.02
10	0.28±0.01	0.23±0.02
<b>2-PeCSO (Alliin)<sup>Y</sup></b>		
0	10.5±0.01	8.1±0.07
1	9.4±0.06	7.5±0.03
2	10.7±0.01	8.7±0.02
3	12.5±0.01	8.1±0.05
4	12.8±0.03	9.7±0.01
6	15.7±0.04	10.5±0.03
8	18.1±0.04	14.3±0.02
10	19.4±0.08	15.4±0.04
<b>1-PeCSO<sup>X</sup></b>		
0	nd <sup>W</sup>	nd
1	nd	nd
2	nd	nd
3	nd	nd
4	nd	0.08±0.01
6	0.12±0.04	0.06±0.02
8	0.24±0.09	0.12±0.06
10	0.22±0.05	0.25±0.04

<sup>Z</sup> (+)-S-Methyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>Y</sup> (+)-S-2-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>X</sup> (+)-1-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>W</sup> nd=not detected.

Table 7. Effect of storage time at 10°C on the contents of flavor precursors (mg/g fresh weight) in garlic cloves.

Month	Cultivar (Ecotype)	
	Euisung (Northern)	Daeseo (Southern)
<b>MeCSO<sup>Z</sup></b>		
0	0.35±0.05	0.23±0.08
1	0.23±0.06	0.26±0.01
2	0.18±0.04	0.18±0.03
3	0.26±0.02	0.25±0.02
4	0.28±0.01	0.24±0.02
6	0.26±0.03	0.22±0.04
<b>2-PeCSO (Alliin)<sup>Y</sup></b>		
0	10.5±0.01	8.1±0.07
1	10.8±0.02	8.4±0.02
2	11.9±0.01	8.2±0.04
3	13.5±0.01	9.9±0.01
4	12.8±0.03	11.8±0.01
6	16.7±0.02	12.7±0.03
<b>1-PeCSO<sup>X</sup></b>		
0	nd <sup>W</sup>	nd
1	nd	nd
2	nd	nd
3	nd	nd
4	0.07±0.02	0.02±0.01
6	0.13±0.04	0.15±0.06

<sup>Z</sup> (+)-S-Methyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>Y</sup> (+)-S-2-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>X</sup> (+)-1-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>W</sup> nd=not detected.

Table 8. Effect of storage time at 20°C on the contents of flavor precursors (mg/g fresh weight) in garlic cloves.

Month	Cultivar (Ecotype)	
	Euisung (Northern)	Daeseo (Southern)
<b>MeCSO<sup>Z</sup></b>		
0	0.35±0.05	0.23±0.08
1	0.28±0.02	0.22±0.03
2	0.31±0.01	0.22±0.01
3	0.24±0.01	0.27±0.02
4	0.28±0.03	0.18±0.01
5	0.21±0.01	0.24±0.02
<b>2-PeCSO (Alliin)<sup>Y</sup></b>		
0	10.5±0.01	8.1±0.07
1	13.5±0.02	10.2±0.03
2	12.1±0.01	10.8±0.01
3	12.4±0.01	11.5±0.02
4	13.4±0.03	12.4±0.02
5	13.7±0.02	10.9±0.03
<b>1-PeCSO<sup>X</sup></b>		
0	nd <sup>W</sup>	nd
1	nd	nd
2	nd	nd
3	nd	nd
4	nd	nd
5	nd	nd

<sup>Z</sup> (+)-S-Methyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>Y</sup> (+)-S-2-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>X</sup> (+)-1-Propenyl-L-cysteine sulfoxide.

<sup>W</sup> nd=not detected.

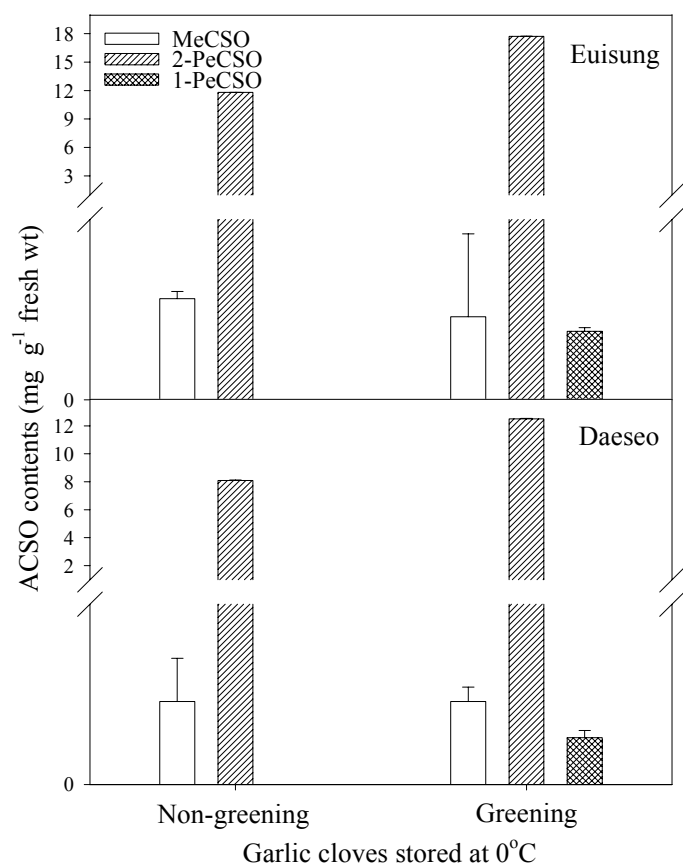


Fig. 26. Concentration of MeCSO, 2-PeCSO and 1-PeCSO as a major flavor precursor in non-greening and greening garlic cloves stored at 0°C. Bars indicate  $\pm$ SE.

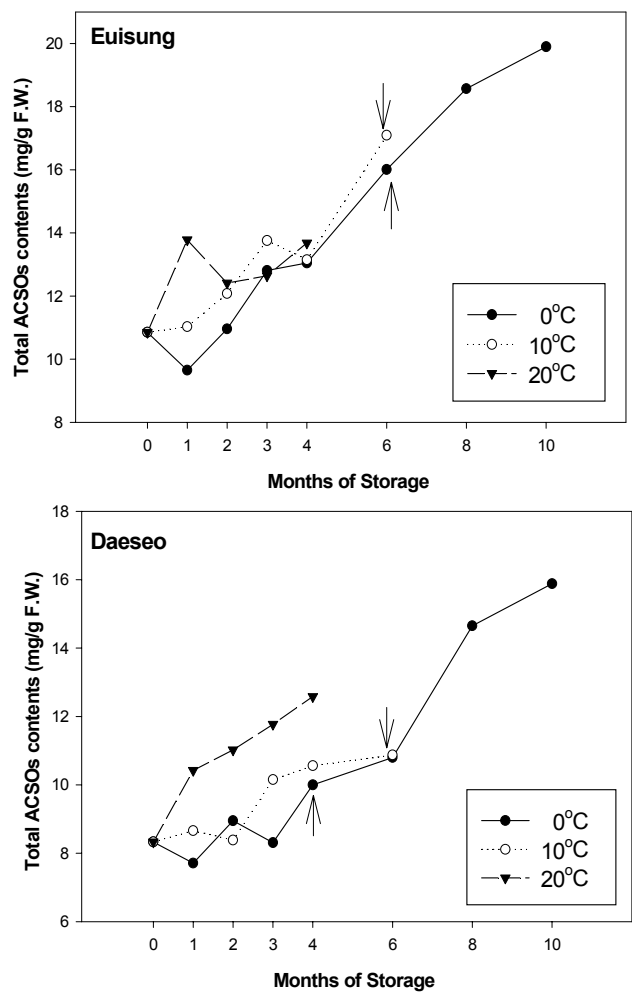


Fig. 27. Changes in total ACSOs of garlic cloves stored at 0°C, 10°C and 20°C for several months. Arrow indicates the time of greening first observed.

#### 4) 알리네이즈 활성과 녹변발생

마늘의 녹변은 건전한 인편에서는 나타나지 않고 반드시 인편을 마쇄 했을때에만 보여지는 현상이다. 따라서 증가한 향미성분 전구체들이 실제로 녹변을 나타내는 녹색색소를 만들어 내기 위해서는 효소 알리네이즈의 작용을 받을 것으로 예상된다. Table 9와 Fig. 28은 효소 알리네이즈 활성과 이의 작용으로 생성된 물질들의 함량을 나타낸 것이다. 저장기간에 따라 효소활성과 피르브산 함량은 서서히 증가하였고 특히, 녹변이 관찰된 0℃ 저장마늘과 나타나지 않은 20℃ 마늘을 비교해 보면 0℃ 마늘에서 알리네이즈 활성, 피르브산과 총 thiosulfinates 함량이 높게 나타났다. 따라서 녹변은 저온저장 마늘의 마쇄시 효소 알리네이즈의 높은 활성에 의하여 향미성분 전구체들이 분해되면서 나타나는 현상으로 추정될 수 있다.

Table 9. Effect of storage time at 0℃ and 20℃ on pyruvic acid content and alliinase activity in 'Euisung' garlic cloves.

Storage time (Months)	Pyruvic acid content	Alliinase activity
	( $\mu\text{mole/g F.W.}$ )	( $\mu\text{mole/g/min}$ )
	Storage temp. (0℃)	
0	9.7±1.2	0.30±0.05
3	13.5±2.0	0.40±0.04
6	16.8±0.8	0.90±0.01
10	17.2±1.6	1.00±0.20
	Storage temp. (20℃)	
0	9.7±2.3	0.10±0.02
3	10.9±1.6	0.21±0.03
5	12.8±2.8	0.42±0.05

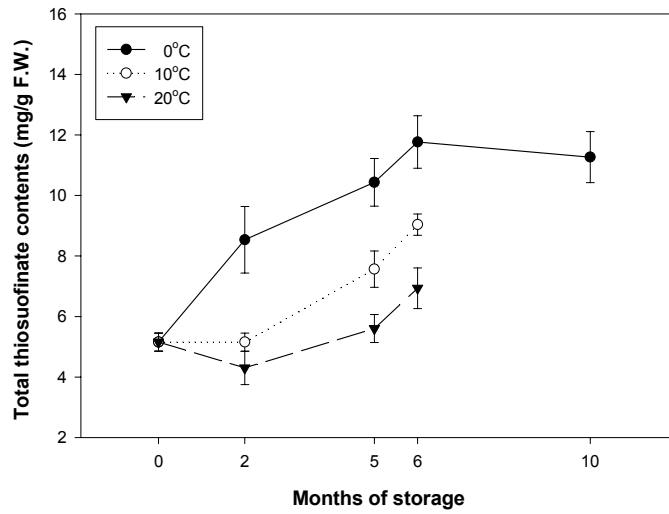


Fig. 28. Effect of storage time at 0°C, 10°C and 20°C on total thiosulfates in homogenates of 'Euisung' garlic cloves.

#### 5) GC/MS를 이용한 향미성분 분석

녹변마늘과 비녹변마늘의 휘발성 향미성분을 head-space 방법에 의하여 GC/MS로 분석 비교하였다. 녹변마늘에서 1-propenyl trisulfide와 diallyl(2-propenyl) tetrasulfide가 검출된 것을 제외하고 두 시료간의 차이는 없었다(Fig. 29와 Table 10). 따라서 녹변을 나타내는 녹색색소는 실제로 휘발성 물질이 아니며, 향미성분 전구물질들이 효소 알리네이즈의 작용을 받아 분해된 후 생성된 여러 휘발성 물질들이 효소 또는 비효소적 작용에 의하여 녹색색소를 생성할 것으로 추측된다.



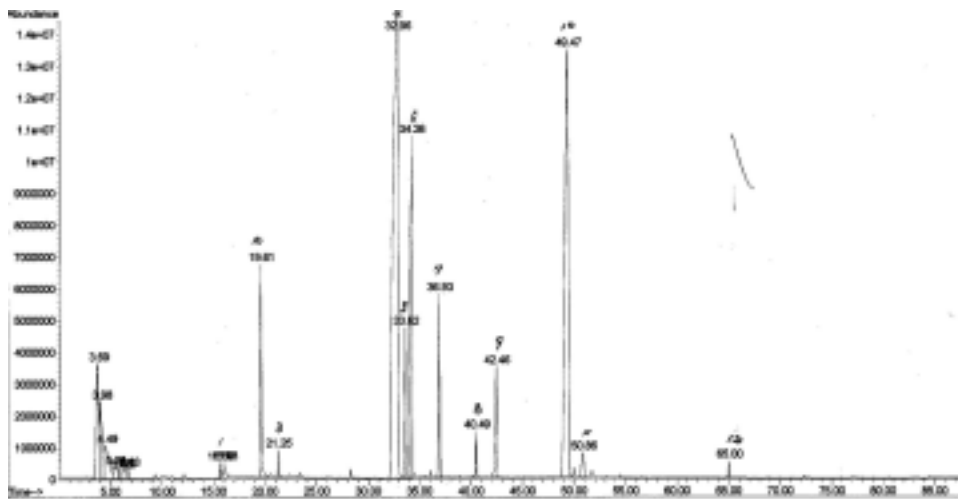
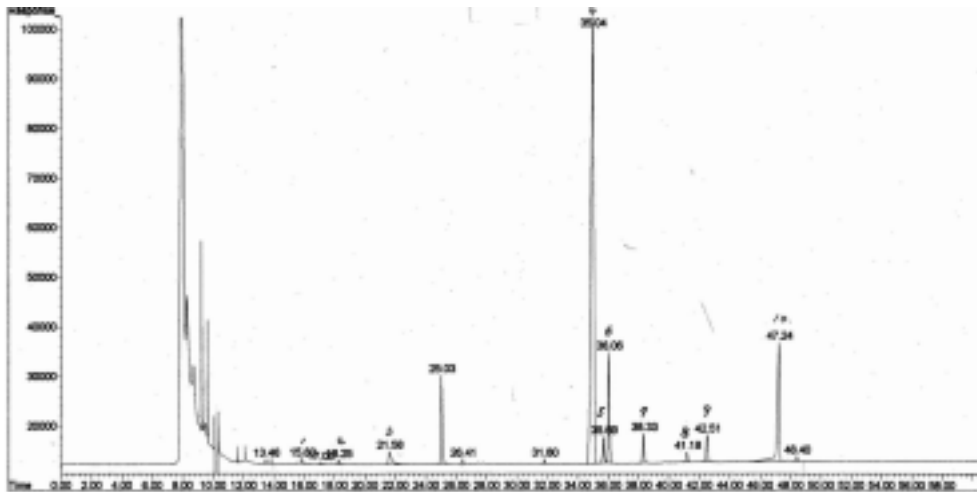


Fig. 29. GC/MS chromatogram of volatile components of 'Euisung' garlic extract stored at 0°C; Above=before greening, Below=after greening.

Table 10. Volatile flavor products of non-greening and greening garlic homogenates by GC/MS.

'Euisung' garlic cloves stored at 0°C				
Peak No.	Greening garlic homogenates	Peak No.	Non-greening garlic homogenates	Quality (%)
1	diallyl(2-propenyl)-monosulfide	1	diallyl(2-propenyl)-mono sulfide	97
2	methyl allyl(2-propenyl)-disulfide	2	methyl allyl(2-propenyl)-disulfide	87
3	trans propenyl methyl-disulfide	3	trans propenyl methyl-disulfide	95
4	diallyl(2-propenyl) disulfide	4	diallyl(2-propenyl) disulfide	68
5	allyl(2-propenyl) thio-propionic acid	5	allyl(2-propenyl) thio-propionic acid	47
6	4-mercapto-3-methyl thio crotonic acid	6	4-mercapto-3-methyl thio crotonic acid	50
7	methyl allyl(2-propenyl) trisulfide	7	methyl allyl(2-propenyl) trisulfide	45
8	3,4-dihydro-3-vinyl-1,2-dithin	8	3,4-dihydro-3-vinyl-1,2-dithin	50
9	2-vinyl-4H-1,3-dithin	9	2-vinyl-4H-1,3-dithin	95
10	diallyl(2-propenyl) trisulfide	10	diallyl(2-propenyl) trisulfide	43
11	1-propenyl trisulfide			83
12	diallyl(2-propenyl) tetrasulfide			64

#### 나. 녹변 유도 및 방지에 관한 연구

##### 1) 향미성분 전구체 첨가에 의한 녹변 유도

위 연구에서 녹변은 저장기간중 증가하는 향미성분 전구체와 연관 있는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구에서 합성한 향미성분 전구체들을 외부에서 첨가함으로써 이들이 녹변에 미치는 영향을 직접적으로 확인해보았다. 마쇄마늘에

MeCSO, 2-PeCSO (또는 Alliin) 그리고 1-PeCSO를 여러 농도별로 첨가하여 일정시간 상온에 방치하면서 녹색색소 생성여부를 관찰하였다. 녹색색소가 최대 흡광도를 보이는 590nm에서의 흡광도(Green color intensity, GCI)를 측정 한 결과는 Fig. 30이다. MeCSO와 녹변은 서로 상관관계가 낮았으나 2-PeCSO(또는 alliin)과 1-PeCSO 모두 녹변과 높은 정의 상관관계를 보였다. 이상의 결과는 앞서 보여진 결과와 일치하는 것으로 향미성분 전구물질 중 마늘에 가장 많이 존재하는 2-PeCSO(또는 alliin)과 저장 중반 녹변이 나타나는 시점부터 생성된 1-PeCSO가 녹변 발생에 관여하는 중요한 물질들로 추정되었다. 그러나 마늘에 존재하는 향미성분 중 2-PeCSO와 1-PeCSO 어느 것이 녹변과 더 직접적으로 관련이 있는지에 대한 연구는 더 진행되어야 한다.

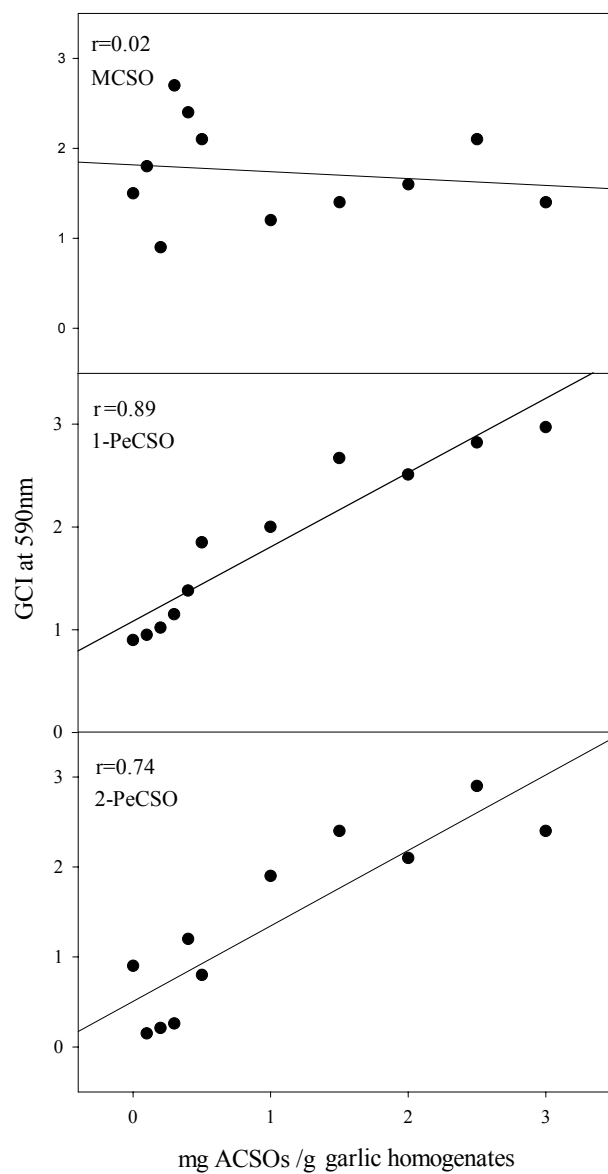


Fig. 30. Effect of the addition of synthetic ACSOs on greening of garlic homogenates.

## 2) 효소 알리네이즈 작용 억제제를 이용한 녹변 방지

Table 9에서 나타난 바와 같이 녹변은 효소 알리네이즈의 작용과 밀접한 관련이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 알리네이즈 작용 억제제로 알려진 hydroxylamine을 외부에서 첨가하여 알리네이즈가 녹변에 미치는 영향을 확인해보았다.

Fig. 31은 마쇄마늘에 hydroxylamine을 농도별로 처리하여 알리네이즈 활성과 590nm에서 녹색색소 흡광도를 각각 측정하여 나타낸 것이다. 무처리구를 기준으로 하여 hydroxylamine 농도를 서서히 높일수록 녹색색소 생성이 억제되었으며, 100mM 처리구에서는 녹변이 전혀 관찰되지 않았다. 이와 마찬가지로 알리네이즈 효소활성도 급격히 감소하였다. 따라서 알리네이즈가 마쇄마늘 녹변에 직접 또는 일차적으로 관여함을 알 수 있다.

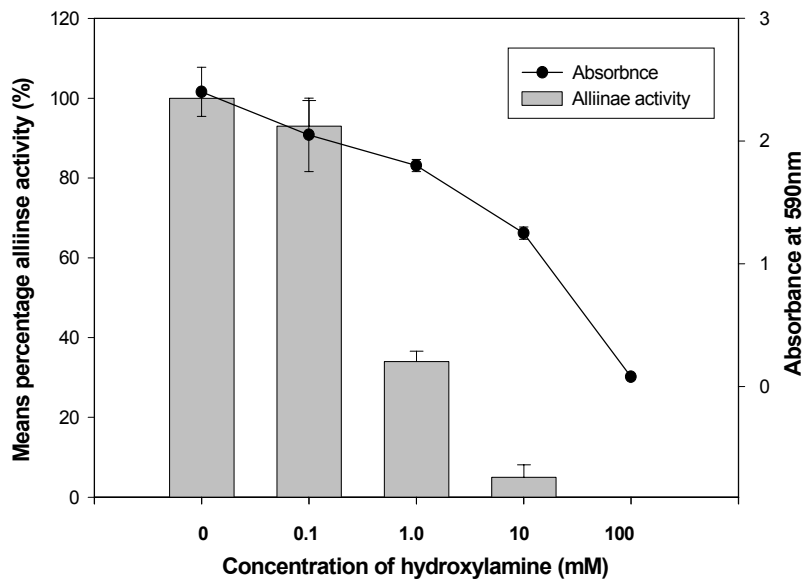


Fig. 31. Effect of hydroxylamine concentration on alliinase activity and absorbance in homogenates of garlic cloves.

## 다. 종합고찰

마쇄마늘에서의 녹변은 품종에 관계없이 일정시간 저온(빙점이상의 온도에서 10℃ 이하)에 노출되어야만 나타나는 일종의 수확 후 생리현상으로 조사된 바 있다. 또한 효소 알리네이즈의 활성과 향미성분 전구체 특히, 1-PeCSO와 2-PeCSO 함량 및 존재여부와 밀접한 관계를 보였다. 그리고 알리네이즈가 이들을 분해하면서 생성하는 수많은 휘발성 향미성분 중 하나가 효소 또는 비효소적 작용에 의하여 녹색색소를 만들어 낼 것으로 추정된다. 따라서 알리네이즈의 활성을 억제시키는 방법은 저온저장 마늘에서 나타나는 녹변현상을 방지할 수 있는 방안을 확인하였다.

## 제 4절 예상되는 녹변발생 기작

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

앞선 실험에 이용되었던 0℃와 10℃에 저장되었던 마늘, 즉 녹변이 관찰된 마늘을 이용하였다.

#### 나. 조사항목

마늘과 같은 Allium 속 식물인 양파의 pinking 현상과 유사하게 녹변이 발생할 것으로 예상되어 Lukes (1958)의 방법에 의하여 연구하였다

양파의 pinking 현상 예상 기작

alliinase

[ I ] Unknown precursors -----> color developer  
(very fast) (colorless, ether-soluble)

[ II ] color developer + free amino acids -----> pigment precursor  
(slow) (colorless, ether-insoluble)

[III] pigment precursor + free carbonyls -----> pink pigment  
(fast)

**1) 녹색색소 추출**

녹색물질을 물, 메탄올, 에탄올, 부탄올, 아세톤, 헥산 등의 용매에 일정시간 추출 후 여과한 물질의 흡광도를 590nm에서 측정하였다.

**2) Color developer 추출**

녹색색소가 형성되기 전의 마쇄마늘을 물, 메탄올, 에탄올, 헥산, 에테르 등의 다양한 용매에 추출 후 여과하였다. 여과 후 남은 잔여물을 상온에 방치하면서 녹색색소 형성 정도를 관찰하였다. 그 결과 에테르로 추출된 시료에서 녹색색소 형성이 억제되어, 분리하려는 color developer는 에테르에 가장 잘 녹음을 확인하였다. Color developer가 녹아있는 에테르를 감압증류한 후 남은 잔여물을 citrate-phosphate buffer(pH 5.6)에 녹여 여과하였다.

**3) Pigment precursor 형성**

추출한 color developer 용액에 19종의 아미노산을 첨가하여 녹색색소 전구체 형성을 관찰하였다.

**4) Synthetic green pigment 형성**

녹색색소 전구체에 formaldehyde, methyl ethyl ketone, acetone, acetaldehyde 등의 carbonyls 첨가한 후 상온에 방치하면서 녹색물질 형성을 관찰하였다. 합성된 녹색색소의 흡광도를 측정하여 마늘에서 추출된 녹색색소와 유사한 물질임을 확인하였다.

**2. 실험 결과**

**가. 녹색색소의 특징**

마늘 녹색변현상을 나타내는 녹색물질은 엽록소와는 달리 매우 극성인 성질을 나타내며(Fig. 32), 440nm와 590nm에서 높은 흡광도를 보인다(Fig. 33). 특히 590부터 595nm에서의 높은 흡광도는 추출된 녹색물질이 갖는 고유의 스펙트럼으로 이 물질의 주요한 특징이다.

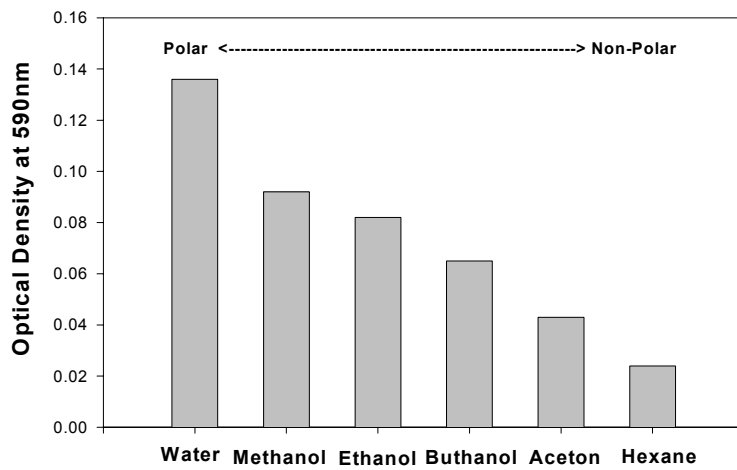


Figure 32. Absorptions spectrum of green pigment extracted by various solvents.

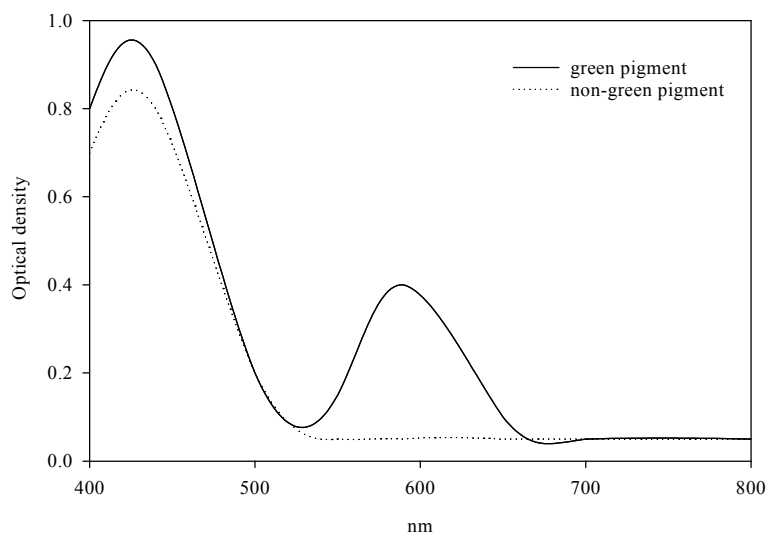


Fig. 33. Absorption spectrums of green pigment and non-green pigment extracted from crushed garlic.



#### 나. Unknown precursors 및 효소 알리네이즈 작용

앞선 실험에서 예상되는 unknown precursors가 ACSOs의 일종이라면 1-PeCSO 또는 2-PeCSO일 것으로 추정되었다. 즉, 녹변현상은 마늘이 갖는 여러 물질 중 향미성분 전구체와 밀접한 관련을 갖는 것으로 예상되며 세포파괴시 효소 알리네이즈 작용을 받아 이들이 녹색색소 형성을 위해 필요한 물질(color developer)을 만든다. 또한 알리네이즈 활성이 녹변발생에 반드시 필요함을 hydroxylamine과 같은 효소작용 억제제를 처리함으로써 확인하였다.

열처리로 효소활성이 억제된 녹변마늘과 녹변현상이 전혀 관찰되지 않는 비녹변마늘에 alliinase solution을 각각 첨가하여 color developer 존재 여부를 다시 확인한 결과, 녹변마늘에서만 alliinase solution 첨가 후 녹색색소가 나타났다(Fig. 34). 이는 녹변현상이 나타내는 마늘에서만 보여지는 것으로 녹변마늘은 녹색색소를 만들어 내기 위하여 꼭 필요한 color developer를 포함하고 있으며, 비녹변 마늘은 이를 갖고 있지 않는 것을 의미한다. 따라서 녹변마늘은 녹변을 유발하는 특이적인 물질인 color developer가 반드시 갖고있으며 이는 양파의 pinking 현상 [제 1단계]에 의하여 녹변이 발생함을 나타낸다.



Fig. 34. Effect of alliinase solution on green pigment formation of garlic homogenates (left: inactivation of alliinase, right: non-greening garlic).

#### 다. Color developer의 특징

에테르로 추출된 color developer는 녹색색소와는 달리 무색(colorless)이며 590nm에서 흡광도를 나타내지 않는다(Fig. 35). 비극성의 유기용매인 에테르에 가장 잘 추출되는 것으로 미루어 보아 color developer는 비휘발성 향미성분 분해 산물 중 하나인 sulfides(lipid-soluble sulfur compounds) 종류일 것으로 추측할 수 있다.

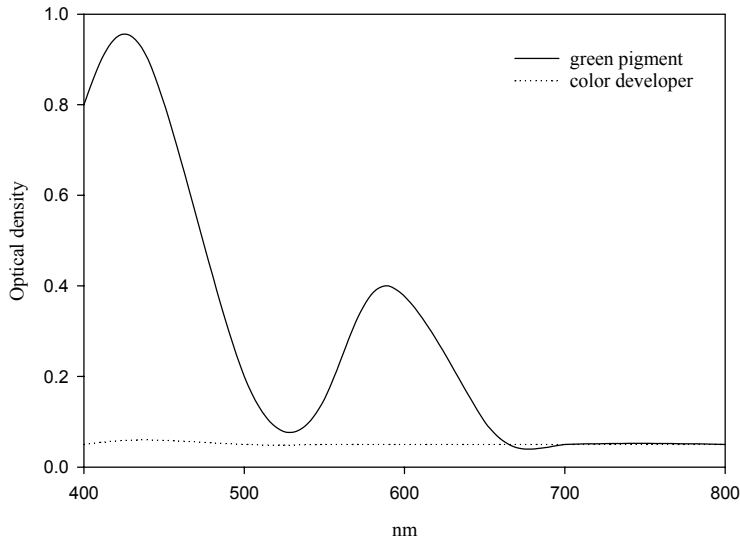


Fig. 35. Absorption spectrums of green pigment and color developer.

#### 라. Pigment precursor(color developer + free amino acids) 생성

Color developer와 glycine의 반응에서만 590nm에서 최대흡광도를 나타냈으며, 이때 색은 녹변마늘의 녹색물질과 거의 유사하다(Table 11과 Fig. 36). Color developer와 glycine의 이러한 반응은 녹변을 나타내는 마늘에서만 보여지는 것으로 녹변마늘은 녹색색소를 만들어 내기 위해 꼭 필요한 color developer를 포함하고 있으며, 비녹변마늘은 이를 포함하고 있지 않기 때문이다. 또한 녹변마늘의 녹색물질과 본 연구에서 반응으로 유도된 pigment precursor의 흡수스펙트럼은 매우 유사하다(Fig. 37). 합성된 pigment precursor는 에테르, 헥산과 같은 비극성 용매에는 녹지 않으며 물과 에탄올, 메탄올 등의 극성용매에 잘 녹는 성질을 보

여, 녹변마늘에서 추출된 녹색색소와 거의 유사한 solvent solubility를 갖는다. 그러나 양파의 pigment precursor가 무색(colorless)인데 반하여 마늘의 pigment precursor는 유색(녹색)인 차이점이 있다.

Table 11. Extent of pigment precursor as a function of amino acids.

Amino acids	Molar concn. (M)	Max. Abs. (at 590nm)	
		Greening garlic	Non-greening garlic
<b>Glycine</b>	<b>0.1</b>	<b>0.82 (green)</b>	0.03 (colorless)
DL-Alanine	0.1	0.05 (colorless)	0.04 (colorless)
DL-Serine	0.1	0.01 (colorless)	0.04 (colorless)
DL-Threonine	0.1	0.02 (colorless)	0.02 (colorless)
DL-Valine	0.1	0.12 (colorless)	0.01 (colorless)
DL-Morleucine	0.1	0.14 (colorless)	0.04 (colorless)
D-Lucine	0.1	0.09 (colorless)	0.01 (colorless)
DL-Phenylalanine	0.1	0.04 (colorless)	0.06 (colorless)
L-Tyrosine	0.1	0.03 (colorless)	0.01 (colorless)
DL-Tryptophane	0.1	0.01 (colorless)	0.01 (colorless)
DL-Methionine	0.1	0.10 (colorless)	0.09 (colorless)
L-Cysteine	0.1	0.01 (colorless)	0.03 (colorless)
L-Cystin	0.1	0.04 (colorless)	0.04 (colorless)
L-Asparagine	0.1	0.05 (colorless)	0.08 (colorless)
DL-Aspartic	0.1	0.04 (colorless)	0.02 (colorless)
L-Glutamic	0.1	0.02 (colorless)	0.03 (colorless)
DL-Lysine	0.05	0.03 (colorless)	0.04 (colorless)
L-Arginine	0.1	0.07 (colorless)	0.08 (colorless)
L-Histidine	0.1	0.09 (colorless)	0.06 (colorless)



Fig. 36. The pigment precursor formation of greening and non-greening garlic homogenates.

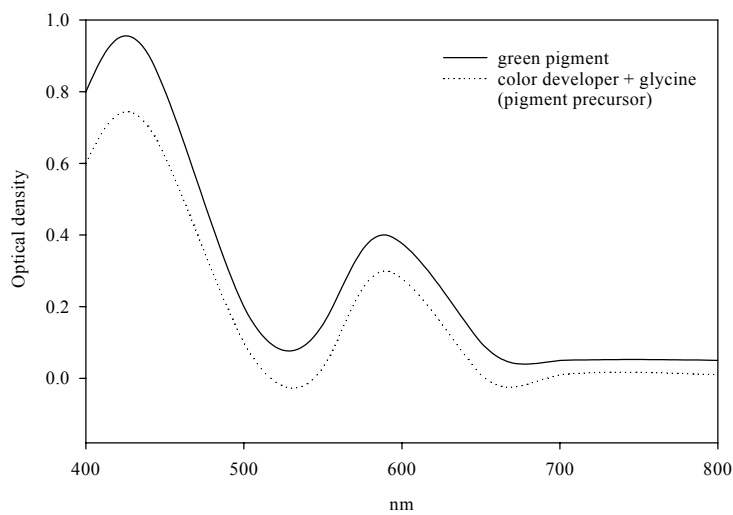


Fig 37. Absorption spectrum of green pigment and pigment precursor.

#### 마. Green pigment (pigment precursor + free carbonyls) 생성

Carbonyl 중 formaldehyde가 pigment precursor와 반응하여 녹변마늘에서 추출된 녹색물질과 거의 유사한색을 나타냈으며 590nm에서 최대흡광도를 보였다 (Table 12). 녹색색소 형성을 위하여 필요한 formaldehyde의 농도는 매우 적으며, pigment precursor와 formaldehyde의 반응은 590nm 흡광도에 가장 근접하는 스펙트럼을 만들어낸다(Fig. 38). 녹변마늘에서 추출한 녹색물질과 반응으로 유도된

녹색색소가 유사한 것임을 HPLC를 이용하여 검증하였다(Fig. 39). Fig. 39에 삽입된 흡수스펙트럼을 통하여 1.9분대에 나타난 물질이 합성된 녹색물질로 확인되었다. 합성된 녹색물질의 HPLC 분석결과는 마늘에서 순수분리된 녹색물질 (Fig. 42와 43) 분석결과와 일치하여 두 물질이 매우 유사한 것임을 확인시켜 주었다.

Table 12. Extent of pigment precursor as a function of carbonyls.

Carbonyls	Molar concn. (M)	Color after reaction with color developer
Formaldehyde	$3 \times 10^{-4}$	green
Methyl Ethyl Ketone	$3 \times 10^{-4}$	pink
Acetone	$3 \times 10^{-4}$	purple
Acetaldehyde	$3 \times 10^{-4}$	purple

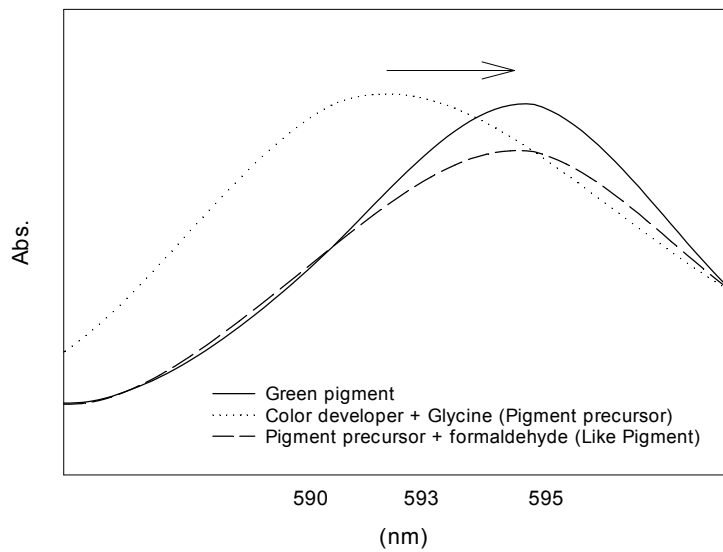


Figure 38. Absorption spectra of green pigment extracted from garlic and pigment formed with color developer or formaldehyde.

synthetic green compound

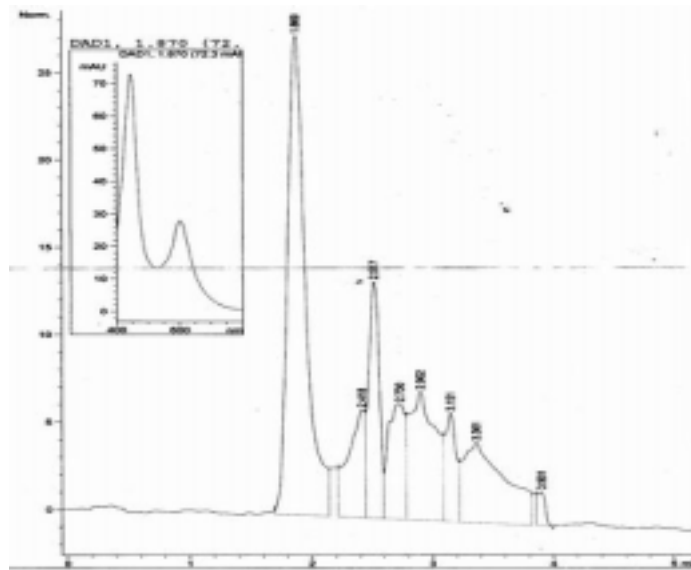
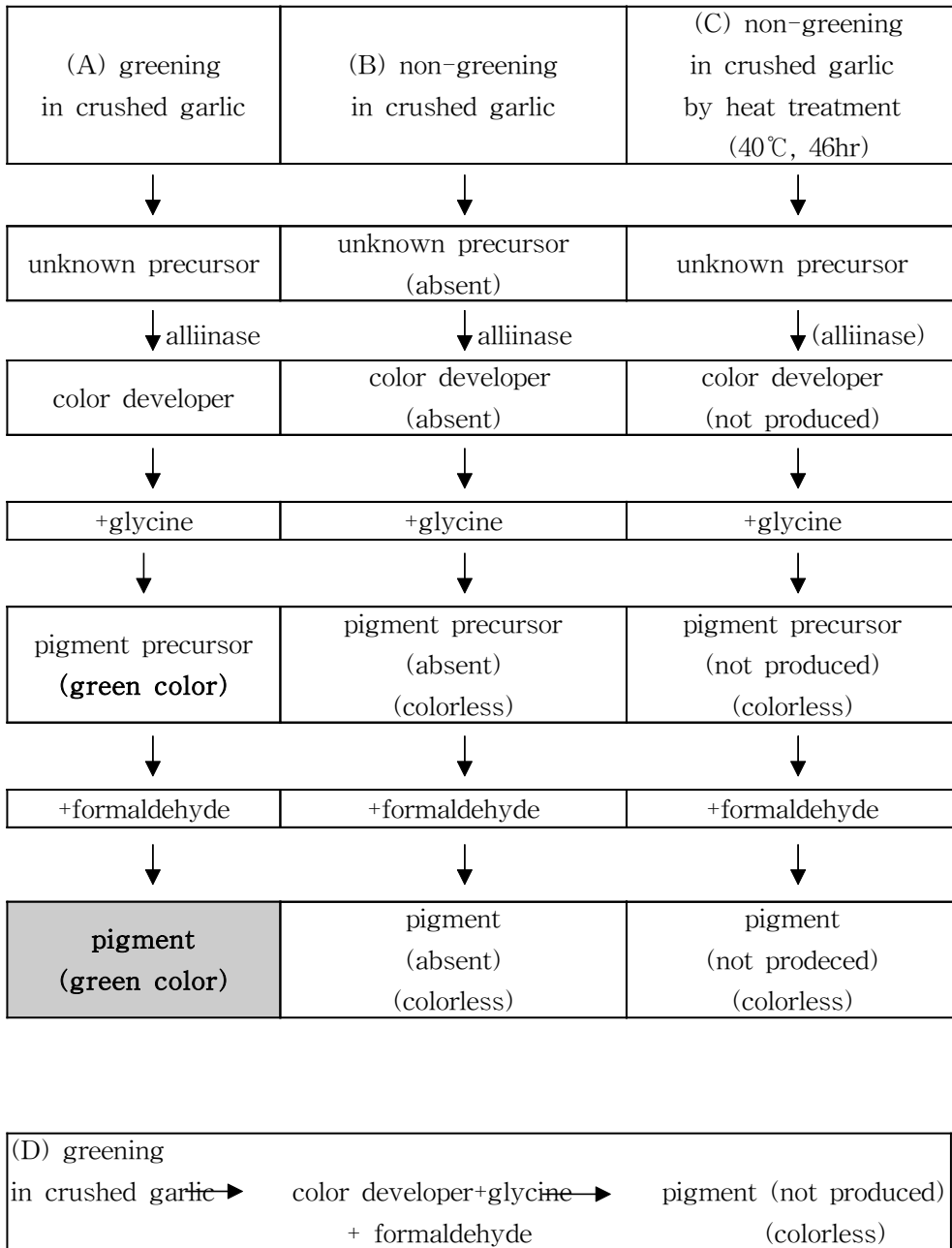


Fig. 39. HPLC spectrum of synthetic green pigment.

바. 녹변마늘, 비녹변마늘 그리고 열처리로 녹변이 억제된 마늘의 녹색색소 형성과정(예상 기작임)

효소 알리네이즈 활성이 살아있는 녹변마늘에서만 color developer, glycine 그리고 formaldehyde로 이어지는 일련의 반응으로 녹색색소가 생성되었다(Fig. 40A). 그러나 열처리로 인하여 알리네이즈가 불활성 된 녹변마늘은 color developer가 생성되지 못하여 glycine과 formaldehyde 반응에도 불구하고 녹색색소를 만들어내지 못하는 것으로 추측된다(Fig. 40C). 비녹변마늘은 알리네이즈 활성은 갖고있으나 unknown compound (양파의 pinking현상 예상기작의 [I]단계 물질)가 존재하지 않아 녹색색소가 형성되지 않으며(Fig. 40B), 녹변마늘의 color developer, glycine 그리고 formaldehyde로 이어지는 이러한 반응은 동시에 진행되지 않고 반드시 일련의 순서 (양파의 pinking현상 예상기작의 [I], [II], [III] 단계)를 거쳐야 하는 것으로 조사되었다(Fig. 40D).

Fig. 40. Possible greening and non-greening mechanism in crushed garlic.



## 제 5절 녹색물질 분리 및 확인

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

앞선 실험에 이용되었던 0℃와 10℃에 저장되었던 마늘, 즉 녹변이 관찰된 마늘을 이용하였다.

#### 나. 녹색물질 순수 분리과정

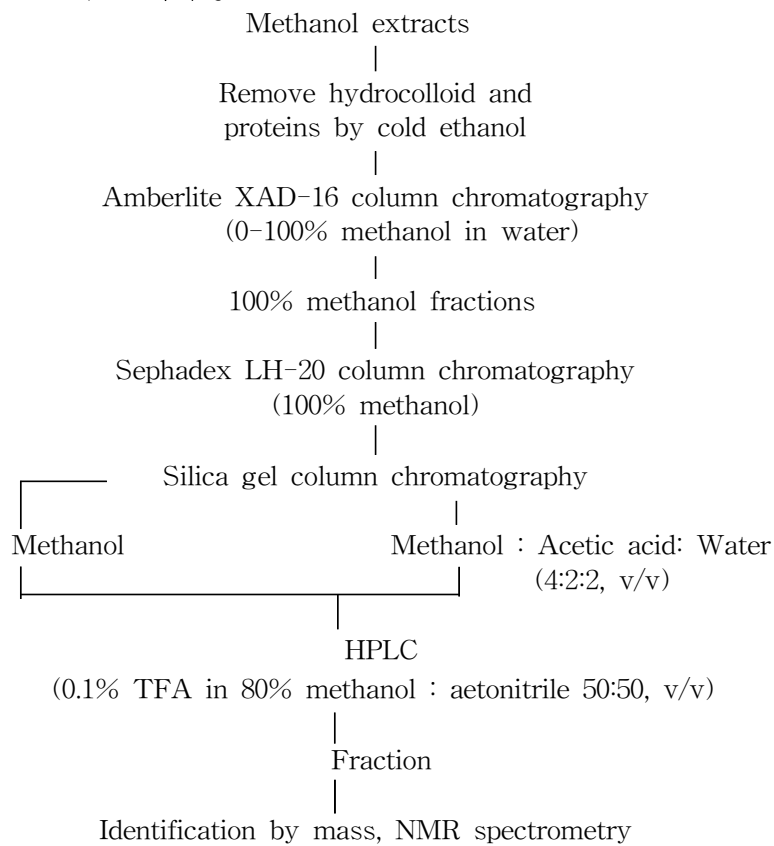


Fig. 41. Purification procedure of green pigments from extracted in crushed garlic cloves.



Table 12. HPLC analysis condition.

Column	Alltech Alltima C <sub>18</sub>
Solvent	0.1% TFA in MeOH : ACN (1:1, v/v)
Eluent	1ml/min
Temp.	20°C
UV-abs.	595nm

## 2. 실험 결과

Fig. 40의 분리과정에 의하여 녹변마늘로부터 순수 분리된 녹색물질을 HPLC로 분석한 결과 두 개의 주요 피크가 검출되었다(Fig. 42). Fig. 42에 삽입된 흡수스펙트럼 확인 결과 1.7분에 검출된 것이 녹색을 나타내는 물질이며, 2.1분에 검출된 것은 590nm에서 흡광도를 거의 나타내지 않는 노란색 물질로 확인되었다. 따라서 1.7분에 검출된 것을 녹변을 나타내는 주 물질로 판단하고 이를 다시 분획하여 HPLC로 분석하였다(Fig. 43). 순수 분리한 녹색물질의 질량과 분자구조를 확인하기 위하여 ESI, MALDI-TOF, FAB-MASS, NMR을 이용하여 분석하였다. 질량분석 결과 M+H=412, M+2H=413으로 분자량이 M=411인 물질로 확인되었으며(Fig. 44-A, B, C), <sup>1</sup>H, <sup>14</sup>C-NMR 분석 결과는 Fig. 45-A, B와 같다.

이상의 결과를 토대로 라이브러리 검색 결과 몇 가지 가능성 있는 물질들이 검색되었다(Table 13). 녹색물질은 C(25-30개), N(1 또는 3개), S(1개), 산소(1 또는 3)개를 기본적으로 갖는 단순한 형태의 새로운 질소화합물일 가능성이 매우 높으며 식물체에서 널리 발견되는 녹색색소인 엽록소와는 전혀 다른 것으로 확인되었다.

Purified green pigment

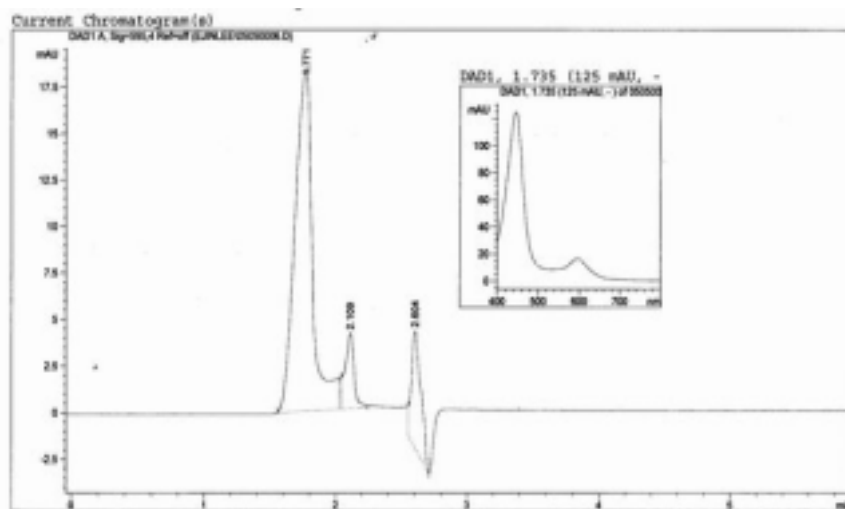


Fig. 42. HPLC spectrum of purified green pigment extracted from crushed garlic.

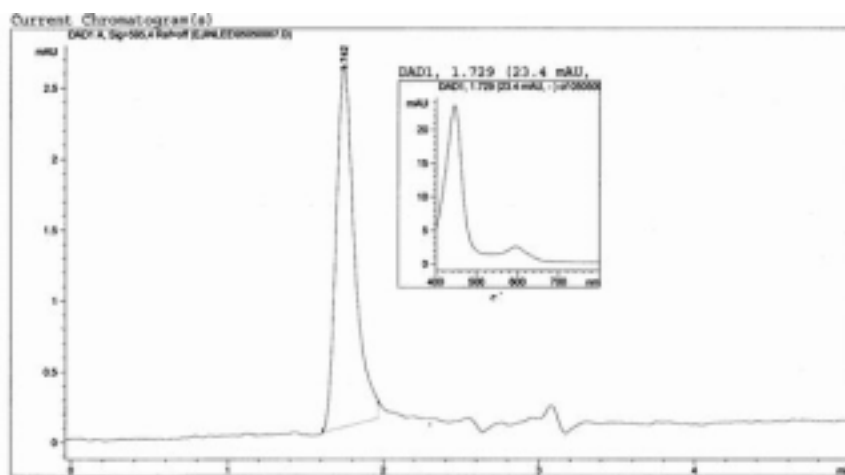
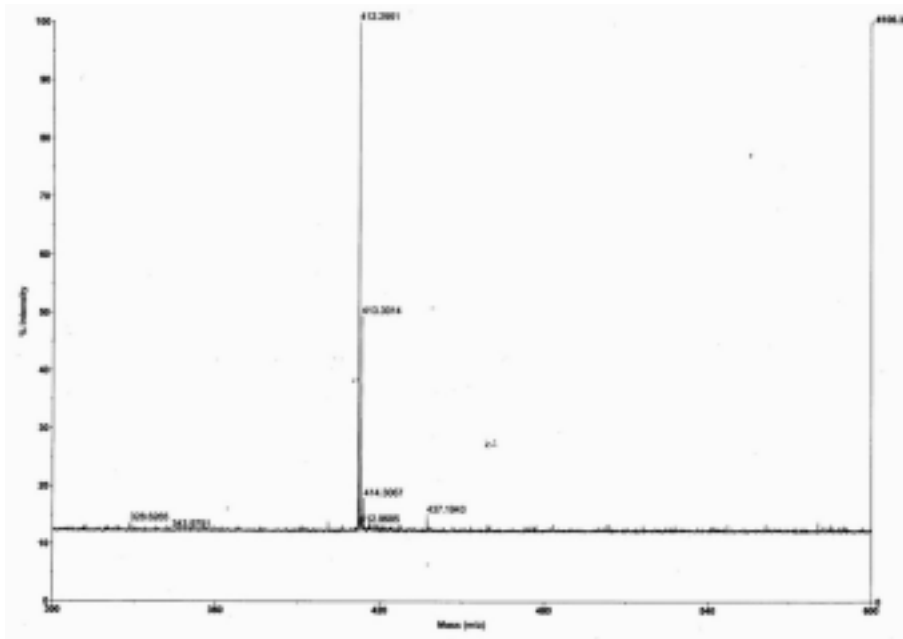
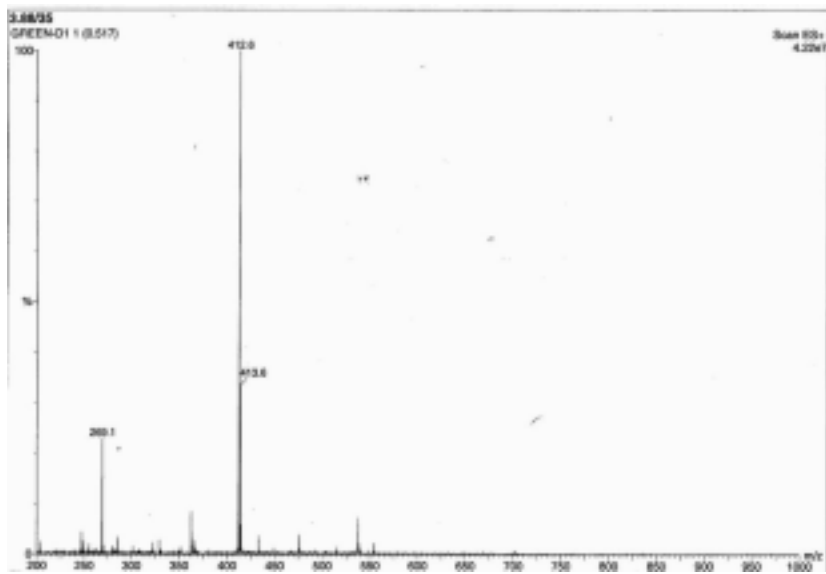


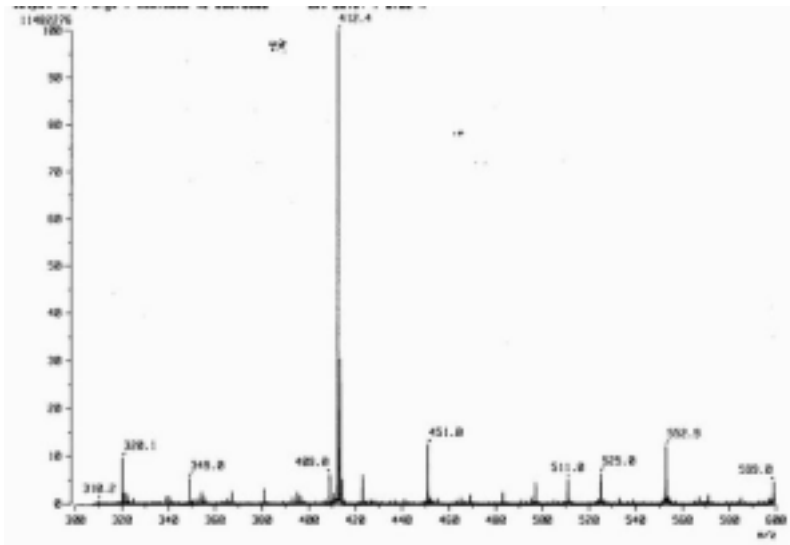
Fig. 43. Prep-HPLC spectrum of green pigment extracted from crushed garlic.



(A) MALDI-TOF

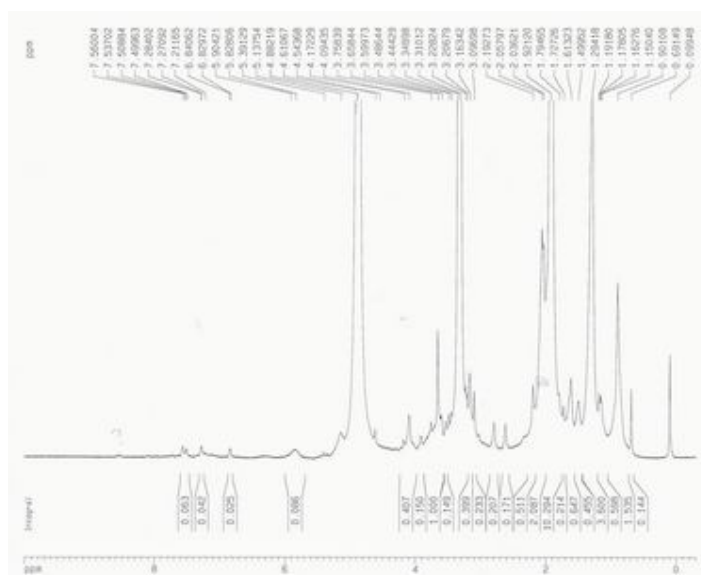


(B) ESI

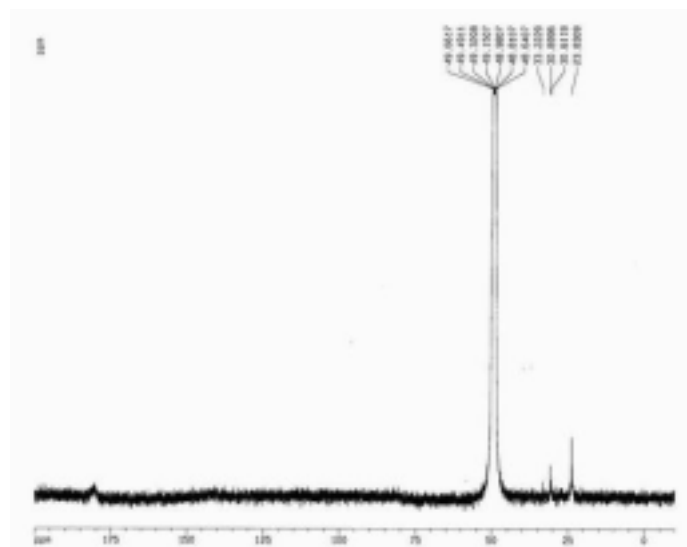


(C) FAB

Fig. 44. Mass spectrums of purified green color pigment in crushed garlic cloves.



(A) <sup>1</sup>H-NMR



(B) <sup>13</sup>C-NMR

Fig. 45. NMR spectra of purified green color pigment in crushed garlic cloves.

Table 13. Possible molecular formulas of purified green color pigment in crushed garlic cloves.

C25H17N1O3S1

C25H21N3O1S1

C25H33N3O1S1

C25H49N1O1S1

C26H21N1O2S1

C26H37N1O1S1

C27H25N1O1S1

C28H13N1O1S1

## 2. 종합 고찰

이상의 결과를 종합하여 마늘 녹변현상을 예상하면 Fig. 46와 같다. 마늘 품종, 수확시기, 재배지역 등에 상관없이 수확 후 일정기간 저온에 저장된 마늘의 경우 저온에 대한 식물체의 방어 또는 스트레스 반응으로 황화합물이 증가한다. 향미 성분 전구체(ACSOs),  $\gamma$ -glutamyl peptides, s-substituted cysteins 등 마늘의 주요 구성성분인 황화합물 중 ACSOs(특히 1-PeCSO와 2-PeCSO)가 녹변 기작과 관련 있을 것으로 추측되었다. 그 이유는 ACSOs만이 효소 알리네이즈와 반응하는 물질이며, 녹변은 알리네이즈의 활성 없이는 나타나지 않기 때문이다. 세포 파괴시 세포질로 용출된 알리네이즈는 ACSOs와 반응하여 녹색물질을 만들어내기 위하여 반드시 필요한 color developer를 생성하며, 그 후 비효소적 연속반응으로 녹색물질을 만들어낸다. 이와 같은 결론은 양파의 pinking 현상에 근거를 두고 비교 실험한 후 얻은 것으로 마늘의 녹변과 양파의 pinking 현상은 매우 유사한 기작에 의하여 나타나는 것으로 확인되었다.

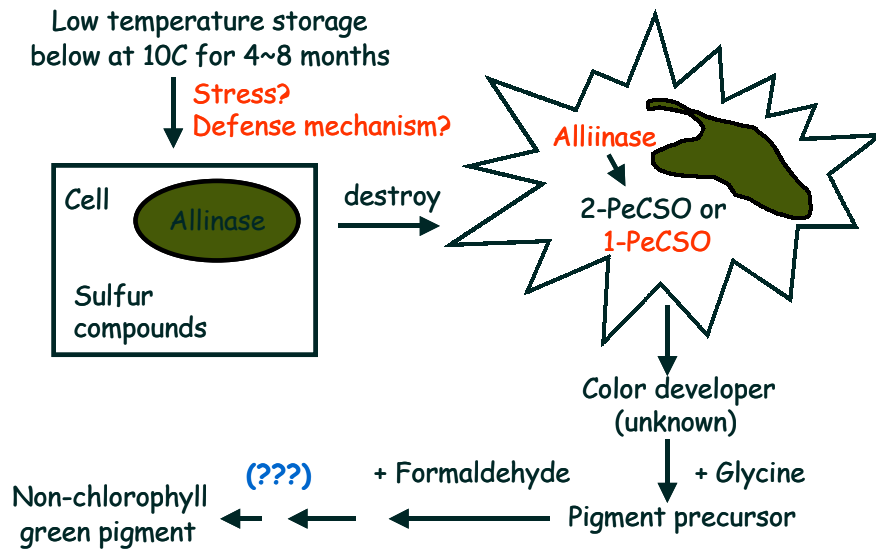


Fig. 46. Possible mechanism of green pigment formation in crushed garlics.

## 제 6절 녹변 방지 기술

### 1. 녹변방지를 위한 수확 후 처리 기술

본 연구에 따르면 녹변방지는 효소 알리네이즈 활성을 억제하거나 저온저장을 4개월 이상 실시하지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 생산된 마늘의 대부분이 수확 후 저온저장고에 입고되어 유통되므로 효소 알리네이즈의 활성을 억제시키는 방안으로 녹변을 방지해야 한다. 녹변을 방지하고자 항산화제, 염, 오일 등의 첨가제를 이용하는 방법들이 모색된 바 있으나, 본 연구에서는 열처리 방법을 이용하였다.

녹변방지를 위하여 마늘구에 열처리를 실행 한 결과는 Table 14와 같았다. 실험실에서 10Kg 단위의 소규모로 열처리할 경우 의성, 대서 마늘 모두 45℃에서 34시간이면 인편 손상도 없이 녹변이 방지되었다. 그러나 40Kg 대규모로 적재하여 실증실험 한 결과 68시간에서 72시간 동안 열처리를 가해야 녹변을 방지 할 수 있었다. 80℃에서 5분 동안 열처리 실시는 녹변도 방지하며 시간을 단축할 수 있었으나 마늘인편에 열로 인한 손상이 발생해 인편구 열처리 온도로는 부적합하였다. 그러나 본 연구에서 사용된 80℃를 제외 한 열처리 시간과 온도는 효소 알리네이즈의 활성을 완전히 억제하지 못하는 조건이다. 열 처리 후 마늘인편을 마쇄하여 상온에 두면서 녹색물질이 생성되는데 까지 걸리는 시간을 조사한 결과 38시간 이후 녹색물질이 약간 관찰되었다. 이는 열처리를 하지 않은 처리구에 비하여 녹색색소 생성시간이 30시간 이상 연장된 것이며 녹변 정도도 미미한 것이지만, 알리네이즈가 완전히 불활성 되지 않았음을 의미한다.

녹변을 방지하고자 열처리로 효소 알리네이즈를 불활성 시키는 것은 마늘의 주요 항암성분인 allicin 생성을 억제하는 방법이 될 수 있다. 보고에 의하면 알리네이즈를 완전히 불활성 시키기 위하여 80℃ 이상 온도에 마늘구를 처리하면, 알리네이즈가 불활성 되기 전, 약 1%에 해당하는 alliin만이 allicin 으로 전환된다고 한다. 따라서 열처리를 이용하여 녹변을 방지하고자 한다면, 알리네이즈의 활성을 억제함과 동시에 마늘 특유의 휘발성 황화합물 손실을 최소화하는 것이 관건이다.

이를 위하여 마늘구에 직접 열처리를 하는 방법보다는 마늘 다대기를 만들어 밀폐용기에 넣은 후, 약 10분 동안 상온에 방치하면서 allicin을 포함한 휘발성 황화합물의 생성을 촉진한다. 그 후 열을 가하면 휘발성 황화합물의 손실을 줄이면



서 동시에 녹변을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 14. Effect of heat treatment on greening in crushed garlic cloves.

마늘 품종	열처리 온도, 시간	인편 손상 유, 무	녹변 발생 유, 무	
의성	45℃, 6시간	무	유	
	10시간	무	유	
	24시간	무	유	
	34시간	무	무	
	실증실험 ----> 68시간	무	무	
	60℃, 4시간	무	유	
	6시간	무	유	
	8시간	무	유	
	80℃, 5분	유	무	
	대서	45℃, 6시간	무	유
		10시간	무	유
		24시간	무	유
		34시간	무	무
실증실험 ----> 72시간		무	무	
60℃, 4시간		무	유	
6시간		유	유	
8시간		유	무	
80℃, 5분		유	무	

## 제 4장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

#### 1. 박피마늘 선도유지를 위한 수확 후 관리 기술

연구개발 목표	수행내용	달성도
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 박피마늘 선도유지를 위한 수확 후 관리 기술 (Edible coating 물질 이용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carboxymethyl cellulose(CMC), peptone NZ-soy, chitosan 를 이용한 코팅 처리</li> <li>- Potassium sorbate, ascorbic acid, calcium chloride 첨가제 처리</li> <li>- 품질분석을 통한 선도 유지 효과 검증</li> <li>- 박피마늘에 이용 가능한 코팅물질 및 첨가제 선발</li> </ul>	달성
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 박피마늘 선도유지를 위한 수확 후 관리 기술 (다양한 필름 이용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ceramic, AF-OPP, PP, LDPE, PE, 진공, 질소 등을 이용한 포장</li> <li>- 관행적인 그물망 포장의 품질 및 선도 유지 효과</li> <li>- 기능성 필름을 이용한 포장의 품질유지 효과 비교</li> <li>- 박피마늘 유통중 선도유지에 효과적인 포장재 선발</li> </ul>	달성

## 2. 녹변 현상 원인 및 기작 구명

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 녹변현상 원인 구명	- 재배지역, 품종, 수확시기, 저장방법 등의 외적요인이 마늘녹변 발생에 미치는 영향 - 마늘의 주요 황화합물, 효소 알리네이즈 활성, 휘발성물질 등을 분석하여 녹변 발생 관여물질 확인	달성
- 녹변현상 생리적 기작 구명	- 녹변물질 생성의 생리적 메카니즘을 예측함 - 녹변에는 효소 알리네이즈가 깊이 관여 함을 확인함	달성
- 녹색색소 동정	- 녹색색소 순수분리 방법 - 녹색색소 동정	95%
- 녹변방지를 위한 수확 후 처리 기술	- 효소 알리네이즈의 활성을 억제하고자 열처리를 이용함 - 열처리 시간과 온도 구명 - 실증실험을 통하여 확인함	90%

## 제 2절 관련분야에의 기여도

### 1. 박피마늘의 선도유지를 위한 코팅 및 포장 기술 분야

최근의 수확 후 관리기술은 최소가공(minimal processing) 분야를 추구한다. 이는 소비자들의 기호에 따르는 것으로 이미 과실류를 비롯한 몇몇 채소류에서 시도되어져 왔다. 박피마늘에 본 기술을 적용함으로써 기존 단순한 포장기술에서 벗어나 유통 중 발생하는 변색을 방지하여 선도유지 기간을 증대시킬 수 있을 것이다.

### 2. 수확 후 생리장해 분야(녹변)

저장마늘 녹변현상 발생 및 생리학적 기작에 관한 연구는 국내외를 통틀어 전무한 실정이다. 본 연구를 통하여 녹변현상이 발생하는 원인을 저장조건, 수확시기, 품종 등의 외적요인과 함께 녹변발생시 식물체 내에서의 변화 및 관련물질 등을 예상할 수 있었다. 이는 그 동안 추측으로만 미뤄왔던 녹변현상을 구체적으로 설명 할 수 있는 성과이며, 이를 바탕으로 관련분야의 연구를 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 예상되는 녹변현상의 발생 원인 및 기작을 바탕으로 수확 후 현재 실시되고 있는 몇몇의 녹변방지 기술의 활용 가능성을 검토 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제 5장 연구개발 결과의 활용계획

### 1. 박피마늘 선도유지 기술

현재 박피마늘 포장에 사용되고 있는 wrap 필름이나 그물망은 유통기간이 매우 짧은 것으로 나타났다. 따라서 다른 포장기술을 변색 및 수분감량에 약한 박피마늘에 적용할 경우 상품성 유지기간을 연장할 수 있을 것으로 판단되었다. 이를 위하여 포장필름 및 식용 코팅물질의 선택이 중요한 요인이다. 따라서 본 연구에서 효과가 입증된 필름이나 코팅제에 대한 정보를 근거로 박피마늘 포장센터의 품질관리 프로그램에 활용될 수 있을 것이다.

또한 식용 가능한 코팅물질이나 기능성 필름을 이용한 원예산물의 포장 및 유통방법은 최근 그 어느 저장방법 보다 많은 관심을 이끄는 분야로 본 연구에서 이용된 기술을 다른 작물에 확대 적용할 수 있다.

### 2. 마늘 녹변현상 원인 및 방지 기술

단양, 의성, 서산, 남해 등 우리 나라 마늘주산지에서 생산된 마늘을 상온 및 저온에 장기간 저장하면서 녹변발생 요인을 조사한 결과, 마늘녹변은 수확지역, 품종, 수확시기 등과는 크게 상관없이 수확 후 저장온도, 특히 저온(10℃ 이하)에 장기 저장시 발생하는 것으로 추정되었다. 이는 저온에 노출시 식물체 스스로의 온도에 대한 방어 또는 스트레스 반응으로 야기된 일종의 생리현상으로 이해될 수 있다. 또한 녹변에는 효소 알리네이즈의 활성이 깊이 관여함을 확인하였다.

이러한 결과는 저장전 또는 마늘다대기 제조전 열처리를 이용하여 녹변을 어느 정도 방지 할 수 있음을 의미하며, 특히 마늘다대기 이용시 녹변발생 소지가 크므로 열처리 이외에 알리네이즈의 활성을 억제하기 위한 효소억제제를 첨가하는 방안을 검토할 수 있다. 현재로는 마늘 녹변방지를 위한 최적의 수확 후 관리 기술이 적용되지 못하고 있으나, 본 연구를 통하여 얻어진 녹변발생 예상기작을 바탕으로 녹변을 회피할 수 있는 저장기간 및 특히 마늘다대기 제조시 가공방법 등을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 녹변발생 기작

녹변발생의 생리적 기작에 관하여 연구된 내용은 전무한 바, 본 연구에서 예측한 발생기작은 기초 교육자료로 활용될 수 있다. 또한 양과 pinking 현상 등 다른 작물의 수확 후 발생하는 변색을 이해하는데 이용가능 하다.

## 제 6장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

(해당사항 없음)

## 제 7장 참고문헌

- Ahmed, J.P. and Shivhare, U.S. 2001. Physico-chemical and storage characteristics of garlic paste. *J. of Food Process. and Preserv.* 25:15-23.
- Bae, R.N. and Lee, S.K. 1990. Factors affecting greening and its control methods in chopped garlic. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 31(4):358-362.
- Bandyopadhyay, C. and Tewari, G.M. 1973. Thin-layer chromatographic investigation of color developer involved in pinking of white onion purees. *J. Agric. Food Chem.* 21(6): 952-954.
- Baldwin, E.A., Nisperos, M.O. Chen, X. and Hagenmaier, R.D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Post. Bio. and Tech.* 9:151-163.
- Beck, M.I., Tomka, I. and Waysek, E. 1996. Physico-chemical characterization of zein as a film coating polymer: A direct comparison with ethyl cellulose. *Int. J. of Pharmaceutics.* 141:137-150.
- Derksen, J.T.P., Cuperus, F.P. and Kolster, P. 1996. Renewable resources in coatings technology; a review. *Progress in Org. Chem.* 27:45-53.
- Edward, S.J., Musker, D., Collin, H.A. and Britton. G. 1994. The analysis of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides (flavour precursors) from species of *Allium* by high performance liquid chromatography. *Phytochem. Anal.* 5, 4-9.
- Hershko, V., Weisman, D. and Nussinovitch, A. 1998. Method for studying surface topography and roughness of onion and garlic skins for coating purposes. *J. of Food Sci.* 63(2):317-321.
- 조진숙, 구경형, 김우정. 1999. 가열 및 pH, 유기산, 염류가 마쇄마늘 변색에 미치는 영향. *한국식품과학회지.* 31(2):399-403.
- Joslyn, M.A. and Peterson, R.G. 1958. Reddening of white onion bulb purees. *Agri. Food Chem.* 6(10):754-764.
- Joslyn, M.A. and Sano, T. 1956. The formation and decomposition of green pigment in crushed garlic tissue. *Food Research.* 21(2):170-183.
- 정순경, 조성환, 이동선. 1998. 항균성 플라스틱 필름을 이용한 딸기의 환경기체조절포장. *한국식품과학회지.* 30(5):1140-1145.



- Lancaster, J.E., Shaw, M.L. and Randle, W.M. 1998. Differential hydrolysis of alk(en)yl cysteine sulphoxides by alliinase in onion macerates: Flavor implications. *J. Sci. Food Agric.* 78: 367-372.
- Lancaster, J.E., and Boland, M.J. 1990. Flavor biochemistry. In *Onions and Allied Crops*; Brewster J.L.; CRC Press: Boca Raton, FL, Vol. 3 pp 45.
- Lee, K.S., Park, I.S. and Lee, D.S. 1996. Modified atmosphere packaging of mixed prepared vegetable salad dish. *Int. J. Food and Tech.* 31:7-13.
- Li, P. and Barth, M.M. 1998. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Post. Bio. and Tech.* 14:51-60.
- Lukes, T.M. 1958. Pinking of onions during dehydration. *Food Tech.* 13:391-393.
- Lukes, T.M. 1986. Factors governing the greening of garlic purees. *J. Food Sci.* 51(6):1577.
- Park, H.J., Chinnan, M.S., Shewfelt, R.L. 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *J. of Food Sci.* 59(3):568-570.
- Peterson, K., Nielsen, P.V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M.B., Nilsson, N.H. and Mortensen, G. 1999. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Sci. and Tech.* 10:52-68.
- Shannon, S., Yamaguchi, M. and Howard F.D. 1967. Reactions involved in formation of a pink pigment in onion purees. *J. Agric. Food Chem.* 15(3): 417-422.
- Shannon, S., Yamaguchi, M. and Howard, F.D. 1967. Precursors involved in the formation of pink pigments in onion purees. *J. Agric. Food Chem.* 15:423-426.
- 송태희, 김철재. 1999. 식용코팅이 미숙 자두 등의 연화에 미치는 효과. *한국농화학회지.* 42(4):317-323.
- 송태희, 김철재. 1999. 칼슘을 첨가한 셀룰로우스 코팅이 자두의 경도에 미치는 효과. *한국식품과학회지.* 31(1):91-98.
- Thomas, D.J. and Parkin, K.L. 1994. Quantification of alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides and related amino acids in Alliums by high performance chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 43:1632-1638.
- Voragen, A.G.J. 1998. Technological aspects of functional food-related

carbohydrates. Trends in Food and Tech. 9:328-335.

제 1협동과제: 국내산 버섯류의 품종별 수확 후 고품질  
유지를 위한 저장유통기술개발에 관한 연구

덕성여자대학교

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “주요 과실 및 채소류의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통 기술개발에 관한 연구” 과제 중 (제 1협동과제 ‘국내산 버섯류의 품종별 수확 후 고품질 유지를 위한 저장유통기술 확립에 관한 연구’)의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 7월 27일

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 이 승 구

협동연구기관명 : 덕성여자대학교

협동연구책임자 : 김 건 희

연 구 원 : 조 순 덕

연 구 원 : 방 혜 열

연 구 원 : 김 인 숙

연 구 원 : 박 지 은

연 구 원 : 이 은 경

연 구 원 : 김 수 정

연 구 원 : 김 연 경

연 구 원 : 홍 은 영

# 요 약 문

## I. 제 목

국내산 버섯류의 품종별 수확후 고품질 유지를 위한 저장유통기술 확립

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

버섯류는 저장 유통 중 손실이 높고 유통기한이 짧은 대표적인 농산물이다. 이는 버섯 표피에 납질층이 없어 조직이 연하여 여러 가지 생리적 변화속도가 빠르고, 수확 후 미생물에 대한 저항성이 저하되어 품질변화가 급격히 발생하기 때문이다. 이러한 품질변화를 최소화하기 위해서는 버섯 고유의 생리 특성을 품목별, 품종별, 수확시기 및 유통조건에 따라 광범위하게 파악한 후 생리장애에 대한 품질저하방지 기술을 개발하는 것이 선행되어야 한다. 이를 기반으로 각 버섯 품목별 다양한 저장조건 확립 및 유통기술 확립이 이루어져야 한다. 경제·산업적 측면에서 보면 현재 건강에 대한 관심이 높아지면서 가공식품보다는 자연식품을 선호하는 추세가 갈수록 뚜렷하게 나타나고 있다. 이러한 경향에 따라 버섯류에 대한 소비자들의 수요가 급격히 증가되고 있다. 따라서 우리나라의 버섯재배 생산량도 매년 증가하고 있으며 특수작물 중 소득이 가장 높은 농산물로 인식되고 있다. 그러나 신선도가 생명인 버섯류는 유통 중 품질저하 발생이 높아 생산지와 소비지가 가까워야 하고 저장수명이 비교적 짧아 국내산 농산물이 이용되어야 한다. 또한 국내소비 뿐 아니라, 일본 및 미국등지에 비해 생산원가가 낮기 때문에 우리 농산물의 외국 수출 전망도 기대할 수 있는 품목이다. 따라서 고품질 유지, 고부가가치성 창출 및 수출력 증대를 위해 본 연구의 수행이 절실히 필요하다. 사회·문화적 측면에서 국민 식생활의 양상이 열량위주에서 신체 기능성 중심으로 바뀌어 가면서 맛과 기능성유효성분을 다량 함유하고 있는 버섯류의 소비가 급속히 증가되고 있다. 한국적 식문화의 보존과 국내산 농산물의 지속적인 소비를 유지시키기 위해 버섯 고유의 품질 특성이 잘 유지될 수 있는 수확 후 저장 및 유통 기술의 확립이 절실히 요구된다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

국내산 버섯류의 수확 후 생리기작을 구명하고 이를 기반으로 생리장해로 인한 품질저하를 방지하는 기술을 각 품목별 특성에 맞게 개발하며 또한 저장 유통조건을 확립하여 버섯류의 수확 후 고품질 유지 기술을 체계적으로 확립하고자 한다. 이를 위하여 1차년도에는 버섯류의 품목별, 품종별 수확 후 생리 특성 조사, 수확 후 온도조건에 따른 생리 변화 조사, 수확 후 유통단위에 따른 생리 특징 조사 등의 연구를 수행하며, 2차년도에는 버섯류의 수확 후 품질 유지를 위한 기술 개발, 수분손실 최소화를 위한 기술 개발, 수확시기에 따른 버섯의 저장력 조사 및 적정 호흡율 유지기술 확립에 대한 연구를 수행하였다. 마지막으로 3차년도에는 버섯류의 품목별 저장 및 유통 기술 확립 및 실증연구를 위하여 품목별 MA 포장 기술 확립 및 실용화, 품목별 예냉 기술 확립, 최적 CA 저장 조건 확립에 대한 연구를 수행하였다.

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 수확 후 생리적 변화속도가 빠르고, 높은 호흡률로 인해 품질변화가 급격히 발생하여 저장수명이 짧은 국내산 버섯류의 저장 및 유통중 고품질 유지를 최대화시키기 위한 기술을 확립하기 위하여 소단위 포장을 위한 Modified Atmosphere Packaging (MAP) 최적조건 확립과 대단위 저장을 위한 Controlled Atmosphere (CA)저장조건을 확립하기 위해 수행되었다. 현재 시중에 유통되고 있는 2 kg 단위의 골판지 상자에서는 빠른 수분손실, 미생물 오염, 색도 및 조직감의 변화가 높아 버섯의 품질저하를 가속시키고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 Polyethylene, Ceramic (Zeolite 5% 함유) 및 EVA (Ethylene Vinyl Acetate 8% 함유)를 제조하여 20℃, 10℃, 5℃ 및 0℃ 저장조건하에서 느타리, 표고 및 양송이 버섯에 적용시켜 보았다. 그 결과, 느타리 버섯에서는 20℃에서 1일, 10℃에서 1일, 5℃에서 1~3일, 0℃에서 1~4일의 저장수명 연장 효과를 나타내었다. 양송이 버섯은 20℃에서 1일, 10℃에서 1~2일, 5℃에서 2~4일, 0℃에서 1~2일의 연장된 저장수명을 보여주었다. 표고버섯은 20℃에서 2~3일, 10℃에서 3~6일, 5℃에서 5~6일, 0℃에서 3~6일의 현저히 증가된 저장수명을 나타내었다. 포장재료로는 EVA film이 본 연구에 사용한 버섯류의 고품질유지 효과가 가장 뛰어난 것으로 조사되었으나, 느타리 버섯에 있어서는 사용한 포장재질이 온

도에 따라 각기 다른 효과를 나타내었다. 또한, 본 연구에서는 포장재를 이용한 MAP 처리 버섯에서 저장 및 유통중 발생하는 이취 (off-flavor)를 최소화하여 고품질 유지를 최대화하기 위한 저장 방법 및 조건을 확립하기 위해 다양한 천연소재 및 화학물질을 이용하여 품질보존제를 개발한 결과, 천연 식물자원인 약쭈 및 인진쭈를 포장내 분리 첨가 시켰을 때, 이취발생이 최소화되었다. 또한, 개발된 천연품질보존제는 특히 느타리버섯의 경우, 미생물생장 억제에도 큰 효과를 나타내었다. 버섯 품목별 MA 포장 기술 확립 및 실용화를 위하여 1차·2차년도 연구에 의해 가장 좋은 결과를 보인 EVA film, 약쭈, 인진쭈를 이용하여 버섯에 대한 저장실험을 실시한 결과 현재 시중에 유통중인 골판지 box에 비해 그 저장 수명이 2~3배 정도 증진되는 결과를 나타내었다. 또한, 버섯류는 수확 후 단시간 내에 1~0℃로 예냉 처리 하였을 때 수분증발, 색도, 조직감 및 polyphenol oxidase activity가 비 처리군에 비하여 현저히 감소되었으며, 우수한 저장력을 나타내었다. 버섯의 대량저장을 위한 최적 CA 저장 조건은 0℃에서 느타리 버섯은 25% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub>, 표고버섯은 10% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub> 15%, 양송이버섯은 CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub>로 조사되었다.

본 연구개발 결과 기술적 측면에서 첫째, 버섯의 품목별, 수확시기별 수확 후 생리특성 구명, 둘째, 수확 후 버섯의 MAP (Modified atmosphere packaging)을 이용한 고품질 유지 기술 확립, 셋째, 버섯의 MA저장 중 발생하는 이취제거 기술 개발, 넷째, 버섯의 품목별 저장 유통기술의 실용화 등을 기대할 수 있으며, 경제산업적 측면에서는 버섯의 고품질 유지 기간의 연장으로 인한 수확 후 버섯 손실의 감소, 고품질 버섯의 유통기간 연장으로 수출 가능성 확대 및 신선한 고품질 버섯유통으로 고 부가가치 창출 등을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과로 국내산 버섯의 고품질 유지 조건 및 천연 품질 보존제 첨가기술을 실용화함으로써 수확 후 버섯의 고품질 유통기간을 최대화 할 수 있다.

## SUMMARY

### **Establishment of technology on quality maintenance in domestic mushrooms during storage and distribution**

The purpose of this research was to establish technology of quality maintenance in domestic mushrooms during storage and distribution. Mushrooms are very perishable produce which have 2~3 days of storage life at room temperature. At the present time, mushrooms are packed with 2 kg unit of conventional cardboard box in which quality loss occurred remarkably at early of storage due to weight loss, shrinkage, browning, spore formation and so on. Therefore, various methods were attempted to keep quality of mushrooms at 0, 5, 10, 20°C under modified atmosphere storage conditions. To extend storage life of mushrooms, modified atmosphere packaging (MAP) was applied to *Pleurotus ostreatus*, *lentinus edodes* and *Agaricus bisporus* using different types of packaging materials such as polyethylene (PE), ceramic and EVA films. Storage life was extended about 1~4, 1~2, 3~6 days at 0°C, 0.5~2.5, 2~4, 5~6 days at 5°C, 0.5, 1~2, 3~6 days at 10°C and 0.5, 0.5, 2~3 days at 20°C in *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom), *Agaricus bisporus*, and *lentinus edodes* (Shiitake mushrooms), respectively. During storage, modified atmosphere packaging could prevent or retard the deterioration of the mushroom in the aspects of shape, discoloration, texture and flavor. Packaging materials showed different effectiveness of keeping quality with temperatures especially in oyster mushrooms. In general, modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus*, *lentinus edodes* and *Agaricus bisporus* with EVA film made from polyethylene added 8% ethylene vinyl acetate showed the best condition of quality maintenance at various temperatures.

To minimize off-flavors occurrence during modified atmosphere packaging of mushrooms, various natural (*Astemisia princeps*, *Astemisia capillaris*, green tea, ginseng) and chemical compounds (KMnO<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, 1% chitosan, 1% β



-cyclodextrin, active charcoal, sorbitol) were applied into packaged mushrooms. In overall acceptability of sensory evaluation, mushrooms treated with natural compounds showed higher score than those treated with chemical compounds. The PCA (principal component analysis) showed the difference of principal components between control and treatment groups at 5 and 10°C. Changes in respiratory rate showed significant difference within temperatures but not within treatments. Carbon dioxide contents in the PE film package were increased up to 10~16% within 1 day storage and oxygen contents were sharply decreased from 20% to 1% within 1 day storage. Mushrooms treated with *Astemisia princeps* and *Astemisia capillaris* dough showed the effects on inhibiting microbial growth and masking the off-flavor. Green tea dough and active charcoal treatments were also observed to have a role in removing the off-flavor by absorbing ethanol and acetaldehyde in modified atmosphere packaged mushrooms. Mushrooms packaged with EVA film, and *Astemisia princeps* and *Astemisia capillaris* dough extended 2~3 times of storage life with high quality maintenance at storage temperatures.

Mushrooms treated with precooling up to 0~1°C within 30 min after arriving in the laboratory from farm showed less changes in color, texture, weight loss and polyphenol oxidase activity than those in untreated samples. In study of controlled atmosphere storage, the best conditions of keeping quality were 25% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub> in *Pleurotus ostreatus*, 10% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub> in *lentinus edodes* and 15% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub> in *Agaricus bisporus* at 0°C.

# CONTENTS

I. Outline of research development project .....	162
II. Situation of international and domestic technology development .....	164
III. Results and discussion .....	166
IV. Achievement and contribution of research output .....	281
V. Scheme for practical use of research output .....	282
VI. International scientific information collected during conducting research .....	283
VII. Reference .....	285

# 목 차

제 1장	연구개발과제의 개요 .....	162
제 2장	국내외 기술개발 현황 .....	164
제 3장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	166
제 4장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	281
제 5장	연구개발결과의 활용계획 .....	282
제 6장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	283
제 7장	참고문헌 .....	285

## 제 1장 연구개발과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 필요성

기술적 측면에서 버섯류는 저장 유통 중 손실이 높고 유통기한이 짧은 대표적인 농산물이다. 이는 버섯 표피에 납질층이 없어 조직이 연하여 여러 가지 생리적 변화속도가 빠르고, 수확 후 미생물에 대한 저항성이 저하되어 품질변화가 급격히 발생하기 때문이다. 이러한 품질변화를 최소화하기 위해서는 버섯 고유의 생리 특성을 품목별, 품종별, 수확시기 및 유통조건에 따라 광범위하게 파악한 후 생리장해에 대한 품질저하방지 기술을 개발하는 것이 선행되어야 한다. 이를 기반으로 각 버섯 품목별 다양한 저장조건 확립 및 유통기술 확립이 이루어져야 한다. 경제·산업적 측면에서 보면 현재 건강에 대한 관심이 높아지면서 가공식품보다는 자연식품을 선호하는 추세가 갈수록 뚜렷하게 나타나고 있다. 이러한 경향에 따라 버섯류에 대한 소비자들의 수요가 급격히 증가되고 있다. 따라서 우리나라의 버섯재배 생산량도 매년 증가하고 있으며 특수작물중 소득이 가장 높은 농산물로 인식되고 있다. 그러나 신선도가 생명인 버섯류는 유통중 품질저하 발생이 높아 생산지와 소비지가 가까워야 하고 저장수명이 비교적 짧아 국내산 농산물이 이용되어야 하므로, 수입자유화 여건에서도 외국농산물에 대한 국내산 버섯류의 경쟁력을 제고시키는 기능이 있다. 또한 국내소비 뿐 아니라, 일본 및 미국등지에 비해 생산원가가 낮기 때문에 우리 농산물의 외국 수출 전망도 기대할 수 있는 품목이다. 따라서 고품질 유지, 고부가가치성 창출 및 수출력 증대를 위해 본 연구의 수행이 절실히 필요하다. 사회·문화적 측면에서 국민 식생활의 양상이 열량위주에서 신체 기능성 중심으로 바뀌어 가면서 맛과 기능성유효성분을 다량 함유하고 있는 버섯류의 소비가 급속히 증가되고 있다. 한국적 식문화의 보존과 국내산 농산물의 지속적인 소비를 유지시키기 위해 버섯 고유의 품질 특성이 잘 유지될 수 있는 수확 후 저장 및 유통 기술의 확립이 절실히 요구된다.

### 제 2절 연구개발 방법 및 설계

#### 1. 연구설계

본 연구는 국내 및 국외에서 추진되고 있는 버섯의 수확 후 생리 특성 구명 및 저장성 향상에 대한 정보를 수집한 후 이를 우리나라 실정에 맞게 연구의 진행 방향을 설정한다. 우선, 국내에서 가장 생산 및 수요가 높은 표고, 느타리, 양송이를 선정하여 이 버섯류의 수확 후 생리 특성을 구명하고 이를 바탕으로 품목별 품질저하 방지기술을 개발하여 이를 현장에 적용시킬 수 있는 실용화 연구를 수행한다.

## 2. 저장 유통조건에 따른 버섯 품목별 수확 후 생리 특성 구명

### 가. 조사항목

버섯류의 품종별, 수확시기에 따른 생리 특성을 조사한다.

### 나. 조사방법

수확 후 생리기작을 저장 온도별, 유통방법 중 발생하는 다양한 포장재 등의 유통조건 등에 따른 호흡율, 중량감모율 및 특징적인 품질저하 현상 등을 구명한다.

## 3. 저장 유통조건에 따른 버섯 품목별 생리장해 방지 기술 개발

버섯 각 품목별, 유통조건별 기본 생리특성 파악 후 각 버섯품목에 맞는 적정 호흡율 유지 기술, 중량감모 최소화기술, 색도유지 기술, 조직감 유지기술 및 향미 유지 (off-flavor 방지) 기술을 개발하여 버섯의 생리장해 방지기술을 개발한다.

## 4. 실용화 기술

### 가. 품목별 MA 포장 기술 확립 및 실용화

### 나. 품목별 예냉 기술 확립하여 Cold-chain system에의 응용

### 다. 최적 CA 저장 조건 확립

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 버섯류의 수확 후 생리적 특징

버섯류는 다른 채소류에 비해 호흡률이 상당히 높고, 표피에 납질층이 없어서 수분증발이 크기 때문에 수확 후 급격한 품질변화가 발생하고 미생물오염 등에 의한 피해가 많이 발생한다. 따라서 저장력이 상당히 약하고 유통기간이 매우 짧아 경제적 손실이 많으므로 수확 후 고품질을 유지시키기 위해서는 버섯의 생리적 변화를 억제시키는 기술 개발이 필요하다. 이를 위해서 버섯 각 품목의 수확 후 생리기작에 대한 구멍이 우선되어야 하는데 이에 대한 기본적인 체계적인 연구보고가 국내에는 거의 없는 실정이다.

### 제 2절 국내 연구 결과

#### 1. Controlled Atmosphere (CA) 저장조건

표고 및 느타리 CO<sub>2</sub> : 15%, O<sub>2</sub> : 2%

#### 2. Modified Atmosphere (MA) 저장조건

단위포장재질에 있어서는 Polyethylene (60 μm)이 저장효과가 가장 좋은 연구 보고가 있고, 느타리버섯의 경우 Ethylene Vinyl Acetate (EVA : 60 μm), 표고버섯의 경우 Polyethylene (60 μm) + KMnO<sub>4</sub> 조건이 가장 저장력이 높은 조건으로 제시되었다. 그러나 이러한 결과들은 대량생산 및 이에 따른 산업적 적용에 어려움이 따르고 있어 보다 근원적인 생리작용구멍 및 이에 따른 품질변화 억제 기술의 개발이 필요하다.

### 제 3절 국외 연구 결과

국외 연구는 외국에서 소비가 많은 양송이에 거의 국한되는 실정이며, 일본이 주로 표고버섯을 대상으로 한 저장조건에 대한 보고가 있다. 다양한 CA 저장 조

건이 제시되나 50%이상의 높은 CO<sub>2</sub> 함량은 실제 산업적으로 이용하기에 너무 높은 농도이기 때문에 국내에 적용시키기 어렵다.

## 제 4절 앞으로의 전망

버섯의 소비추세는 매년 급성장을 보이고 있으며 느타리버섯의 경우 이미 수출이 시도되고 있다. 버섯에 대한 소비자들의 선호도 상승, 단체급식시장 및 외식산업체의 급성장 등의 영향과 일본을 비롯한 외국시장에 대한 수출가능성 확대로 버섯의 수요는 앞으로 상당량 증가할 것으로 전망하고 있다. 따라서 버섯의 생산성 증대와 더불어 수요자들의 품질에 대한 요구도를 충족시키기 위한 저장 유통기술의 확립이 필요하다.

## 제 5절 기술도입의 타당성

본 연구는 우리나라 버섯류에 대한 생리 특성 구명 및 저장 유통기술의 확립으로 국내 유통구조에 맞는 기술의 개발을 목적으로 하고 있다. 따라서 국내에서 이미 기본 기술에 대한 다양한 접근이 다른 품목에 적용되는 시도가 있고 충분히 우리 순수기술로 이에 대한 기술확립에 문제가 없다고 판단되어 외국 기술도입은 검토되지 않아도 된다고 사료된다.

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 버섯류의 품목별 수확 후 생리 특성 조사

#### 1. 연구수행 방법

본 실험에 사용된 표고버섯은 2000년 8월 경기도 화성군에서, 양송이 버섯은 2000년 11월 충남 부여에서, 느타리버섯은 2001년 3월 충남 연기군 버섯 재배농가에서 수확한 것을 사용하였으며, 갓이 개열 되지 않은 신선한 상태의 버섯만을 선별하여 이용하였다. Polyethylene (PE, 60  $\mu\text{m}$ ) film, ceramic (zeolite 5%, 60 $\mu\text{m}$ ), ethylene vinyl acetate (EVA, 60  $\mu\text{m}$ ) film 등의 포장재를 25×34 cm 크기로 만든 후 선별된 버섯을 200 g씩 담아 밀봉하였으며 각각 0℃, 5℃, 10℃와 20℃에 저장하였다. 대조구는 현재 시중에서 판매되고 있는 2 kg box를 사용하였다. 중량변화는 포장 전 버섯의 중량에 대하여 저장 중 버섯의 중량감소량을 백분율로 표시하였다. 경도는 각각의 포장구에서 시료 10개씩을 취한 다음, Texture Analyzer (Model TA. XT2, Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였다. 이때 버섯의 갓은 2×2×1 cm로, 기둥은 2 cm로 잘라 Plate상에 위치시키고 경도 측정 probe (5 mm)를 20 mm/s의 속도로 표면으로부터 strain 60% 깊이까지 진행시킬 때 나타나는 힘을 Newton (N)으로 표시하였다. Color는 chroma meter (CR-200, Minolta, Japan)의 Hunter value에 의한 L, a, b로 각 부위로 나누어 측정하였다. 호흡률은 HP 6890 series GC System (Hewlett Packard Co., USA)에 의하여 측정하였으며 GC 조건은 다음과 같다 (Table 1).

Table 1. GC operating condition for CO<sub>2</sub> analysis

Instrument	Hewlett Packard 6890
Detector	Thermal conductivity detector
Column	Active charcoal
Injection temperature	120℃
Oven temperature	70℃
Detector temperature	150℃
Carrier gas	He (30 ml/min)



조직내 에탄올함량은 GC를 이용하여 분석하였으며, 그 분석조건은 다음과 같다 (Table 2).

Table 2. GC operating condition for ethanol and acetaldehyde analysis

Instrument	Hewlett Packard 5890
Detector	Flame ionization detector
Column	Supelcowax 10 (0.32 mm × 30 m)
Injection temperature	200°C
Oven temperature	70°C
Detector temperature	250°C
Carrier gas	He (2 ml/min)

미생물 측정은 시료를 10배수의 멸균생리식염수를 가한 후 1 min간 분쇄한 다음, 각각 1 ml를 취한 후 단계 희석하고 각각의 petri film (3 M)에 1 ml씩 배양하였으며, 일반세균, 대장균은 27°C에서 48시간 배양하였고, 효모와 곰팡이는 3일간 배양한 후 집락을 계수하고 시료 1 g당 colony forming unit (CFU/ml)를 나타내었다. 저장수명을 결정하기 위해 이취 발생, 색 변화정도, 경도를 포함한 전체적인 관능평가를 실시하였으며, 이는 5점을 기준으로 하여 3점 이상일 경우를 상품적으로 가치가 있는 것으로 하였다.

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 가. 표고버섯

표고버섯에 대한 실험결과이다. 중량감모율 (Fig. 1)은 MA저장한 처리구에서는 저장 온도별 2~8%에 그쳤으나 포장처리 하지 않은 대조구에서는 62~85%에 달해 MA저장이 중량감소를 억제하는데 큰 효과가 있었다. 0°C에 저장한 대조구에서는 저장 35일 후 62%의 중량감모율을 보였고, 20°C에서는 저장 3일 후 63%를 나타내어 저장 온도가 높을수록 수분 증발이 많이 발생하여 중량감소가 급속히 일어남을 알 수 있었다. 이는 표고버섯의 갓과 기둥의 경도 변화 (Fig. 2, 3)에서도 비슷한 양상을 보였는데, MA저장한 처리구에서는 저장 초기의 경도를 저장 후기까지 계속 유지하였으나, 대조구에서는 경도가 급격하게 증가하여 조직이 단

단해진 것을 관찰할 수 있었다. 중량감모와 경도 변화에 있어서 포장재간의 큰 차이는 없었다. 갖의 색깔 변화는 MA저장 여부, 저장 온도와 포장재의 종류에 따라 차이를 보이지 않았다 (Fig. 4). 호흡율은 0℃보다 20℃에서 최고 4.7배까지 높게 조사된 것으로 보아 저온이 호흡을 억제하는데 효과적인 것을 알 수 있었다 (Fig. 5). 미생물은 저장 온도가 낮고 EVA나 ceramic film에 포장된 처리구에서 총균수와 yeast 등의 미생물 함량이 낮게 나타났는데, 이는 포장재가 저장고 내에서의 감염을 막아주었기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 이취발생, 색변화, 경도를 포함한 관능평가를 실시하였으며, 이에 의해 저장수명을 조사하였다 (Table 3). 그 결과 대조구에서는 이취 발생은 없었으나, 표고버섯 특유의 향이 없고 갖의 형태가 심하게 위축되어 상품성이 떨어졌으며, MA 처리구의 경우 저장온도에 따라 저장 수명의 큰 차이를 보여, 20℃에서는 3일이었으나 0℃에서는 약 21일로 나타났다. 포장재별로는 각 저장 온도에서 EVA가 가장 우수했으며, PE와 Ceramic film은 비슷한 양상을 보였는데, 산소투과도가 가장 높은 EVA에서 이취발생이 가장 적은 것으로 보아 이는 포장재의 산소투과도와 관련이 있는 것으로 사료된다. 결과적으로, 표고버섯의 수확 후 품질을 유지하고 유통기간을 연장시키기 위해서는 품온을 최대한 낮추어 0℃의 저온에 저장하고 산소투과율이 높은 EVA film을 이용하여 MA저장하는 것이 가장 적합하다고 사료된다.

#### 나. 양송이버섯

양송이버섯에 대한 실험결과는 다음과 같다. 중량감모율 (Fig. 6)은 저장일수가 경과되어도 MA저장한 처리구에서 중량감소가 거의 일어나지 않았으나 대조구에서는 0℃에서 23.14%, 5℃에서 34.98%, 10℃에서 18.84%, 20℃에서 12.16%로 중량이 감소하였으며, 5℃에서 가장 높은 감소율을 나타내었다. 경도는 0, 5, 10, 20℃ 모두 대조구와 MA 저장한 처리구에서 저장일 수가 경과될수록 차츰 감소하였고, 갖이 기둥보다 높은 경도를 나타내었다 (Fig. 7, 8). 갖과 기둥의 색깔 변화는 0, 5, 10, 20℃ 모두 대조구와 MA저장한 처리구에서 저장 일수가 경과될수록 L값이 낮아졌고 갖보다 기둥의 L값이 높게 나타났다 (Fig. 9, 10). 이는 저장 기간일 경과됨에 따라 갖의 색깔이 검게 변함으로 해서 명도가 낮아졌기 때문으로 생각된다. 호흡은 0℃보다 20℃에서 최고 6.0배까지 높게 조사된 것으로 보아 저온이 호흡을 억제하는데 효과적인 것을 알 수 있었다 (Fig. 11). 양송이버섯의 조직내 에탄올 함량을 조사한 결과 저장 초기에는 발생량이 적었고, 저장 말기에 갖은 0℃에서, 기둥은 5℃에서 조금 더 발생되었다 (Fig. 12, 13). 이취발생, 색,

경도를 포함한 관능평가를 실시한 결과 대조구에서는 수분증발로 인해 외관이 심하게 위축되었고 곰팡이 발생으로 인해 상품성이 떨어졌으며, MA 포장구의 경우, 저장온도별로 저장 기간의 큰 차이를 보여, 20℃에서는 3일 이었으나 0℃에서는 약 14일로 나타났다 (Table 4). 포장재별로는 표고와 마찬가지로 각 저장 온도에서 EVA가 가장 우수했다.

#### 다. 느타리버섯

느타리버섯에 대한 실험결과이다. 중량감소율은 MA저장한 처리구에서는 저장 온도별 0~2 %에 그쳤으나 포장처리 하지 않은 대조구에서는 20℃에서 42.33 %로 0, 5, 10℃ 보다 높은 중량감소율을 나타내었다 (Fig. 14). 경도는 저장 일 수가 경과함에 따라 조금씩 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 15). 또한 갓의 색깔은 저장 초기 보다 명도가 높아지는 현상을 나타내었는데 이는 저장 일 수가 경과됨에 따라 황변현상과 흰색 곰팡이의 발생으로 명도가 높아진 것으로 생각 된다 (Fig. 16, 17). 그러나 저장초기와 비교할 때 큰 차이는 아니었고, 기둥의 색깔은 저장 일 수가 경과될수록 약간의 황변현상이 나타났지만 초기와 크게 변함없이 일정 수치를 유지하였다. 호흡율은 0℃보다 20℃에서 최고 4.3배까지 높게 조사된 것으로 보아 저온이 호흡을 억제하는데 효과적인 것을 알 수 있었다 (Fig. 18). 조직내 에탄올을 조사한 결과 저장 초기에는 거의 발생하지 않았으나 각 온도별로 저장 말기에 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 19, 20). 갓보다는 기둥에서 조금 더 많이 조사되었으며, MA 포장구 중 Ceramic film에서 가장 많이 조사되었다. 이취발생, 색, 경도를 포함한 관능평가를 실시한 결과 대조구에서는 이취가 발생하지 않았으나 수분이 증발되면서 버섯의 형태가 심하게 위축되었고, 곰팡이의 발생이 심하여 상품성이 떨어졌으며, MA 포장구에서는 저장 온도별로 큰 차이를 보여 20℃에서는 1~2일 0℃에서는 약 10일로 나타나 표고와 양송이 보다 저장 수명이 짧은 것으로 조사되었다 (Table 5). 표고와 양송이는 MA포장 처리 중 EVA가 가장 우수한 것으로 조사되었으나 느타리의 경우 EVA와 PE film이 비슷한 양상을 보였다.

Table 3. Storage life (days) of oak mushroom (*Lentinus edodes*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored at various temperatures

Treatment	Temperature			
	20°C	10°C	5°C	0°C
Control	1	6	13	18
Polyethylene (PE) film	3	9	18	21
Ceramic film (Zeolite 5%)	4	12	18	22
Ethylene vinyl acetate (EVA) film	4	11	19	25

Table 4. Storage life (days) of *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored at various temperatures

Treatment	Temperature			
	20°C	10°C	5°C	0°C
Control	2	4	6	12
Polyethylene (PE) film	2	4	8	14
Ceramic film (Zeolite 5%)	2.5	6	8	13
Ethylene vinyl acetate (EVA) film	2.5	5	10	14

Table 5. Storage life (days) of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored at various temperatures

Treatment	Temperature			
	20°C	10°C	5°C	0°C
Control	1.5	2	3.5	7
Polyethylene (PE) film	2	2	4	10
Ceramic film (Zeolite 5%)	1	2	6	8
Ethylene vinyl acetate (EVA) film	1.5	2.5	5	11

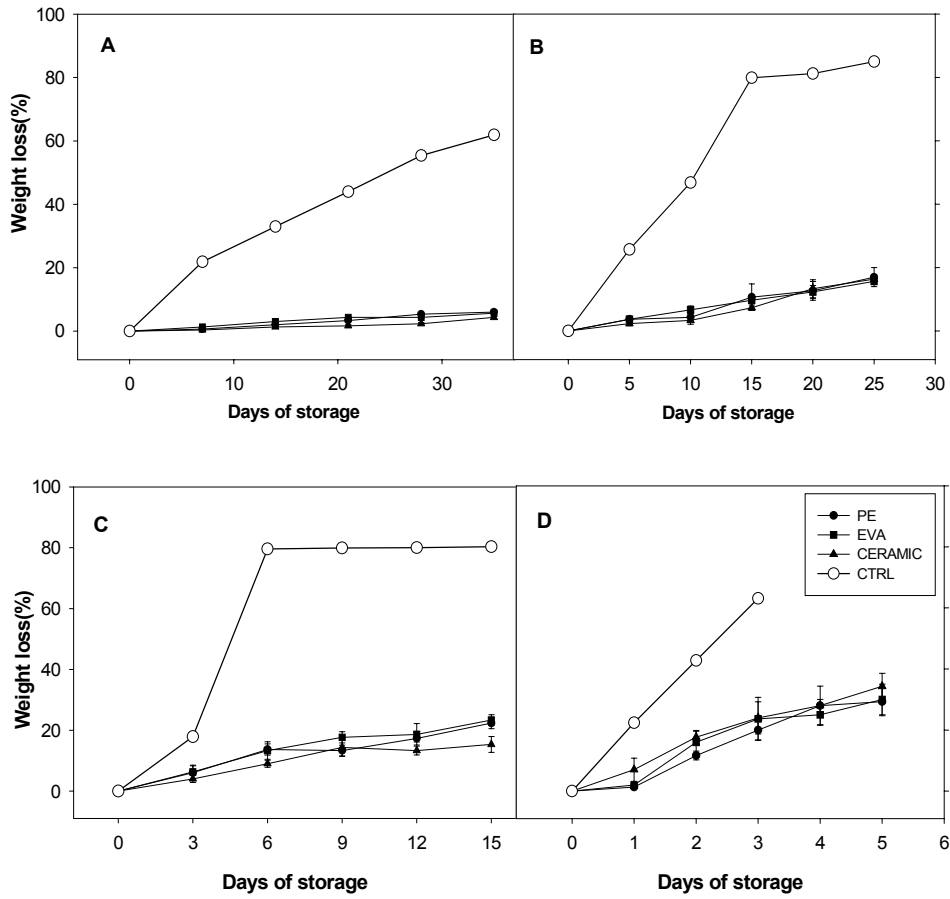


Fig. 1. Changes in weight loss (%) of oak mushroom (*Lentinus edodes*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures. A, B, C, and D represent 0, 5, 10, and 20°C, respectively. Vertical bars represent  $\pm$  SE.

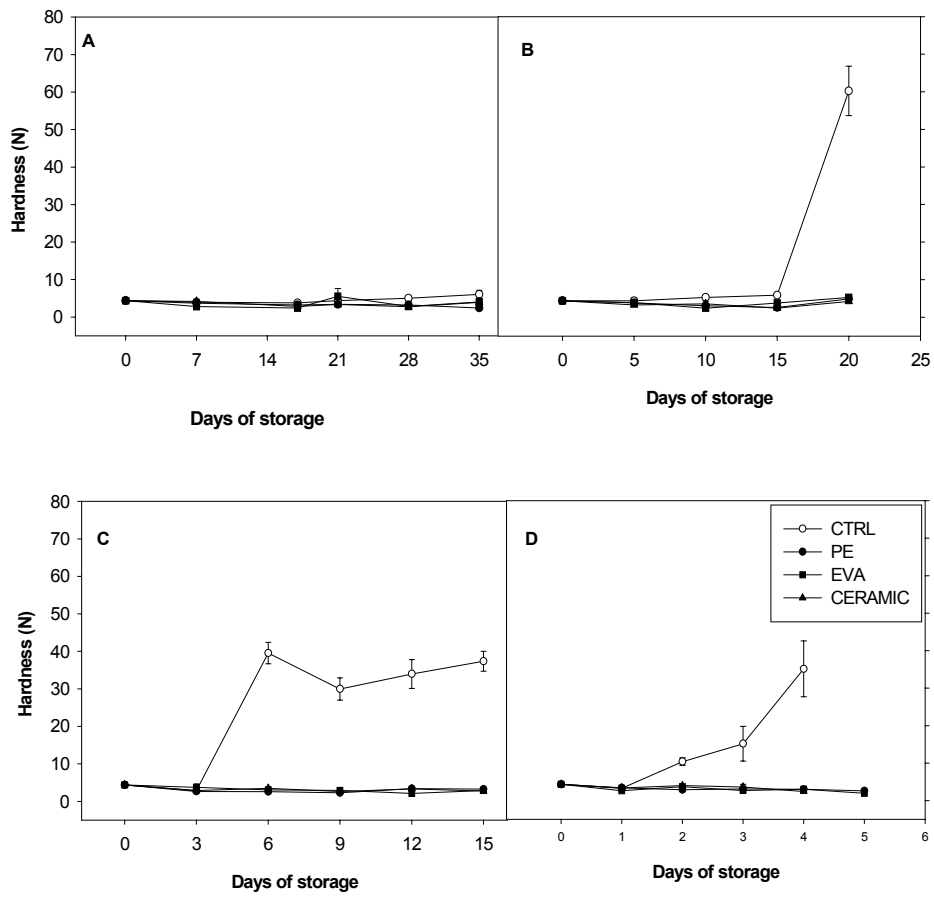


Fig. 2. Changes in hardness (N) of cap in oak mushroom during storage. A, B, C, and D represent 0, 5, 10, and 20°C, respectively. Vertical bars represent  $\pm$  SE.

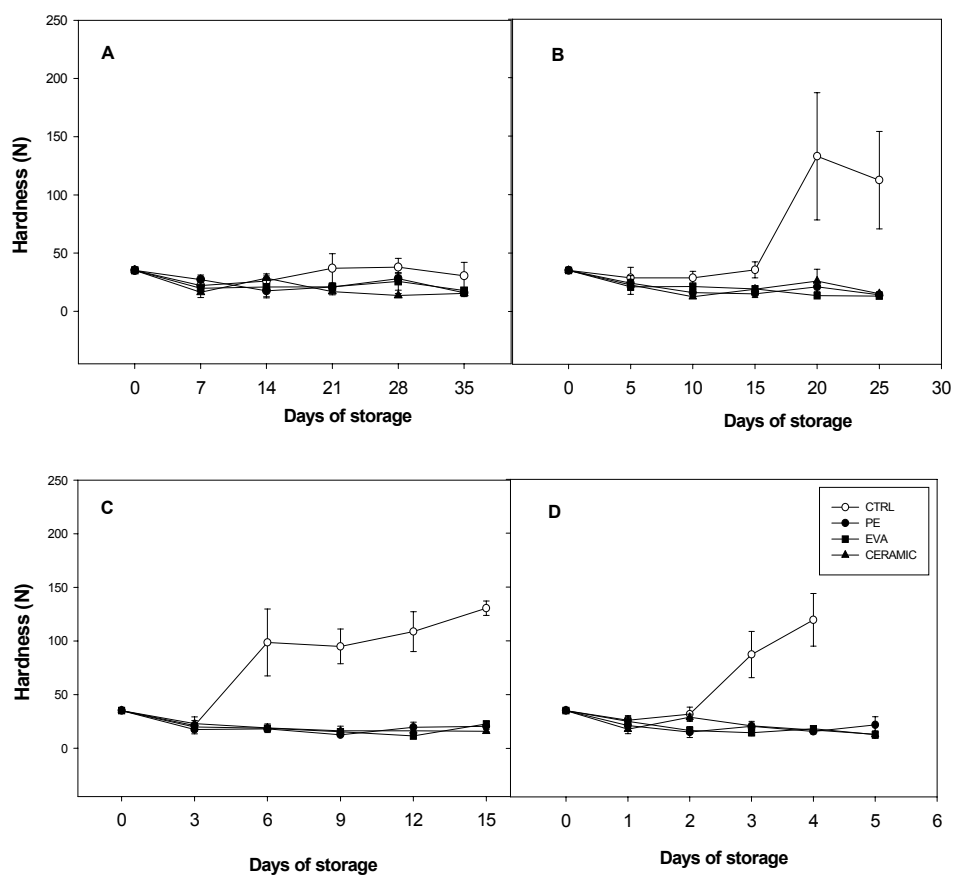


Fig. 3. Changes in hardness (N) of stem in oak mushroom during storage. A, B, C, and D represent 0, 5, 10, and 20°C, respectively. Vertical bars represent  $\pm$  SE.

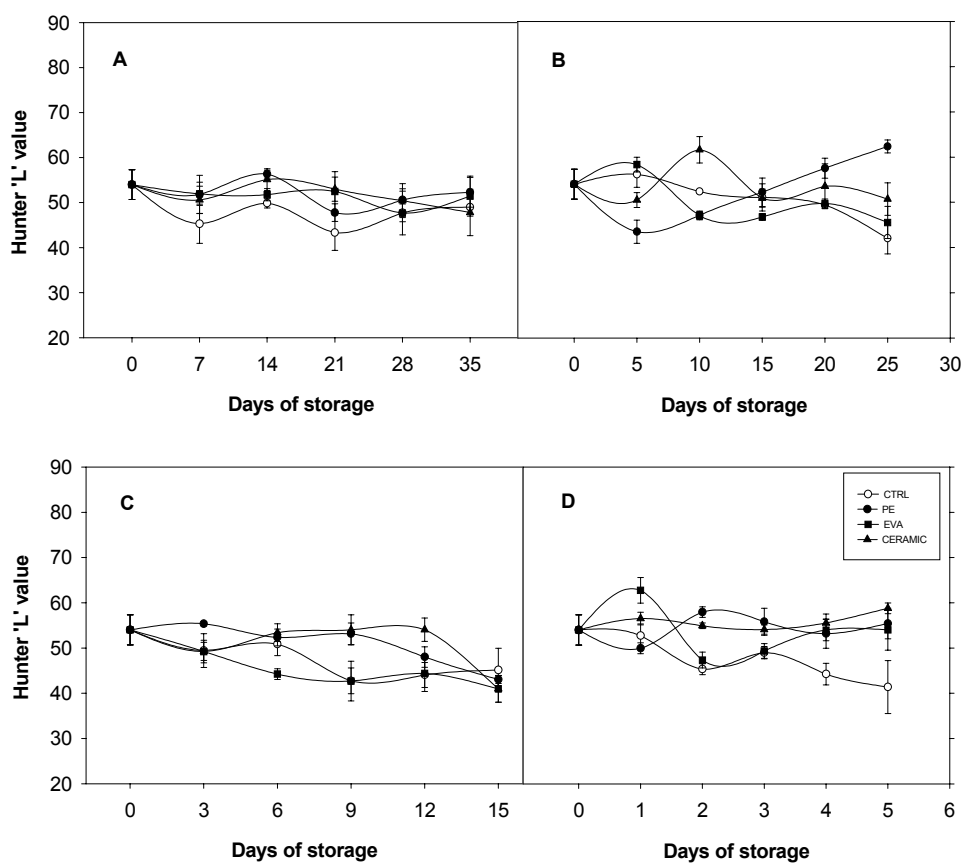


Fig. 4. Changes in Hunter 'L' value of oak mushroom (*Lentinus edodes*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures. A, B, C, and D represent 0, 5, 10, and 20°C, respectively. Vertical bars represent  $\pm$  SE.



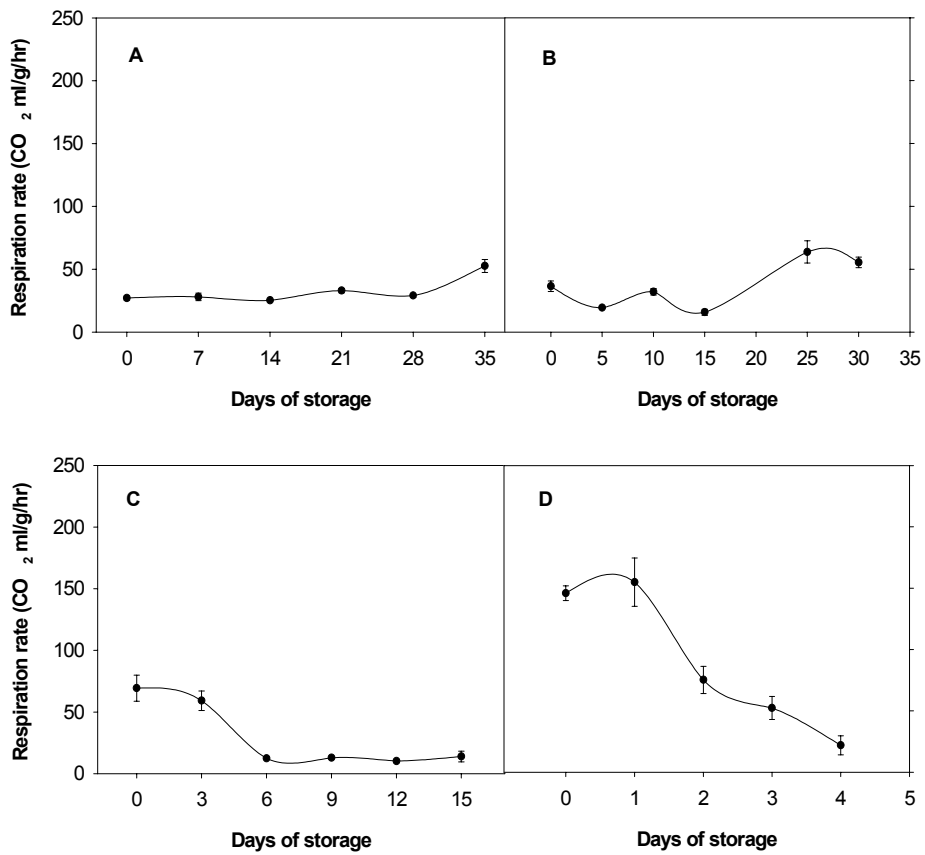


Fig. 5. Changes in respiration rate (CO<sub>2</sub> ml/g/hr) of oak mushroom during storage. A, B, C, and D represent 0, 5, 10, and 20°C, respectively. Vertical bars represent  $\pm$  SE.

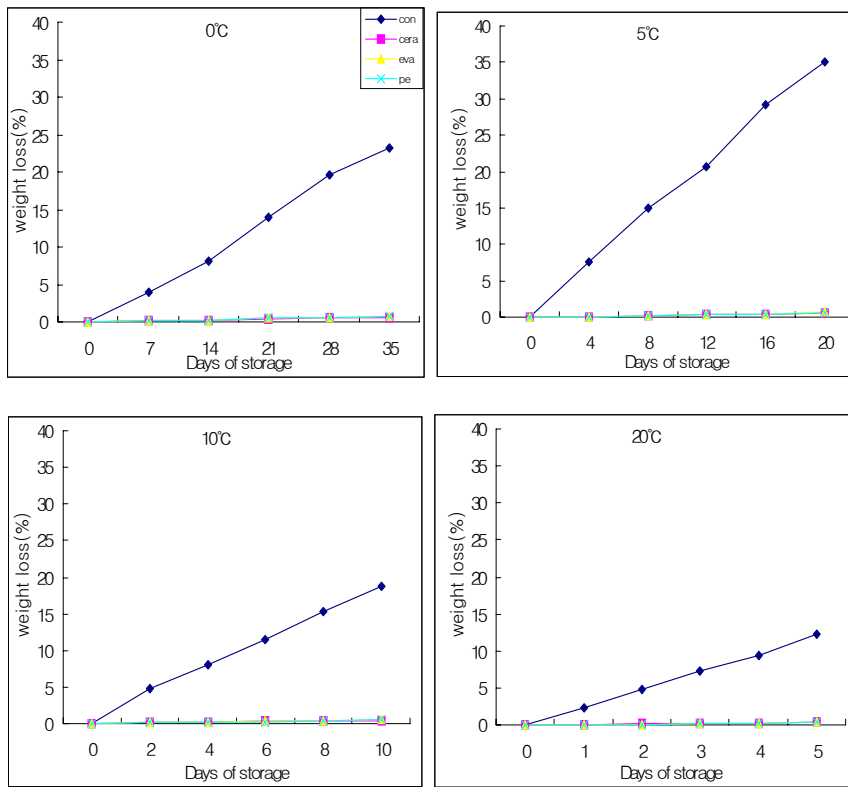


Fig. 6. Changes in weight loss (%) of *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

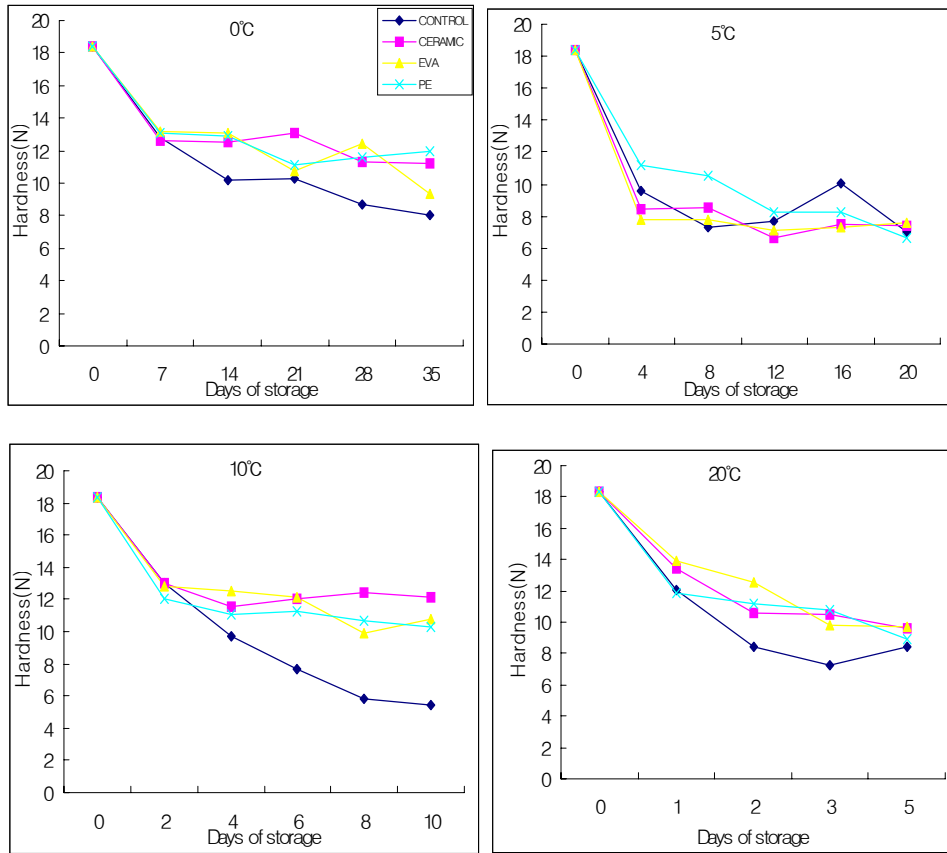


Fig. 7. Changes in hardness (N) of cap in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

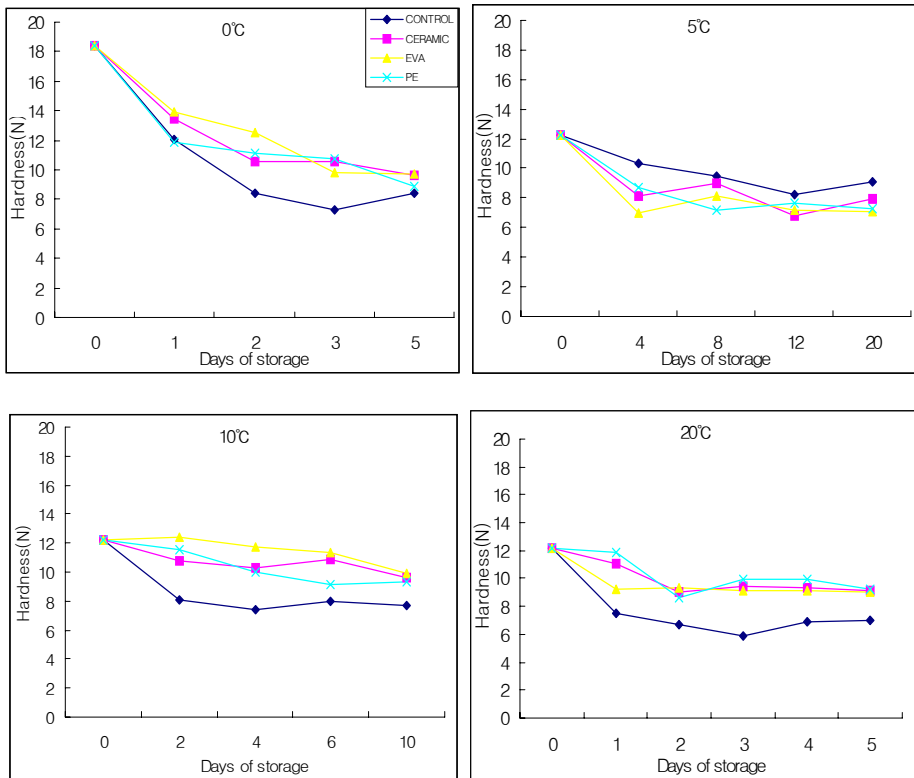


Fig. 8. Changes in hardness (N) of stem in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

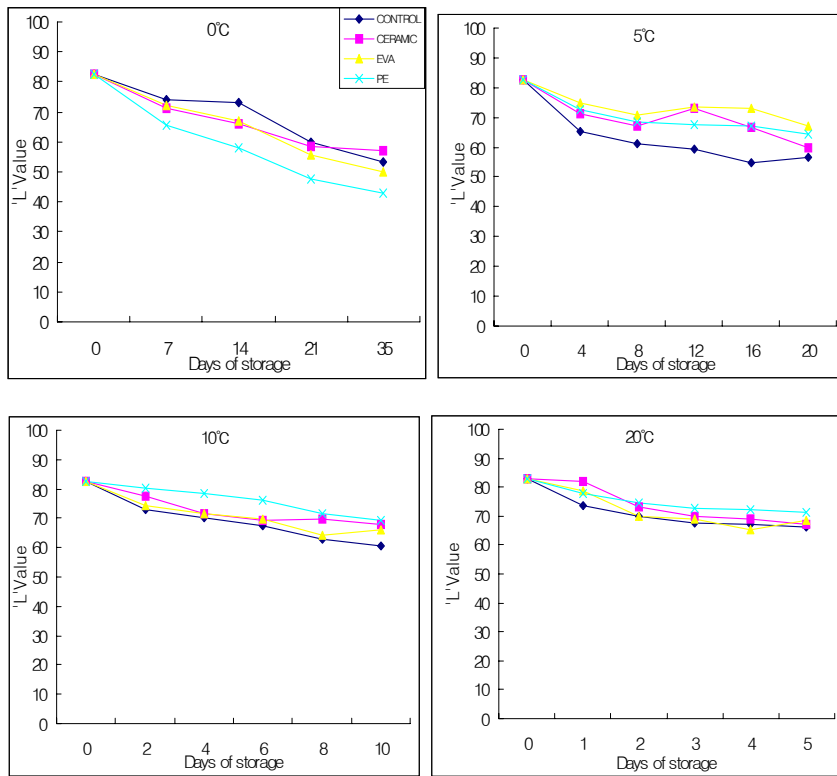


Fig. 9. Changes in color of cap in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

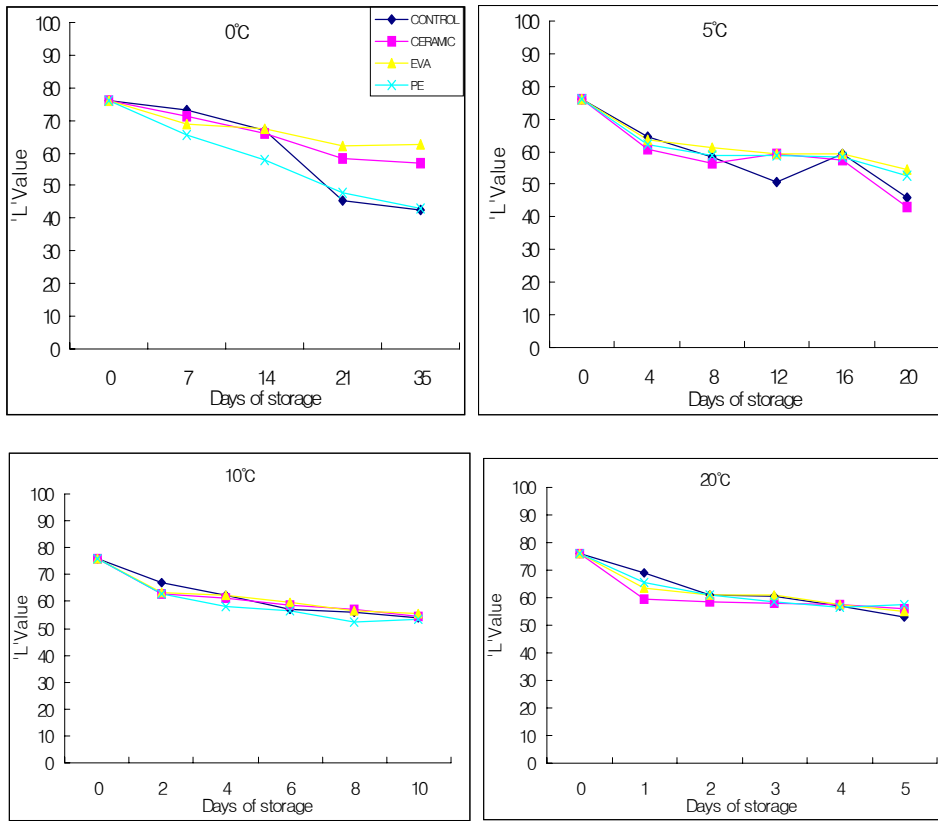


Fig. 10. Changes in color of stem in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

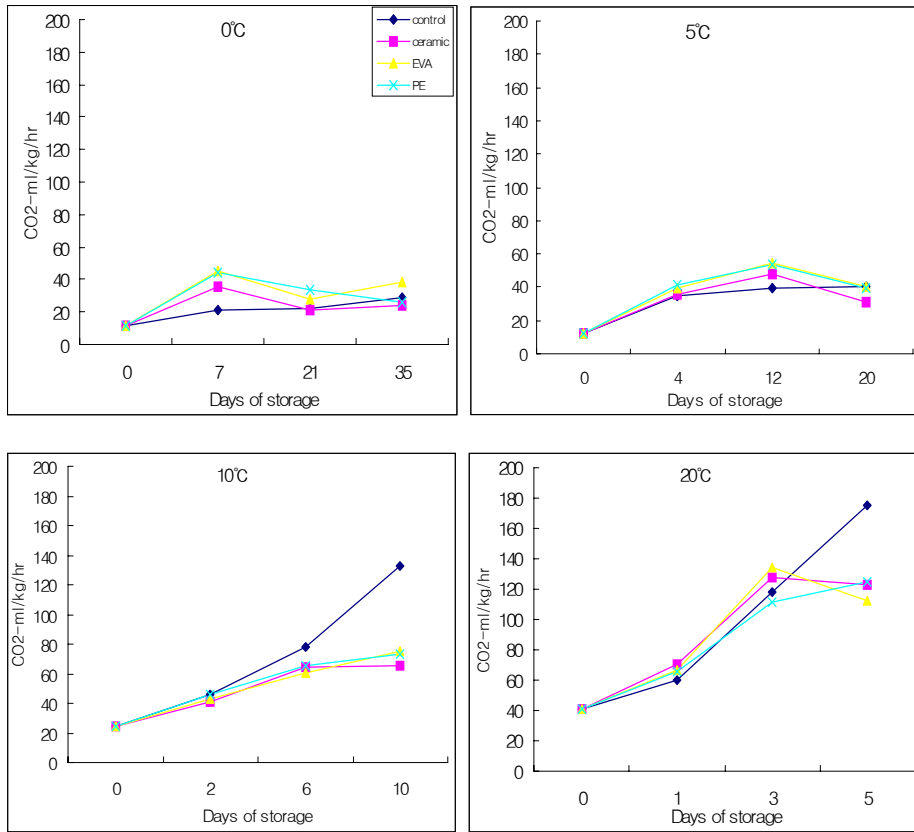


Fig. 11. Changes in respiration rate (CO<sub>2</sub> ml/g/hr) of *Agaricus campestris* during storage.

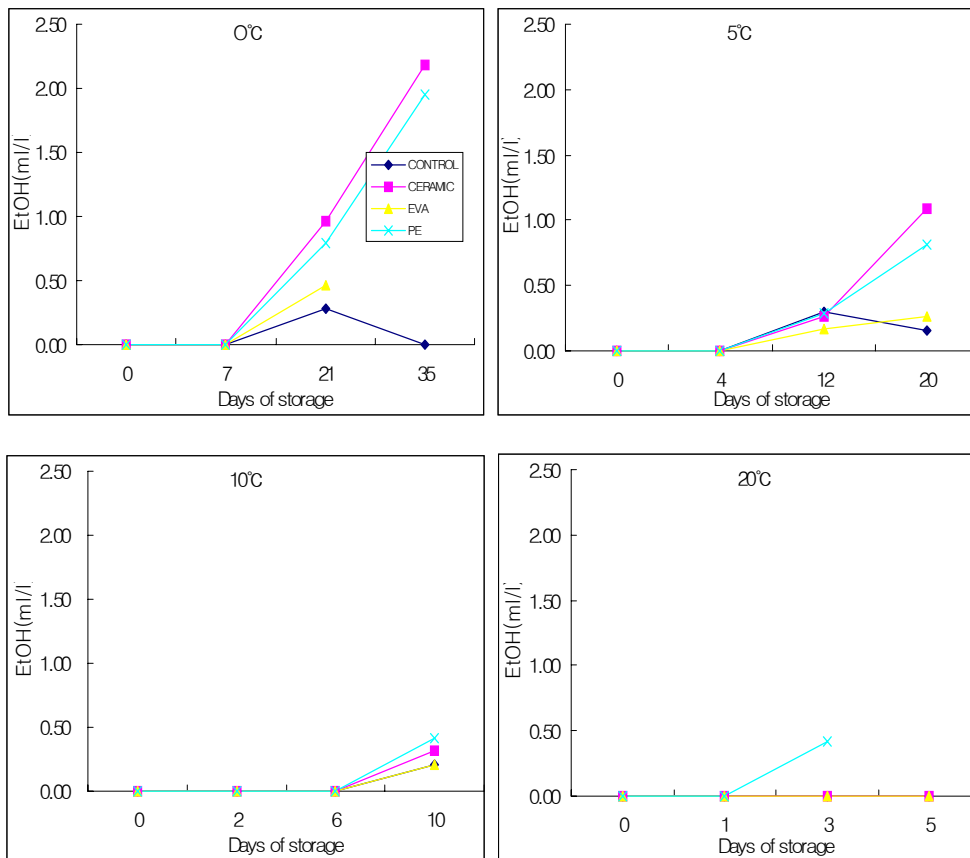


Fig. 12. Changes in ethanol concentration of cap tissue in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.



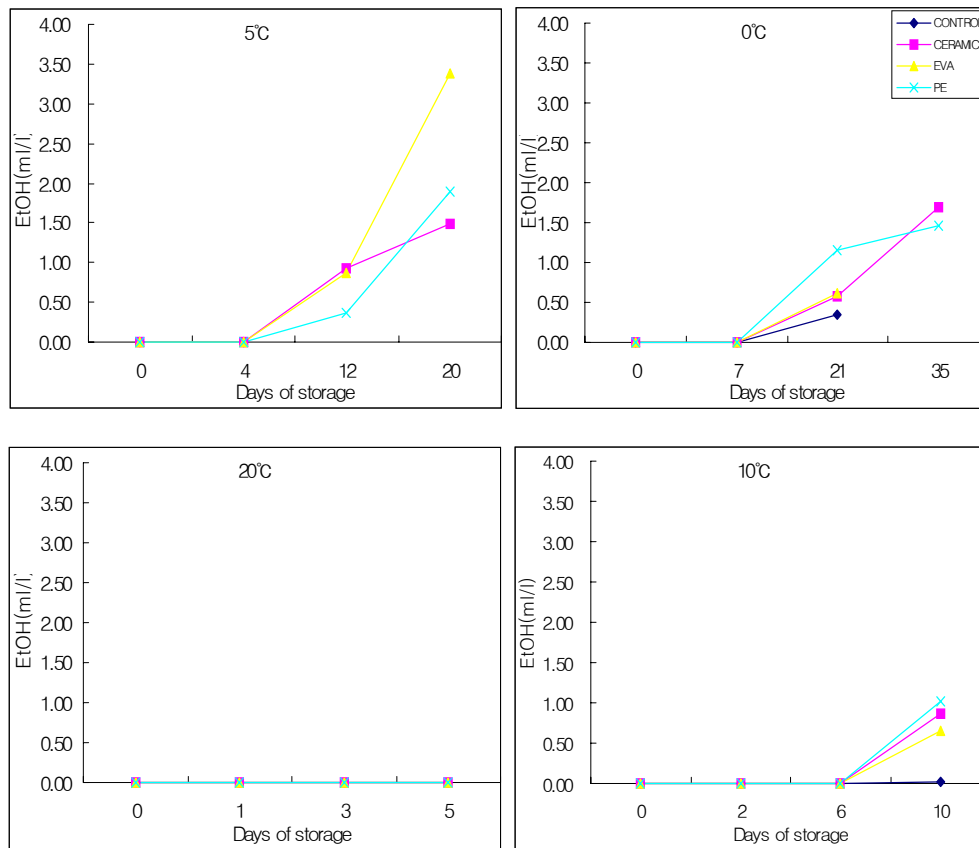


Fig. 13. Changes in ethanol concentration of stem tissue in *Agaricus campestris* packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

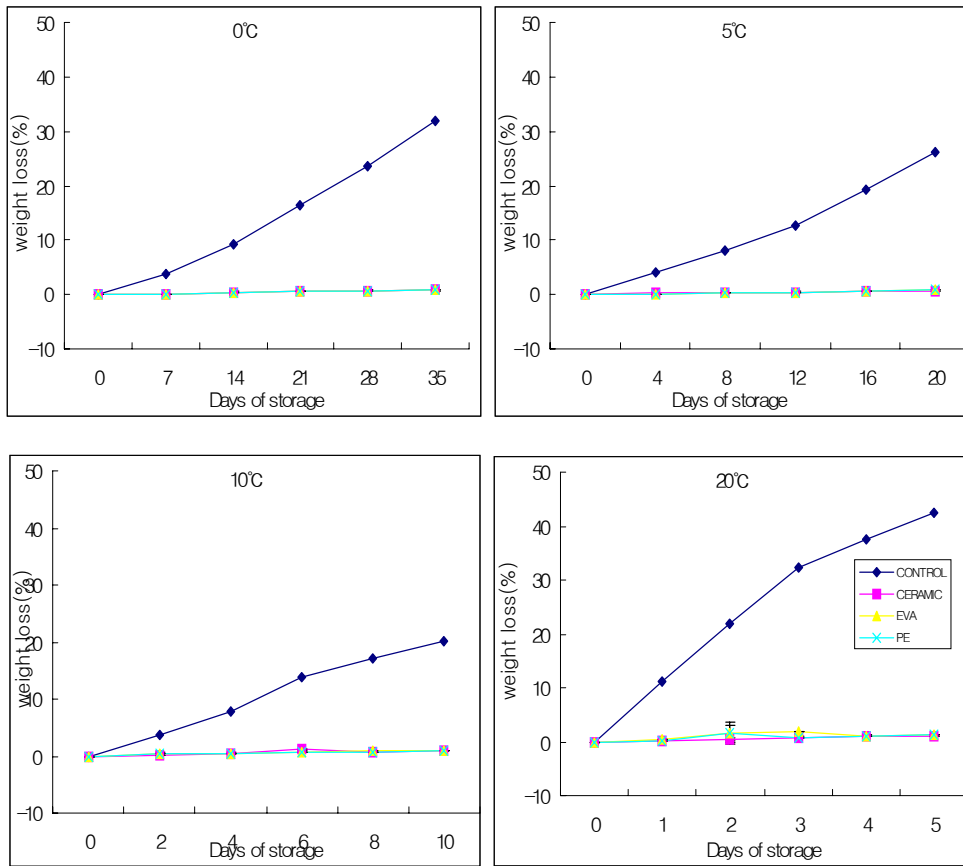


Fig. 14 Changes in weight loss (%) of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

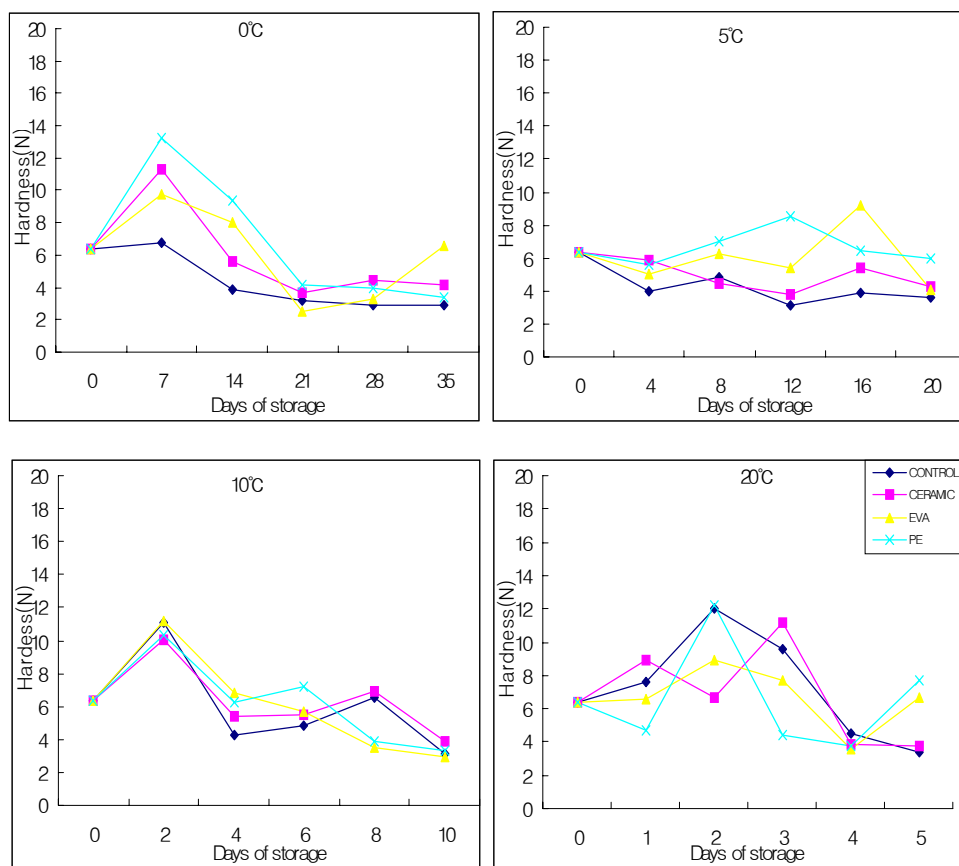


Fig. 15. Changes in hardness (N) of cap in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

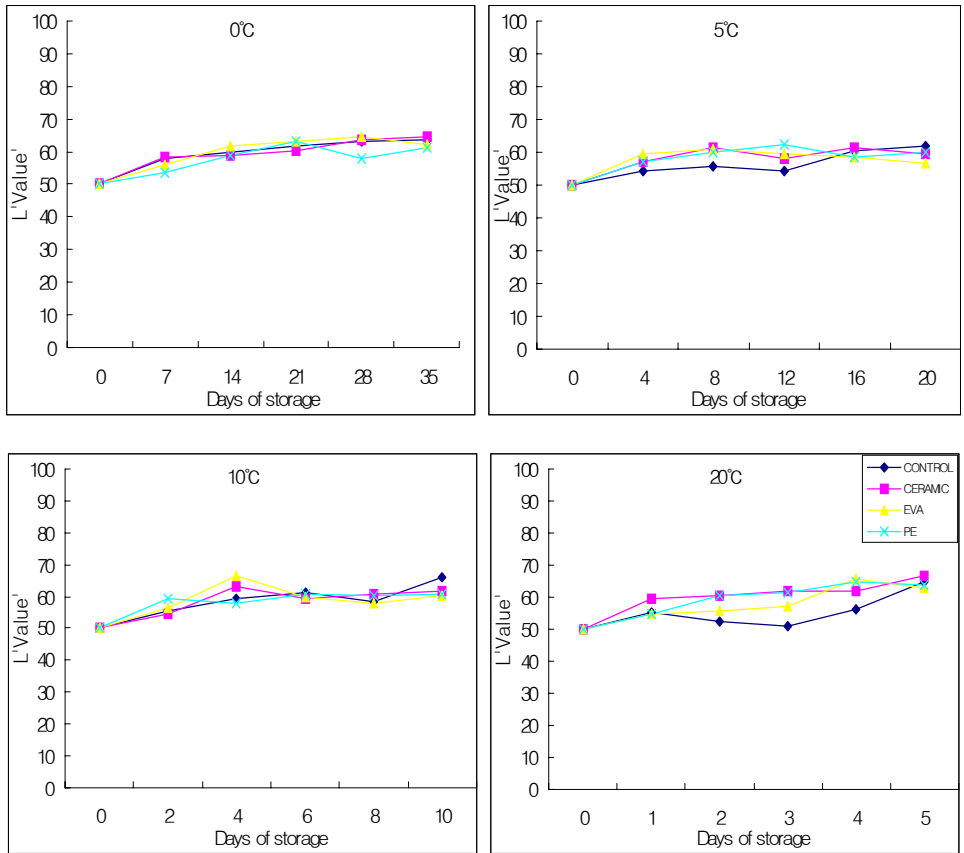


Fig. 16. Changes in color of cap in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

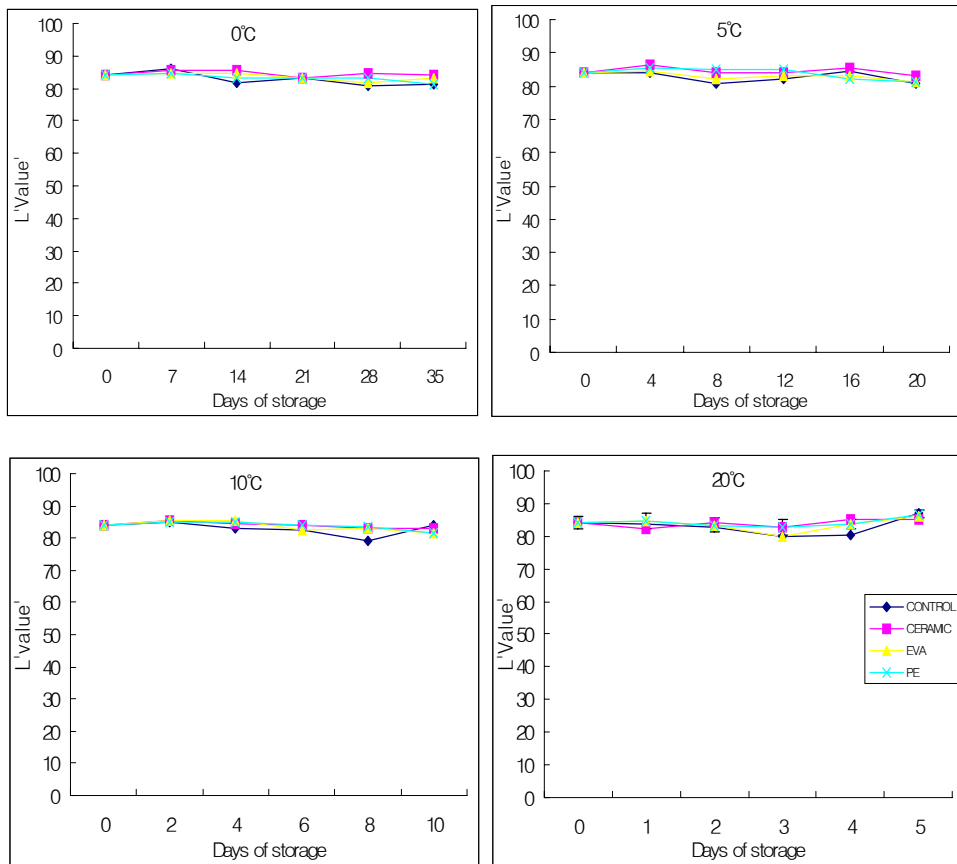


Fig. 17. Changes in color of stem in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

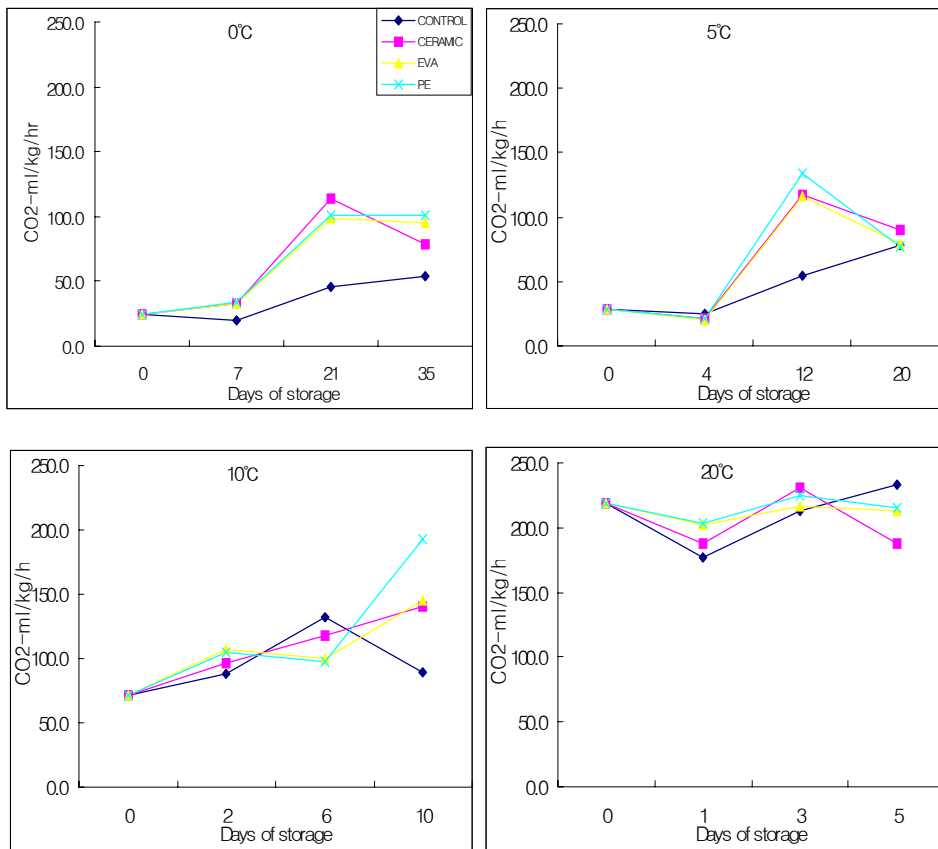


Fig. 18. Changes in respiration rate (CO<sub>2</sub> ml/g/hr) of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) during storage.

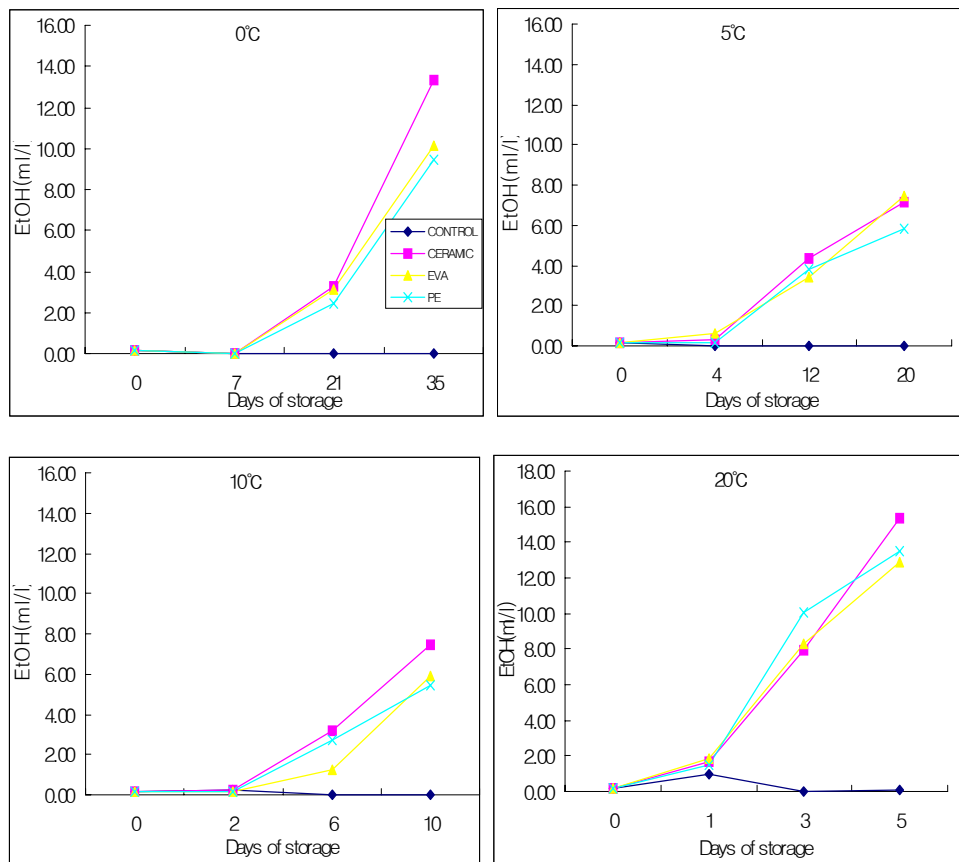


Fig. 19. Changes in ethanol concentration of cap tissue in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.

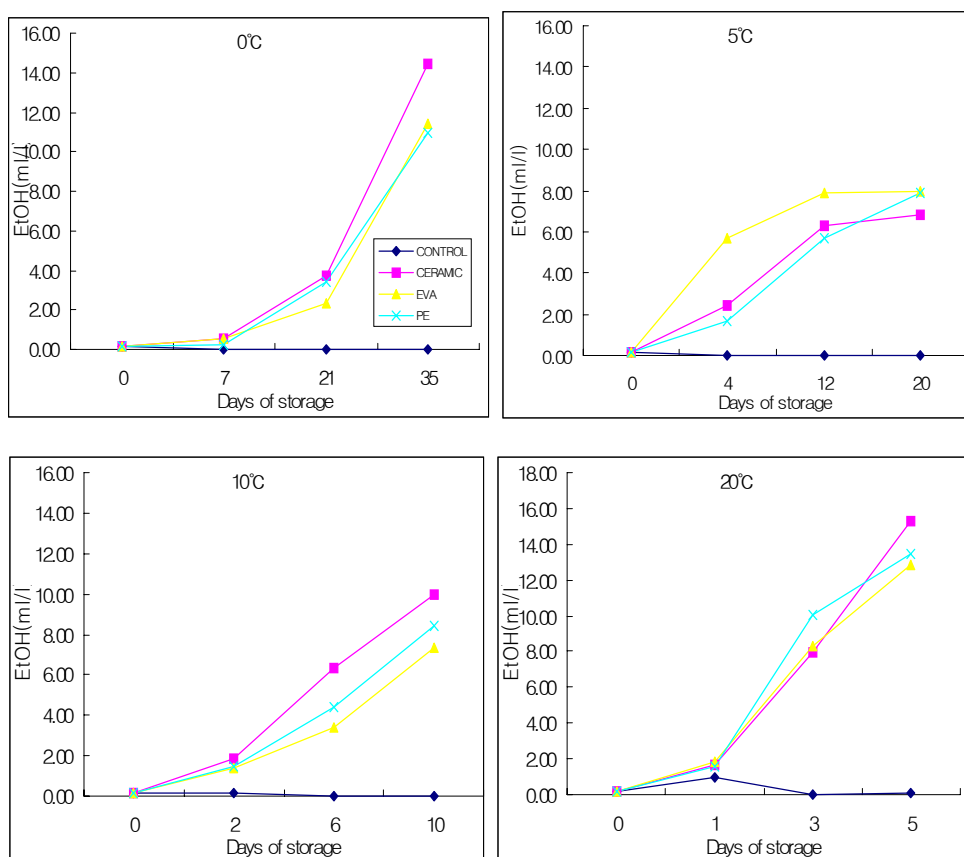


Fig. 20. Changes in ethanol concentration of stem tissue in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packaged with different kinds of films (60  $\mu\text{m}$ ) and stored various temperatures.



## 제 2절 버섯류의 수확후 고품질 유지를 위한 기술 개발

### 1. 연구수행 방법

본 실험에 사용된 표고버섯은 2001년 경기도 화성군에서, 양송이버섯은 2001년 도 충남 부여에서, 느타리버섯은 2001년 경기도 여주군 버섯 재배농가에서 수확한 것을 사용하였으며, 갓이 개열 되지 않은 신선한 상태의 버섯만을 선별하여 이용하였다. 두께가 0.05 mm 인 LDPE (low density polyethylene) film pouch (20×30 cm)에 선별된 버섯 100±2 g씩을 담고 각 품질처리제가 담긴 plastic cup 과 함께 밀봉하여 5, 10, 20℃의 저온저장고에 저장하면서 일정 기간 간격으로 시료를 채취하여 관능검사 및 분석실험에 사용하였으며, 각 처리구의 종류는 Table 6과 같다. 품질보전을 위한 18처리구와 함께 밀봉된 느타리버섯의 관능적 품질평가를 위하여 버섯 전문가로 구성된 panel 3명에 의해 관능평가를 실시하였다. 점수는 5점 척도법으로 색 (color), 모양 (shape), 조직감 (texture), 버섯 고유의 향 (fresh flavor), 이취 (off-flavor), 전반적인 기호도 (overall-acceptability)의 각 항목에 대하여 검사하였다. 본 실험에 사용된 전자코 (한빛 인스트루먼트, Seoul, Korea)의 센서는 각각 6개의 metal oxide sensor (Figaro Engineering Inc, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 각 센서의 특징은 Table 7과 같으며, 작동 조건은 Table 8에 나타내었다. 버섯의 저장 중 고품질 유지를 위해 처리한 18종의 처리구 중 관능검사결과 이취제거에 효과적인 처리구 4가지를 선별하여 대조구 (무처리한 MAP버섯)와 함께 저장중의 생리화학적 변화를 분석실험하였다. 중량감소율은 저장 초기의 중량의 대한 일정 저장기간 경과 후 감소된 중량의 백분율로 나타내었다. 호흡율은 아크릴용기 (Nalgene, USA, 1L)에 버섯 100 g을 담고 각 온도에서 1시간 이후 용기 내부에 조성되어진 이산화탄소 가스를 gas chromatography (GC)를 이용하여 분석하였으며, 필름 대내의 이산화탄소농도는 syringe로 필름 대내의 gas를 취하여 GC를 이용하여 측정하였으며, 산소농도 측정은 oxygen analyzer (IJIMA products, M.F.G. co. ltd, Japan)로 측정하였다. 이때 GC 사용 조건은 Table 1과 같다. 경도는 texture analyzer (stable micro system, TA, XT2, England)를 이용하여 측정하였으며, 각 시료를 무작위로 선택하여 10회 측정하여 평균값을 계산하였으며, Newton 단위로 표시하였다. 색도는 색차계 (Minolta chromameter CR-200, Japan)을 이용하여 L, a, b값을 측정하였으며 각

시료를 무작위로 선택하여 10회 측정하여 평균값을 계산하였다. 느타리버섯의 저장동안의 미생물오염정도는 관능검사를 통해 5점척도법으로 검사하였으며, 점수 기준은 Table 9와 같다. 에탄올 및 아세트알데하이드 측정은 일정크기로 세절한 버섯 10 g을 500 mL 증류플라스크에 넣고 증류수 50 mL을 가한 후 증류하여 증류액 10 mL을 취한다. 이중 1  $\mu$ L를 gas chromatography (GC)분석용 시료로 사용하였다. 이때 GC 조건은 Table 2와 같다.

Table 6. Quality preservatives for keeping high quality of mushrooms under modified atmosphere packaging

Sample	Treatment	Effect
A	<i>Astemisia princeps</i> (약쭈)	1% extract
B		powder
C		dough
D	<i>Astemisia capillaris</i> (인진쭈)	1% extract
E		powder
F		dough
G	Green tea (녹차)	1% extract
H		powder
I		dough
J	Ginseng (인삼)	1% extract
K		powder
L		dough
M	KMnO <sub>4</sub>	Ethylene - absorber
N	SO <sub>2</sub>	Antimicrobial
O	1% Chitosan	Antimicrobial
P	1% $\beta$ -Cyclodextrin	Deodorization
Q	Charcoal	Deodorization
R	Sorbitol	Moisture- absorber

Table 7. Metal oxide sensors in the electronic nose

Sensor No.	Sensor model	Specification
1	TGS826	Amine compound
2	TGS825	Hydrogen sulfide
3	TGS842	Methane
4	TGS2620	Solvent vapors(Alcohol)
5	TGS2610	Combustible gas
6	TGS800	Combustible gas

Table 8. Optimum condition of the electronic nose for analysis of volatile flavor in *Pleurotus ostreatus*

Optimum condition	Time(sec)
Sampling time	180
Heater cleaning time	10
Purging time	20
Tuning time limit	600
R <sub>air</sub> measure time	20
R <sub>gas</sub> measure time	60

Table 9. Classification of sensory score in micorbial contamination

Sensory score	Description
5	no contamination(fresh mushroom)
4	contamination ratio ( < 10%)
3	contamination ratio ( < 30%)
2	contamination ratio ( > 50%)
1	contamination ratio ( > 80%)

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 가. 느타리버섯

버섯의 고품질 유지 및 이취발생을 최소화하는 처리제를 선별하기 위해 관능검사를 한 결과 (Table 10-1), 버섯의 상품성을 나타내는 전반적인 기호도 항목에서는 화학제 처리구보다 천연물 처리구가 더 높은 점수를 받았으며, 천연물 처리구 중에서도 약쭈, 인진쭈, 녹차 분말에 물을 갠 처리구 (dough)와 화학제 처리구 중에서는 활성탄 처리구가 가장 우수하게 나타났다. 처리구별 이취발생 정도를 전자코로 분석한 결과 (Fig. 21-1, 22-1, 23-1), 주성분 분석에서 제 1 주성분 값에 의해서 20℃에서 저장한 경우, 느타리버섯의 이취가 강하여 1일 만에 신선한 것과 나머지 처리구 (대조구포함)가 완전히 구분되어 대조구와 처리구간의 이취발생 정도의 차이가 없었으나, 10℃ 저장 1일째와 5℃ 저장에서는 대조구와 처리구간의 이취발생 정도가 다를 수 있었다. 각 처리제에 의한 느타리버섯의 품질특성변화를 조사한 결과, 중량감소율 (Fig. 24-1)은 전 처리구에서 저장기간이 지날수록 증가하였으며, 저장 온도가 높을수록 증가율은 다소 빠르게 진행되었으나, 전 처리구가 1%미만의 중량감소율을 보였다. 호흡율의 변화양상 (Fig. 25-1)은 온도에 따라 차이가 있었는데, 20℃ 경우 저장 2일째까지 전처리구가 감소한 후 저장 3일째 다시 증가하였고, 10℃ 경우 녹차와 활성탄 처리구는 저장기간 동안 큰 차이를 나타내지 않았으며, 5℃에서는 전 처리구가 초기 호흡율에 비해 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 필름 내 기체조성 (Fig. 26-1)은 전 처리구가 저장 1일 혹은 2일째 이산화탄소농도 10-16%로 급격히 증가한 후 저장기간이 지날수록 감소하였으며, 산소농도는 저장 초기 급격히 감소한 후 전 저장 기간동안 1%미만의 농도를 유지하였다. 버섯의 황변발생정도를 알아보기 위해 색도를 측정된 결과 (Fig. 27), 저장 기간이 지날수록 버섯의 잿과 자루의 b 값은 전반적으로 증가하였으며, 처리구 중에서는 5℃ 약쭈처리구의 황색도가 가장 적게 변화하였다. 버섯의 미생물 오염 정도를 조사한 결과 (Fig. 29), 20℃ 저장 3일째 대조구는 2.70의 낮은 점수로 상품성이 떨어진데 반해, 약쭈 및 인진쭈 처리구는 각각 4.76, 4.86의 높은 점수를 받았다. 이는 쭈쭈 식물에는 항균활성 물질이 있어 느타리버섯 저장 중 발생하는 미생물 억제에 큰 효과가 있음을 알 수 있었다. 버섯의 저장 중 이취성분인 ethanol과 acetaldehyde를 분석한 결과 (Fig. 30-1), 20℃, 5℃에서 대조구에 비해 녹차, 활성탄 처리구의 ethanol 및 acetaldehyde 발생량이 적게 나타났으며, 인진쭈와 약쭈 처리구에서는 대조구보다 오히려 높거나 유사하게 발

생하였다.

#### 나. 양송이버섯

버섯의 고품질 유지 및 이취발생을 최소화하는 처리제를 선별하기 위해 관능검사를 한 결과 (Table 10-2), 약쭈과 인진쭈 dough 처리구가 그 자체의 강한 향으로 버섯의 저장 중 발생하는 이취를 masking하는 것으로 조사되었으며, 전반적인 기호도 항목에서는 천연물 처리구 중에서도 약쭈, 인진쭈, 녹차 분말에 물을 갠 처리구 (dough)와 화학제 처리구 중에서는 sorbitol 처리구가 가장 우수하게 나타났다. 전자코 분석 결과 (Fig. 21-2, 22-2, 23-2), 전 온도에서 저장 초기에는 처리구와 대조구의 제 1주성분 값이 차이를 나타내어 처리구와 대조구간의 이취발생정도가 차이를 알 수 있다. 이로써 처리구에 의한 효과가 있었음을 알 수 있었다. 각 처리제에 의한 양송이버섯의 품질특성변화를 조사한 결과, 느타리버섯과 마찬가지로 중량감소율 (Fig. 24-2)은 전 처리구에서 저장기간이 지날수록 증가하였으며, 저장 온도가 높을수록 증가율은 다소 빠르게 진행되었으나, 전 처리구가 1%미만의 중량감소율을 보였다. 호흡율의 변화양상 (Fig. 25-2)은 전 온도에서 비슷한 양상을 보였는데, 저장 초기에는 호흡율이 급등하다가 점차 감소하는 양상을 보였다. 필름 내 기체조성 (Fig. 26-2)은 전 처리구가 저장 1일 혹은 2일째 이산화탄소농도가 증가하여 저장기간 동안 10%정도를 유지하였다. 버섯의 경도를 측정된 결과 (Fig. 28), 저장 기간이 지날수록 hardness (Newton)값이 점차 감소하여 조직이 연해지는 연화현상이 나타남을 알 수 있었다. 버섯의 황변발생정도를 알아보기 위해 색도를 측정된 결과 (Table 11-1), 저장 기간이 지날수록 b (황색도)값은 전반적으로 증가하였으며, 처리구 중에서는 녹차 처리구에서 L값이 다소 높게 유지되고, b값이 다소 낮게 유지되어 다른 처리구에 비해 황변현상이 덜한 것으로 조사되었다. 버섯의 저장 중 이취성분인 ethanol과 acetaldehyde를 분석한 결과 (Fig. 30-2,3), 온도에 따라 큰 차이가 나타남을 알 수 있는데, 저장 온도 10, 5℃에서는 그 함량이 거의 조사되어지지 않았으나, 20℃ 저장 3일째는 급등하였다.

#### 다. 표고버섯

버섯의 고품질 유지 및 이취발생을 최소화하는 처리제를 선별하기 위해 관능검사를 한 결과 (Table 10-3), 약쭈과 인진쭈 dough 처리구가 그 자체의 강한 향으

로 버섯의 저장 중 발생하는 이취를 masking하는 것으로 조사되었으며, 전반적인 기호도 항목에서는 천연물 처리구 중에서도 약쭈, 인진쭈, 인삼 분말에 물을 갠 처리구 (dough)와 화학제 처리구 중에서는 sorbitol 처리구가 가장 우수하게 나타났다. 전자코 분석 결과 (Fig. 21-2, 22-2, 23-2), 표고의 경우는 5도를 제외한 10, 20℃에서는 저장 초기부터 처리구와 대조구의 제 1주성분값의 영역이 유사하여 처리구에 의한 이취 masking효과를 발견할 수 없었다. 각 처리제에 의한 표고버섯의 품질특성변화를 조사한 결과, 중량감소율 (Fig. 24-2)은 전 처리구에서 저장 기간이 지날수록 증가하였으며, 저장 온도가 높을수록 증가율은 다소 빠르게 진행되었으며, 전 처리구가 1~2.5%의 중량감소율을 보였다. 호흡율, CO<sub>2</sub> 발생량은 (Fig. 25-2, 26-2) 표고버섯의 경우가 양송이, 느타리에 비해 저장 기간동안 높은 상태를 유지하였다. 버섯의 경도를 측정된 결과 (Fig. 28), 양송이버섯과는 달리 저장 기간이 지날수록 hardness (Newton)값이 대체로 증가하여 경화현상이 나타남을 알 수 있었다. 이는 표고버섯의 왕성한 호흡에 의한 조직내 수분증발에 의한 조직경화현상으로 사료된다. 버섯의 황변발생정도를 알아보기 위해 색도를 측정된 결과 (Fig. 26-2), 다른 버섯과 마찬가지로 저장 기간이 지날수록 b 값은 전반적으로 증가하였다. 버섯의 저장 중 이취성분인 ethanol과 acetaldehyde를 분석한 결과 (Fig. 30-2, 30-3), ethanol은 온도에 따라 그 함량의 차이가 나타남을 알 수 있는데, 저장기간 동안 점차적으로 증가함을 알 수 있었다. 그에 반해 acetaldehyde는 전 저장기간 동안 0.04 ml/L를 유지함을 알 수 있었다.

Table 10-1. Quality evaluation in *Pleurotus ostreatus* treated with quality preservatives

Treatment	after 1 day at 20°C		after 4 days at 10°C		after 8 days at 5°C	
	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability
Control	2.33	3.33	2.33	3.33	2.67	3.17
A	2.17	3.00	2.17	3.00	2.67	3.00
B	2.38	2.50	2.38	2.50	3.00	3.00
C	3.50	3.83	3.50	3.83	3.83	3.67
D	2.83	3.67	2.83	3.67	2.50	2.67
E	2.83	3.17	2.83	3.17	2.83	3.50
F	4.00	4.00	4.00	4.00	3.83	3.67
G	2.33	3.33	2.33	3.33	2.83	2.67
H	2.50	3.33	2.50	3.33	3.33	3.33
I	3.00	3.83	3.00	3.83	2.83	3.00
J	2.67	3.17	2.67	3.17	2.67	3.50
K	2.67	3.50	2.67	3.50	3.17	3.00
L	2.50	3.00	2.50	3.00	2.83	3.00
M	2.17	2.83	2.17	2.83	2.83	3.33
N	2.17	2.67	2.17	2.67	2.67	3.33
O	2.33	3.00 <sup>f</sup>	2.33	3.00	2.67	3.33
P	3.00	3.17	3.00	3.17	2.67	3.50
Q	2.67	3.50	2.67	3.50	2.83	3.50
R	2.17	3.37	2.17	3.37	2.67	3.33

Table 10-2. Quality evaluation in *Agaricus bisporus* treated with quality preservatives

Treatment	After 3 day at 20°C		After 8 days at 10°C		After 12 days at 5°C	
	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability
Control	1.83	3.00	2.17	3.17	2.50	3.33
A	1.83	3.33	2.33	2.67	2.50	3.25
B	2.17	3.00	1.83	3.00	2.75	3.25
C	2.50	2.83	3.00	3.00	3.00	3.58
D	1.83	3.33	2.67	3.17	2.50	3.33
E	2.17	3.33	2.67	3.50	3.00	3.58
F	3.17	3.00	2.83	3.00	3.17	3.67
G	1.83	3.17	2.17	3.00	2.50	2.83
H	2.83	3.00	2.67	3.17	2.50	3.33
I	2.33	3.33	2.83	2.83	3.00	3.00
J	2.00	3.17	2.33	2.67	2.50	3.50
K	2.33	3.17	2.67	2.83	2.67	3.33
L	2.00	3.17	2.67	3.17	2.83	3.33
M	2.17	3.00	2.83	3.00	2.50	3.17
N	2.51	2.83	2.50	2.50	3.00	2.50
O	2.00	3.17	2.67	3.00	2.83	3.25
P	2.33	2.83	2.83	3.00	2.50	3.25
Q	2.67	3.33	2.67	3.50	3.00	3.17
R	2.33	3.17	2.67	3.33	2.50	3.08



Table 10-3. Quality evaluation in *Lentinus edodes* treated with quality preservatives

Treatment	After 5 days at 20°C		After 9 days at 10°C		After 15 days at 5°C	
	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability	Off-flavor	Overall-acceptability
Control	1.50	3.50	1.33	3.17	1.83	4.00
A	2.00	3.67	1.50	3.33	2.33	4.25
B	2.17	3.50	1.83	3.50	2.50	4.50
C	3.00	3.67	2.33	3.00	2.17	4.33
D	1.83	3.50	1.67	3.17	2.17	4.25
E	2.17	3.33	2.00	3.17	2.33	4.33
F	3.33	3.50	3.00	3.17	3.33	4.42
G	2.00	3.50	2.33	3.17	1.50	3.92
H	2.50	3.50	2.33	3.00	2.75	4.17
I	2.50	3.50	3.00	3.17	2.83	4.33
J	2.17	3.50	2.50	2.83	2.50	4.25
K	2.50	3.33	2.50	3.00	2.83	4.08
L	2.00	3.00	1.83	3.17	2.83	4.25
M	1.83	3.17	2.00	3.33	2.00	4.17
N	2.17	3.17	2.17	3.17	2.33	4.33
O	1.83	3.50	2.00	2.83	2.33	4.33
P	1.83	3.50	1.83	3.00	2.33	4.25
Q	1.67	3.67	2.17	3.83	2.83	4.08
R	1.83	3.50	1.67	3.83	2.17	4.25

*Pleurotus ostreatus*

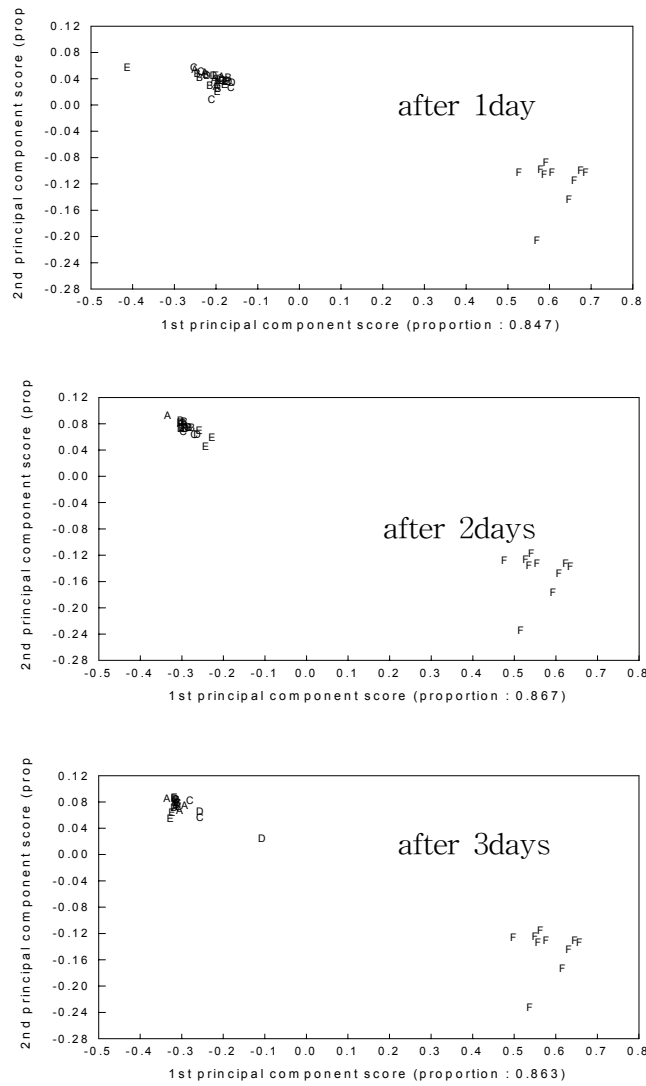


Fig. 21-1. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 20°C

- A : Control (MAP mushroom without treatment)
- B : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough
- C : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough
- D : MAP mushroom with Green tea dough
- E : MAP mushroom with charcoal
- F : Fresh mushroom

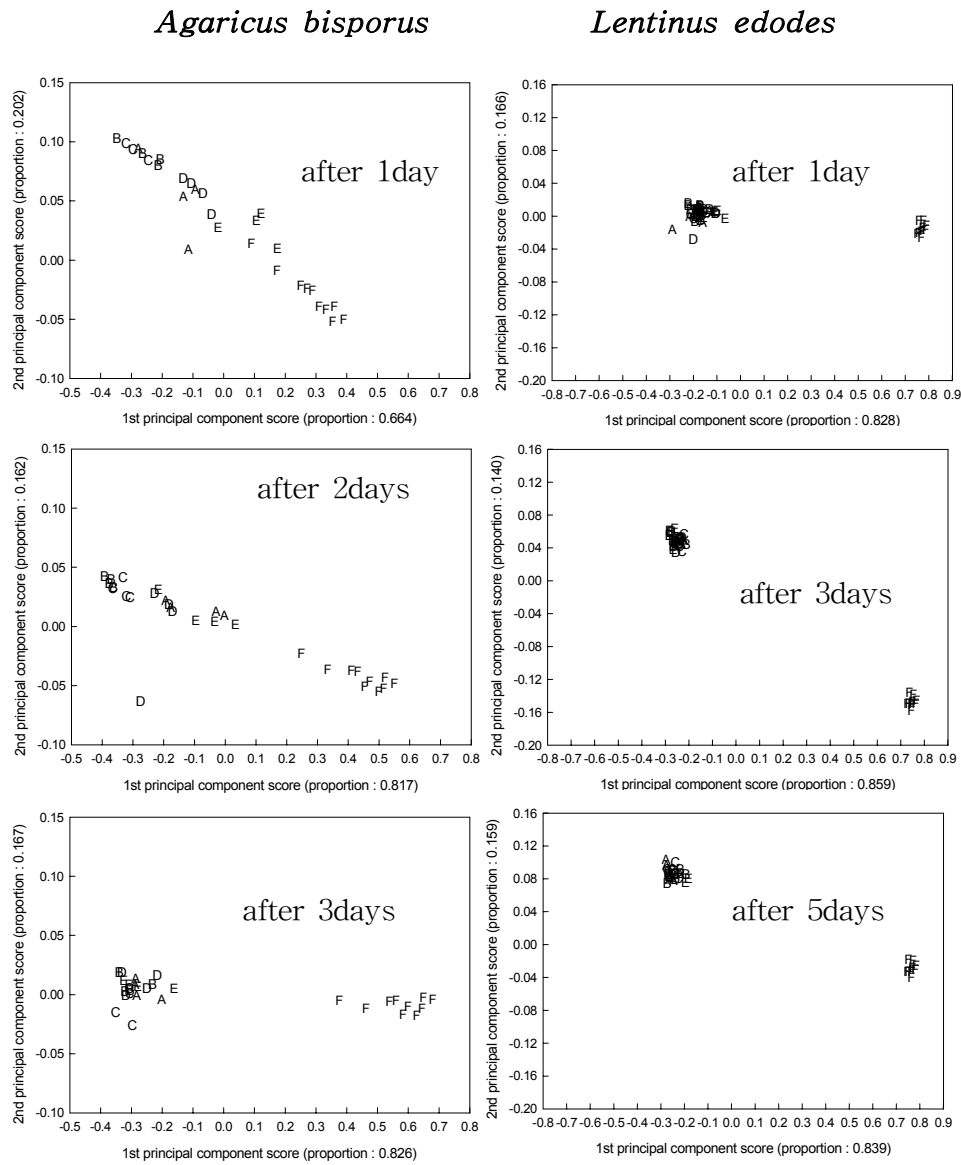


Fig. 21-2. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 20°C

- |     | <i>Agaricus bisporus</i>                            | <i>Lentinus edodes</i>          |
|-----|---|---------------------------------|
| A : | Control(MAP mushroom without treatment)             |                                 |
| B : | MAP mushroom with <i>Astemisia princeps</i> dough   |                                 |
| C : | MAP mushroom with <i>Astemisia capillaris</i> dough |                                 |
| D : | MAP mushroom with green tea dough                   | MAP mushroom with ginseng dough |
| E : | MAP mushroom with sorbitol                          |                                 |
| F : | Fresh mushroom                                      |                                 |

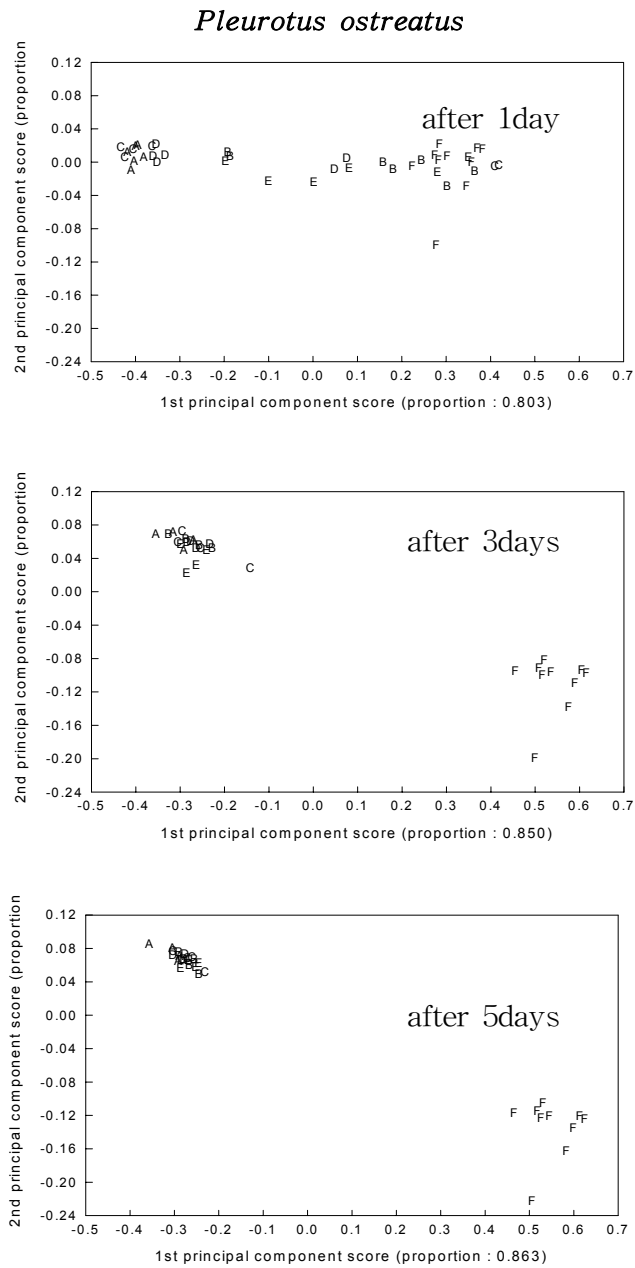


Fig. 22-1. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 10°C

*Agaricus bisporus*

*Lentinus edodes*

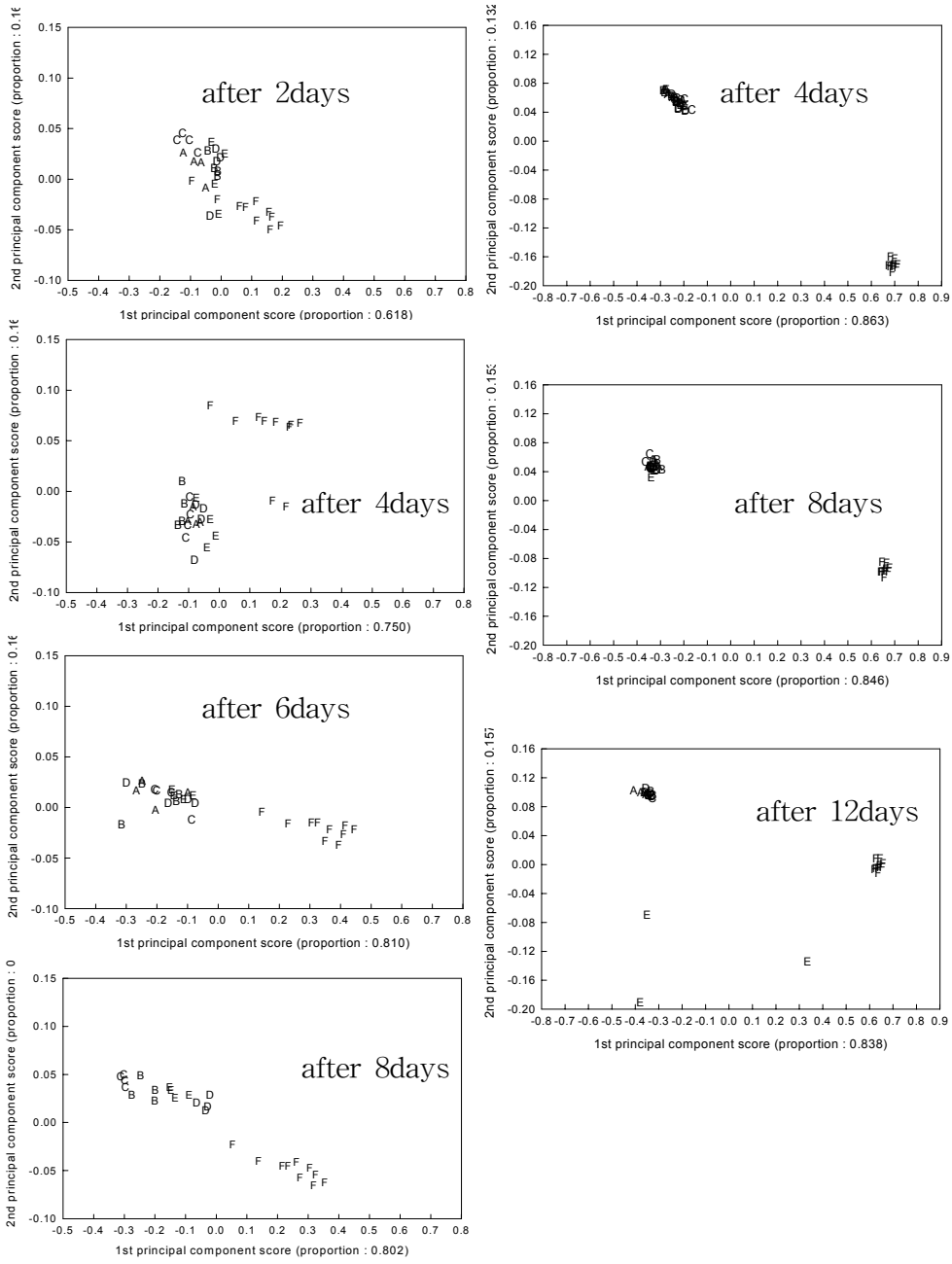


Fig. 22-2. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 10°C

*Pleurotus ostreatus*

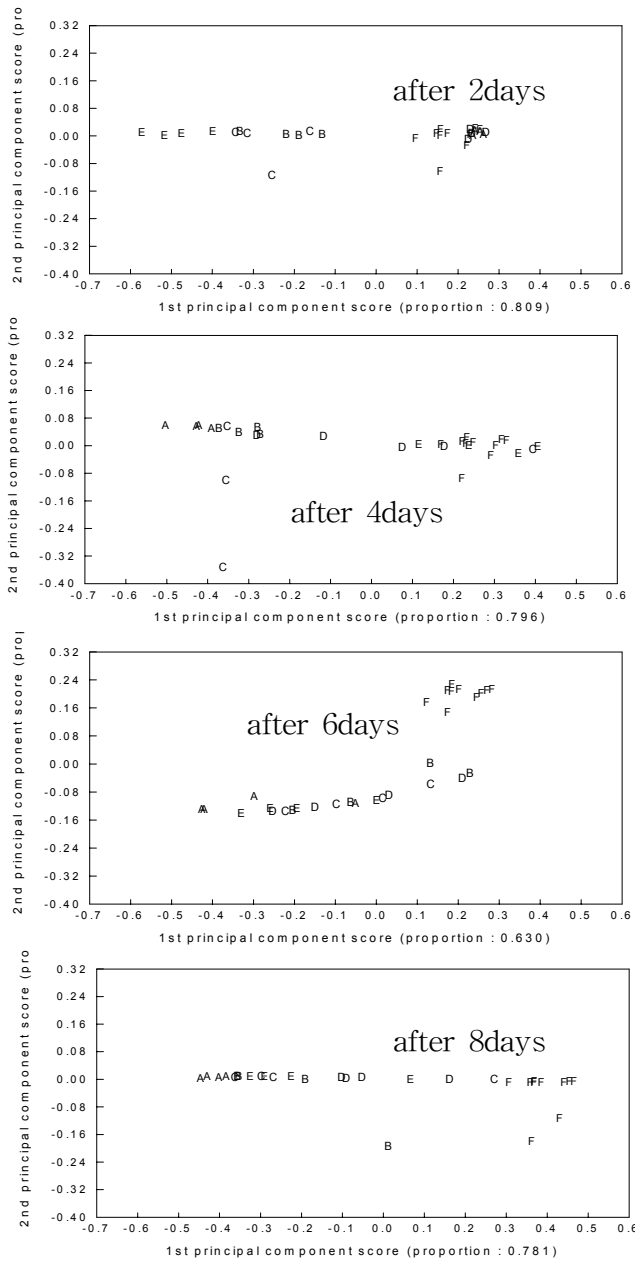


Fig. 23-1. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 5°C

*Agaricus bisporus*

*Lentinus edodes*

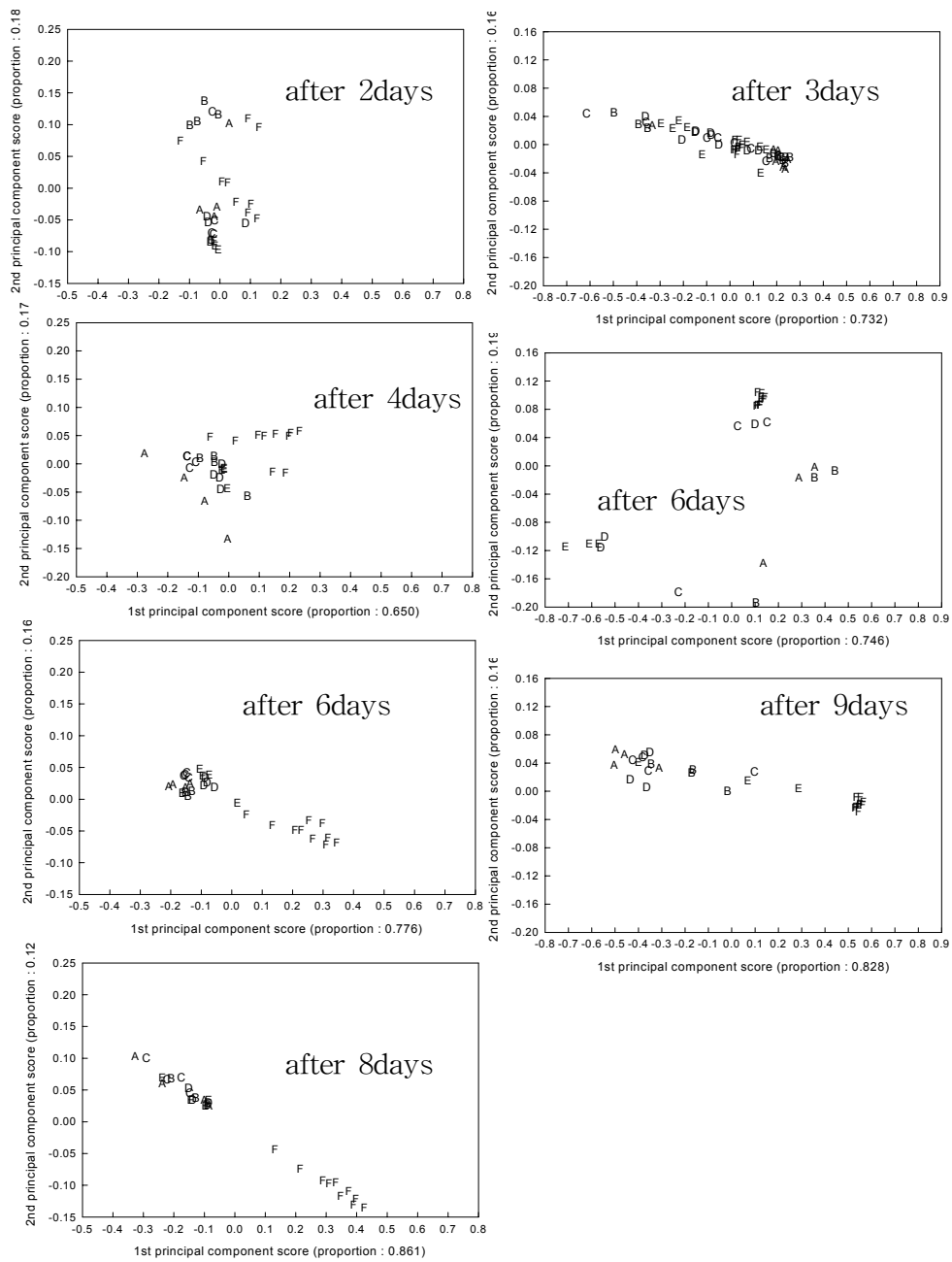


Fig. 23-2. Principal component analysis for MAP mushroom stored at 5°C

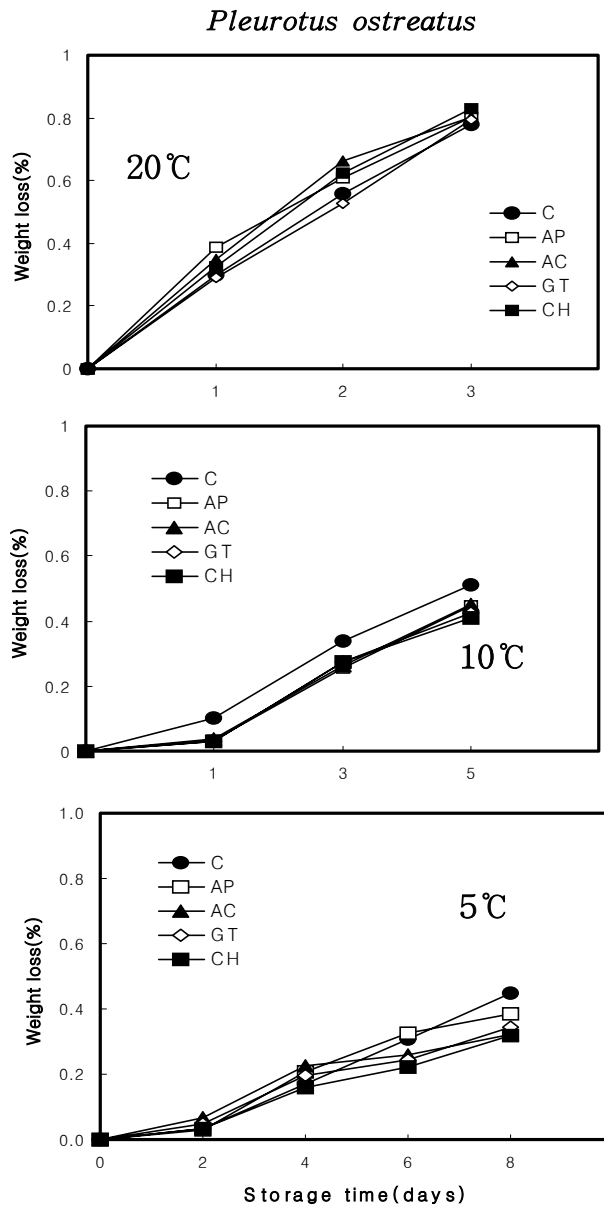


Fig. 24-1. Changes in weight losses of MAP mushroom during storage

C : Control (MAP mushroom without treatment)  
 AP : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough  
 AC : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough  
 GT : MAP mushroom with Green tea dough  
 CH : MAP mushroom with charcoal



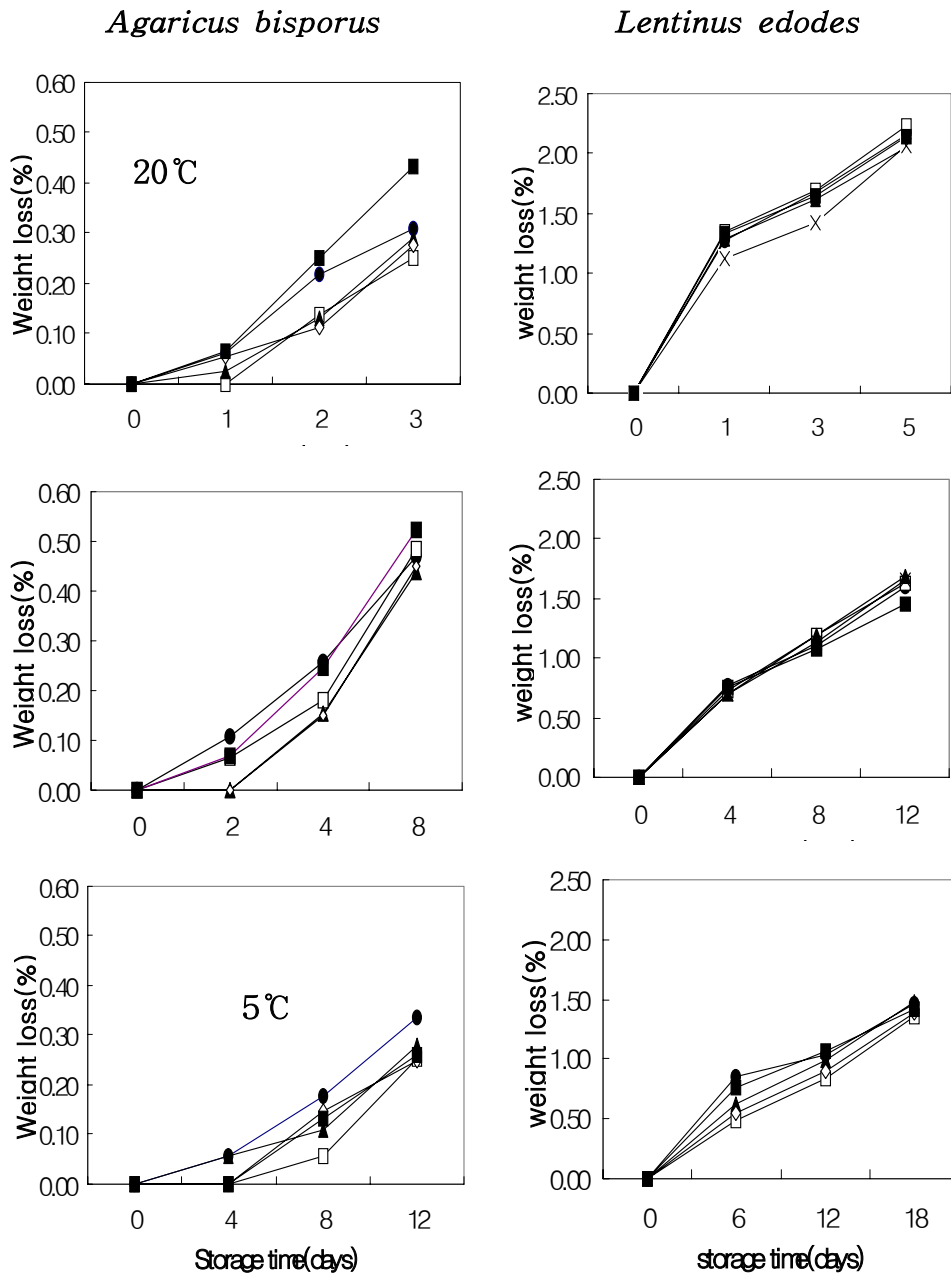


Fig. 24-2. Changes in weight losses of MAP mushroom during storage

- |   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
|   | <i>Agaricus bisporus</i>                            | <i>Lentinus edodes</i>            |
| ● | Control(MAP mushroom without treatment)             |                                   |
| □ | MAP mushroom with <i>Astemisia princeps</i> dough   |                                   |
| ▲ | MAP mushroom with <i>Astemisia capillaris</i> dough |                                   |
| ◇ | MAP mushroom with green tea dough                   | ×-MAP mushroom with ginseng dough |
| ■ | MAP mushroom with sorbitol                          |                                   |

*Pleurotus ostreatus*

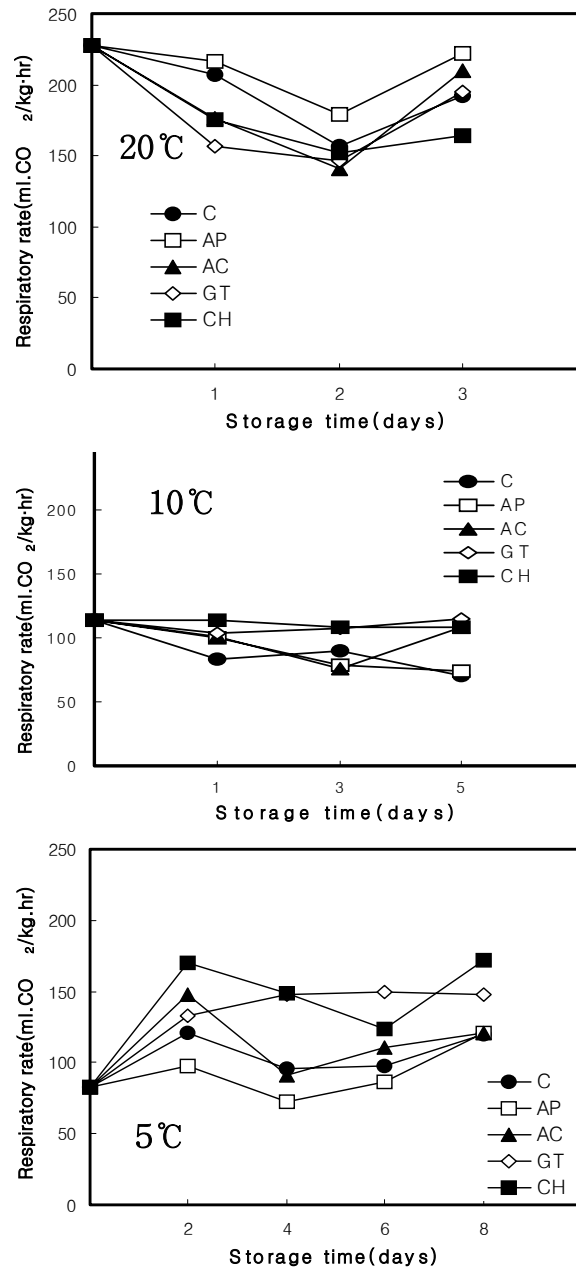


Fig. 25-1. Changes in respiratory rate of MAP mushroom during storage

- C : Control (MAP mushroom without treatment)
- AP : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough
- AC : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough
- GT : MAP mushroom with Green tea dough
- CH : MAP mushroom with charcoal

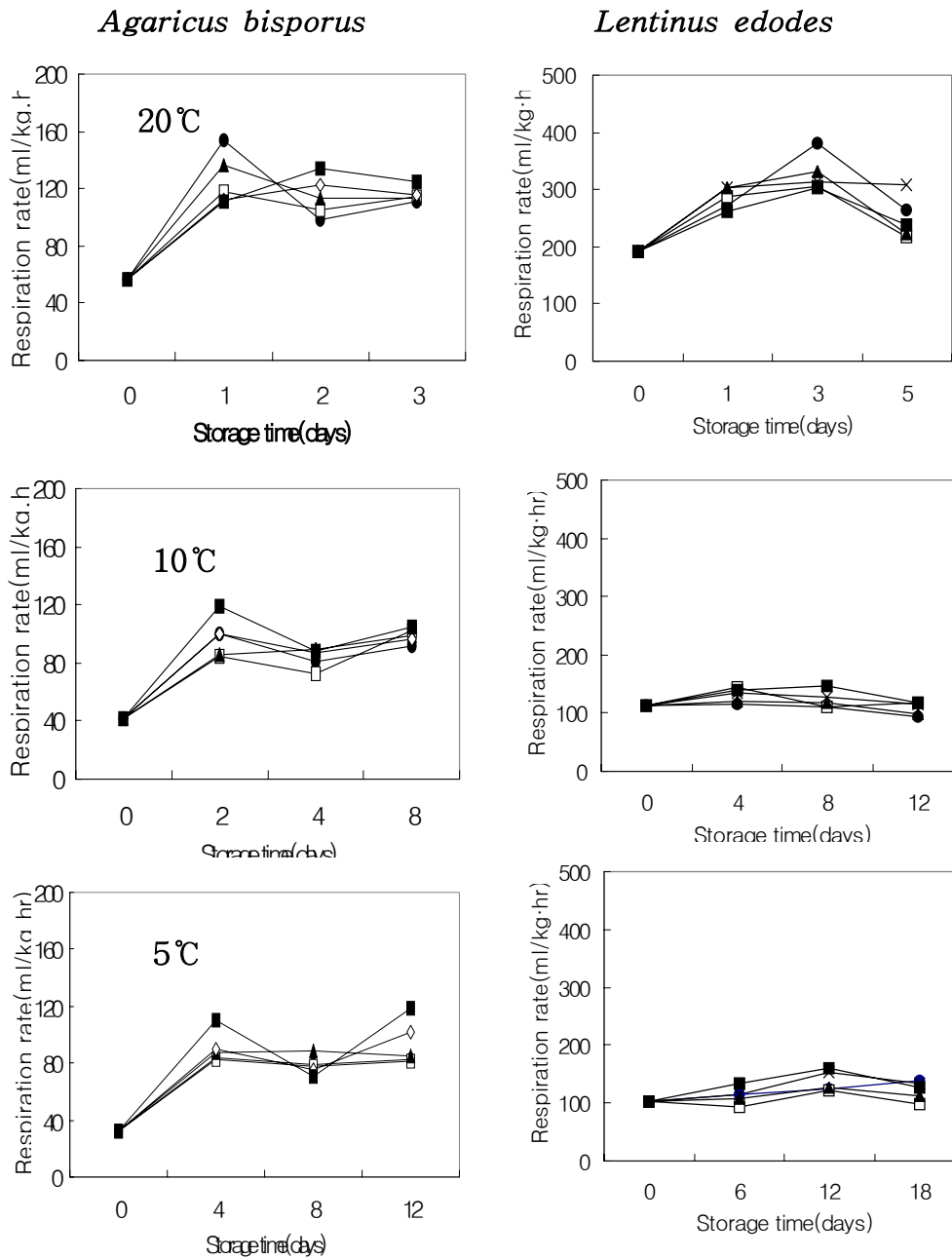


Fig. 25-2. Changes in respiration rate of MAP mushroom during storage

- C : Control (MAP mushroom without treatment)
- AP : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough
- AC : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough
- GT : MAP mushroom with Green tea dough
- CH : MAP mushroom with charcoal

*Pleurotus ostreatus*

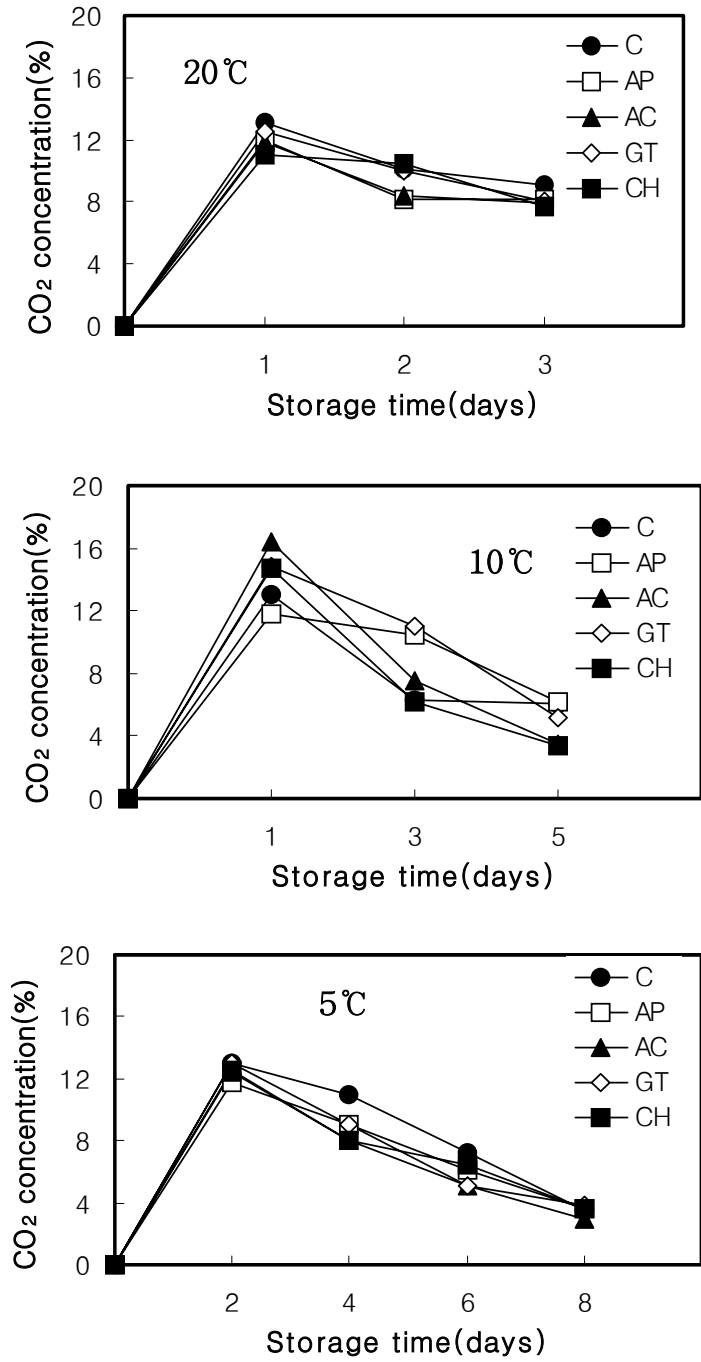


Fig. 26-1. Changes in CO<sub>2</sub> concentration of MAP mushroom during storage.

*Agaricus bisporus*

*Lentinus edodes*

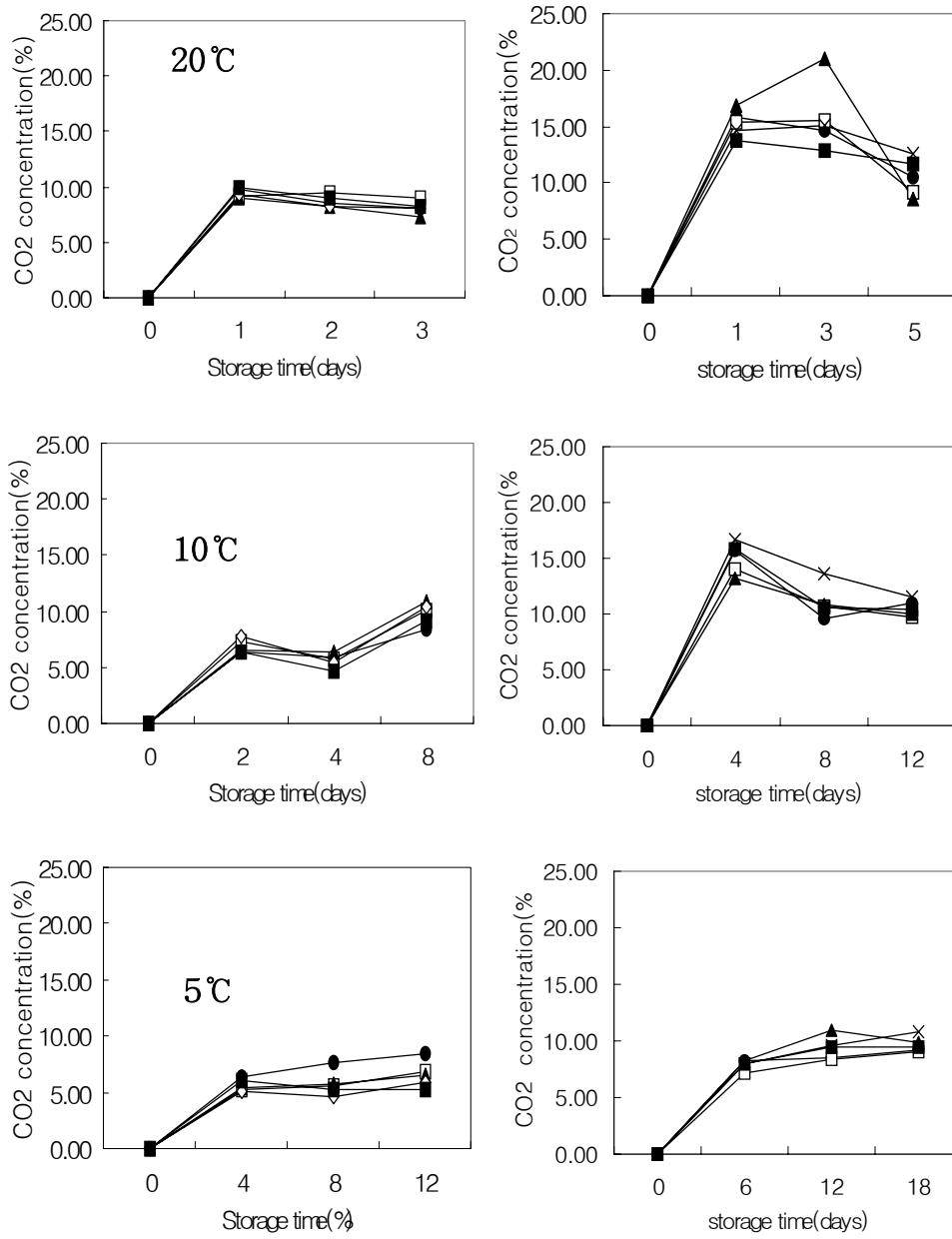


Fig. 26-2. Changes in CO<sub>2</sub> concentration of MAP mushroom during storage.

*Pleurotus ostreatus*

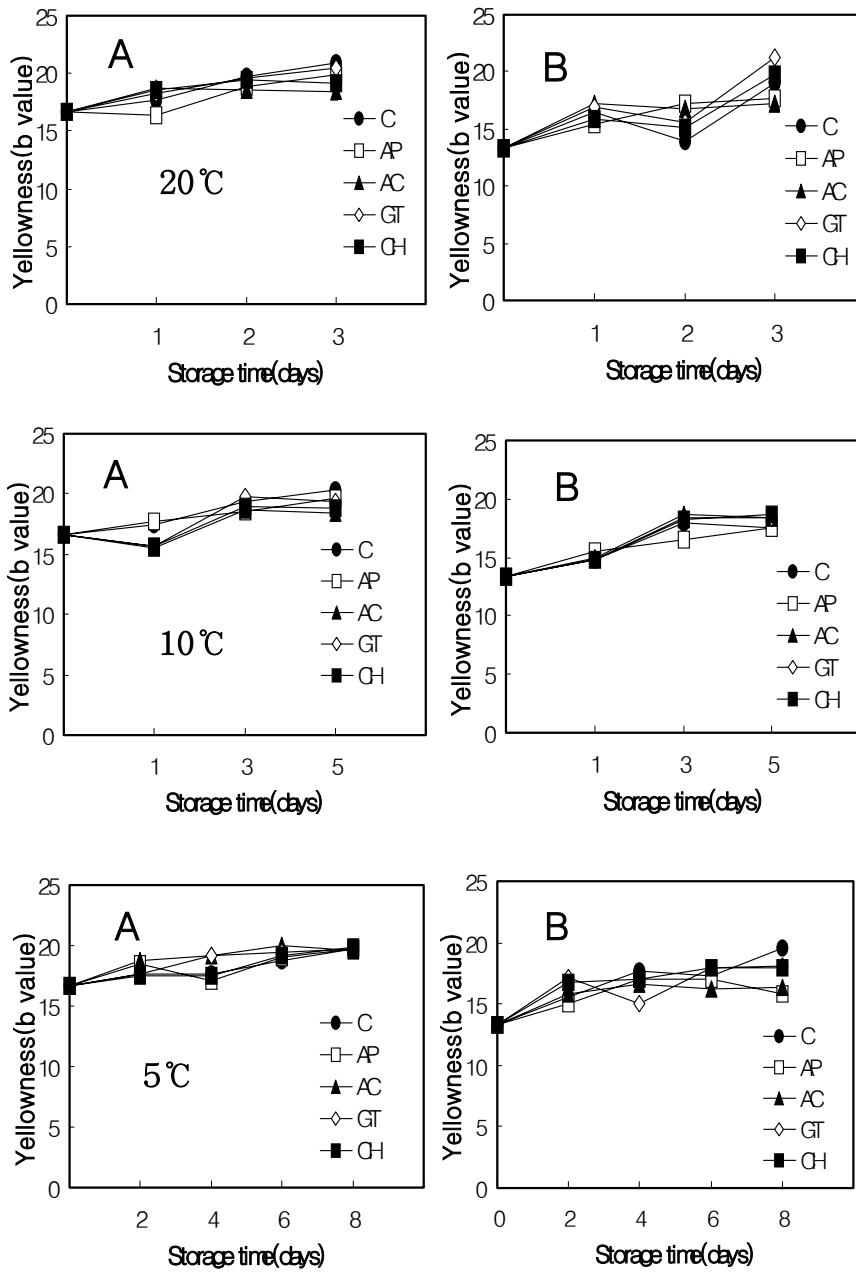


Fig. 27. Changes in color (Hunter b value) of MAP *Pleurotus ostreatus* during storage

A : Cap of mushroom(*Pleurotus ostreatus*)

B : Stipe of mushroom(*Pleurotus ostreatus*)

Table 11-1. Changes in color of MAP *Agaricus bisporus* during storage

		무처리	약쭈	인진쭈	녹차	sorbitol	
초기치	L	78.73	78.73	78.73	78.73	78.73	
	a	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	
	b	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	
20℃	L	79.20	80.68	78.77	77.80	77.80	
	1회	a	4.12	3.92	4.38	4.86	4.49
		b	18.87	18.76	19.21	19.91	19.81
	2회	L	78.59	78.59	76.74	77.88	75.84
		a	4.48	4.38	4.89	4.54	4.93
	b	19.49	19.19	20.49	19.97	20.85	
3회	L	76.57	72.58	72.94	76.04	75.08	
	a	4.69	5.90	5.53	4.73	4.93	
	b	21.33	23.58	22.57	21.45	21.17	
10℃	L	75.54	77.09	76.47	77.12	75.18	
	1회	a	5.22	4.94	5.18	5.00	5.80
		b	20.51	20.08	20.51	20.12	21.74
	2회	L	72.33	74.03	74.52	77.07	73.70
		a	5.74	5.43	5.44	4.62	5.94
	b	20.66	20.65	21.46	19.83	22.38	
3회	L	70.61	67.58	69.11	66.96	56.37	
	a	5.21	5.65	5.48	5.73	8.13	
b	21.60	21.91	21.61	22.28	25.07		
5℃	L	71.52	73.20	72.64	74.28	73.83	
	1회	a	6.29	5.98	6.00	5.63	5.58
		b	23.17	22.75	22.58	21.43	21.58
	2회	L	73.54	69.49	67.63	67.78	67.79
		a	4.93	5.70	5.88	6.47	5.98
	b	21.19	22.96	22.77	23.16	23.72	
3회	L	67.11	68.62	68.03	68.30	69.99	
	a	5.05	5.69	5.81	5.80	5.53	
b	22.92	22.92	22.07	21.88	21.36		

Table 11-2. Changes in color of MAP *Lentinus edodes* during storage

		무처리	약쭈	인진쭈	인삼	sorbitol	
초기치	L	44.61	44.61	44.61	44.61	44.61	
	a	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	
	b	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44	
20℃	1회	L	48.16	46.81	46.29	48.33	46.18
		a	10.05	9.04	8.53	8.54	9.34
		b	20.97	19.03	18.68	18.91	19.85
	2회	L	49.03	47.05	48.12	46.62	47.17
		a	9.17	9.06	9.47	9.71	9.36
		b	19.40	19.74	20.45	20.59	20.12
3회	L	46.55	46.68	47.20	47.15	45.32	
	a	9.37	9.23	9.19	9.07	9.45	
	b	20.18	19.82	19.57	20.04	19.75	
10℃	1회	L	46.30	47.01	47.21	47.58	47.76
		a	8.87	8.76	9.34	9.38	9.39
		b	18.78	18.35	19.48	19.89	19.30
	2회	L	46.86	47.19	46.80	48.45	46.99
		a	8.94	8.96	8.92	9.27	9.38
		b	19.37	19.75	18.43	20.78	19.78
	3회	L	46.26	46.32	40.43	430.34	44.78
		a	9.43	9.75	9.72	9.34	9.61
		b	19.71	20.38	17.28	18.76	19.57
5℃	1회	L	46.37	47.27	48.14	48.14	46.09
		a	9.31	9.60	9.23	9.24	9.25
		b	19.47	19.22	19.42	19.42	18.90
	2회	L	48.49	44.93	45.06	47	48.35
		a	9.87	9.35	10.00	9.44	9.42
		b	21.11	18.70	19.99	20.04	19.86
	3회	L	46.80	47.30	48.44	49.94	48.52
		a	9.41	8.96	9.28	8.94	9.28
		b	19.52	19.79	20.52	20.62	21.09



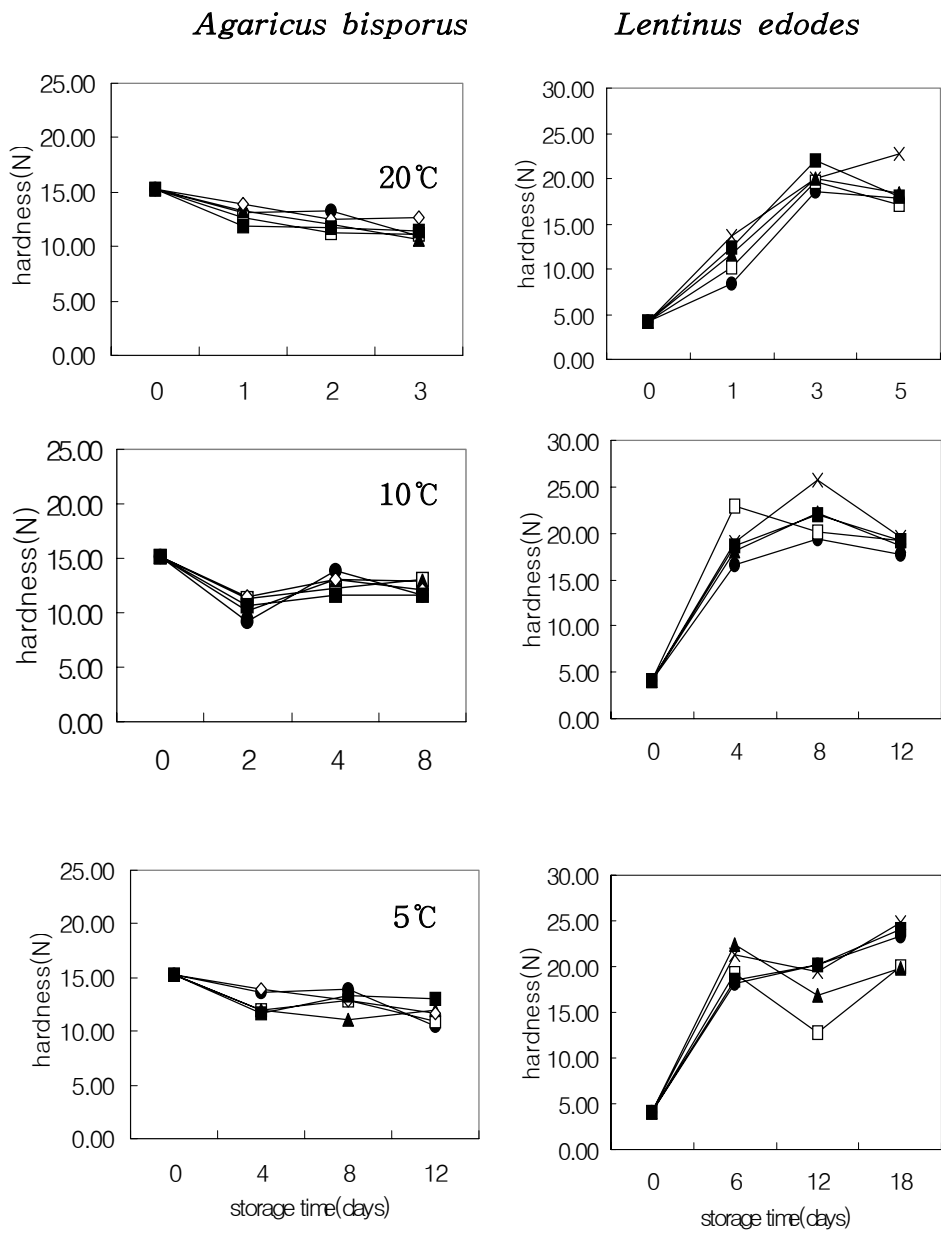


Fig. 28. Changes in hardness of MAP mushroom during storage. (unit : N)

*Pleurotus ostreatus*

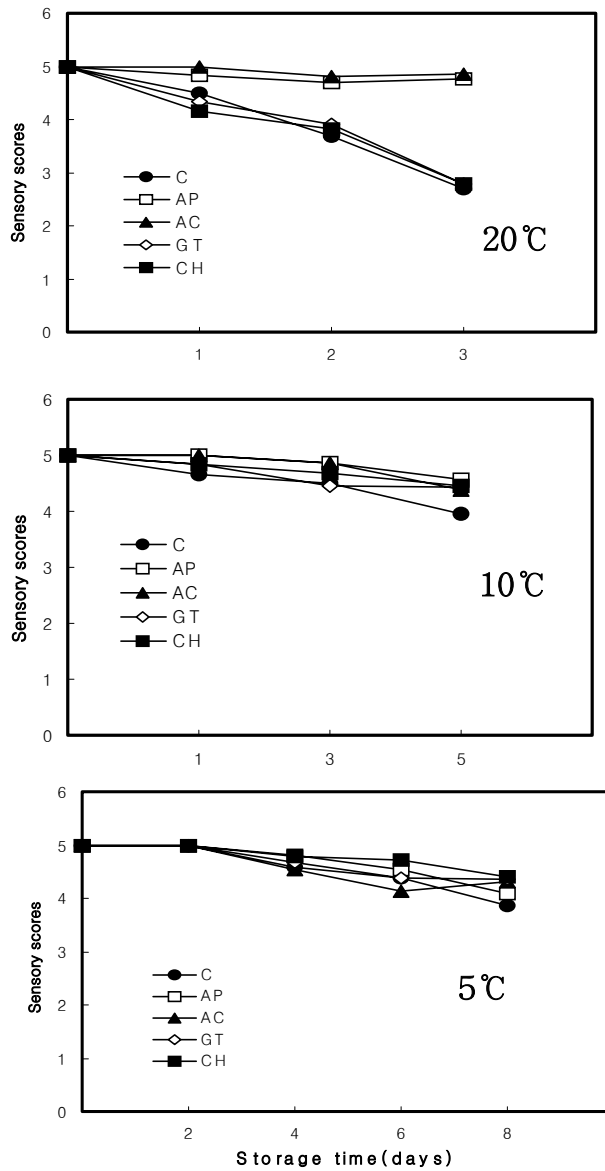


Fig. 29. Change in microbial contamination of MAP mushroom during storage

- C : Control (MAP mushroom without treatment)
- AP : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough
- AC : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough
- GT : MAP mushroom with Green tea dough
- CH : MAP mushroom with charcoal

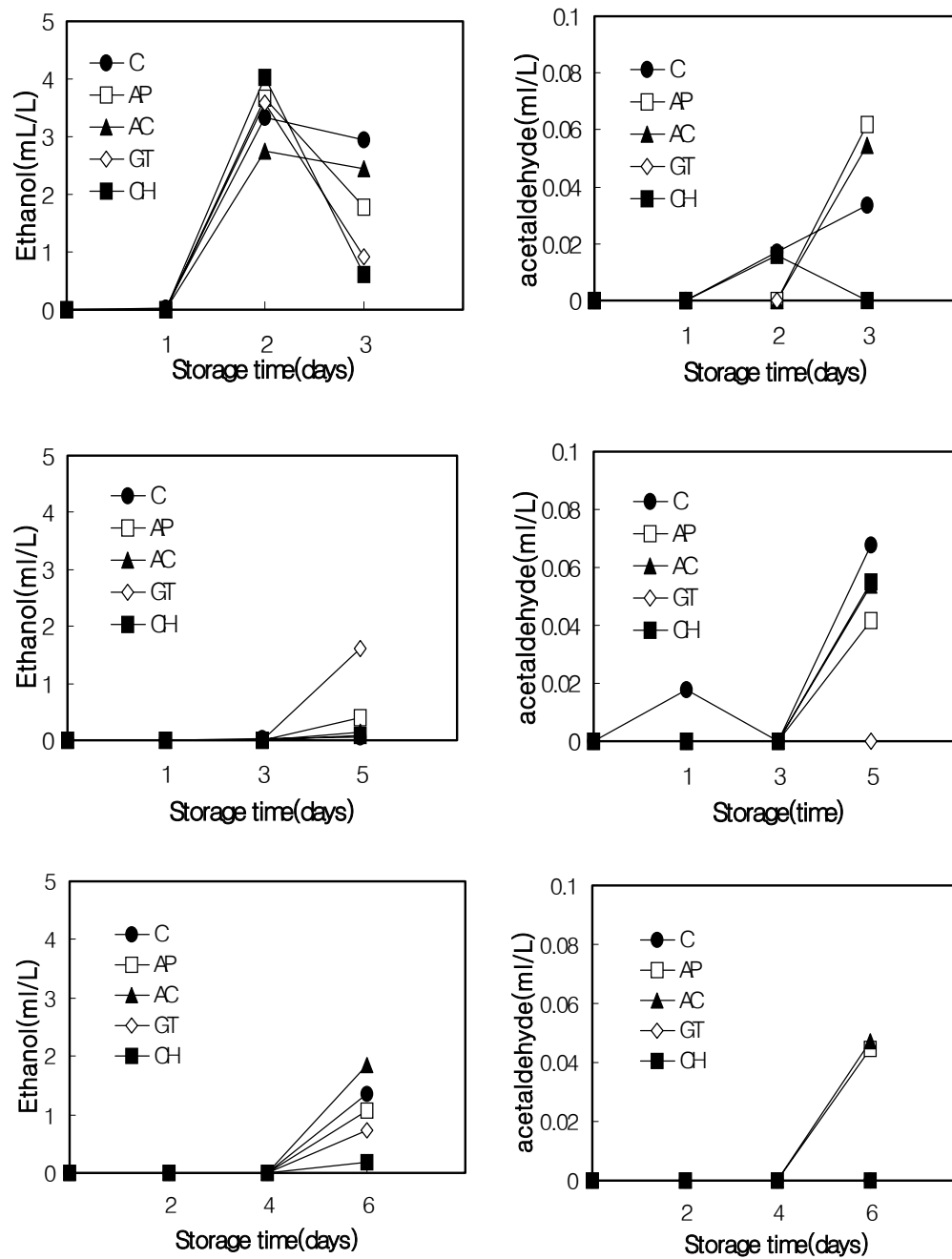


Fig. 30-1. Change in contents of ethanol and acetaldehyde produced by MAP *Pleurotus ostreatus* during storage.

*Agaricus bisporus*

*Lentinus edodes*

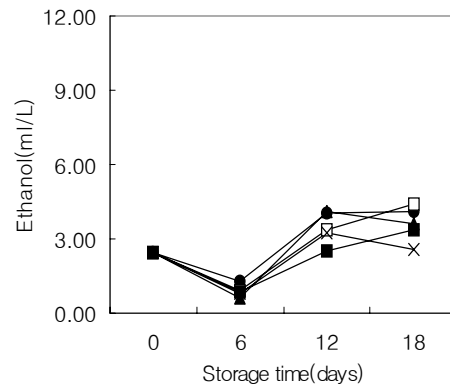
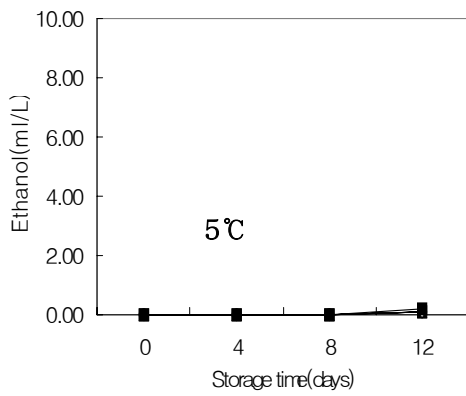
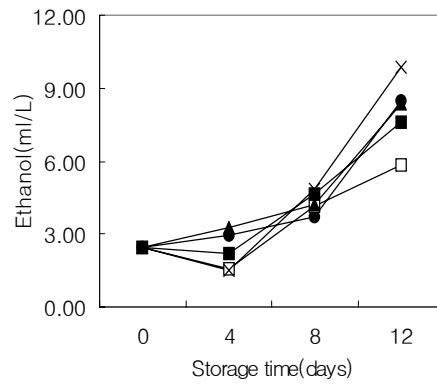
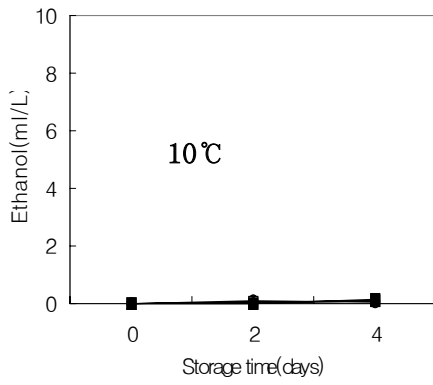
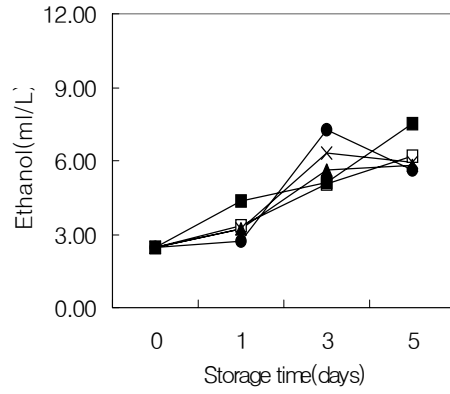
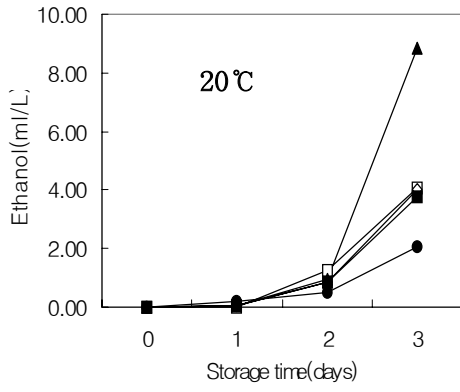


Fig. 30-2. Change in contents of ethanol produced by MAP mushroom during storage.

*Agaricus bisporus*

*Lentinus edodes*

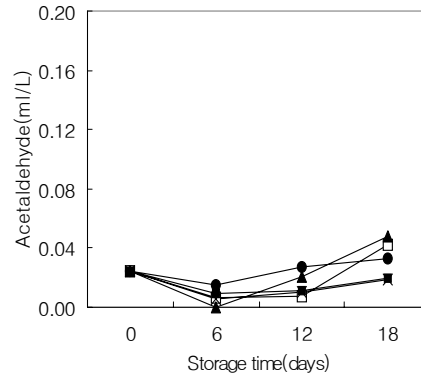
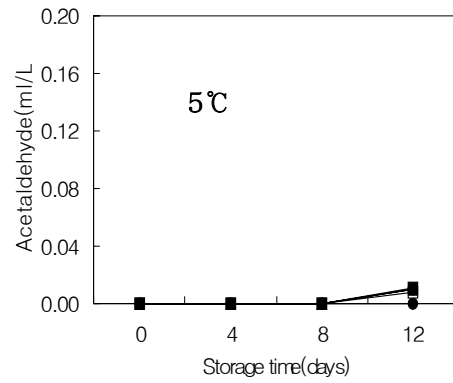
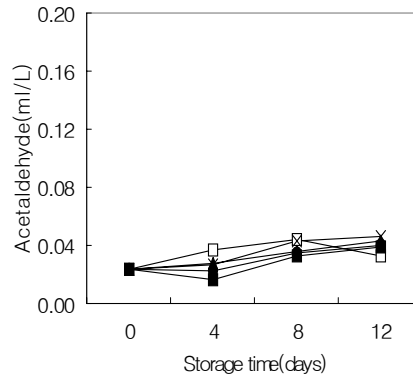
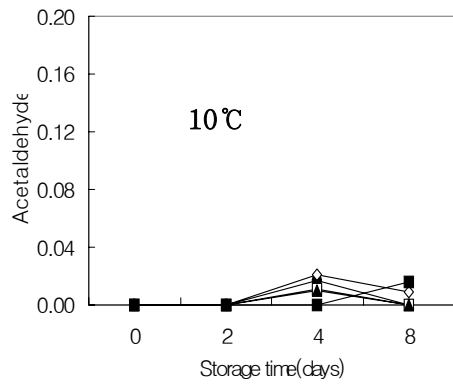
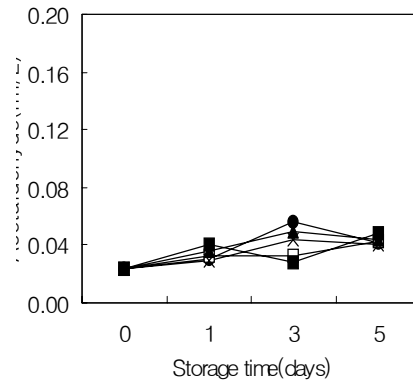
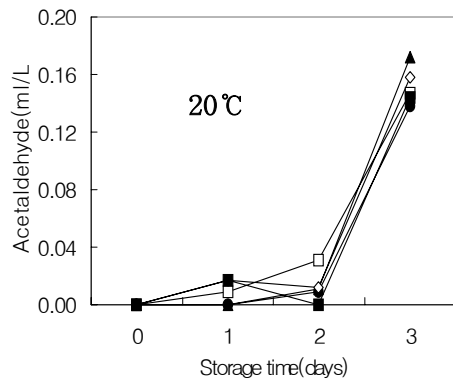


Fig. 30-3. Change in contents of acetaldehyde produced by MAP mushroom during storage.

## 제 3절 수확시기에 따른 버섯의 저장력 조사

### 1. 연구수행 방법

본 실험에 사용된 표고버섯은 2001년 경기도 화성군에서, 양송이버섯은 2001년 도 충남 부여에서, 느타리버섯은 2001년 경기도 여주군 버섯 재배농가에서 수확한 것을 사용하였으며, 갓이 개열 되지 않은 신선한 상태의 버섯만을 선별하여 이용하였다. 각 버섯류의 형태를 보존하기 위해 tray (13×13×5 cm)를 사용해 소단위 포장 100±2 g (film 포장: 20×30 cm)으로 하여 처리온도 0, 5, 10 및 20℃에 저장한 후 저장 수명을 관찰하였다. 사용한 포장 film은 PE (60 μm), Ceramic film (Zeolite 5%), EVA (Ethylene vinyl acetate 8%) 및 Wrap (LLD-PE) 4종류로 하였다.

### 2. 연구수행내용 및 결과

수확시기별 저장수명에 대한 느타리버섯의 실험결과는 다음과 같다. 여름철에 품질 평가를 실시한 결과 각 온도별로 PE와 EVA 처리구가 저장 수명 연장 효과가 높았다. 색도 및 이취의 경우 wrap 처리구가 다른 film 처리구에 비해 비교적 좋은 결과를 보였지만 조직이 위축되었고 곰팡이의 발생으로 인해 전체적인 상품성은 다른 film 처리구보다 낮게 나타났다. 저장 온도별 저장 수명은 0℃에서 5일, 5℃에서 2일, 10℃에서 2일, 20℃에서 1.7일로 나타났다. 가을철 수확한 버섯의 품질 평가를 실시한 결과 각 온도별로 film 처리구간에 큰 차이는 보이지 않았으나 0℃에서는 PE가 저장수명에 효과적이었다. 저장 온도별 저장 수명은 0℃에서 약 9.5일, 5℃에서 약 7일, 10℃에서 약 3.7일, 20℃에서 약 2일로 나타났다 (Table 12). 수확시기별 양송이버섯의 저장 수명에 대한 실험결과는 다음과 같다. 여름철에 수확한 버섯의 품질평가를 실시한 결과 느타리버섯의 경우와 마찬가지로 각 온도별로 PE와 EVA 처리구가 저장 수명에 효과적이었다. 저장 온도별 저장수명은 0℃에서 약 13일, 5℃에서 약 9일, 10℃에서 약 8일, 20℃에서 약 2일로 나타났다. 가을에 관능평가를 실시한 결과 저장 온도별 저장 수명은 0℃에서 약 14일, 5℃에서 약 10일, 10℃에서 약 9일, 20℃에서 약 2.5일로 나타났다 (Table 13). 또한, 여름철에 수확한 표고버섯은 느타리버섯, 양송이버섯과 마찬가지로 각 온도별로 PE와 EVA 처리구가 저장 수명에 효과적이었다. 저장 온도별 저장 수명

은 0℃에서 약 14일, 5℃에서 약 10일, 10℃에서 약 9일, 20℃에서 약 2.5일로 나타났다. 가을에 관능평가를 실시한 결과 저장 온도별 저장수명은 0℃에서 약 17일, 5℃에서 약 12일, 10℃에서 약 9.5일, 20℃에서 약 3.7일로 나타났다 (Table 14). 본 연구 결과, 느타리버섯의 저장중 고품질 유지를 위해서는 약쭉, 인진쭉 처리구가 미생물생장 억제에 큰 효과가 있어 대조구에 비해 고품질 유지에 효과가 있었으며, 저장 중 발생하는 이취를 최소화하기 위해서는 약쭉, 인진쭉 처리구는 그 자체의 강한 향으로 버섯의 이취를 masking하는데 반해, 녹차와 활성탄 처리구는 그 자체의 성분과 물리적 특성으로 이취성분을 포집하여 버섯의 이취를 최소화하는 것으로 사료된다. 또한, 저장수명은 여름에 저장한 버섯에 비해 가을에 저장한 버섯의 저장 수명의 연장 및 고품질 유지 효과를 나타내었다. 특히, 가을철 수확한 느타리버섯은 곰팡이 발생이 유의적으로 감소되었다.

Table 12. Storage life of *Pleurotus ostreatus* harvested in summer/autumn season and packed with different kinds of films

(days)

Season	Treatment	Temperature			
		20℃	10℃	5℃	0℃
Summer	PE	1.7 a	2.0 a	2.0 a	5.0 a
	EVA	1.7 a	2.0 a	2.0 a	5.0 a
	Ceramic	1.7 a	2.0 a	2.0 a	4.0 b
	Wrap	1.5 b	1.5 b	2.0 a	3.5 c
Autumn	PE	2.3 a	3.9 a	7.2 a	9.7 a
	EVA	1.8 b	3.9 a	7.2 a	9.0 a
	Ceramic	2.0 ab	3.1 b	7.1 a	8.6 a
	Wrap	1.3 c	2.7 c	6.6 b	9.0 a

Table 13. Storage life of *Agaricus campestris* harvested in summer/autumn season and packed with different kinds of films.

(days)

Season	Treatment	Temperature			
		20°C	10°C	5°C	0°C
Summer	PE	2.1 a	8.2 a	9.0 ab	15.0 a
	EVA	2.1 a	7.8 a	10.0 a	11.0 b
	Ceramic	2.1 a	7.0 a	9.0 ab	10.0 bc
	Wrap	2.0 a	5.2 b	7.5 c	9.0 c
Autumn	PE	2.9 a	9.0 a	11.0 a	14.3 ab
	EVA	2.2 b	9.0 a	11.0 a	15.8 a
	Ceramic	2.2 b	8.3 b	9.6 ab	12.9 b
	Wrap	2.0 b	5.6 c	8.2 b	13.5 b

Table 14. Storage life of *Lentinus edodes* harvested in summer/autumn season and packaged with different kinds of films

(days)

Season	Treatment	Temperature			
		20°C	10°C	5°C	0°C
Summer	PE	4.0 a	8.5 a	12.0 a	13.9 b
	EVA	4.0 a	9.5 a	13.7 a	18.7 a
	Ceramic	3.3 b	10.3 a	12.0 a	15.0 b
	Wrap	2.7 c	2.5 b	9.0 b	13.1 b
Autumn	PE	3.5 b	8.9 b	15.0 a	26.3 a
	EVA	3.9 a	10.6 a	15.0 a	27.0 a
	Ceramic	3.3 b	8.9 b	13.5 c	21.0 b
	Wrap	3.4 b	6.7 c	14.0 b	20.8 b





느타리 (after 3 days at 10°C)



양송이 (after 6 days at 10°C)



표고 (after 9 days at 10°C)



포장방법

- A : PE
- B : EVA
- C : Ceramic
- D : Wrap

## 제 4 절 품목별 MA 포장 기술 확립 및 실용화

### 1. 연구수행방법

본 실험에 사용한 표고버섯은 2003년 충남 천안에서, 양송이버섯은 2003년 충남 부여에서, 느타리버섯은 2003년 경기도 광주에서 수확한 것을 선별하여 실험에 사용하였으며, 약쭉 및 인진쭉은 서울 소재 경동시장 한약상가에서 구입하여 실험에 사용하였다. 한편 저장 실험을 위해 사용한 포장재는 ethylene vinyl acetate (EVA, 2% EVA over LDPE) 필름을 구입하여 사용하였다. 사용된 필름의 두께 및 투과율은 Table 15와 같다.

Table 15. Thickness and oxygen transfer rate of ethylene vinyl acetate (EVA)

Film	Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Transfer rate ( $\text{cc}/\text{m}^2\text{days}$ )
EVA	60	0.097 $\pm$ 0.0076

각 처리제는 일정량씩 (예비실험을 거쳐 선별) plastic cup (diameter: 5.5 cm, height: 3.0 cm)에 담아 버섯과 함께 밀봉 포장하여 사용하였다. 각 처리제의 종류 및 효과는 Table 16과 같으며 그 제조 방법은 다음과 같다.

반 죽 (Dough) : 약쭉, 인진쭉은 음건한 것을 구입하여, 분쇄기 (Hanil, FM-681, Korea)로 분쇄하고, 표준체 30 mesh (Chung-gye Industrial, Korea)로 체를 친 다음 균질한 분말시료를 사용하였다. 각 시료 분말에 일정량의 증류수 (약쭉 :  $\text{H}_2\text{O}$ =1:3, 인진쭉 :  $\text{H}_2\text{O}$ =1:2)를 가해 반죽하여 사용하였다. 그 양은 약쭉, 인진쭉 분말은 각각 2 g (버섯 중량의 2%)씩 사용하였다.

Table 16. List and effect of treatment for high quality of *Pleurotus ostreatus* in modified atmosphere packaging

Treatment	Effect
<i>Astemisia princeps</i> (약쭈, dough)	Deodorization Antimicrobial
<i>Astemisia capillaris</i> (인진쭈, dough)	Deodorization Antimicrobial



선별된 버섯은 두께가 0.06 mm 인 EVA 필름 pouch (20×30 cm)에 버섯 100±2 g씩을 담고 각 품질처리제가 담긴 plastic cup과 함께 밀봉하여 5, 10℃의 저온저

장고에 저장하면서 일정 기간 간격으로 시료를 채취하여 관능검사 및 분석실험에 사용하였다. 품질보전을 위한 처리구와 함께 밀봉된 느타리버섯의 관능적 품질 평가를 위하여 버섯 전문가로 구성된 panel 3명에 의해 관능평가를 실시하였다. 점수는 5점 척도법으로 색 (color), 모양 (shape), 조직감 (texture), 버섯 고유의 향 (fresh flavor), 이취 (off-flavor), 전반적인 기호도 (overall-acceptability)의 각 항목에 대하여 검사하였다. 버섯의 저장 중 고품질 유지를 위한 처리구 중 관능 검사결과 이취제거에 효과적인 처리구 2가지를 선별하여 대조구 (무처리한 MAP 버섯)와 함께 저장중의 생리화학적 변화를 분석실험하였다. 중량감소율은 저장 초기의 중량의 대한 일정 저장기간 경과 후 감소된 중량의 백분율로 나타내었다. PE 필름 대내의 이산화탄소농도 및 산소농도 측정은 oxygen analyzer (IJIMA products. M.F.G. co. ltd. Japan)로 측정하였다. 버섯의 표면을 색차계 (Minolta chromameter CR-200, Japan)을 이용하여 측정하였으며 각 시료를 무작위로 선택하여 10회 측정하여 평균값을 계산하였다.

## 2. 연구수행 내용 및 결과

저장기간에 따른 버섯의 저장 온도별 중량감소율을 조사한 결과는 Fig. 32, 39, 44와 같다. 10℃ 및 5℃에서 저장 전 기간에 걸쳐 대조구의 중량감소율이 MAP 처리구보다 높았으며, MAP 처리구간의 중량감소율 차이는 미미하였다. 버섯의 저장 중 각 온도에 따른 포장내의 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 31, 38, 43과 같다. 각 처리구 모두 급격한 CO<sub>2</sub> 증가 및 O<sub>2</sub> 감소를 보였다. CO<sub>2</sub> 함량 변화는 표고버섯과 느타리버섯의 경우 10℃에서 저장기간동안 10~16%로 급격히 증가한 후 그 함량을 유지하였으며, 양송이버섯에 있어서는 6~9% 함량을 나타내었다. 5℃ 역시 10℃와 비슷한 결과를 보였다. O<sub>2</sub> 함량 변화는 CO<sub>2</sub> 함량과는 반대로 전 처리구가 저장 초기 1%이하의 급격한 감소를 보인 후 전체 저장기간 동안 1%이하의 일정한 수준을 유지하였다. 버섯의 MAP 저장 중 유지된 산소농도 1% 수준은 Kader와 Morris에 의하면 버섯이 정상적인 호기호흡을 유지하는데 필요한 최소 산소 농도에 달하는 낮은 수준이었고, 일반적으로 식물체의 호흡속도는 산소 농도에 비례한다는 점을 고려하면 이는 버섯의 호흡을 상당히 둔화시켜 저장성을 향상시킬 수 있는 결과로 판단된다. 그러나 산소 농도 1-3% 수준에서는 버섯조직의 일부가 호기호흡에서 혐기호흡으로 전환되어 acetaldehyde와 CO<sub>2</sub> 궁극적으로는 ethanol이 생성되며 또한 산소농도 1%에서는 혐기성 미생물이 생육할 수 있는 수준이다. 본 실험에서도 포장개봉시 ethanol 이취가 발생되었는데,

이는 버섯의 혐기적 호흡에 기인한 것으로 사료된다. 식물체의 호흡은 산소뿐만 아니라 이산화탄소 농도에 의해서도 영향을 받으며 농도가 높으면 호흡 속도가 둔화된다고 알려져 있다. 그러나 내부의 CO<sub>2</sub> 함량이 높아질 경우, 품질 보존 능력은 뛰어나나 혐기적 상태 지속시엔 혐기적 호흡 및 생리장애가 나타난다고 보고하였다. Kader와 Morris는 버섯류가 CO<sub>2</sub> injury를 받지 않는 최대 이산화탄소 농도가 20%라고 하였는데, 본 연구에서는 전 처리구에서 이러한 CO<sub>2</sub> 장애를 받는 한계 농도까진 도달하지 않은 것으로 조사되었다. 버섯의 품질저하 요인 중 하나인 색변화 정도를 측정된 결과, 느타리버섯의 경우 L 값과 b 값은 저장기간에 따라 증가하였으며, a 값은 감소하였다 (Fig. 33~36). 표고버섯에 있어서도 느타리버섯과 같은 경향을 나타내었다 (Fig. 40, 41). 반면, 양송이버섯에 있어서는 L 값은 감소하였으며, a 값과 b 값은 초기에 비해 증가하였다 (Fig. 45, 46). 모든 버섯에서 콜판지의 경우, 초기치에 비해 품질변화가 가장 크게 나타났으며, 나머지 MAP 처리구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 관능평가를 통한 (Fig. 37, 42, 47) 각 버섯의 저장조건에 따른 저장수명은 다음 Table 17과 같다.

Table 17. 버섯의 저장조건에 따른 저장수명 (day)

Treatment	5℃				10℃			
	콜판지	EVA	EVA +약쭉	EVA +인진쭉	콜판지	EVA	EVA +약쭉	EVA +인진쭉
표 고	11	18	18	18	7	12	12	12
느타리	3	9	9	9	2	4	4.5	4.5
양송이	7	13	13	13	5	9	9	9



( 느 타 리 버 섯 )



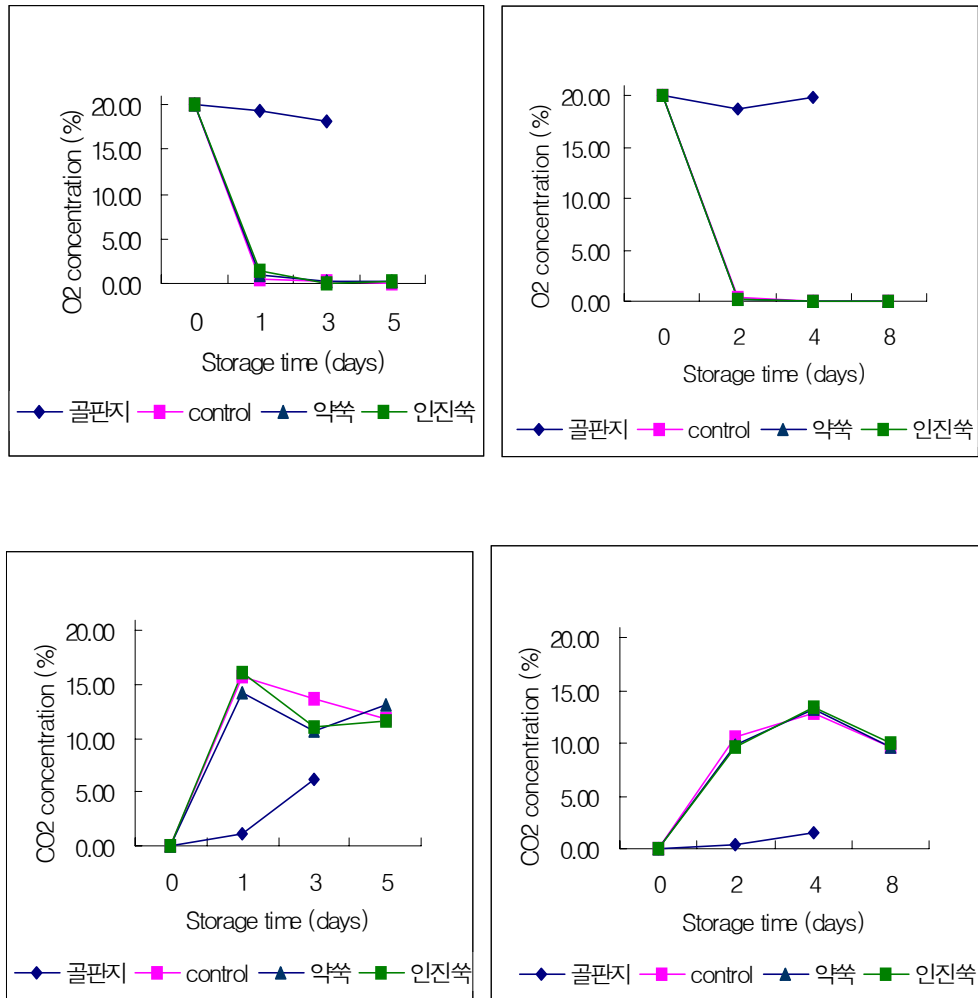
( 표 고 버섯 )





( 양 송 이 버섯 )





① 10°C

② 5°C

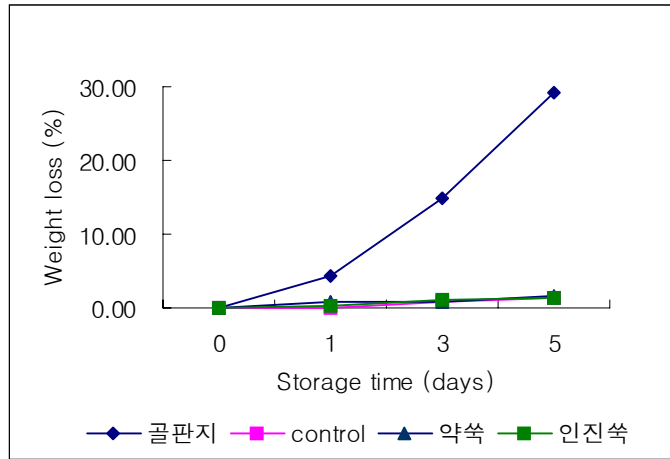
Fig. 31. Change in gas composition of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

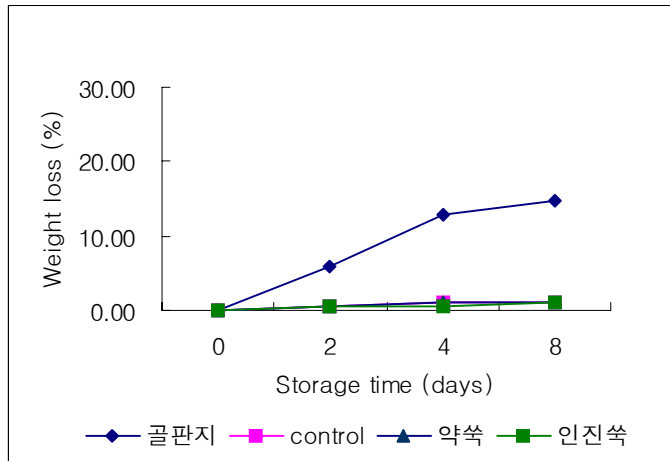
control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



① 10°C



② 5°C

Fig. 32. Change in weight loss of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약쑥 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진쑥 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

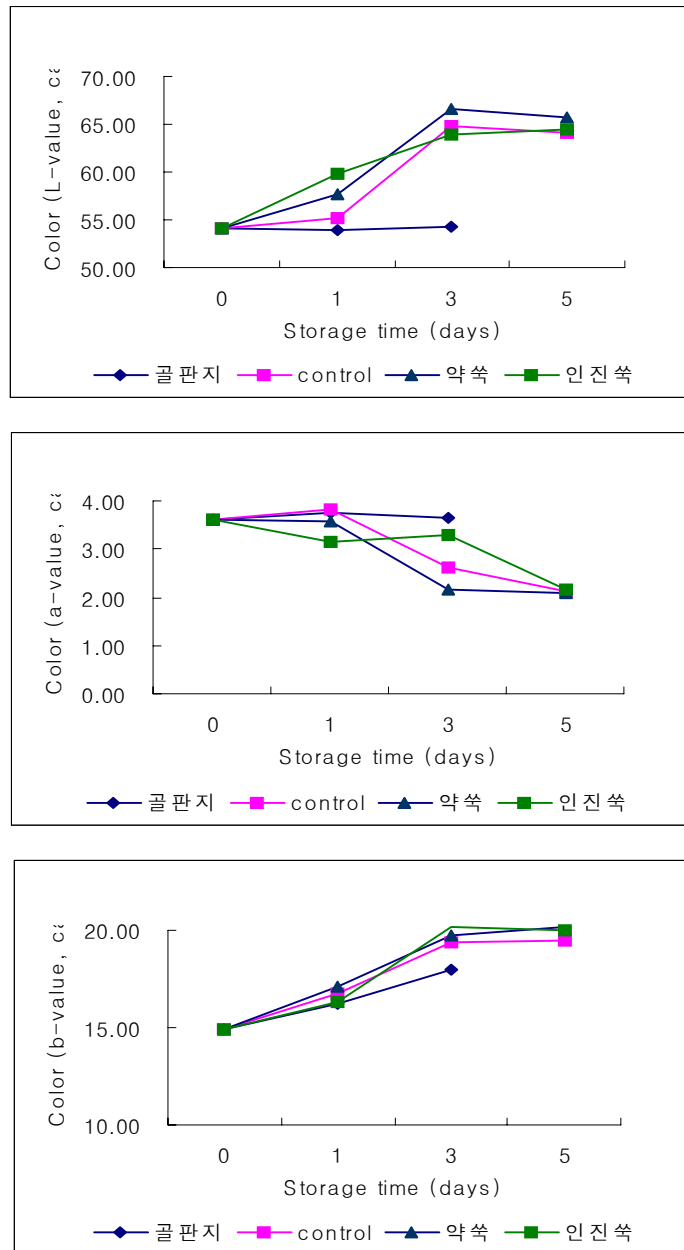


Fig. 33. Change in color of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage at 10°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

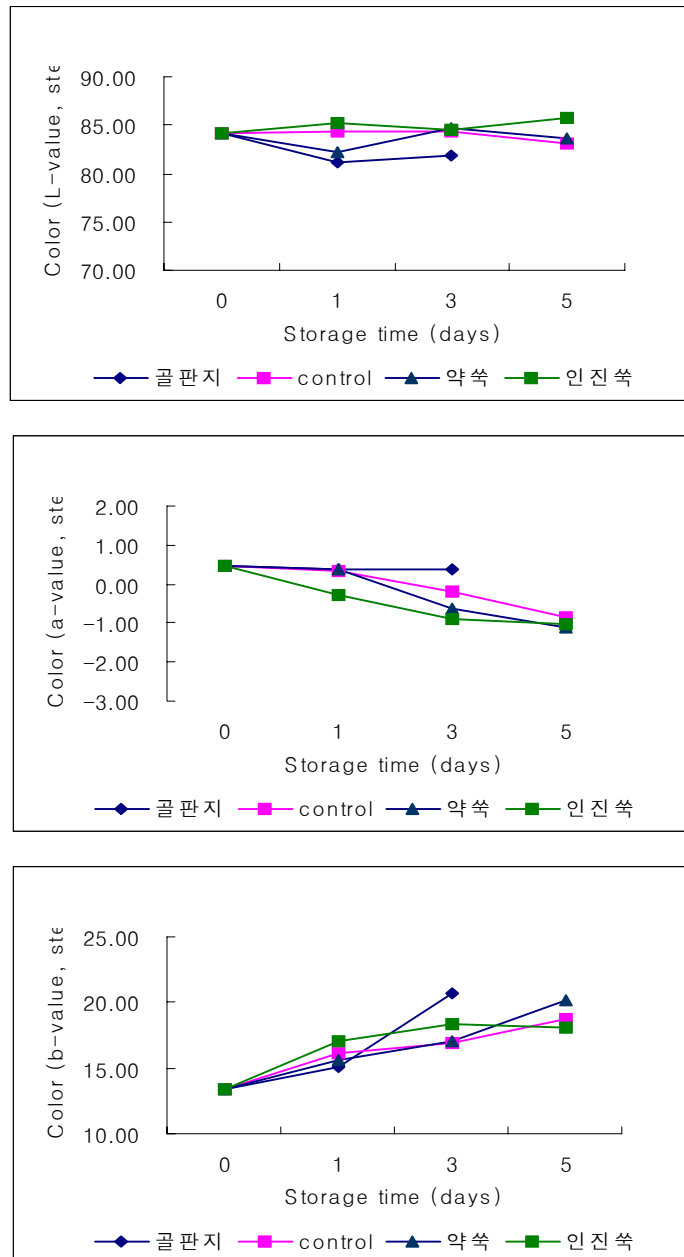


Fig. 34. Change in color of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage at 10°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

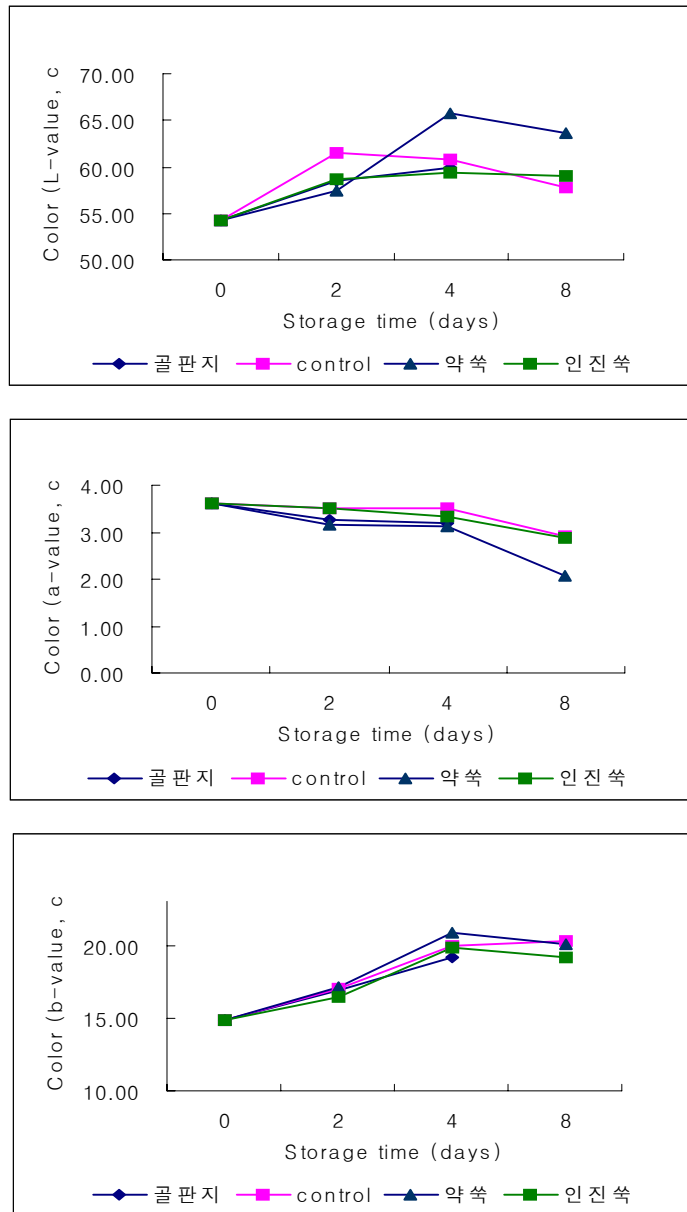


Fig. 35. Change in color of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage at 5°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

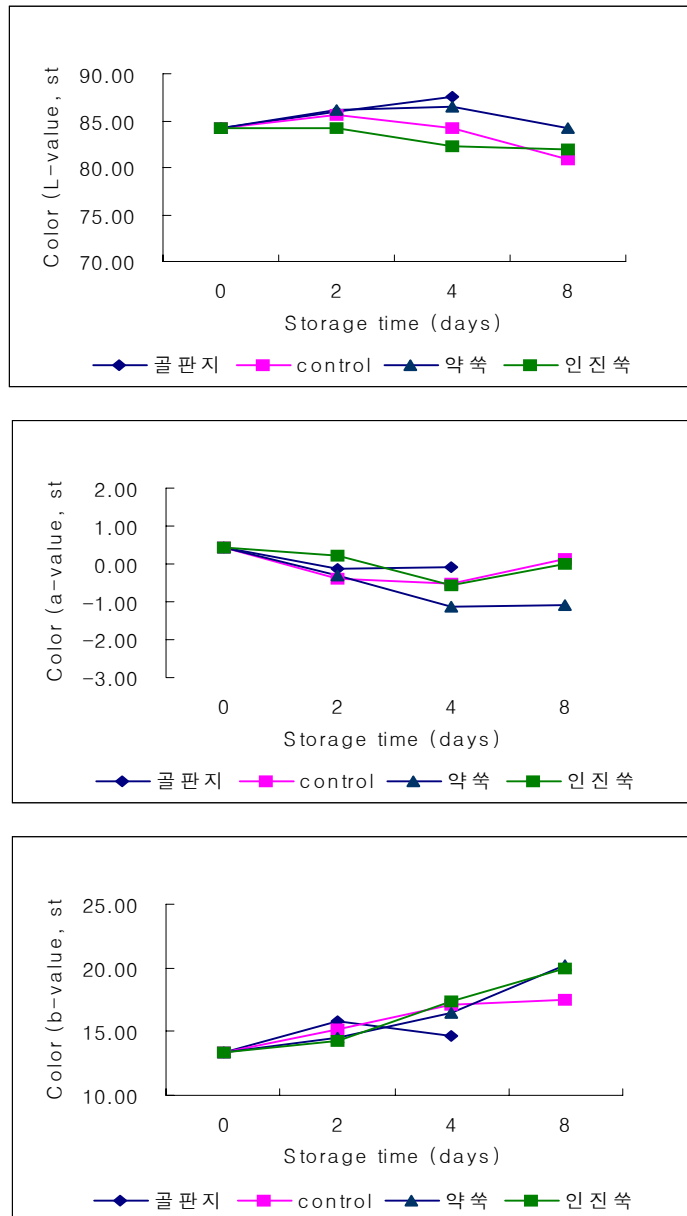


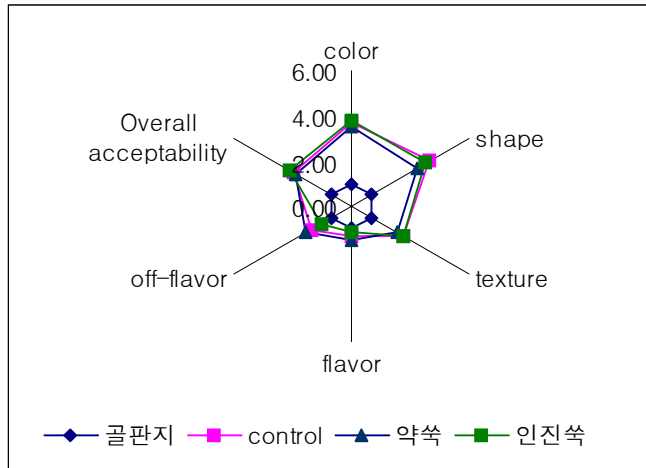
Fig. 36. Change in color of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage at 5°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

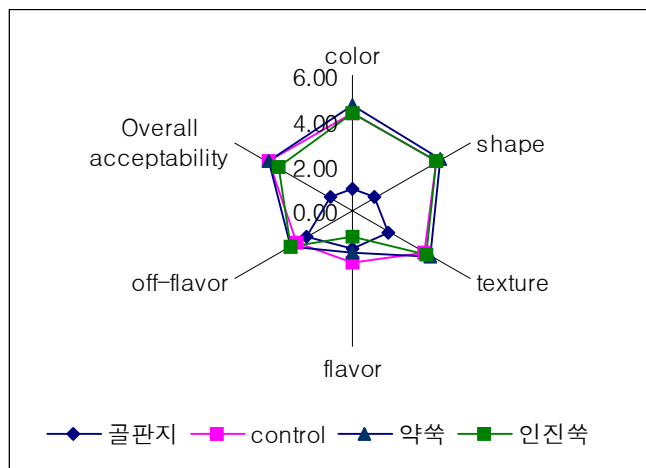
control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



① at 10°C for 5 days



② at 5°C for 8 days

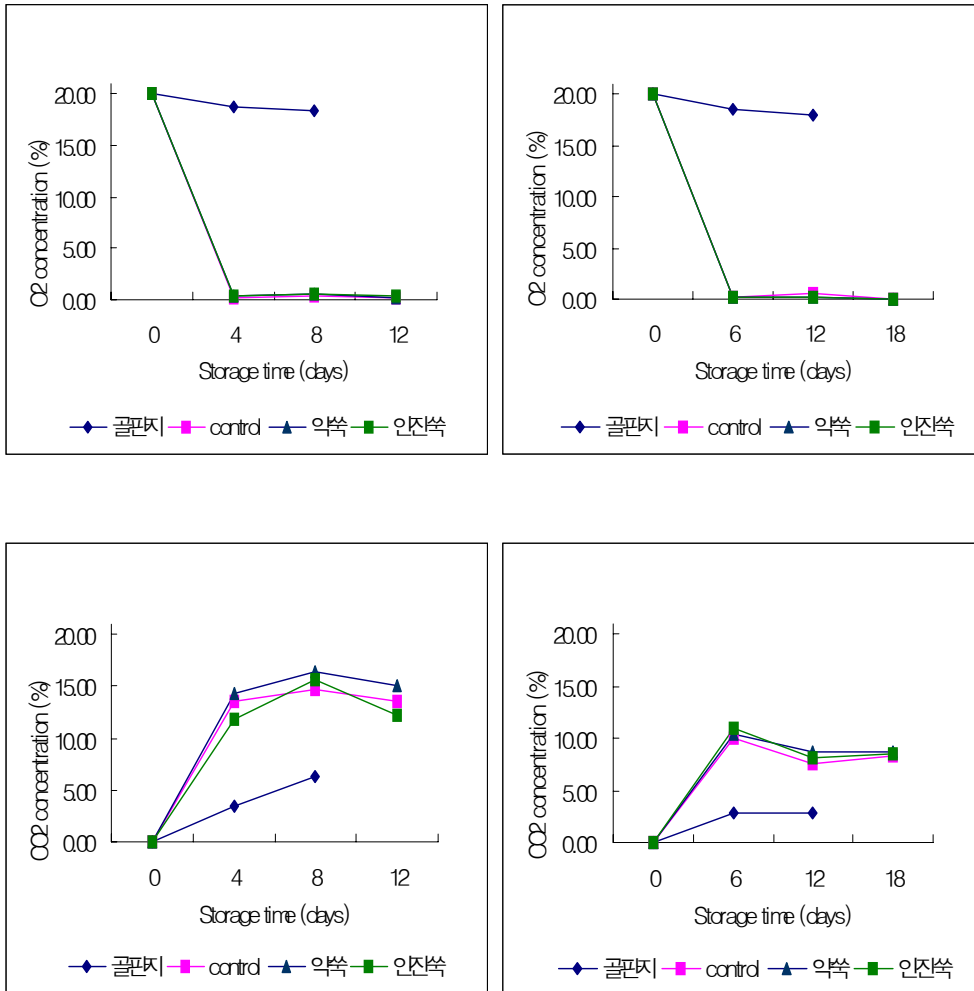
Fig. 37. Sensory evaluation of modified atmosphere packaged *Pleurotus ostreatus* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



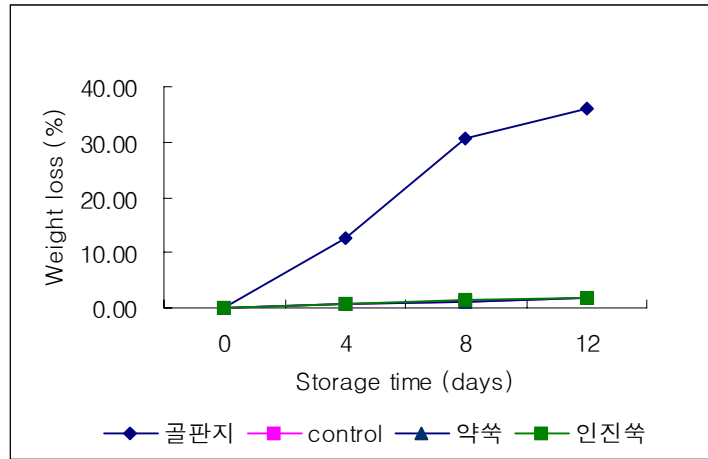
① 10°C

② 5°C

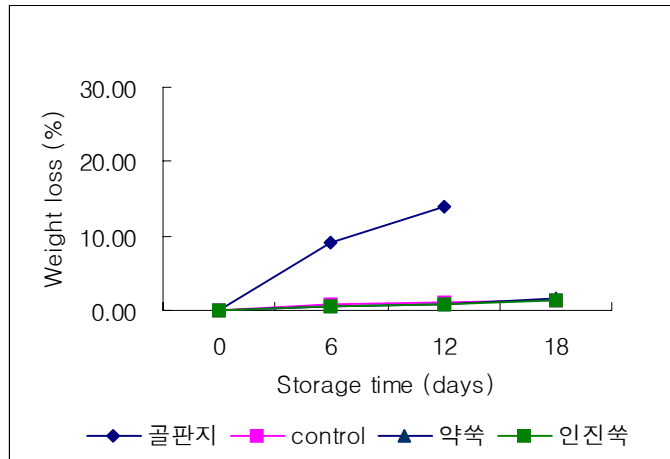
Fig. 38. Change in gas composition of modified atmosphere packaged *Lentinus edodes* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market  
 control : MAP mushroom without treatment  
 약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough  
 인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough





① 10°C



② 5°C

Fig. 39. Change in weight loss of modified atmosphere packaged *Lentinus edodes* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 쑥 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진쑥 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

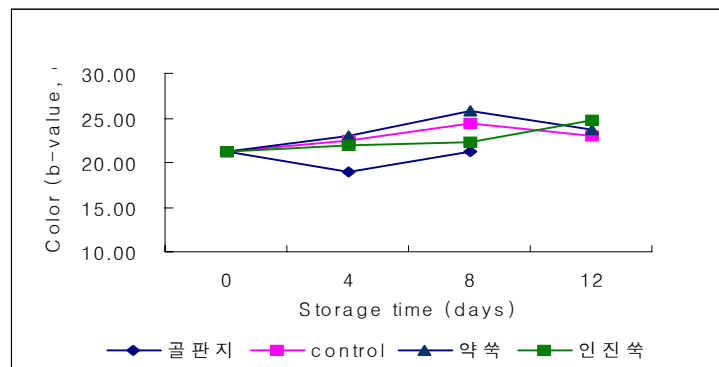
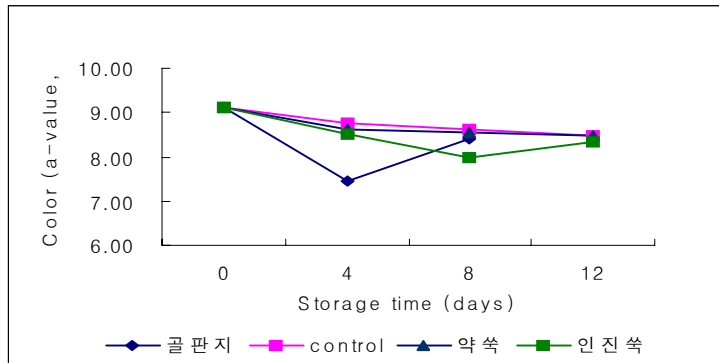
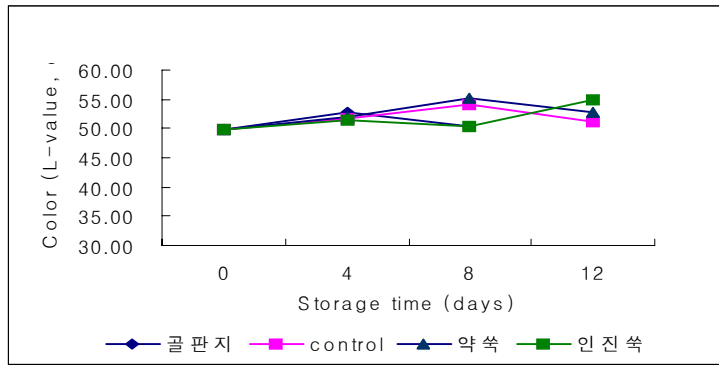


Fig. 40. Change in color of modified atmosphere packaged *Lentinus edodes* during storage at 10°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

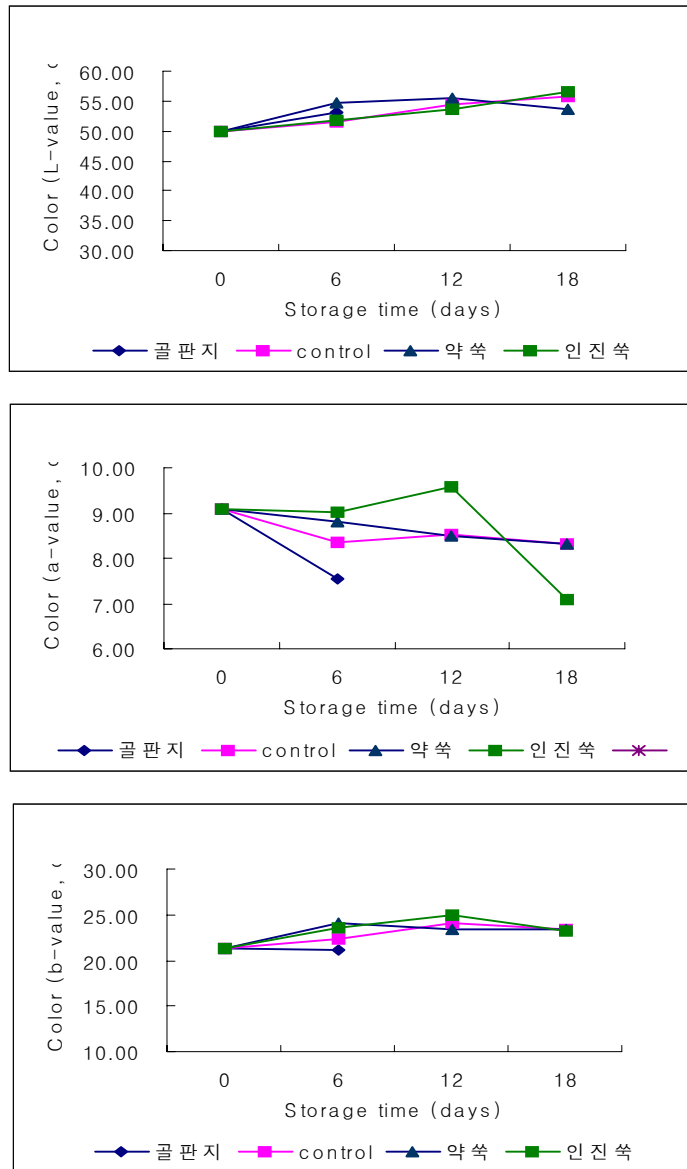


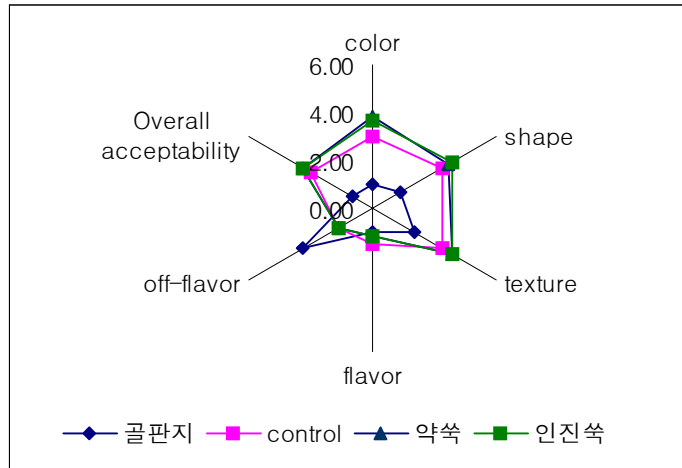
Fig. 41. Change in color of modified atmosphere packaged *Lentinus edodes* during storage at 5°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

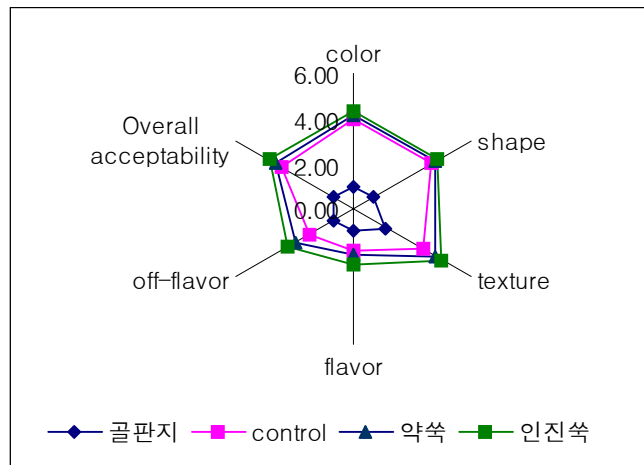
control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



① at 10°C for 12 days



② at 5°C for 18 days

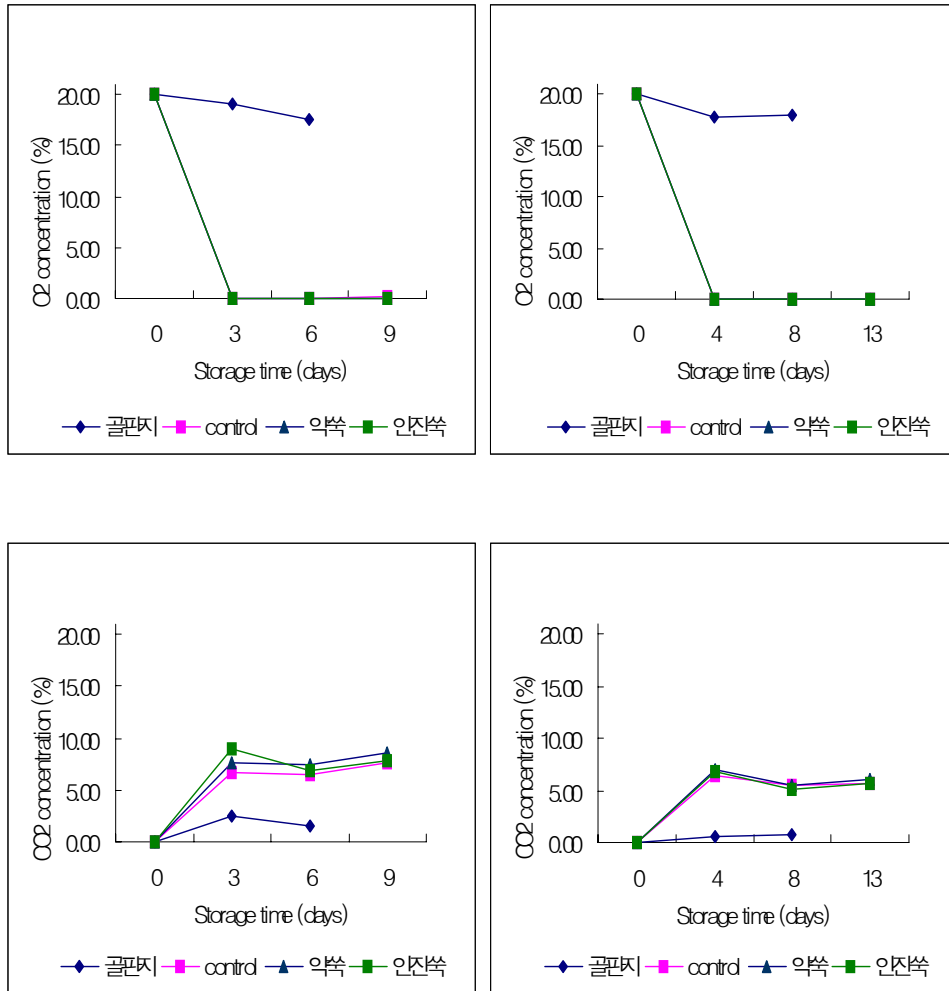
Fig. 42. Sensory evaluation of modified atmosphere packaged *Lentinus edodes* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



① 10°C

② 5°C

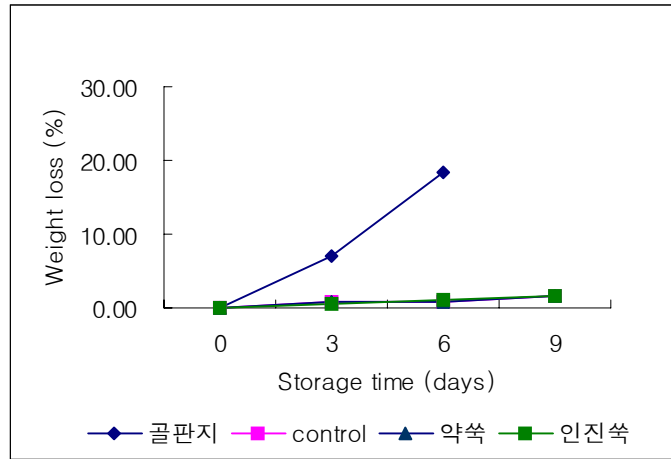
Fig. 43. Change in gas composition of modified atmosphere packaged *Agaricus campestris* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

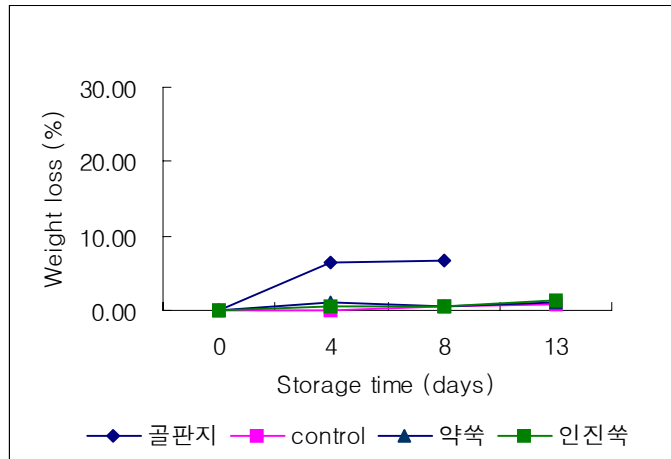
control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough



① 10°C



② 5°C

Fig. 44. Change in weight loss of modified atmosphere packaged *Agaricus campestris* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 쭉 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진쭉 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

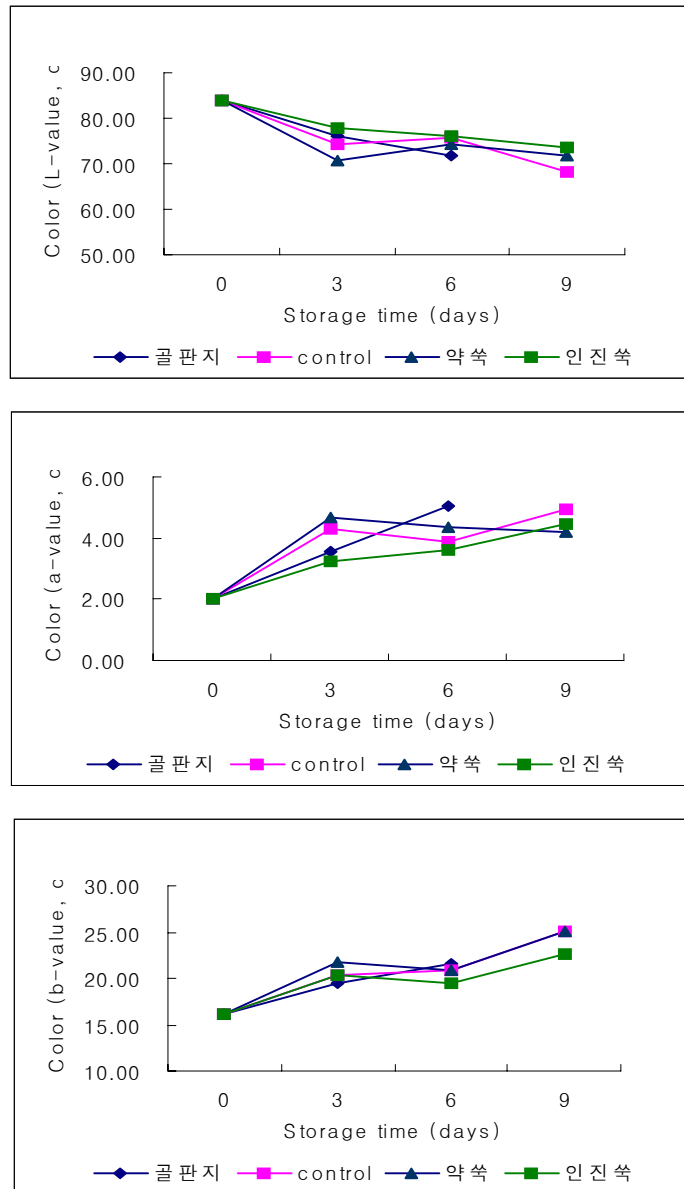


Fig. 45. Change in color of modified atmosphere packaged *Agaricus campestris* during storage at 10°C

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

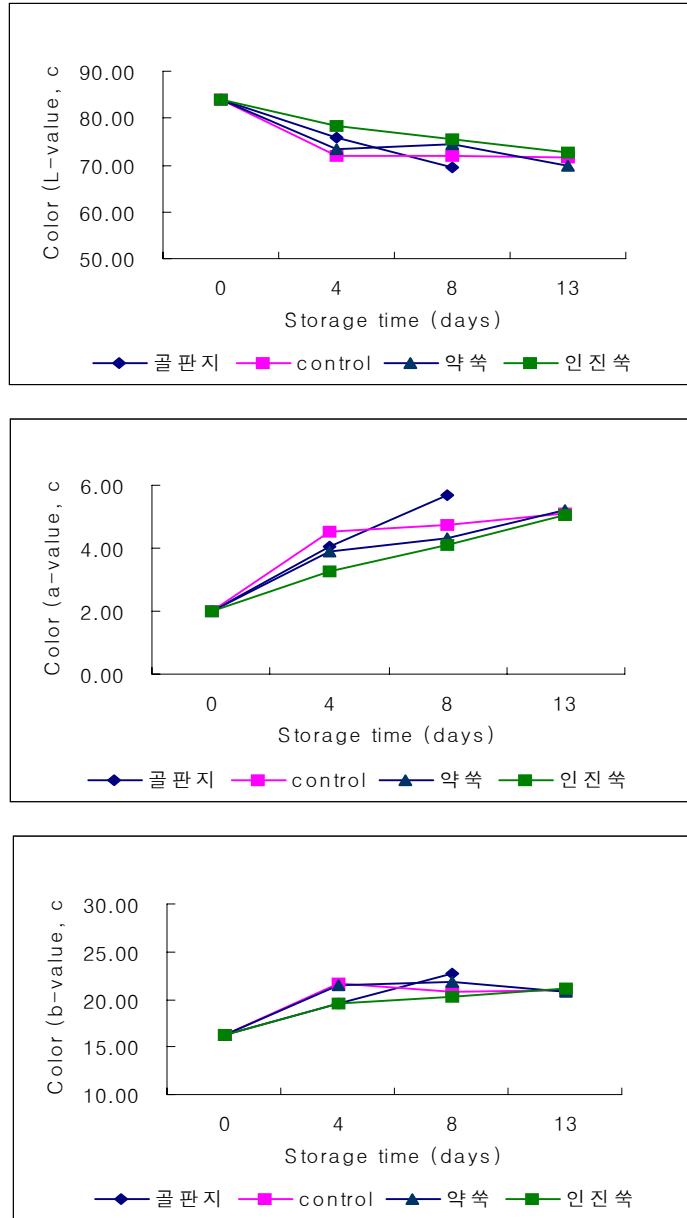


Fig. 46. Change in color of modified atmosphere packaged *Agaricus campestris* during storage at 5°C

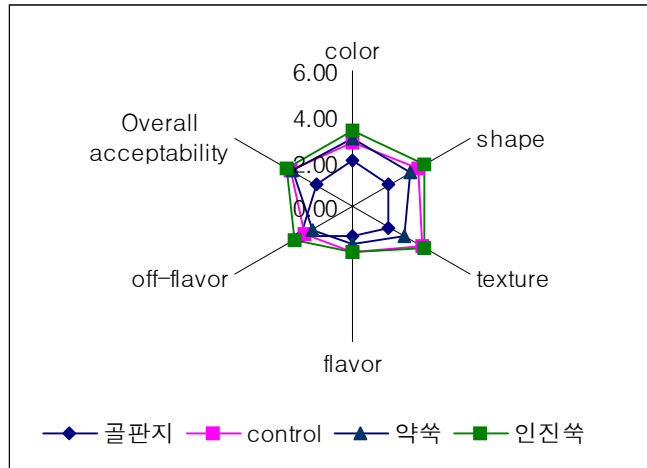
골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

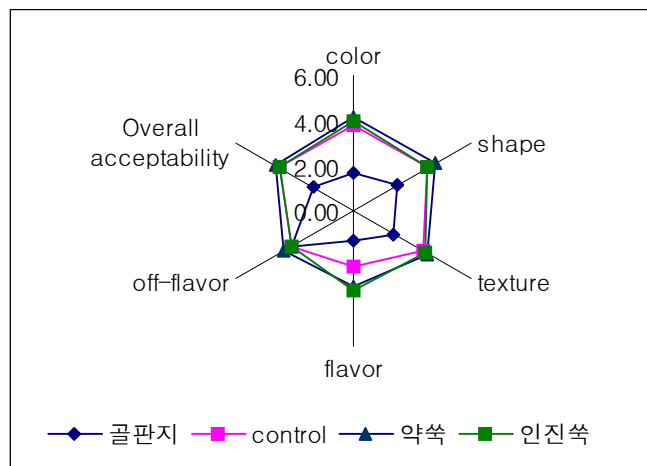
약 썩 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진썩 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough





① at 10°C for 9 days



② at 5°C for 13 days

Fig. 47. Sensory evaluation of modified atmosphere packaged *Agaricus campestris* during storage

골판지 : Two kg unit of Cardboard box used in market

control : MAP mushroom without treatment

약 쭉 : MAP mushroom with *Astemisia princeps* dough

인진쭉 : MAP mushroom with *Astemisia capillaris* dough

## 제 5절 품목별 예냉 기술 확립

### 1. 연구수행방법

실험에 사용한 버섯은 양송이, 표고, 느타리 3종류로서 양송이는 6월 경기도 용인에서 느타리는 6월 경기도 성남, 그리고 표고는 2002년 6월 경기도 광주에서 오전 8~10시경에 수확한 것을 바로 옮겨 실험에 사용하였다. 버섯은 옮긴 30분 이내 골판지 박스에 담겨진 상태로 한 batch에 30 kg씩 진공예냉장치를 이용하여 0~1℃까지 예냉한 후 10℃로 조절된 항온실에서 소포장하여 1, 13, 25℃ 및 실온에서 저장하였다. 포장은 가로 18.5cm×세로 12.5cm×높이 1.5cm polystyrene tray에 담아 PE wrap으로 wrapping하였고, 표고의 경우는 포장에 따른 차이를 비교하고자 상기 방법과 병행하여 별도로 골판지 박스에 4kg씩 담아 저장하였다. Prewetting 처리는 미리 증류수를 15℃로 조절한 다음 스프레이를 이용하여 버섯 표면에 증류수를 살포한 후 예냉하였다. 호흡속도는 별도로 제작한 아크릴 용기에 일정량의 버섯을 담고 일정 간격으로 포집한 가스를 GC를 이용하여 정량분석하였다 (Table 18).

Table 18. Operation condition of GC for analysis of gas that produced from mushroom.

Column	Carbosieve S - II (80-100mesh)
Operation	35℃/6min - 32℃/min - 225℃/6min
Carrier gas	Helium
Detector	TCD
Injector temp.	230℃
Detector temp.	250℃

일정 간격으로 중량 변화를 측정하여 초기 중량에 대한 감모 정도를 백분율로 나타내었다. 버섯의 표면색은 표고와 느타리는 갓의 아래부분 그리고 양송이는 갓의 윗부분 색을 chroma meter (CR-200, MINOLTA, JAPAN)를 이용하여 측정하여 Hunter L, a, b로 표시하였다. Polyphenol oxidase activity를 측정하기 위하여 동결건조한 버섯을 잘 마쇄하여 acetone solution 일정량을 가하여 1시간 동안 교반한 다음 여과지 (Whatman No.2)로 여과하여 얻은 잔사 1 g에 0.1 M

potassium phosphate 완충용액 (pH 6.5, 4°C) 20 ml를 가하여 4°C에서 3시간 추출한 후 원심분리 (7,500G, 4°C, 40분)하여 상등액을 조효소액으로 취한 다음 조효소액 0.2 ml에 0.1 M catechol이 함유된 0.1M potassium phosphate 완충용액을 2.8 ml가하여 35°C에서 5분간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정한다. 대조구는 효소액 대신 0.1 M potassium phosphate를 첨가한다. 효소 1 unit는 동일 온도에서 30초 동안 흡광도 0.001을 증가시키는데 소요된 효소량으로 나타내었다. 버섯의 경도는 rheometer (Sun Rheometer, CR-200D, Sun Scientific Co., Ltd, Japan)를 이용하여 측정하였다. 이 때 시료의 조제 및 측정은 양송이는 줄기를 자른 다음 그대로 갓 중앙의 상부에서, 표고는 줄기를 자른 다음 갓의 중앙부를 중심으로 직경 15 mm의 원형으로 자른 다음 역시 상부에서 그리고 느타리는 갓을 제거한 다음 줄기를 상부에서 2 cm 잘라 통째로 지름 방향으로 압축하여 측정하였다. 측정 시 pressure sensor rod는 No. 5를 이용하였으며 이 때 plate의 상향 속도는 50 mm/min, 침입 깊이는 5 mm로 하였다.

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 가. 호흡특성

표고버섯의 경우 포장이나 예냉 처리 유무에 따라서 약간의 차이를 보였는데 PE wrapping 처리구가 골판지 박스에 저장한 경우에 비하여 약간 높게 나타났으며 PE wrapping의 경우 예냉처리구가 약간 낮게 나타났다. 반면 골판지박스에 포장한 경우는 예냉처리구가 약간 높게 나타났다. 13°C에 저장한 경우에 있어서도 비슷한 경향을 나타내었는데 PE wrapping한 경우가 골판지박스에 포장한 경우에 비하여 역시 높게 나왔으며 예냉처리한 버섯의 경우 호흡속도가 높게 나타났다. 실온에 저장한 경우는 예냉처리구가 포장방법에 상관없이 호흡속도가 높게 나타났다. 느타리버섯의 경우 표고버섯에 비하여 온도가 증가함에 따라 호흡속도가 급격한 증가함을 알 수 있다. 저장 기간 중 호흡속도의 변화를 보면 25°C와 13°C에 저장한 경우는 저장 기간이 증가함에 따라 초기에 증가하다가 그 후 다시 감소하였으며 1°C에 저장한 경우는 계속 감소하였다. 특히 25°C에 저장한 경우는 호흡속도가 수확 당시에 비하여 4~5배 정도의 높은 값을 나타내었으며 1°C에 저장한 경우는 수확 당시에 비하여 1/2 이하로 떨어짐을 알 수 있었다. 양송이버섯의 경우도 느타리 버섯과 유사한 경향을 나타내었다. 환경온도가 증가함에 따라 급격히 증가하였다. 예냉처리에 따른 호흡 특성은 1°C에 저장한 경우는 크게 차

이를 나타내지 않았으나 13℃와 25℃에 저장한 경우는 예냉처리구가 약간 높게 나타났다. 버섯의 호흡특성은 저장 온도가 높을수록 높게 나타남을 알 수 있어 초기의 예냉 처리가 버섯의 초기 품질 저하를 억제 할 수 있음을 알 수 있었다 (Fig. 48~Fig. 54).

#### 나. 중량감모율

표고버섯을 1℃에 저장한 경우 PE wrapping을 한 경우는 저장 기간 동안 완만한 감소를 보인 반면 골판지 박스에 저장한 경우는 중량 감소가 심하였다. 예냉 처리에 따른 차이를 보면 PE wrapping을 한 경우는 14일경까지는 두 처리구간에 거의 차이를 보이지 않다가 그 이후는 점점 변화폭에 차이를 나타내었는데 예냉 처리를 하지 않은 경우 중량감소가 2%이상 더 일어나는 것으로 나타났다. 그러나 골판지 박스에 포장한 경우는 초기부터 두 처리구간에 차이를 보였는데 예냉처리를 한 경우가 중량 감소폭이 적은 것으로 나타났으며 PE wrapping을 한 경우와는 달리 시간이 경과함에 따라 그 감소량은 비슷해지는 것으로 나타났다. 13℃에 저장한 경우는 이와는 반대 현상을 나타내었는데 PE wrapping한 경우는 초기에는 예냉처리구가 감소폭이 작았으나 10일 이후부터는 거의 차이가 없었는데 이때는 이미 관능적으로 상품성을 상실한 때였다. 골판지 박스에 포장한 경우는 2일째까지는 두 처리구간에 차이가 없었으나 4일째부터 중량감소폭에 차이가 더 나타났다. 실온에 저장한 경우는 저장 중 예냉처리구가 비예냉구에 비하여 감소폭이 더 적은 것을 알 수 있었으며 2~3일후부터 관능적 특성에서 상품성을 상실하였는데 골판지 박스에 포장한 경우는 2일후에 15% 정도의 감소를 보였다. 느타리버섯의 경우 1℃에 저장한 경우 10일경까지는 예냉처리구가 비예냉구에 비하여 1~2%정도 감소폭이 작았으나 그 이후는 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 13℃에 저장한 경우는 저장 초기부터 처리구간에 계속 1~2% 정도 차이를 나타내었으며 25℃에 저장한 경우는 거의 차이를 나타내지 않았다. 양송이버섯의 경우도 유사한 경향을 나타내었는데 1℃에 저장한 경우 예냉처리구가 비예냉구에 비하여 2% 정도 감소폭이 적게 나타났으며 13℃의 경우는 1% 정도로 나타났다. 그러나 25℃에 저장한 경우는 저장 기간이 지남에 따라 감소량이 계속 증가하였는데 두 처리구간에는 시간이 지남에 따라 그 차이가 더욱 크게 나타남을 알 수 있었다 (Fig. 55~Fig. 63).

#### 다. 색변화

버섯의 색변화를 나타낸 것으로 저장기간 중 계속 감소함을 알 수 있다. 표고버섯의 경우는 갓의 아래 부분의 색택을 측정하였는데 예냉 처리한 버섯이 비예냉구에 비하여 L값의 감소가 적었으며 포장 형태에 따라서는 PE wrapping한 버섯의 경우 골판지 박스에 포장한 경우에 비하여 감소폭이 적음을 알 수 있었다. 1℃에 저장한 경우는 저장 기간 중의 변화가 완만하여 저장 20일 후까지도 L값이 70이상을 유지하여 대체로 표면 색택에 있어서는 관능적으로 받아들일 수 있는 정도였으나 13℃에서는 예냉을 하지 않고 골판지 박스에 보관한 경우는 일주일만에 70이하로 저하하였으며 다른 처리구도 8일 후에는 역시 70이하로 떨어짐을 알 수 이었다. 실온에 저장한 경우는 예냉처리를 하지 않고 골판지 박스에 저장한 경우는 2일째에 이미 70이하를 기록하였으며 다른 처리구들은 3일째까지 70 이상을 유지하였는데 특히 예냉처리를 하여 PE wrapping한 처리구의 경우는 3일째까지도 80에 가까운 값을 유지하였으나 그 후 급격히 저하함을 알 수 있었다. 느타리버섯의 경우 1℃에 보관한 경우 L값의 변화는 저장초기에 급격한 저하하다가 그 이후는 거의 완만하게 변화함을 알 수 있었다. 그러나 13℃와 25℃에 저장한 경우는 일정 기간후부터 L값이 다시 상승하게 되는데 이는 갓의 표면에 흰 곰팡이가 성장하기 때문으로 13℃에서는 5일 경부터, 25℃는 3일후부터 이러한 현상이 나타나기 시작하였다. 느타리버섯의 경우 25℃에 저장한 경우는 저장 2일째까지의 상태를 비교해보면 예냉처리구의 경우는 초기와 별 차이를 보이지 않은 반면 비예냉구는 현저한 차이를 나타냄을 알 수 있었다. 예냉처리한 양송이버섯을 1℃에 저장한 경우는 18일째까지도 80이상을 유지하였으며 비예냉처리한 경우는 이보다 약간 낮은 값을 나타내었다. 그리고 13℃에서는 예냉처리구의 경우 8일째까지 비예냉처리구의 경우는 6일째까지는 80이상을 유지하였으나 25℃에서는 3일 후에는 80이하로 저하함을 알 수 있었다 (Fig. 64~Fig. 72).

#### 라. Polyphenoloxidase (PPO) activity

버섯의 PPO 활성은 양송이버섯이 높고 표고버섯과 느타리버섯이 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 저장 기간 중 버섯의 PPO 활성 변화를 보면 표고버섯의 경우 1℃에 저장하였을 때 저장 기간이 지남에 따라 초기에 비하여 활성이 증가하는 경향을 보였고 이러한 경향은 13℃와 실온에 저장하였을 때도 마찬가지였으나 온도가 높을수록 증가폭이 크게 나타났다. 처리구간의 차이는 골판지박스에 저장한 경우가 PE wrapping한 처리구에 비하여 상대적으로 높게 나타났다. 동일 포장방법에 있어서는 예냉처리구가 비예냉처리구에 비하여 전체적인 경향에서 더

낮은 값을 나타내었다. 느타리버섯의 경우도 표고버섯과 비슷하게 나타났는데 저장 중반에 들어서는 예냉처리구가 비예냉처리구와 비슷하거나 일시적으로 더 높은 값을 나타내었다. 양송이버섯의 경우는 표고버섯과 다른 경향을 나타내었는데 저장 온도에 상관없이 저장 초기에는 감소하다가 어느 시점부터 다시 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 73~Fig. 81).

#### 마. 경도

표고버섯을 1℃에 저장한 경우 저장 기간 중 완만한 감소를 보였고 PE rapping한 경우 골판지 박스에 저장한 버섯에 비하여 경도 변화가 적음을 알 수 있었으며 예냉처리를 한 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 더 높은 경도를 나타내었다. 13℃와 실온에서도 역시 같은 경향으로 변화하고 있는데 그 변화 정도가 온도 상승에 따라 높게 나타남을 알 수 있으며 특히 실온에 저장한 경우는 골판지 박스에 포장한지 2일만에 1/2정도로 값이 감소하였다. 느타리버섯의 경우 줄기 부분을 절단하여 경도를 측정하였다. 표고버섯과 대체로 비슷한 결과를 나타냄을 알 수 있었고, 특히 1℃와 13℃에서는 예냉처리구와 비예냉처리구간에 큰 차이를 보이지는 않았으나 25℃에 저장한 경우 상당한 차이를 나타내었다. 양송이버섯은 두 종류의 버섯에 비해 약간 높은 경도를 나타내었으며 예냉처리구와 비예냉처리구간에 차이가 현저하였다 (Fig. 82~Fig. 90).

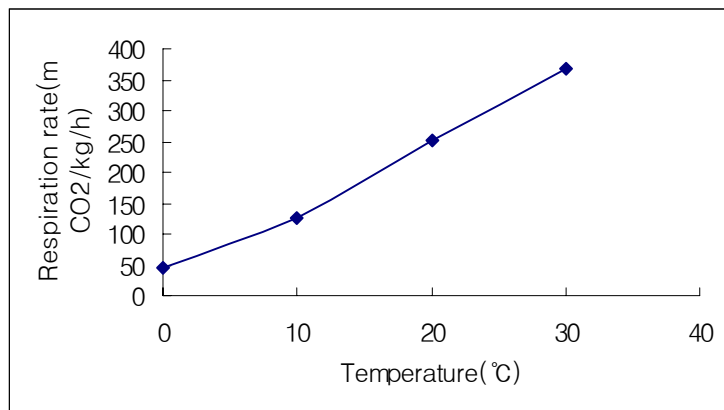


Fig. 48. Change in respiration rate of *Lentinus edodes* at different temperatures.

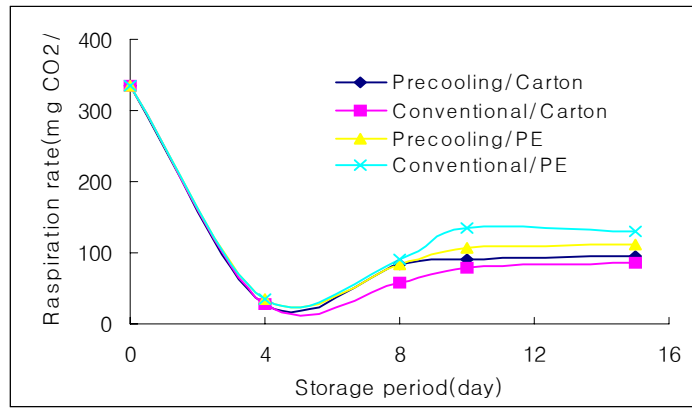


Fig. 49. Change in respiration rate of *Lentinus edodes* during storage at 1°C.

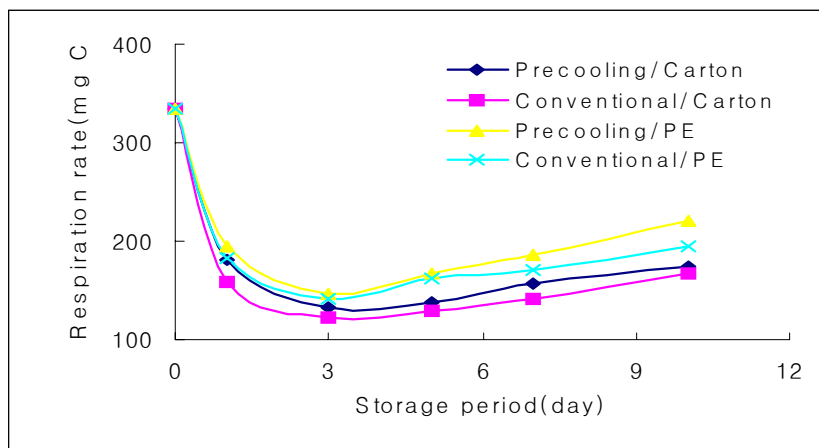


Fig. 50. Change in respiration rate of *Lentinus edodes* during storage at 13°C.

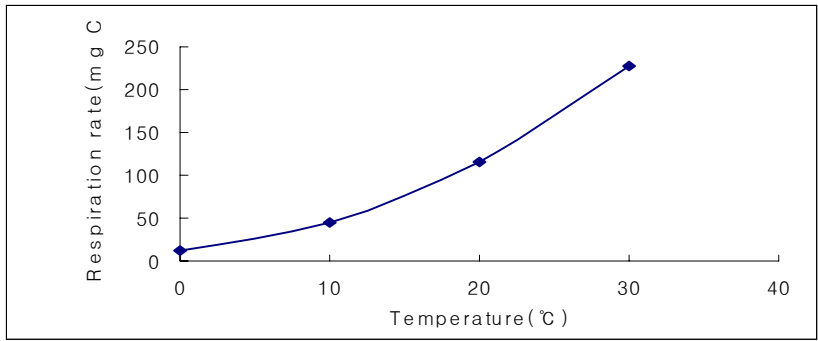


Fig. 51. Change in respiration rate of *Pleurotus ostreatus* at different temperature.

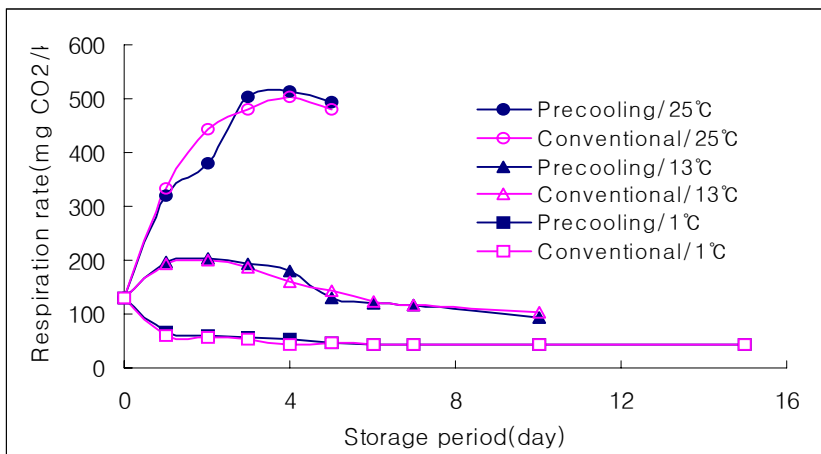


Fig. 52. Change in respiration rate of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at different temperatures.



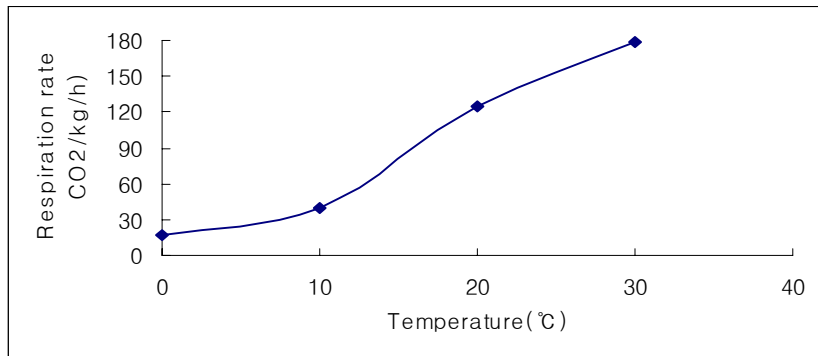


Fig. 53. Change in respiration rate of *Agaricus campestris* at different temperatures.

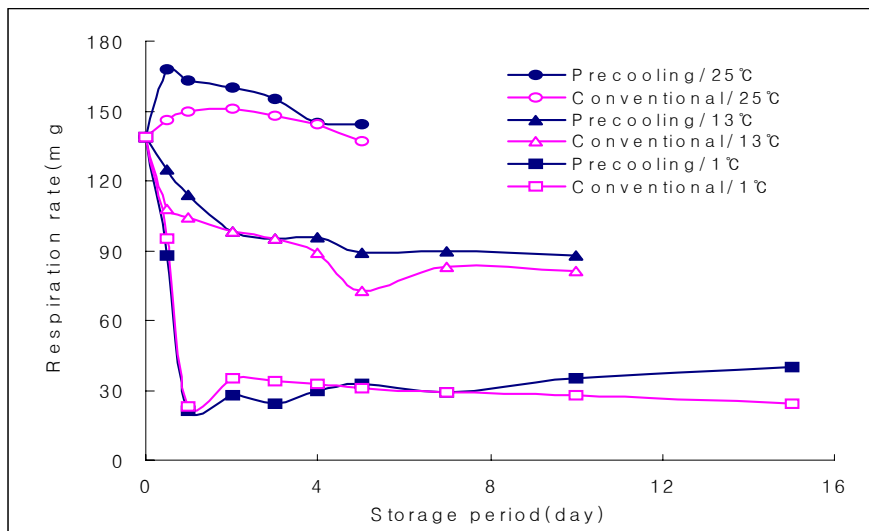


Fig. 54. Change in respiration rate of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at different temperatures.

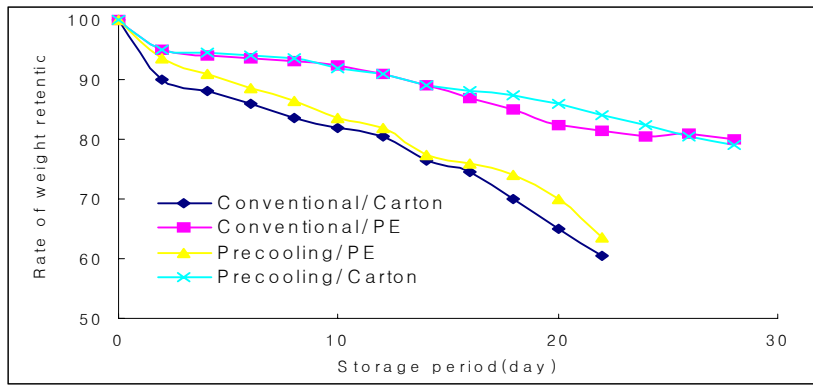


Fig. 55. Change in weight of *Lentinus edodes* during storage at 1°C.

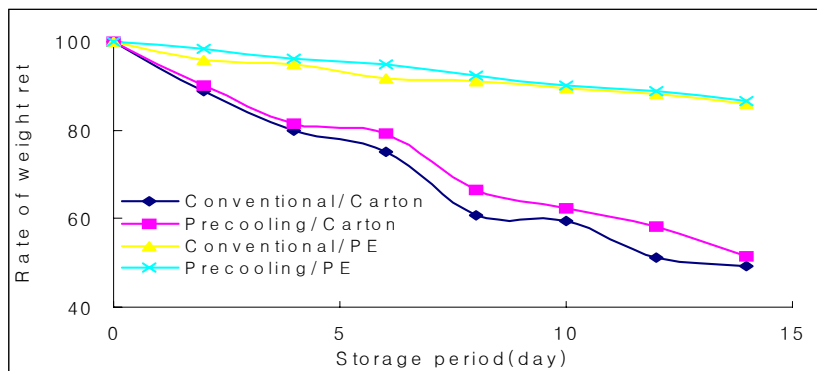


Fig. 56. Change in weight of *Lentinus edodes* during storage at 13°C.

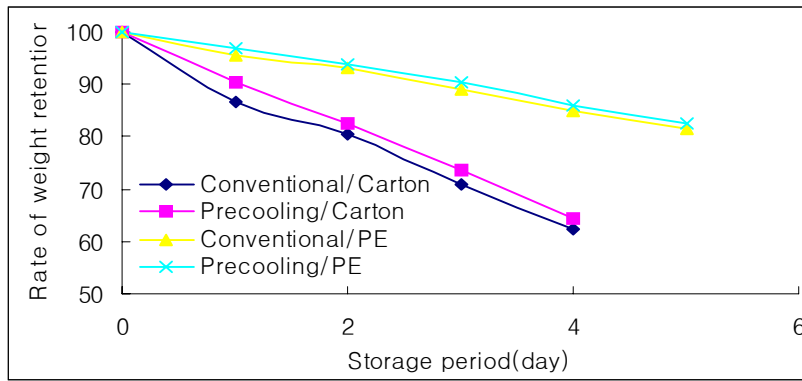


Fig. 57. Change in weight of *Lentinus edodes* during storage at room temperature.

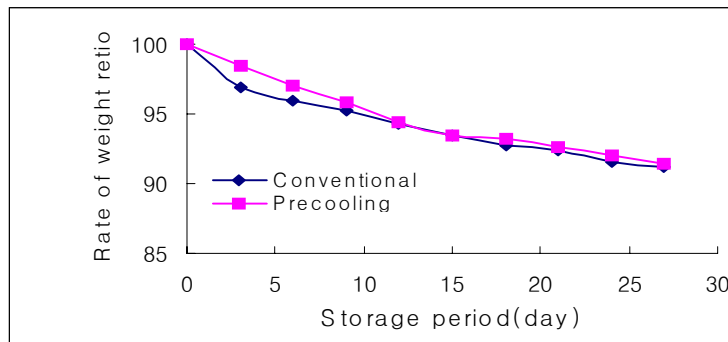


Fig. 58. Change in weight of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 1°C.

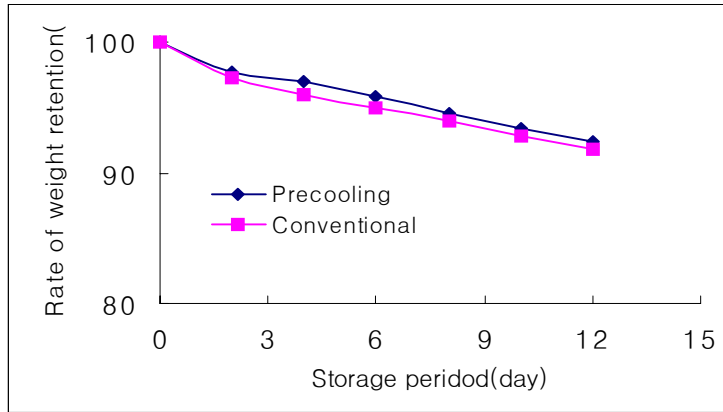


Fig. 59. Change in weight of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 13°C.

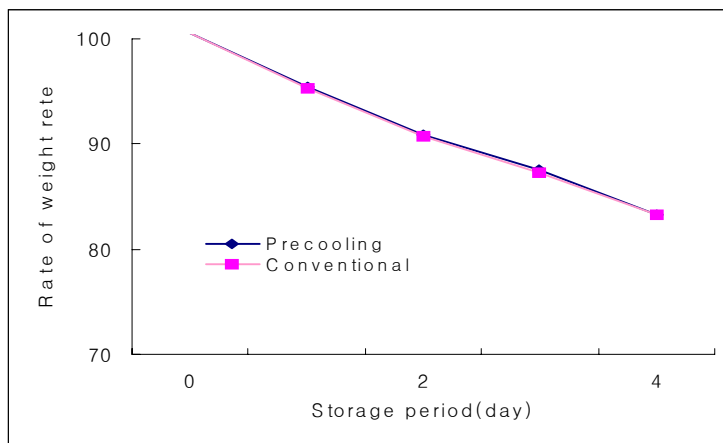


Fig. 60. Change in weight of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 25°C.

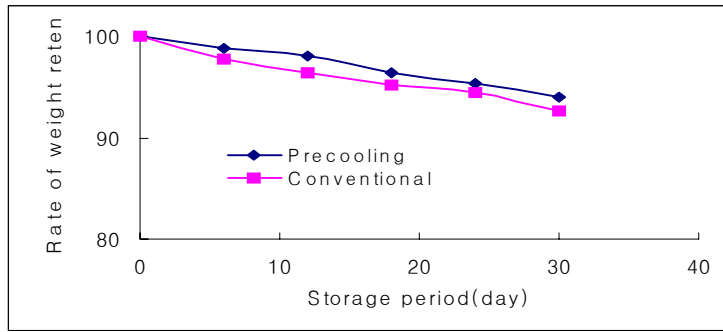


Fig. 61. Change in weight of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 1°C.

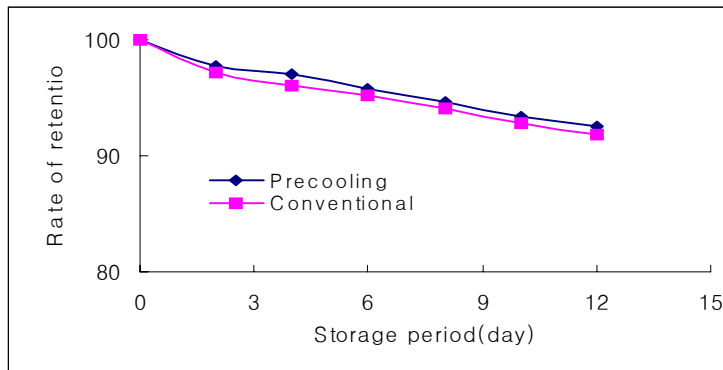


Fig. 62. Change in weight of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 13°C.

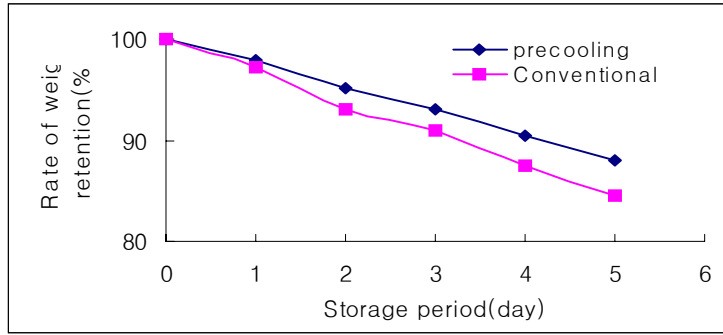


Fig. 63. Change in weight of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 25°C.

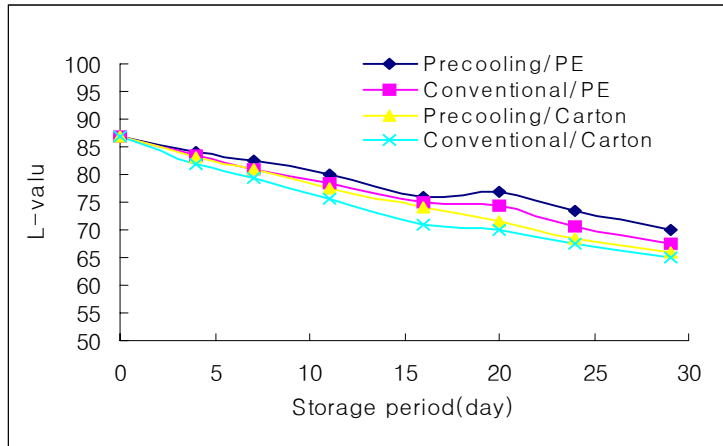


Fig. 64. Change in Hunter L-value of *Lentinus edodes* during storage at 1°C.

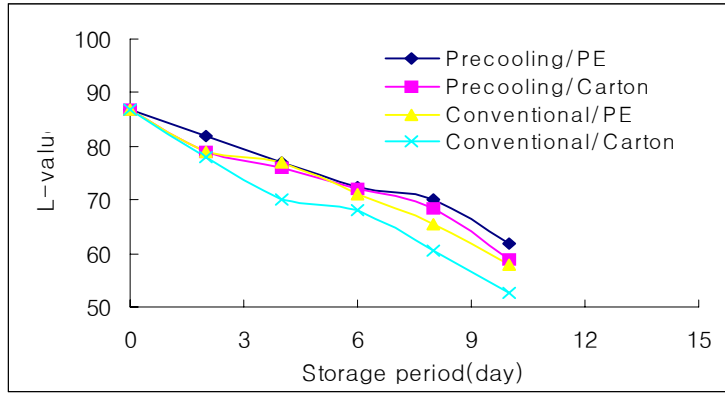


Fig. 65. Change in Hunter L-value of *Lentinus edodes* during storage at 13°C.

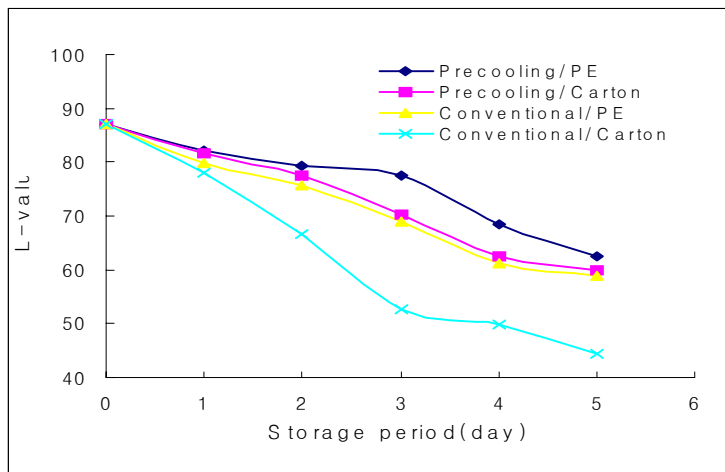


Fig. 66. Change in Hunter L-value of *Lentinus edodes* during storage at room temperature.

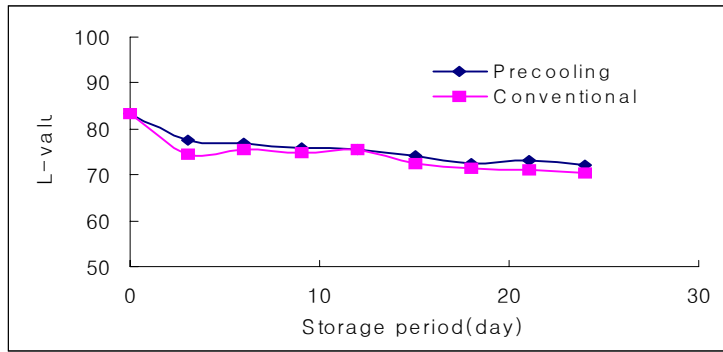


Fig. 67. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 1°C.

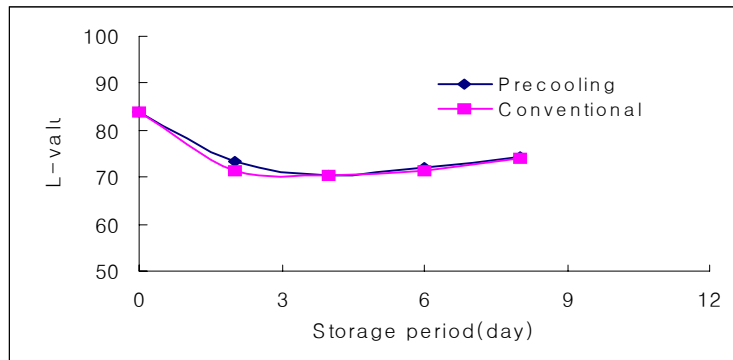


Fig. 68. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 13°C.



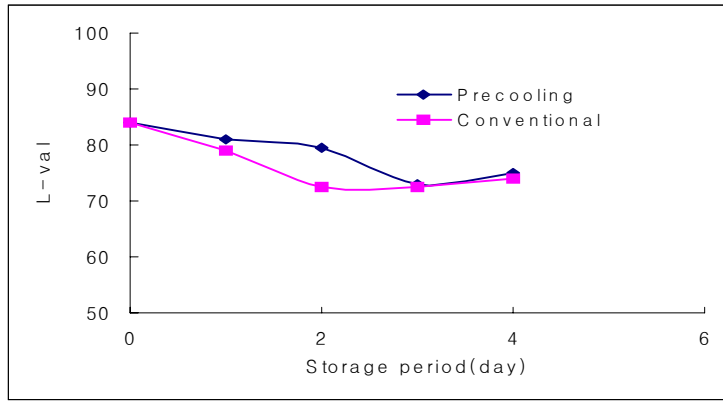


Fig. 69. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 25°C.

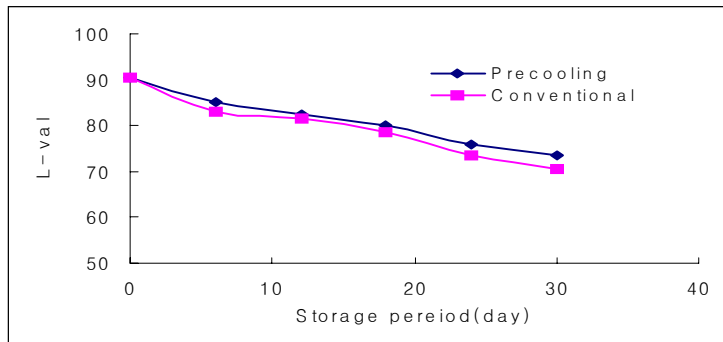


Fig. 70. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 1°C.

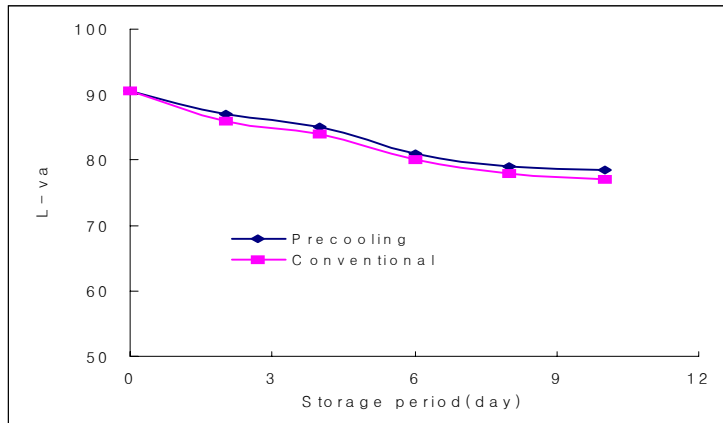


Fig. 71. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 13°C.

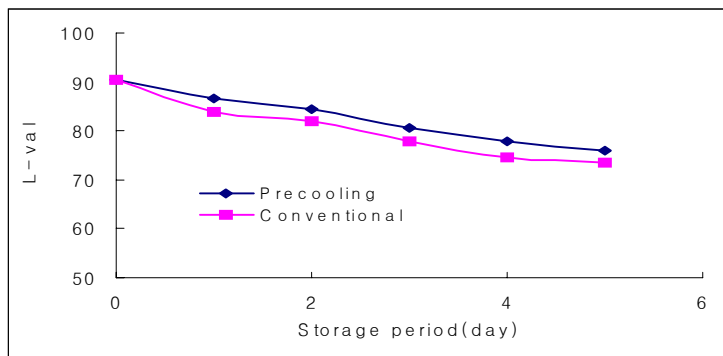


Fig. 72. Change in Hunter L-value of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 25°C.

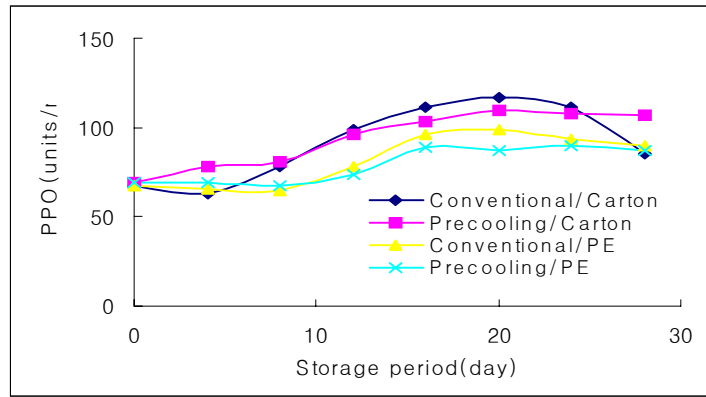


Fig. 73. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Lentinus edodes* during storage at 1°C.

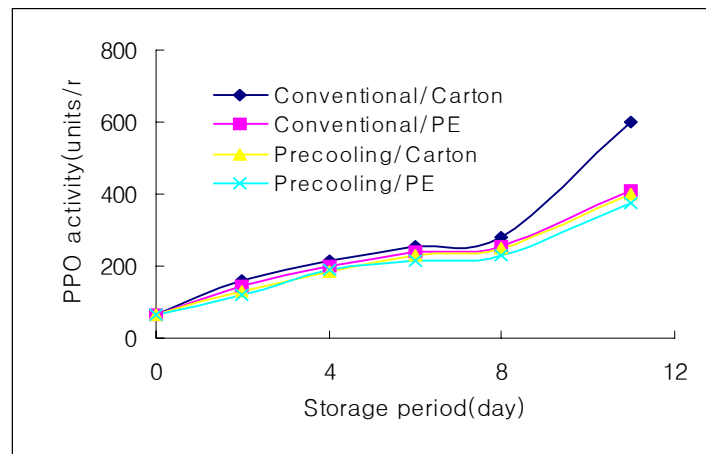


Fig. 74. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Lentinus edodes* during storage at 13°C.

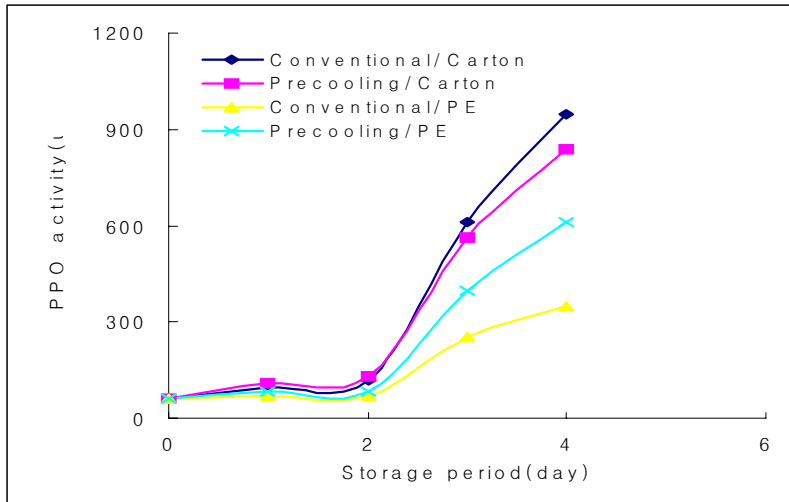


Fig. 75. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Lentinus edodes* during storage at room temperature.

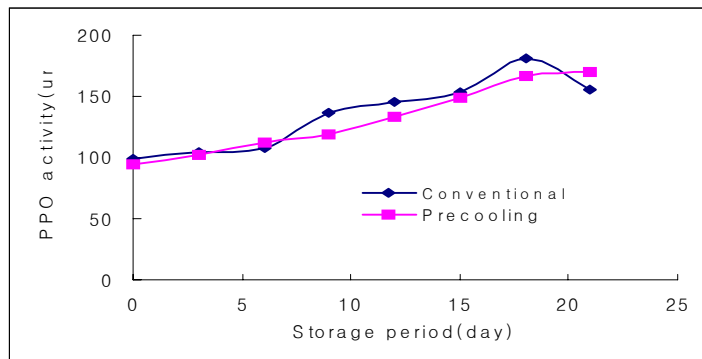


Fig. 76. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Pleurotus ostreatus* during storage at 1°C.

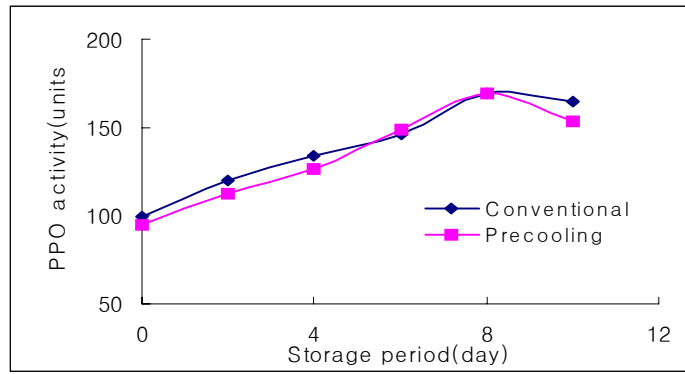


Fig. 77. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Pleurotus ostreatus* during storage at 13°C.

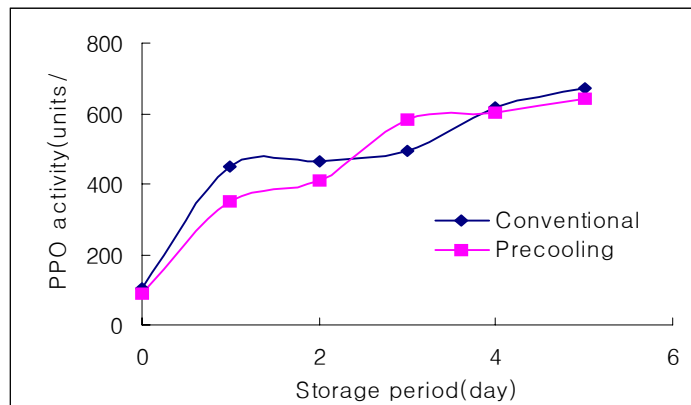


Fig. 78. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Pleurotus ostreatus* during storage at 25°C.

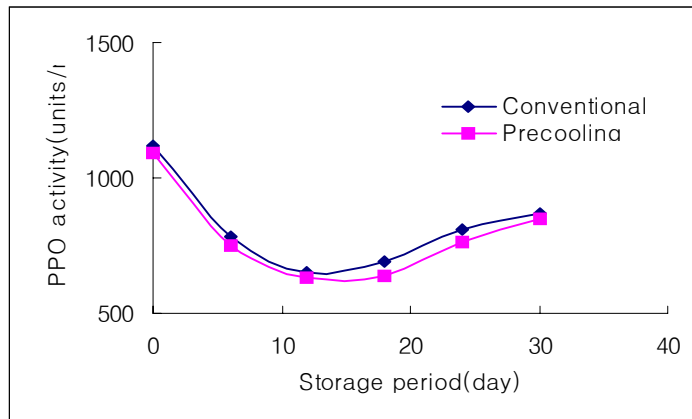


Fig. 79. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Agaricus campestris* during storage at 1°C.

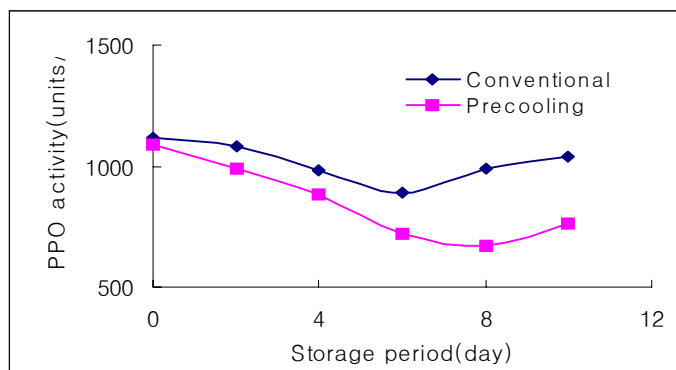


Fig. 80. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Agaricus campestris* during storage at 13°C.

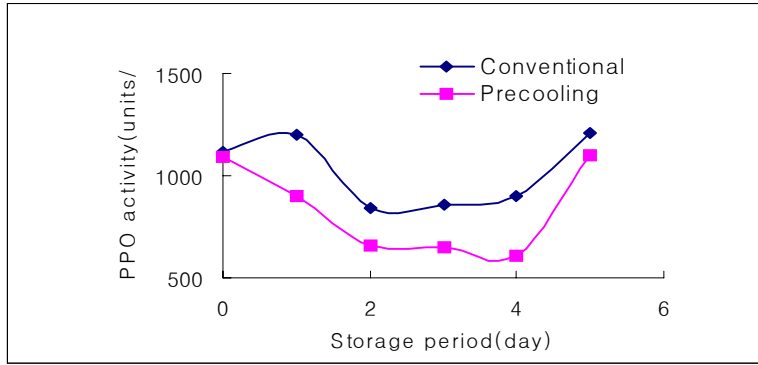


Fig. 81. Change in Polyphenoloxidase (PPO) activity of *Agaricus campestris* during storage at 25°C.

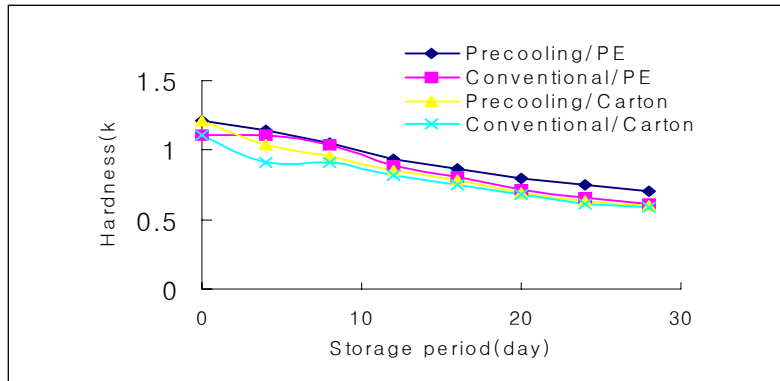


Fig. 82. Change in hardness of *Lentinus edodes* during storage at 1°C.

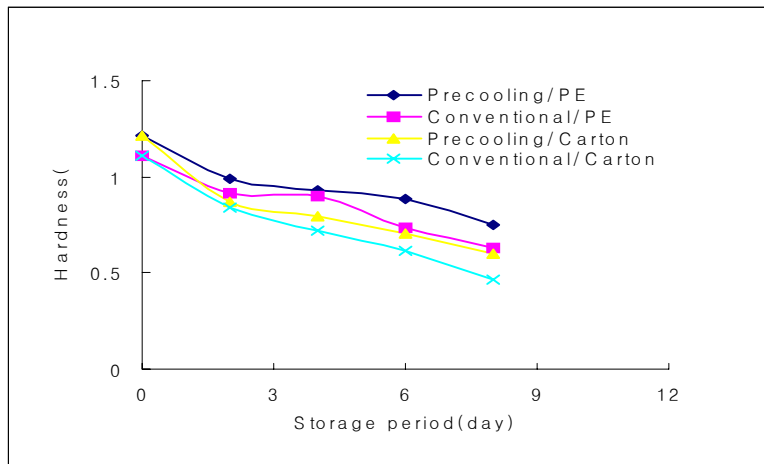


Fig. 83. Change in hardness of *Lentinus edodes* during storage at 13°C.

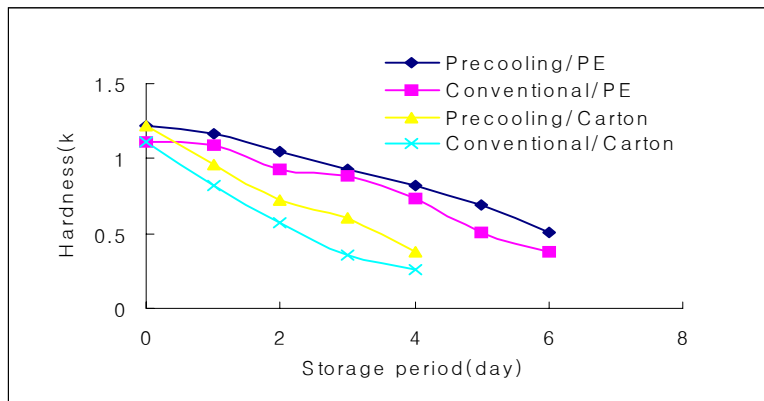


Fig. 84. Change in hardness of *Lentinus edodes* during storage at room temperature.



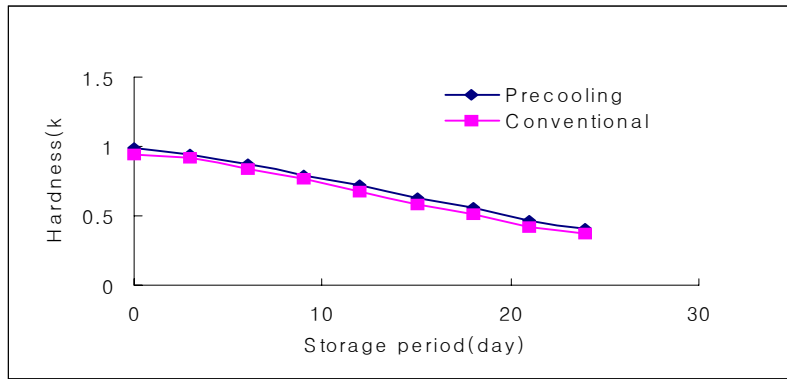


Fig. 85. Change in hardness of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 1°C.

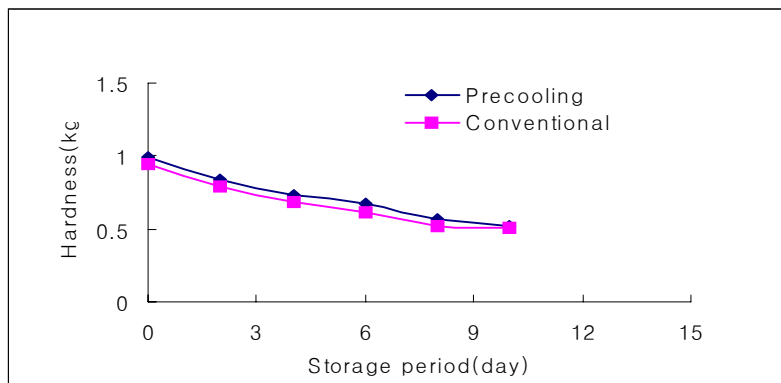


Fig. 86. Change in hardness of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 13°C.

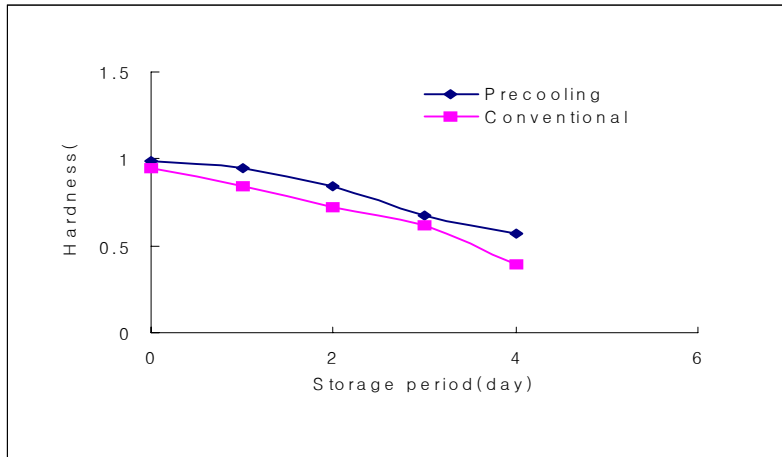


Fig. 87. Change in hardness of PE-wrapped *Pleurotus ostreatus* in polystyrene tray during storage at 25°C.

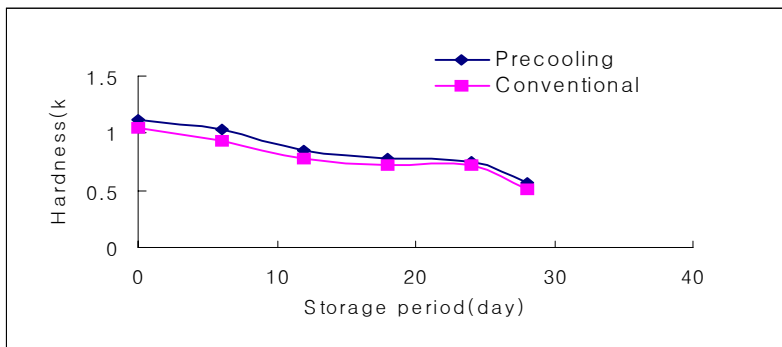


Fig. 88. Change in hardness of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 1°C.

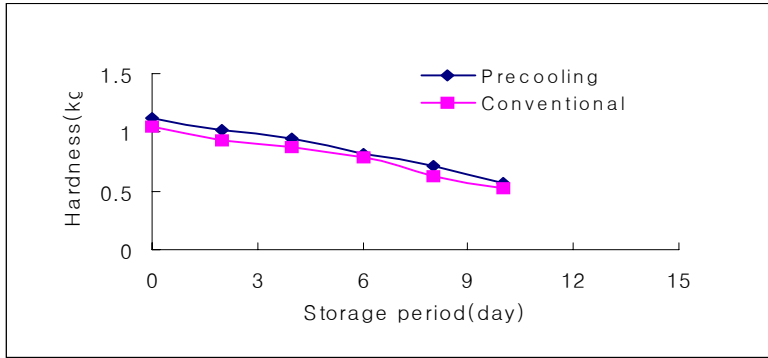


Fig. 89. Change in hardness of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 13°C.

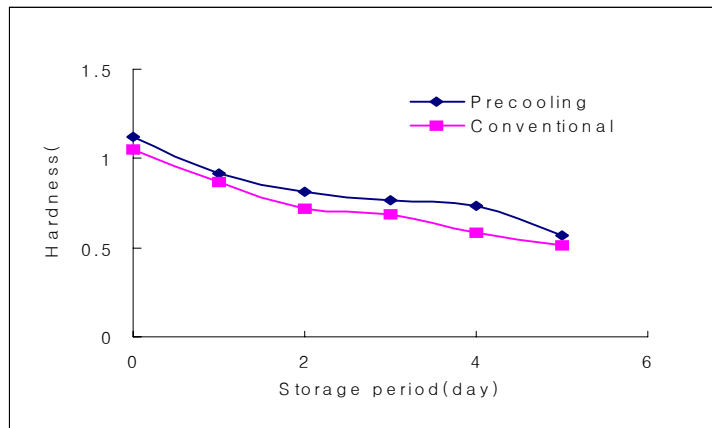


Fig. 90. Change in hardness of PE-wrapped *Agaricus campestris* in polystyrene tray during storage at 25°C.

## 제 6절 최적 CA 저장 조건 확립

### 1. 연구수행방법

본 실험에 사용된 표고버섯은 2002년 경기도 화성군에서, 양송이버섯은 2002년도 충남 부여에서, 느타리버섯은 2002년 경기도 여주군 버섯 재배농가에서 수확한 것을 사용하였으며, 갓이 개열 되지 않은 신선한 상태의 버섯만을 선별하여 이용하였다. 버섯을 저장고에 밀폐한 후 혼합가스를 연속공급하여 저장하였다. Controlled atmosphere (CA) 저장은 혼합가스 연속공급장치를 이용하였다. 즉, 압축질소가스와 압축공기의 배관에 연결된 압력조절용 수조의 수위 (H)를 조절하여 각 가스의 압력을 일정하게 유지시킨 조건에서 metering valve를 조작하여 질소와 공기가 일정한 비율로 혼합되도록 함으로써 일정농도의 O<sub>2</sub>를 함유하는 혼합가스를 연속적으로 생산하였으며, 생산된 혼합가스는 밀폐되어 있는 저장용기를 관통하여 배출되도록 하였다. 버섯의 저장중 고품질 유지를 위한 최적조건을 선별하기 위해 CO<sub>2</sub> 농도를 10%, 15%, 20%, 25%, 30%로 달리하였으며 대조구 (air)와 함께 저장중의 품질특성 변화를 분석실험하였다. 경도는 texture analyzer (stable micro system, TA. XT2, England)를 이용하여 측정하였으며, 각 시료를 무작위로 선택하여 10회 측정하여 평균값을 계산하였으며, Newton 단위로 표시하였다. 색도는 색차계 (Minolta chromameter CR-200, Japan)을 이용하여 L, a, b값을 측정하였으며 각 시료를 무작위로 선택하여 10회 측정하여 평균값을 계산하였다. 에탄올 측정은 일정크기로 세절한 버섯 10 g을 500 mL 증류플라스크에 넣고 증류수 50 mL을 가한 후 증류하여 증류액 10 mL을 취한다. 이중 1 µL를 gas chromatography (GC)분석용 시료로 사용하였다. 이때 GC 조건은 다음 Table 1과 같다. 표고버섯의 관능적 품질 평가를 위하여 버섯 전문가로 구성된 panel 3명에 의해 관능평가를 실시하였다. 점수는 10점 척도법으로 색 (color), 조직감 (texture), 이취 (off-flavor), 전반적인 기호도 (overall-acceptability)의 각 항목에 대하여 검사하였다. 양송이버섯과 느타리버섯의 경우 5점을 기준으로 평가하였다. 양송이를 저장 한달 후 cap 부분과 stipe 두 부분으로 나누어 품질특성을 조사하였다.

### 2. 연구수행 내용 및 결과

CA 처리에 따른 ethanol 분석 결과 CO<sub>2</sub> 20%+2% O<sub>2</sub>까지는 ethanol이 검출되

지 않았으며, CO<sub>2</sub> 25%+2% O<sub>2</sub>에서 0.49 ml/ℓ, CO<sub>2</sub> 30%+2% O<sub>2</sub> 저장시 0.39 ml/ℓ가 검출되었다. Hardness는 초기 18.37±2.86 N이었으나 CA 처리에 따라 저장 한달 후에 모두 50% 이상 hardness가 감소하였으며 특히 CO<sub>2</sub> 25%+2% O<sub>2</sub> 저장의 경우 11.77±3.02 N로 감소량이 가장 적었다. Color는 초기 82.73±3.83에서 저장동안 모두 감소하였으며 air 처리구가 가장 많이 감소하였고 CO<sub>2</sub> 10%~20% 사이에서 가장 적게 감소하였다. stipe 부분 역시 cap 부분의 실험과 유사한 결과를 보여줄 수 있었다 (Table 19). 느타리버섯의 경우 ethanol 분석 결과 초기 0.15 ml/ℓ에서 저장 후에는 처리군간 큰 차이 없이 0.16~0.44 ml/ℓ로 약간씩 증가하였다. Hardness는 저장 초기 6.38±1.65 N에서 저장 한달 후에는 50%이상 감소하였으며 CO<sub>2</sub> 20%+2% O<sub>2</sub> 처리구가 4.08±1.20 N으로 감소가 가장 적었다. Color (L-value) 값은 stipe 부분의 경우 초기 84.07±1.89에서 저장 한달후에는 처리군간 큰 차이 없이 77.44±2.54~81.08±1.92의 범위를 유지하였다 (Table 20).

표고버섯의 CA 처리효과를 알아보기 위해 color 측정과 관능평가를 실시하였다. Color는 cap부분과 stipe 두 부분으로 나누어 측정하였다. 그 결과 cap 부분에 대한 color 변화를 살펴보면 L값 (Lightness)은 초기 61.14±4.29에서 저장 두달 후 대조군 (air)의 경우 40.38±3.68로 감소한 반면 CA 처리군의 경우 42.43±4.32~48.50±5.44로 대조군 (air)에 비해 변화가 적음을 알 수 있었다. a값 (green-red)은 초기 5.93보다 저장 중 증가되고 있으며, b값 (yellowness-blue) 또한 초기 21.10에서 큰 차이 없이 증가됨을 보여주고 있다 (Table 22). 관능평가 결과 저장 60일 후 대조군 (air)의 경우 버섯이 맞닿은 부분이 점박이 모양의 흑변이 나타났으며 갓의 이면도 흑갈변이 발생되었다. CO<sub>2</sub> 10%+2% O<sub>2</sub> 처리구의 상태가 가장 좋게 평가됨을 알 수 있으며, CO<sub>2</sub> 30%+2% O<sub>2</sub> 처리구는 갓 끝이 타들어가는 것처럼 흑변이 심하며 이취 또한 심하게 나타났다 (Table 23).

Table 19. Table. Quality of *Agaricus campestris* stored under various CA conditions at 0°C (after 30 days)

① Cap

	Sensory score	Ethanol (ml/ℓ)	Hardness (N)	Color (L-value)
Initial	5.0	N.D.	18.37±2.86	82.73±3.83
Air	1.0	N.D.	6.46±1.25	46.66±3.93
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	2.6	N.D.	6.46±1.20	62.41±3.32
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	3.1	N.D.	8.50±1.41	64.10±4.77
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	2.7	N.D.	8.53±1.36	64.57±4.05
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	1.5	0.49	11.77±3.02	53.15±6.24
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	0.5	0.39	7.39±3.45	57.58±3.61

② Stipe

	Sensory score	Ethanol (ml/ℓ)	Hardness (N)	Color (L-value)
Initial	5.0	N.D.	12.23±1.14	85.92±3.18
Air	1.0	N.D.	5.81±1.39	29.90±9.13
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	2.6	N.D.	5.81±1.32	46.83±7.45
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	3.1	N.D.	9.34±1.86	54.34±8.17
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	2.7	N.D.	9.78±2.63	49.19±6.81
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	1.5	1.15	7.97±2.56	34.71±9.86
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	0.5	0.65	6.01±1.33	33.53±5.67

Table 20. Quality of *Pleurotus ostreatus* stored under various CA conditions at 0°C

	Sensory score	Ethanol (ml/ℓ)	Hardness (N)	Color (L-value)	
				cap	stipe
After 15 days					
Initial	5.0	0.15	6.38±1.65	50.07±4.49	84.07±1.89
Air	2.5	0.20	3.30±1.05	59.53±6.61	81.64±2.89
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	2.4	0.20	2.75±0.48	60.14±5.61	82.17±2.28
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	2.9	0.16	3.82±1.69	58.31±5.31	82.86±2.5
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	2.9	0.18	3.17±0.9	58.75±4.28	81.04±3.54
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	3.6	0.21	2.99±0.7	53.48±4.38	80.55±2.53
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	2.4	0.44	3.33±0.97	61.49±4.16	82.97±3.3
After 30 days					
Initial	5.0	0.15	6.38±1.65	50.07±4.49	84.07±1.89
Air	1.2	0.16	3.01±0.69	59.02±3.3	79.20±3.14
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	1.8	0.13	2.53±0.33	53.99±5.75	78.18±3.18
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	1.2	0.24	2.12±1.24	57.79±3.38	77.44±2.54
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	1.7	0.18	4.08±1.2	56.39±3.35	78.07±2.41
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	1.8	0.11	2.81±0.57	56.94±3.49	79.34±1.86
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	1.2	0.28	2.86±0.82	60.76±5.23	81.08±1.92

Table 21. Microorganism of *Pleurotus ostreatus* stored under various CA conditions at 0°C

	Total microorganism	yeast	E-coli	Mold
After 15 days				
Initial	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Air	$10 \times 10^6$	$1 \times 10^3$	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	$7.6 \times 10^7$	$2.8 \times 10^3$	N.D.	$2 \times 10^3$
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	$2.6 \times 10^7$	$5 \times 10^3$	N.D.	$0.5 \times 10^3$
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	$5.5 \times 10^6$	$8 \times 10^2$	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	N.D.	$2 \times 10^3$	N.D.	$2 \times 10^3$
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	$4.5 \times 10^6$	$4 \times 10^3$	N.D.	$1 \times 10^3$
After 30 days				
Initial	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Air	$6.4 \times 10^{10}$	$8 \times 10^3$	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	$1.2 \times 10^{11}$	$2.5 \times 10^6$	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	$1.1 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^3$	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	$1.2 \times 10^{10}$	N.D.	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	$1.7 \times 10^{10}$	N.D.	N.D.	N.D.
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	$3 \times 10^8$	N.D.	N.D.	N.D.



Table 22. Color of *Lentinus edodes* (Berk) Sing. stored under various CA conditions at 0°C

		Cap		Stipe	
		1month	2month	1month	2month
Air	L	49.03±8.13	40.38±3.68	31.76±0.92	54.69±15.16
	a	10.78±2.99	13.05±1.16	9.89±0.99	9.86±3.20
	b	26.75±1.75	23.54±2.90	26.21±0.37	23.43±2.42
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	L	53.58±7.07	49.56±6.14	73.78±4.73	77.63±1.58
	a	8.61±3.25	8.33±2.67	5.29±2.07	3.79±1.10
	b	24.64±2.63	23.05±2.24	22.67±4.21	19.68±2.81
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	L	57.02±4.61	46.22±2.80	68.57±7.05	69.95±4.91
	a	7.91±0.97	11.24±1.10	5.66±2.85	6.35±1.64
	b	24.18±1.26	26.06±3.66	21.31±4.23	25.49±2.13
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	L	61.76±1.54	48.50±5.44	73.54±1.98	71.40±3.53
	a	6.08±0.43	10.37±2.46	4.11±1.38	5.57±0.64
	b	22.67±0.05	25.15±1.78	20.71±2.85	24.06±1.86
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	L	53.69±6.82	44.52±5.42	72.76±2.95	62.66±9.81
	a	8.31±2.44	10.03±2.13	4.55±0.92	8.08±2.51
	b	23.80±2.97	24.52±2.41	20.68±1.37	28.87±0.96
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	L	53.51±1.79	42.43±4.32	71.67±5.99	60.98±2.74
	a	7.84±0.79	12.19±2.32	5.26±1.63	8.38±2.01
	b	23.85±1.83	27.83±2.25	21.70±1.91	28.12±3.03

\* Initial : Cap - L; 61.14±4.29, a; 5.93±0.82, b; 21.10±2.05

Stipe - L; 79.99±4.30, a; 2.85±0.54, b; 17.91±1.68

Table 23. Sensory evaluation of *Lentinus edodes* (Berk) Sing. stored under various CA conditions at 0°C

	Color	Texture	Off-flavor	Overall acceptability
After 30 days				
Air	8.47±0.35	6.27±0.25	9.60±0.10	9.00±0.20
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	9.27±0.25	8.27±0.15	9.60±0.20	9.37±0.06
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	7.77±0.25	7.60±0.50	6.70±0.70	7.37±0.55
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	7.67±0.15	6.80±0.60	7.07±0.06	6.97±0.15
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	7.57±0.35	7.50±0.10	5.27±0.25	6.77±0.25
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	6.60±0.30	6.07±0.25	6.50±0.30	6.87±0.06
After 60 days				
Air	0.60±0.20	0.70±0.40	9.67±0.25	0.60±0.30
CO <sub>2</sub> 10%+2% O <sub>2</sub>	3.90±0.20	3.90±0.10	4.17±0.15	4.00±0.30
CO <sub>2</sub> 15%+2% O <sub>2</sub>	1.90±0.20	1.87±0.06	1.60±0.20	2.00±0.30
CO <sub>2</sub> 20%+2% O <sub>2</sub>	3.00±0.20	2.90±0.60	2.40±0.20	2.87±0.75
CO <sub>2</sub> 25%+2% O <sub>2</sub>	1.60±0.10	1.77±0.06	1.40±0.20	1.47±0.06
CO <sub>2</sub> 30%+2% O <sub>2</sub>	0.87±0.06	0.80±0.20	0.47±0.06	0.40±0.00

## 제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구목표	목표 달성도 및 기여도
버섯류의 품목별 수확 후 생리 특성 조사	버섯의 수확 후 품질을 유지하고 유통기간을 연장시키기 위해서는 품온을 최대한 낮추어 0℃의 저온에 저장하고 산소투과율이 높은 EVA film을 이용하여 MA 저장하는 것이 가장 적합
버섯류의 수확 후 고품질 유지를 위한 기술 개발	관능검사 결과, 약쭉과 인진쭉 dough 처리구가 그 자체의 강한 향으로 버섯의 저장 중 발생하는 이취를 masking하는 것으로 조사되었으며, 품질 특성조사에서는 처리구보다는 온도에 의한 영향을 더 받는 것으로 조사
수확시기에 따른 버섯의 저장력 조사	여름에 비해 가을에 수확한 버섯의 저장력이 우수하였으며, 필름 처리구중에서는 PE, EVA 처리구의 저장력이 다소 우수
품목별 MA 포장 기술 확립 및 실용화	이전 연구에 의해 가장 좋은 결과를 보인 EVA film, 약쭉, 인진쭉을 이용하여 버섯에 대한 저장실험을 실시한 결과 현재 시중에 유통중인 골판지 box에 비해 그 저장수명이 2~3배 정도 증진되는 결과를 보였으며, 또한 저장시 문제가 되고 있는 이취발생은 약쭉, 인진쭉을 넣은 처리구가 control에 비해 이취를 masking 하는 효과를 보임
품목별 예냉 기술 확립	버섯을 품목별로 예냉 후 실험을 실시한 결과, 종래의 저장방법보다 예냉 후 PE film (약 10 $\mu$ m) 저장시 우수한 저장력을 나타냄
최적 CA 저장 조건 확립	CO <sub>2</sub> 의 농도를 달리하여 CA 저장실험을 실시한 결과 CO <sub>2</sub> 10%~20% (O <sub>2</sub> 2%)에서 가장 좋은 결과를 보임

## 제 5장 연구개발결과의 활용계획

본 연구개발 결과 기술적 측면에서 첫째, 버섯의 품목별, 수확시기별 수확 후 생리특성 구명, 둘째, 버섯의 생리특성 구명에 근거한 생리장해 방지기술 개발, 셋째, 버섯의 품목별 저장 유통기술의 실용화, 넷째, 수확 후 버섯의 고 품질 유지 기술 확립 등을 기대할 수 있으며, 경제 산업적 측면에서는 버섯의 고품질 유지 기간의 연장으로 인한 수확 후 버섯 손실의 감소, 고품질 버섯의 유통기간 연장으로 수출 가능성 확대 및 신선한 고품질 버섯유통으로 고 부가가치 창출 등을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과로 국내산 버섯에 대한 품종별 및 유통조건에 따른 생리 특성 구명 및 이를 기반으로 생리장해 방지기술을 확립하여 실용화함으로써 수확 후 버섯의 고품질 유통기간을 최대화 할 수 있다.

## 제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

버섯류의 영양성분은 일반 과채류와 같이 단백질 및 지질의 함량이 낮은 반면 섬유질, 무기질 및 비타민류 등 특수 영양소가 다량 함유되어 있다. 당질은 주로 trehalose 등의 당류와 mannitol 등 당알코올로서 에너지원이 아닌 정미성분이며 무기질의 조성은 인 함량이 낮고 칼륨의 양이 많아 알칼리성 무기질 조성으로 나타나고 있으며 또한 미량 필수 영양소인 아연의 함량이 높다. 비타민류는 과채류와는 달리 프로비타민 A인 카로틴과 비타민 C가 함유되어 있지 않으나 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및 나이아신이 다량 함유되어 있으며, 특히 나이아신은 과채류의 약 9배에 달하고 있으며 프로비타민 D인 ergosterol이 다량 함유되어 있다. 최근에 버섯 성분에 의한 혈청 콜레스테롤 저하작용, 장내세균의 활성화 작용 및 면역 증강작용에 의한 암세포 억제작용 등이 계속 밝혀지고 있다. 이와 같은 버섯류의 생리활성이 밝혀짐에 따라 현재 일본 등지에서는 버섯류를 이용한 건강식품 또는 기능성 식품, 더 나아가 의약품 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 버섯의 생리활성에 관한 연구 이외에도 버섯은 주로 생 버섯의 상태로 유통되고 있기 때문에 버섯의 저장기간을 늘리기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 생 버섯의 선도유지를 위한 방법으로는 Modified Atmosphere Packaging (MAP), Controlled Atmosphere (CA) 이외에도 저온 저장, 코팅제 처리, 수분흡수제 (moisture absorber)를 이용한 방법 등이 있는데, 최근에는 이처럼 단순한 MAP포장을 넘어서 활성물질을 첨가한 MAP 포장 방법이 이용되고 있다. 또한 버섯의 포장내 수분을 조절하기 위하여 sorbitol, NaCl 및 clay, silica를 처리하여 포장 내 수분이 감소하여 색도 및 숙도에서 좋은 품질을 유지하였다고 보고하였다. 그 외 저장중의 버섯의 갈변 억제를 위한 연구도 진행되었는데, Yiping 등은 버섯의 갈변 억제효과를 규명하기 위하여 PE 포장된 버섯의 갈변정도와 공기조성과의 관계 및 ethanol처리 효과에 대해 알아보았으며, Weemaes 등에 의하면 50℃ 이상의 온도에서 mushroom polyphenoloxidase를 불활성화시켜 효소적 갈변 반응을 예방할 수 있다고 보고하였다.

버섯의 선도유지를 위한 여러 방법 중에서 가장 조작이 편하고 경제적이며 효과가 좋은 것은 MAP를 이용하는 방법으로, 생과채류를 적당한 공기투과성을 갖는 필름으로 밀폐하면 호흡작용에 의하여 포장대내의 산소가 소비되고 반대로 이산화탄소가 생성되어 저장에 유리한 환경가스 조성이 용이하게 형성될 수 있는

환경가스조절 저장방법이 버섯류의 저장에도 유용하게 사용될 수 있다. 버섯을 다양한 포장재질로 MAP를 하여 포장내 기체조성과 버섯의 품질 척도인 버섯의 변색 정도, 속도, 조직의 견고도, 미생물상 등을 조사한 연구가 보고되었다. Sveine 등은 포장내 CO<sub>2</sub>는 5%, O<sub>2</sub>는 0.1%일 때 버섯의 저장효과가 가장 좋았다고 보고하였으며, Nicholas 와 Hammond는 다양한 필름으로 양송이버섯을 랩 포장한 결과 18°C에서 CO<sub>2</sub>는 10-12%, O<sub>2</sub>는 1-2%일 때 갓의 개열과 변색이 가장 늦게 나타난다고 보고하였다. 이와 같이 MAP를 통한 포장내 O<sub>2</sub>감소는 버섯의 호흡률을 저하시켜 갓의 개열을 지연시킬 뿐 아니라 tyrosinase의 활성을 저해시켜 버섯의 갈변을 지연시키는 효과가 있기 때문인 것으로 보고 되었다. 그러나 MAP 포장 처리가 버섯의 신선도를 유지시키는데 뛰어난 효과가 있음에도 불구하고, MAP처리로 인해 저장 버섯의 이취를 발생시켜 적절하지 못한 MAP에서는 오히려 품질의 악영향을 초래한다. ethanol과 acetaldehyde는 저장 버섯의 이취와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는데, Minamida 등은 저장 중 발생하는 이취를 공기 중에 6시간 노출로 해결하였다고 보고하였으나 이 저장조건은 버섯고유의 향미 손실을 초래한다.

## 제 7장 참고문헌

- 강창울, 심미자, 최응철, 이영남, 김병각. 한국산 담자균류의 항암성분에 관한 연구, 만년버섯의 균사배양 및 항암성분. 한국생화학회지. 14:101-1012 (1981)  
건강산업신문사. 기능성 식품시장 도입프로그램. 건강산업신문사(일본), p.232. (1988)
- 구경형, 김영진, 구영조, 최인욱. 진처리된 김치 부재료와 냄새 흡수 물질이 발효 중 김치냄새에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 31(6):1549-1556 (1999)
- 기해진, 박양균. 해조류 및 흡착제의 첨가가 양파즙의 냄새에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 31(6):1477-1483 (1999)
- 김건희. MA포장기술을 이용한 신선한 과일 및 채소류의 품질보존에 대한 연구 (Ⅱ)-신선 버섯류의 MA포장-. 덕성여대자연과학논문집. 4:1-8 (1998)
- 김병각 외 5인. 버섯건강요법. 가림출판사. p49-56 (1996)
- 김영재, 김종균, 조한옥, 변명우, 권중호. 감마선 조사와 훈증 처리된 건조 표고버섯의 저장성 및 조리 적성. J. Food Hygiene. 2(1):29-34 (1987)
- 김재광. 느타리 버섯(*Pleurotus ostreatus*)의 저장 중 이화학적 특성 및 생리적 특성 변화에 관한 연구. 경희대 대학원 석사 논문. 1999
- 김준한, 김종국, 문광덕, 손태화, 최종욱. 양송이 버섯의 MAP 및 CA 저장 효과. 농산물저장유통학회지. 2(2):225-232 (1995)
- 김진수. 한국산 *Artemisia* 속 식물의 정유성분과 생물활성 물질에 관한 연구. 고려대학교 박사학위논문 (1996)
- 민태진, 배장규. *Umbilicaria vellea* 중 페놀성 화합물의 구조 및 항균활성. 대한화학회지. 40:623-629 (1996)
- 박상신, 유국현, 민태진. 버섯추출물의 항산화활성에 관한 연구. 한국균학회지. 26(1):69-77 (1998).
- 박영희. 썩 추출액을 이용한 염색질물의 항균성 및 소취성에 관한 연구. 경희대학교 박사학위논문 (1999)
- 배은아, 김동현, 한명주. 표고버섯 추출물 투여가 생쥐 장내세균 효소에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 33(1):142-145 (2001)
- 성재모, 유영복, 차동렬. 버섯학. 교학사. p64-65, 250-260 (1998)
- 안용선, 신동화, 강진하, 오승원. 환경 친화적 포장재를 이용한 느타리버섯의 저장성 연구. 한국식품영양과학회지. 29(1):85-92 (2000)
- 유재선. 녹차추출 방법에 따른 추출물의 구취제거효과에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문 (1990)
- 이병구. 썩씨중의 정유성분이 미생물의 생육에 미치는 영향. 세종대학교 석사학위논문 (1990)

- 이세은, 김동만, 김길환. MA저장중 표고버섯(*Lentinus edodes*)의 품질변화에 관한 연구. 한국영양식량학회지. 20(2):133-138 (1991)
- 이영석. 버섯산업의 정책과제와 육성방향. 한국농촌경제 연구원. 연구보고 R343 : 1-98 (1996)
- 이진실. 환경가스조절 포장에 키토산 및 CaCl<sub>2</sub>로 코팅 처리된 양송이 버섯의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지 31(5):1308-1314 (1999)
- 이화윤. 어성초 비린 냄새 제거와 식품 이용에 관한 연구. 강원대 대학원 석사 논문 (1999)
- 이화학사전 제 4판. 청수서원. p 1584.(1999)
- 임병선, 이종석, 최선태, 김영배. 저장전처리 및 polyethylene film 포장이 당근의 저장력에 미치는 영향. 농업과학논문집. 40(1):83-88 (1988)
- 장성백. 참죽의 정유성분 연구. 경희대학교 석사학위논문 (2000)
- 전향숙. 담자균류의 면역활성. 식품과학과 산업. 33(4):22-32 (2000)
- 정경수. 버섯류의 생리활성 성분. 식품과학과 산업. 28(3):29-36 (1995)
- 정호권, 이준우. 잔나비버섯 자실체로부터 분리한 물질의 특성 및 생리활성. 한국식품과학회지. 33(1):122-127 (2001)
- 조덕현. 지성자연사박물관4 버섯. 지성사. (2001)
- 조성산, 하태문. 활성물질 처리에 의한 상온에서의 생버섯 선도유지 효과. 특용작물연구논문집. 40(2):52-57 (1998)
- 조연희. 국내 자생 쑥속 식물의 정유성분에 관한 연구. 서울여자대학교 석사학위논문 (2000)
- 佐藤 寺澤 他: 食品工業, 4 下, p. 42 (1984)
- 지정현, 하태문, 김영호, 생버섯류 저장·가공·유통에 관한 연구. 특용작물연구논문집 (1998)
- 차동렬, 유창현, 김광포. 최신버섯재배기술. 영진회. p83-87, 107, 169 (1994)
- 허준. 한방동의보감. 민정사. p.184 (1978)
- Anantheswaran Swamy, Sunkara Ravi. Use of commercial moisture absorbers to increase the shelf life of fresh mushrooms. Mushroom News. 12:24-26 (1996)
- Anantheswaran, R.C. and Beelman, R.B. Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. J. Food Sci. 60:334-340 (1995)
- Chihara, G., Hamuro, J., Maeda, Y. Y., Arai, Y. and Fukuoka, F. Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially Lentinan from *Lentinus edodes*(Berk) Sing(an edible mushroom). *Cancer Res.* 30:2776-2781 (1970)
- Chobot V, Opletal L, Jahodar L, Patel AV, Dacke CG, Blunden G. Ergosta-4,6,8,22-tetraen-3-one from the edible fungus, *Pleurotus*



- ostreus(oyster fungus), *Phytochemistry* 45(8):1669-1671 (1997)
- El Ghaouth A., Arul, A., Ponnampalam, J. and Bowlet, R. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56:1618-1620 (1991)
- Gormley, T.R. Chill storage of mushroom. *J. Sci. Food Agric.* 26:401-411 (1995)
- Hamuro, J. and Chihara, G. Immunomodulation agents and their mechanism. Fenichel, R.L. and M.A. Chirigos ed., Marcel Dekker. New York. p.409 (1984)
- Hershko, V. and Nussinovitch, A. Relationships between hydrocolloid coating and mushroom structure. *J. Agric Food Chem.* 46:2988-2997 (1998)
- Kader, A.A. and Morris, L.L. : Relative tolerance of fruits and vegetables to elevated CO<sub>2</sub> and reduced O<sub>2</sub> levels, Michigan State Univ. Hort. Rep., 28, 260(1977)
- Kader, A.A. Postharvest biology and technology an overview, pp 3-8: Postharvest Technology of Horticultural Crops. The regents of the university of California, division of agriculture and natural resource, CA, USA, (1985)
- Kader, A.A., Zagory, D. and Kerber, E.L., Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 28:1-30 (1989)
- Kim, M.W., Park, M.H. and Kim, G.H. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on blood glucose levels and energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Korean Nutrition Soc.*, 30:743-750 (1997)
- Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O.. Browning and color characteristics in the mushrooms(*Agaricus bisporus*) as influenced by ionizing energy. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22:509-513 (1990)
- Lopez-Briones, G., Varogaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G. and Pascat, B. Storage of common mushroom under controlled atmosphere. *Intl. J. Food Sci. Technol.* 27:493-505 (1992)
- Minamida, T., Tsuruta, M. and Ogata, K.: Studies on keeping freshness of Shiitake mushroom(*Lentinus edodes* sing) after harvest. *J. Food Sci. Technol(Jap).* 27:26 (1980)
- Nicholas, R. and Hammend, J.B.W. Storage of mushrooms in pre-packs the effect of changes in carbon dioxide and oxyge on quality. *J. Sci. Food Agric.* 24:1371-1381 (1973)
- Noh, B.S. and Lee, D.S. New product development by using principal

- component analysis. Food Sci. Industry 29: 2-12 (1996)
- Roy S., Anantheswaran R.C., Beelman R.B. Sorbitol increases shelf life of fresh mushrooms stored in conventional packages. J. Food Sci. 60(6): 1254-1259 (1995)
- Roy, S., Anantheswaran, R.C., Beelman, R.B. Modified atmosphere and modified humidity packaging of fresh mushrooms. J. Food Sci. 61(2). 391-397 (1996)
- Sveine, E., Klougart, A. and Rasmussen, C.R. Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushrooms. Mushroom Sci. 6:463-474 (1967)
- Tharib, S.M., Gnan S.O. and Veitch. G.D.A. Antimicrobial activity of compounds from *Artemisia campestris*. J. Food Protection 46:185-187 (1983)
- Warwick, M.G. and Tsureda, A. The interaction of the soft rot bacterium *Pseudomonas gladioli* pv. *agaricicola* with Japanese cultivated mushrooms. Can. J. Microbiol. 43:639-648 (1997)
- Weemaes C., Rubens P., S. de cordt, Ludikhuyze L., Van den broeck I., Heremans K., Tobback P. Temperature sensitivity and pressure resistance of mushroom polyphenoloxidase. J. Food Science. 62(2): 261-266 (1997)
- Wills, R.B.G., McGlasson, W.B., Graham, D., Lee, T.H. and Hall, E.G.. Postharvest : an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetable. 3rd ed., NSW Univ. Press, Sydney, Australia. (1989)
- Yiping Gong, Kazuhiro Abe, Kazuo Chachin. relation between endogenous ethyl alcohol and browning in Shiitake(*Lentinus edodes* Sing.) Mushroom during Storage in Polyethylene Film Bags. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 40(10):709-712. (1993)

제 2협동과제: 후지 사과의 CA 장애 원인 구명 및  
저장 유통기술 개발에 관한 연구

안동대학교

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “주요과실 및 채소류의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발” 과제 중 (제 2협동과제: ‘후지 사과의 CA 장해 원인 구명 및 저장유통기술 개발에 관한 연구’)의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 27일

주관연구기관명 : 서울대학교  
총괄연구책임자 : 이 승 구  
협동연구기관명 : 안동대학교  
협동연구책임자 : 박 윤 문  
참 여 기 업 : 주) 후레쉬텍

# 요 약 문

## I. 제목

제 2협동과제: ‘후지’ 사과 CA 장해 원인 구명 및 저장유통기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

사과의 저장 및 유통단계에서 품질유지에 가장 적합한 저장기술은 CA 저장기술임에도 불구하고 국내의 ‘후지’ 사과 저장 산업은 CA 저장 중 발생하는 내부갈변 장해 현상으로 활성화가 이루어지지 못하고 있다.

‘후지’ 사과의 내부갈변 증상은 CA 환경과 저온 환경이 복합적으로 작용하여 나타나는 생리적 장해로써 이산화탄소 축적에 의한 가스장해의 일종으로 보고 있으나 정확한 원인이 밝혀지지 않아 근본적인 방지 대책이 제시되지 못하고 있다. CA 저장의 활성화를 위해서는 무엇보다도 사과를 중심으로 CA 저장기술이 확립되어야 하며 국내 저장사과는 ‘후지’ 사과가 주 저장품종을 고려할 때, ‘후지’ 사과’의 저장장해 회피를 위한 다양한 기술 개발이 제시되어야 할 것이다.

외국의 CA 저장 산업 발달이 CA 저장 기술의 개발은 물론 저장 장해를 극복하려는 많은 기초연구의 결과를 활용하여 발전되었음을 고려할 때 국내 CA 저장 연구 방향도 과일의 저장 생리와 저장 장해 감수성에 대한 원인구명, 저장 장해 예측 및 회피 기술과 함께 고품질 CA 저장사과의 유통 상품화기술 개발이 동시에 진행되어야 할 것이다.

이와 함께 국내 저장산업 여건에 맞추어 CA 저장기술을 대체할 수 있는 소규모 저비용 저장기술 개발이 요구되고 있다. 이를 위해서는 최근 개발 보급되고 있는 에틸렌 분해기에 대한 효과를 검증하고 다양한 규모의 ‘후지’ 사과 저장에 적합한 기기 효율을 위한 기준이 설정되어야 할 것으로 판단된다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. ‘후지’ 사과 저장 현황 및 내부갈변 장애요인 조사

국내 ‘후지’ 사과 저온저장의 전반적인 문제점과 본 과제의 주안점인 저장 중 발생하는 내부갈변 장애와 연관된 현장 요인을 파악하기 위해 경북부 지역을 포함한 4개 주산단지의 재배농가 및 저장업체를 대상으로 설문조사를 실시하고 그에 근거하여 저온저장 중 내부갈변현상이 자주 나타나는 지역의 저온저장고 환경을 조사하였다. 또한 내부갈변 장애와 연관된 요인을 구명하기 위해 수확후 기상환경별 저장 반응을 모의하여 실험을 수행하였고 감수성 과수원과 정상 과수원으로 구분하여 사과의 다량요소 및 미량요소를 분석하였다.

#### 2. CA 저장 장애 예측기술 개발

‘후지’ 사과의 CA 저장 장애인 내부갈변장애 발생률을 사전에 예측하기 위해 가장 보편적으로 적용하는 수확 시 밀증상 정도, 최근에 제시된 단기간 인위적인 처리를 통해 유기한 장애발생률과 실제 CA 저장 후 장애발생률과의 상관관계를 구하고 이를 분석함으로써 현장적용 가능성을 타진하고자 하였다.

이를 위해 1) 수확시기별, 지역별 밀증상 지수 조사, 2) 인위적인 장애 유기처리의 적정기간 확인, 3) 수확시기별, 지역별 사과에 대한 CA-장애 발생률 조사, 4) 이들 요인간 연관성 분석 및 상관분석 자료의 범용성을 검토하였다.

#### 3. ‘후지’ 사과 CA 장애 방지기술 연구

수확시기와 과수원에 따라 다르게 나타나는 ‘후지’ 사과의 CA 장애발생 양상을 파악하여 국내 여건에 부합되는 CA 저장 프로그램을 확립하고자 수확시기별 장애 발생 양상을 조사하여 국내의 관행수확시기 타당성을 조사하였다. 동시에 장애가 발생하지 않는 산소 및 이산화탄소 농도 범위를 설정하고 보다 안전한 저장 프로그램을 위해 delay-CA에 의한 장애 발생 감소효과를 검증하였다. 최종적으로 조사결과를 활용한 pilot 실증 연구를 수행함으로써 연차간, 지역간 변이를 분석하여 국내 ‘후지’ 사과 CA저장 적용 모델을 제시하고자 하였다.

#### 4. CA 저장 대체 기술 및 에틸렌 분해기기 개발

국내와 같이 저장산업이 개인농가단위나 작목반 단위의 비교적 소규모로 발달한 경우에는 CA 저장 방식에 상응하는 품질유지 효과를 보이면서 저비용 운영이 가능한 저장기술의 개발이 요구된다. 본 과제에서는 에틸렌 분해기기를 이용한 ‘후지’ 사과 저온저장고 내 에틸렌 농도 감소가 과실품질에 미치는 효과를 조사하였다. 동시에 저장고 내 에틸렌 농도의 시기별 증가를 예측하여 효율적인 에틸렌 제거 프로그램을 제시함으로써 궁극적으로 에틸렌 제거 모델에 합당한 에틸렌 분해기기의 효율개선 자료를 제시하였다.

#### 5. ‘후지’ 사과의 저장 후 유통상품화 기술개발

최종소비자의 요구에 부응하는 과실 품질평가 기준을 전제로 하여 저장방식과 저장 후 포장센터에서 시행되는 세척 및 선별처리의 효과를 분석하여 고품질 상품화기술로써 개발이 가능한지를 타진하였다. 저온저장과 CA 저장 ‘후지’ 사과의 유통 후 품질조사 및 효과를 분석하여 저장기술이 최종 소비품질에 미치는 영향을 검증하였다. 또한 CA 저장 대체기술로 상정한 에틸렌 제거 저장기술을 적용한 사과와 기존 저온저장 사과의 저온유통 효과를 분석하였고 세척 및 brushing 공정에 따른 식미 관련 품질요소 및 안전성을 조사함으로써 새로운 기술을 도입한 상품개발의 가능성을 제시하였다.

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. ‘후지’ 사과 저장 현황 및 내부갈변장애요인 조사

‘후지’ 사과 주산단지를 대상으로 조사한 저장고 운영실태 및 내부갈변 장애 발생 요인 조사 결과, 국내 ‘후지’ 사과는 수확시기가 지연되고 수확후-저장전 관리과정에서 동결온도까지의 기온이 떨어지는 기상조건에 조우될 경우 저장장해가 발생할 소지가 큰 것으로 추정되었다. 이러한 연구결과는 수확시기-저장후 입고전 관리 및 입고 후 초기 저장고 환경관리에 대한 지도자료 작성에 활용이 가능할 것으로 보인다.

## 2. CA 저장장해 예측기술 및 장해 방지기술

본 과제를 통해 조사한 인위적 유기처리에 의한 장해발생률 및 수확 시 밀증상 지수는 실제 CA 장해 발생률과 밀접한 연관성을 보여주었고 모든 경우에 적용할 수 있는 ‘후지’ 사과에 적정 CA 환경은 이산화탄소 0.1% 수준으로 밝혀졌다. 그러나 실제 CA 저장기술 적용 시 0% 수준의 이산화탄소 농도 조절이 어려울 경우, 예측기술을 이용하여 지역과 수확연도에 따른 장해 감수성을 진단하고 delay-CA 프로그램을 적용하는 등 최적화 프로그램을 작성하여 앞으로의 CA 저장 지침으로 활용한다.

## 3. CA 저장 대체 기술

저온저장고 내 에틸렌 농도 저하에 따른 ‘후지’ 사과의 품질유지 효과를 볼 때, 적정 수확시기와 충분한 에틸렌 분해 용량이 선결조건이므로 저장초기부터 에틸렌 발생을 제어할 수 있는 수확시기에 대한 지도가 이루어져야 할 것이다. 에틸렌 분해기기는 과실의 수확시기 및 저장기간에 따라 용량요구도가 달라지므로 본 과제에서 제시한 에틸렌 발생 및 축적 자료를 활용하여 에틸렌 분해기기 개발을 담당하는 제조업체에 기술을 이전하는 방향에서 연구결과가 활용되어야 할 것이다.

## 4. 유통 상품화 기술

다른 원예생산물의 수확후 관리 프로그램에서 이미 제시된 저온유통의 효과가 ‘후지’ 사과에도 적용될 수 있음이 확인되었으므로 포장센터의 품질관리 프로그램에 활용한다. 특히 포장센터에서의 세척 및 포장 처리는 식품 안전성에 대한 신뢰도 문제와 직결되므로 본 과제에서 조사된 자료를 바탕으로 세척설비의 선택, 상품화 기술 및 효율적인 운영의 상담자료로 작성한다.



## SUMMARY

### **Prediction and Avoidance Program for CA-related Disorders in 'Fuji' Apples and Development of Postharvest Handling Procedures**

**Youn-Moon Park<sup>1</sup>, Seung Koo Lee<sup>2</sup>, and Seung Chun Baik<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea*

*<sup>2</sup>Department of Horticultural Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea*

*<sup>3</sup>Freshtech Co., Ltd., Seoul 138-200, Korea*

In Korea, controlled atmosphere (CA) storage of 'Fuji' apples has been suspended because of severe incidence of CA-related internal browning disorders. Brown core and cavity symptoms are sometimes observed even in the refrigerated air storage. The study was conducted to elucidate causal factors as related to the incidence of the disorder, to develop a practical program forecasting the potential hazard from the incidence of the disorder, and to provide a secure CA procedure avoiding the disorder. At the same time, low-ethylene refrigerated air-storage and modified atmosphere (MA) storage were studied and requirements for practical application were provided as a possible alternative to CA storage. Finally, effects of post-storage packing house treatments and marketing temperature on the market quality and safety factors of 'Fuji' apples were examined considering consumers' needs. The evaluation was focused on the effectiveness of washing treatment with ozonated water and cold-chain marketing system.

Surveys on 'Fuji' apple orchards and storage facilities suggested an idea that internal browning symptoms observed after air storage might be induced by exposure to near-freezing temperature at harvest and/or during pre-loading period and developed under improper storage environment, especially at the early period of storage. Simulation treatments of postharvest handling procedure at near-freezing temperature combined with semi-gas tightness of storage room resulted in high carbon dioxide accumulation and the incidence

of internal browning. Early harvest before exposure to freezing temperature and carbon dioxide control through ventilation are highly recommended to avoid storage loss from the disorder.

Forecasting program for the CA-related disorder was developed through correlation analysis. Relationships were analyzed among watercore at harvest, short-term inductive incidence of internal browning (IB), and the incidence after controlled atmosphere (CA) storage of 'Fuji' apples. During two-year experiment, fruits of various maturity and watercore intensity were obtained by harvesting three times at six to seven day intervals from two orchards located in Andong and Yecheon areas. For the disorder induction, fruits were held at 20 °C in 20 kPa CO<sub>2</sub> + 17 kPa O<sub>2</sub> atmosphere for 3 to 12 days. CA storage was performed at 0°C in 2.5 - 3.0 kPa CO<sub>2</sub> + 2.5 - 3.0 kPa O<sub>2</sub> for five months. Brown core and radial flesh breakdown were two major disorders after inductive treatment or CA storage, which showed different incidence by harvest season. Observations from two storage seasons suggested an idea that inductive incidence of internal browning after 6-day high CO<sub>2</sub> treatment seemed to be used as a reliable indicator to predict actual incidence of the disorder after CA storage. Inductive incidence, however, seemed not to be an absolute determinant but a relative indicator simply forecasting potential hazard of CA storage. Incidence of CA-related internal browning seemed to be closely associated with watercore severity at harvest in the first experimental year, while the relationship was not significant in the following year suggesting seasonal variation of the relationship between watercore and CA disorder. Influence of watercore on the incidence of the disorder seemed to vary also by orchard location. To develop a secure CA storage program, both the prediction test and estimation of watercore influence should be conducted on individual orchard basis.

CA storage over three years on 'Fuji' apples harvested at three harvest maturity from two orchards proved that the CA-related internal browning is caused by high carbon dioxide and 'Fuji' apple cultivar is very susceptible to the disorder. Maximum tolerance to carbon dioxide seemed to be 1.0% to avoid CA disorders. Zero level carbon dioxide may be required to escape from the potential hazard in apples harvested at commercial maturity or late.

Delay-CA seemed to be helpful to alleviate the incidence of CA disorders. CA effects on fruit quality, however, could be minimized or nullified as delay period extended, especially in late-harvested apples. Early-harvest seems to be a prerequisite condition for successful CA storage of 'Fuji' apples.

The experiments on low-ethylene refrigerated air storage were conducted on apples harvested at commercial maturity over two storage seasons: 2001-2002 and 2002-2003. In commercial-scale experiment, ethylene removal was achieved using a photo-catalytic ethylene converter. Complementary data of ethylene removal effects were obtained through modified atmosphere packaging treatments with or without an ethylene absorbent. Ethylene removal appeared to improve storability and shelf-life of 'Fuji' apples showing better maintenance of fruit firmness and titratable acidity although the effects might vary by harvest season and/or harvest maturity. Estimation of storage volume parameters and ethylene production rates during refrigerated storage suggests that ethylene concentration inside fully-loaded 576 m<sup>3</sup> storage (12 m × 8 m × 6 m: L × W × H) may increase by 0.5 ppm/day at the early storage period and 0.7-1.0 ppm/day after four months of storage. Ethylene removal capacity required to offset the increase in ethylene concentration should be 14.1 mL · h<sup>-1</sup> for four month storage and 19.2 mL · h<sup>-1</sup> for six month storage. MA storage in combination with ethylene removal provide high potential to maintain fruit quality. MA packaging, however, should not be completely sealed because chronic exposure to carbon dioxide over 4% regardless of oxygen concentration may induce internal browning disorder.

Studies of packaging house process, especially of washing treatment with ozonated water proposed that more accurately programmed procedure is required for satisfactory effects. Better market quality was obtained in CA-stored 'Fuji' apples plus simulated cold-chain system than in refrigerated air-stored apples plus marketing at ambient temperature.

# CONTENTS

I. Introduction .....	300
1. Objectives .....	300
2. Goals and Scope .....	301
2.1 Survey on storage facilities and storage disorder-related factors .....	301
2.2 Prediction model for CA-related disorders .....	301
2.3 Optimum CA storage procedure for 'Fuji' apples .....	302
2.4 Development of CA-substitutional storage technology and ethylene converter .....	302
2.5 Post-storage marketing program .....	303
II. Current Development of Related Technology .....	304
1. Storage technology for 'Fuji' apples .....	304
2. CA-substitutional storage technology .....	305
3. Technology for market quality .....	306
III. Research Content:	
approaches, results, and discussion .....	308
1. Surveys on 'Fuji' apple storage industry and causal factors as related to storage disorders .....	308
2. Prediction model for CA-related disorders .....	316
3. Optimum CA storage procedure for 'Fuji' apples .....	322
4. Development of CA-substitutional storage technology and ethylene converter .....	334
5. Post-storage marketing program .....	345
IV. Achievement Evaluation .....	358
V. Practical Application of the Results .....	361
VI. Scientific Information Collected through the Project .....	363
VII. Literature Cited .....	366

# 목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 .....	300
제 1절 연구개발의 필요성 .....	300
제 2절 연구개발의 목표 및 범위 .....	301
1. 저장현황 및 내부갈변 장해요인 조사 .....	301
2. CA 저장장해 예측기술 .....	301
3. ‘후지’ 사과 CA 장해 방지기술 .....	302
4. CA 저장 대체기술 및 에틸렌 분해기기 개발 .....	302
5. ‘후지’ 사과의 유통상품화기술 .....	303
제 2장 국내외 기술개발 현황 .....	304
제 1절 ‘후지’ 사과 저장기술 .....	304
제 2절 CA 저장 대체기술 .....	305
제 3절 유통상품화 기술 .....	306
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	308
제 1절 ‘후지’ 사과 저장현황 및 내부갈변장해요인 조사 .....	308
제 2절 CA 저장장해 예측기술 .....	316
제 3절 ‘후지’ 사과 CA 장해 방지기술 .....	322
제 4절 CA 저장 대체기술 및 에틸렌 분해기기 개발 .....	334
제 5절 ‘후지’ 사과의 유통상품화기술 .....	345
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	358
제 5장 연구개발결과의 활용계획 .....	361
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	363
제 7장 참고문헌 .....	366

## 제 1장 연구개발 과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 필요성

사과의 저장 및 유통단계에서 품질유지에 가장 적합한 저장기술은 CA 저장기술임에도 불구하고 국내의 ‘후지’ 사과 저장 산업은 CA 저장 중 발생하는 내부갈변 장애 현상으로 활성화가 이루어지지 못하고 있다.

‘후지’ 사과의 내부갈변 증상은 CA 환경과 저온 환경이 복합적으로 작용하여 나타나는 생리적 장애로 추정하고 있으나 국내에서는 일부 저온저장고에서도 심하게 발생하여 유통과정에서 문제가 되고 있다. 저온저장고에서 발생하는 내부갈변 증상은 발생 양상이 해에 따라 다르게 나타나므로 기상요인이 관련되는 것으로 추정하고 있다. 또한 발생 증상으로 보아 이산화탄소 축적에 의한 가스장애의 일종으로 보고 있으나 정확한 원인이 밝혀지지 않아 근본적인 방지 대책이 제시되지 못하고 있다.

외국의 CA 저장 산업 발달이 CA 저장 기술의 개발은 물론 저장 장애를 극복하려는 많은 기초연구의 결과를 활용하여 발전되었음을 고려할 때 국내 CA 저장 연구 방향도 과일의 저장 생리와 저장 장애 감수성에 대한 원인구명과 함께 실용화 기술 개발이 동시에 진행되어야 할 것으로 판단된다.

CA 저장의 활성화를 위해서는 무엇보다도 사과를 중심으로 CA 저장기술이 확립되어야 하며 이를 위해 저장장애 회피를 위한 다양한 기술 개발이 제시되어야 할 것이다. 이를 위해서는 무엇보다도 수확 직후 혹은 저장 1주일 이내에 CA 장애 발생 위험성을 예측할 수 있는 기술을 개발하여 다양한 CA 저장 프로그램을 적절하게 활용할 수 있도록 해야 할 것이다. 이와 함께 국내 저장산업 여건에 맞추어 CA 저장기술을 대체할 수 있는 소규모 저비용 저장기술 개발이 요구되고 있다. 이를 위해서는 최근 개발 보급되고 있는 에틸렌 분해기기에 대한 효과를 검증하고 다양한 규모의 ‘후지’ 사과 저장에 적합한 기기 효율을 위한 기준이 설정되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 과실 품질은 저장 후가 아니라 유통 후에 최종 판단되므로 유통과정에서의 품질변화를 최소화 할 수 있는 저장-유통 연계 프로그램이 필요하다. 동시에 소비자의 다양한 요구에 부응하고 품질과 안전성에 대한 신뢰도를 높이려면 포장

센터에서의 다양한 처리기술을 통한 상품화 기술이 검증되어야 할 것이다.

## 제 2절 연구개발의 목표 및 범위

### 1. ‘후지’ 사과 저장 현황 및 내부갈변 장애요인 조사

#### 가. 조사목표

국내 ‘후지’ 사과 저온저장의 전반적인 문제점과 본 과제의 주안점인 저장 중 발생하는 내부갈변 장애와 연관된 현장 요인을 파악하기 위해 주산단지 재배농가 및 저장업체를 대상으로 설문조사를 실시하고 그에 근거하여 저온저장 중 갈변현상이 자주 나타나는 지역의 저온저장고 환경을 조사하였다.

#### 나. 범위

- 1) 경북부 지역을 포함한 4개 주산단지의 ‘후지’ 사과 저장 문제점 파악
- 2) 저장장애 발생 과수원 및 저장업체에 대한 실증조사

### 2. CA 저장장애 예측기술 개발

#### 가. 개발 목표

‘후지’ 사과의 CA 저장 장애인 내부갈변장애 발생률을 사전에 예측하기 위해 가장 보편적으로 적용하는 수확 시 밀증상 정도, 최근에 제시된 단기간 인위적인 처리를 통해 유기한 장애발생률과 실제 CA 저장 후 장애발생률과의 상관관계를 구하고 이를 분석함으로써 현장적용 가능성을 타진하고자 하였다.

#### 나. 범위

- 1) 수확시기별, 지역별 밀증상 지수 조사
- 2) 인위적인 장애 유기처리의 적정기간 확인
- 3) 수확시기별, 지역별 사과에 대한 CA-장애 발생률 조사

- 4) 연관성 분석
- 5) 상관분석 자료의 범용성 검토

### 3. '후지' 사과 CA 장해 방지기술 연구

#### 가. 개발 목표

수확시기와 과수원에 따라 다르게 나타나는 '후지' 사과의 CA 장해발생 양상을 파악하여 국내 여건에 부합되는 CA 저장 프로그램을 확립하고자 하였다.

#### 나. 범위

- 1) 수확시기별 장해 발생 양상조사
- 2) 장해가 발생하지 않는 산소 및 이산화탄소 농도 범위 설정
- 3) Delay-CA에 의한 장해 발생 감소효과
- 4) 조사결과를 활용한 pilot 실증 연구
- 5) 연차간, 지역간 변이를 분석하여 국내 '후지' 사과 CA저장 적용 모델 제시

### 4. CA 저장 대체기술 및 에틸렌 분해기기 개발

#### 가. 개발 목표

CA 저장기술은 과실, 특히 사과의 품질유지에 탁월한 효과가 있으나 초기 설비투자가 많고 전문 관리요원 확보 등 경영비용의 상승을 가져온다. 따라서 국내와 같이 저장산업이 개인농가단위나 작목반 단위의 비교적 소규모로 발달한 경우에는 CA 저장 방식에 상응하는 품질유지 효과를 보이면서 저비용 운영이 가능한 저장기술의 개발이 요구된다.

#### 나. 범위

- 1) '후지' 사과의 저온저장고 내 에틸렌 농도의 변화 양상 조사
- 2) 에틸렌 제거가 과실품질에 미치는 효과 조사
- 3) 저장고 내 에틸렌 농도의 시기별 증가 예측
- 4) 효율적인 에틸렌 제거 프로그램 제시



5) 에틸렌 제거 모델에 합당한 에틸렌 분해기기 효율 개선

## 5. ‘후지’ 사과의 유통상품화 기술개발

### 가. 개발목표

과실의 품질 평가는 최종소비자의 요구에 얼마나 부응하느냐에 따라 판정되므로 유통과정을 거친 후 품질이 중요한 것으로 판단된다. 유통상품화 기술은 이러한 전제하에 저장방식과 저장 후 포장센터에서 시행되는 세척 및 선별처리의 효과를 분석하여 고품질 상품화기술로써 개발이 가능한지를 타진하고자 하였다.

### 나. 범위

- 1) 저온저장과 CA 저장 ‘후지’ 사과의 유통 후 품질조사 및 효과 분석
- 2) 에틸렌 제거 저장 및 기존 저온저장 사과의 저온유통 효과 분석
- 3) 세척 및 brushing 공정에 따른 식미 관련 품질요소 및 안전성 조사

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 ‘후지’ 사과 저장 기술

#### 1. 저장 기술

국내의 ‘후지’ 사과 저장기술은 저온저장 수준에서 벗어나지 못하고 있다. 1990년대 초반부터 대기업체 중심으로 과실 및 채소의 CA 저장 사업을 시도하였으나 대부분 ‘후지’ 사과의 CA 저장장해 문제를 극복하지 못한데다 저장고 운영 전문인력 부족 및 경영수지 악화로 사업을 포기함으로써 현재는 극히 일부 저장업체에서 수출용 배를 대상으로 CA 저장기술을 활용하고 있을 뿐이다.

이와는 달리 유럽 및 미국은 중생종 및 만생종 사과 품종에 대해 CA 저장기술을 적극 활용하여 다양하고 품질 좋은 상품을 공급하고 있다.

#### 2. CA 저장 장해 예측기술

국내의 CA 저장산업이 CA 저장의 주대상 품목인 ‘후지’ 사과의 저장장해를 극복하지 못하고 기술활용 및 개발을 포기한 것과는 반대로 외국에서는 CA 저장시 발생하는 여러 가지 유형의 장해를 연구함으로써 모든 품종에 대해 CA 저장 기술이 활용할 수 있는 조건을 제시하고 있다.

그러한 노력의 하나가 CA 저장장해의 사전 예측기술로써 CA 장해에 민감한 ‘후지’ 사과를 대상으로 한 연구가 진행되고 있다. CA 장해 예측은 수확시 과실 내부 밀증상과 장해 발생률과의 연관성을 밝힘으로써(Argenta 등, 2002a, 2002b) 수확연도와 지역간에 따라 변이가 심한 CA 장해 발생위험성을 사전에 파악할 수 있다. 한편으로는 수확 즉시 장해가 발생하기 쉬운 환경에서 3-7일 정도 장해를 인위적으로 유기하여 그 발생정도를 분석해봄으로써 실제 CA 저장시 장해발생 여부를 사전에 인지하여(Volz 등, 1998) CA 저장 여부 및 특정 CA 환경을 선택하도록 할 수 있다.

‘후지’ 사과 이외의 품종으로는 신품종으로 각광받고 있는 ‘Braeburn’ 사과를 대상으로 과수원의 영양상태 및 수량이 CA-저장 장해에 미치는 영향을 파악하려는 시도가 진행되고 있다(Elgar 등, 1999).

#### 3. ‘후지’ 사과 CA 장해 방지기술

‘후지’ 사과 뿐 아니라 다른 품종의 사과 혹은 배나 키위 등 다른 과종에서 발생하는 CA-연관 생리적 장애는 저산소 혹은 높은 이산화탄소에 의해 발생하는 것으로 조사되어 있으나 품종 간 장애 민감도의 차이 등 과실 자체 특성으로써 장애가 유기되는 과정과 이에 관련된 근본적인 원인은 아직까지 밝혀져 있지 않다. 더구나 CA 저장 장애는 해마다 발생양상이 다르고 지역 간, 과수원 간 변이가 심하게 나타남으로써 단기간에 연구결과를 확인하여 정형화된 장애방지 프로그램을 설정하기가 불가능하다.

이러한 이유로 인해 CA 장애와 관련된 대부분의 연구는 주로 CA 장애를 회피하기 위한 환경 설정 범위를 제시하는 수준에 머물고 있다. 국내에서도 ‘후지’ 사과의 CA 저장 중 발생하는 내부갈변 장애를 방지하고자 많은 연구가 진행되어 왔다(Kweon 등, 1998; 이와 최, 1997; 정과 최, 1999b). 그러나 대부분의 연구성과가 저장·유통 사업체에서 CA 저장사업을 포기한 이후인 1997년도부터 발표됨으로써 현장에서 검증받지 못하고 있는 실정이다.

외국의 경우에도 ‘후지’ 사과를 비롯하여(Argenta 등, 2002a, 2002b) ‘Braeburn’(Elgar 등, 1998), ‘Cortland’(DeEll 등, 1998), ‘Bramley’s Seedling’(Johnson 등, 1998) 품종을 대상으로 CA 저장 장애 유기원인과 방지기술이 연구되고 있다. 특히 ‘후지’ 사과와 ‘Braeburn’ 사과의 CA 장애 연구는 실험실 규모와 산업현장 규모에서 다양하게 이루어짐으로써 국내와는 달리 빠른 속도로 CA 저장 적용기술이 개발되어 활용되고있는 것으로 판단된다.

## 제 2절 CA 저장 대체기술

CA 저장 방식에 상응하는 품질유지 효과를 보이면서 저비용 운영이 가능한 저장기술로는 MA 저장과 저에틸렌 저온저장기술이 가능한 것으로 평가되고 있다.

사과는 전형적인 climacteric 과실로써 성숙과정에서 호흡속도의 증가와 동시에 에틸렌 발생량이 증가하는 것으로 당연시되어왔다(Biale과 Young, 1981). 그러나 ‘후지’ 사과의 경우에는 성숙과정에서 에틸렌 발생량의 증가가 극히 적거나 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 보인다(Watkins 등, 1993; Plotto 등, 1995). ‘후지’ 사과에서 나타나는 특이한 에틸렌 발생 양상은 저장 중 품질변화에도 영향을 미칠 것으로 추정되는데, 의외로 ‘후지’ 사과의 저장 중 에틸렌 농도와 품질 변화에 대한 연구는 극히 제한적이다.

‘후지’ 사과의 저장 중 에틸렌 발생량에 대한 조사는 controlled atmosphere

(CA) 저장 중 에틸렌 생성 기작(Chung과 Choi, 1999a; Park과 Youn, 1999a), 저장 후 유통과정에서의 품질변화와의 관계(Park과 Youn, 1999b) 및 CA 저장 조건에 적합한 과실내부 에틸렌 농도(Chung과 Choi, 1999b)등 주로 CA 저장 사과에 초점이 맞춰져 왔다. 저장고 내 에틸렌 농도가 사과 과실의 품질에 미치는 영향에 관한 연구 역시 ‘후지’, ‘Starking Delicious’, ‘McIntosh’ 품종 등에서 CA 저장 중 저에틸렌 농도 효과(Park과 Lee, 1992; Graeil과 Recasens, 1992; Liu와 Samelson, 1986) 및 에틸렌을 효과적으로 제거하는 기술 개발 등(Blanpied, 1985, 1990)에 국한되어 있다. ‘후지’ 사과의 저온 저장 중 에틸렌 발생에 관한 연구는 품종간 에틸렌 발생률 비교 및 수확 후 열처리에 따른 에틸렌 발생률의 변화가 보고된 바 있다(Roh 등, 1995).

CA 저장 사과의 에틸렌 제거 효과가 여러 각도에서 검토되어 온 것과는 달리 국내 ‘후지’ 사과의 저온 저장 중 에틸렌 농도가 품질에 영향을 미치는지, 영향을 미친다면 그 농도 범위는 어느 수준인가에 대해서는 보고된 바 없다. 일부 수행된 예비 실험 결과나 진행중인 연구 성과(Hong, 개인 견해 교류)를 참조할 때, ‘후지’ 사과는 비교적 고농도의 에틸렌 농도에도 품질변화 반응성이 극히 낮은 것으로 추정하고 있을 뿐이다.

한편, 에틸렌 제거 혹은 분해를 위한 기기개발은 1980년대 이후 많은 성과를 보였다. 에틸렌 흡착제를 활용한 연구에서 출발하여(Blanpied, 1985) 자외선 램프를 이용한 분해기 개발, 촉매를 이용한 분해기기(ethylene converter) 등이 CA 저장기술과 함께 보급되었다. 국내에서도 1990년대부터 에틸렌 분해기의 효과 분석 및 상업적 용도에 대한 시도가 있어왔으나 CA 저장고가 아닌 일반 저온저장고에서의 활용에 대한 지침이 제시되지 못하여 널리 적용되지 못하였다.

최근 에틸렌 제거를 위한 광촉매 분해기 혹은 흡착제를 이용한 기기들이 국내에서 다시 개발되어 보급되고 있는 시점에서, 이들 기기의 효과를 높이기 위해서는 국내 저장 사과의 대부분을 차지하는 ‘후지’ 사과의 저온 저장 환경에서의 에틸렌 생성 및 이와 연관된 기초자료들이 필요한 것으로 보인다.

### 제 3절 유통상품화기술

유통 상품화 기술은 주로 유통업체의 품질유지 요구 및 소비자 관점에서의 구매의사 결정요인에 부응하는 기술이라 할 것이다. 사과의 저장 후 유통과정에 상품성 연구는 CA 저장 ‘후지’ 사과의 품질(정 등, 1996; Park 과 Youn, 1999b;

Saftner 등, 2002) 및 저온저장 한계기간 설정에 관한 연구(Park과 Choi, 2001) 등 주로 저장기술과 연관되어 있다.

최근, 식품안전성에 대한 소비자 관심에 부응하고 사과 소비를 촉진시키기 위한 대안으로 오존수 세척사과의 상품화가 급속하게 진행되고있는 바, 이에 대한 기술체계 검토가 필요한 것으로 판단된다.

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 ‘후지’ 사과 저장현황 및 내부갈변 장해요인 조사

#### 1. 연구방법

##### 가. ‘후지’ 사과 저장실태 조사

4개 주산 지역 12개 과수원 및 저장업체 조사를 목표로 하였으며 안동·의성 지역 11 개소, 예천, 문경을 포함한 경북 북부 지역 13 개소 및 충청 지역 4개 농가저장고 및 유통업체 등 29개 농가 및 저장업체를 대상으로 설문 및 현장조사를 실시하여 조사를 수행하였다.

##### 나. ‘후지’ 사과 저온저장고 환경실사

청송 소재 상용저장고와 내부갈변 장해가 심한 안동지역 농가 저장고를 대상으로 저장고 내부의 온도 및 이산화탄소 축적 정도를 조사하고 동시에 실험실 모의 실험을 수행하여 ‘후지’ 사과의 저온저장 시 발생하는 내부갈변에 연관된 요인을 분석하였다.

##### 다. 과수원별 영양분석

저온저장시 과심부 갈변이 자주 나타나는 것으로 조사된 지역과 문제가 나타나지 않는 지역의 2개 과수원을 대상으로 적정 수확시기에 도달한 과실 내 영양성분을 조사하였다. 이와 함께 저온저장시 나타나는 내부갈변이 이산화탄소 장해라는 가정하에, CA 저장장해 감수성이 다른 것으로 조사된 봉지씌운 과실(Park 등, 1997)의 영양성분 조사를 병행하였다. 과실 내 다량원소 및 미량원소 함량은 서울대학교 농업생명과학대 농업과학공동기기센터에 의뢰하여 분석하였다.

#### 2. 연구내용

##### 가. ‘후지’ 사과의 수확후 관리의 문제점 조사

‘후지’ 사과 수확 후 관리에 대한 9개 항목을 작성하여 설문 조사한 결과, 응답률은 질문에 따라 다르게 나타났으며(Tables 1-9), 특히 안동, 의성 지역은 저장고 관리의 문제점에 대한 응답률이 조사단위의 50%에 불과하여 직접 저장고를 운영하는 입장에서 밝히고 싶지 않은 부분이 있는 것으로 추정되었다.

저장 과정에서의 손실 발생의 원인으로는 부패가 가장 많았고 다음으로 내부갈변, 장해 및 중량감소 순으로 나타남으로써(Table 1), 모든 지역에서 내부갈변 장해가 발생하고 있음이 확인되었다. 내부갈변 증상 발생 소재에 대한 질문에 대해서는 답변을 회피하려는 경향과 함께 ‘타인 저장고에서 발생한 것을 보았다’라는 답변이 많아 문제점은 인식하지만 본인이 저장하는 과실에서 갈변 장해가 발생한다는 사실을 밝히기 꺼려하는 것으로 나타났다(Table 4).

저장기술의 필요성에 대해서는, 과거에는 저장기술에 대한 전문가의 도움을 크게 못 느꼈으나 앞으로는 도움이 필요한 분야로 인식이 바뀌고 있는 것으로 나타났다(Tables 7, 8). 이에 비해 품질의 중요성에 대해서는 인식하고 있으나 유통과정에서의 문제점에 대한 질문에는 응답률이 극히 낮았고 식품의 안전성에 대해서는 관심도가 낮은 것으로 조사되었다(Table 9).

Table 1. 수확 후 관리에 있어서 주요 손실 유형

조사 지역	응답 단위	중량감소		표피변색		내부갈변		부패		연화		기타	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	12	1	8	3	25	4	33	3	25	1	8		
경북부	14	4	29			2	14	4	29	3	21	1	7
충청	9	2	22			2	22	3	33	1	11	1	11
계	35	7	20	3	9	8	23	10	29	5	14	2	6

Table 2. 저장 중 주요 손실의 원인

조사 지역	응답 단위	재배요인		저장관리		저장설비		수확후취급		기타	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	12	6	50	2	17			1	8	3	25
경북부	13	5	38	5	38	2	15	1	8		
충청	6			3	50	1	17			2	33
계	31	11	35	10	32	3	10	2	6	5	16

Table 3. 저장고 관리의 문제점

조사 지역	응답 단위	온도조절		습도조절		온도+습도		기타	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	6	1	17			4	67	1	17
경북부	15	1	7	8	53	4	27	2	13
충청	5			3	60	1	20	1	20
계	26	2	8	11	42	9	35	4	15

Table 4. 내부갈변 증상에 대한 의견

조사 지역	응답 단위	경험 여부(인식여부)				발생소재			
		경험있음		없음		본인저장		타인저장	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	11	8	73	3	27	2	33	4	67
경북부	12	7	58	5	42	4	57	3	43
충청	3	2	67	1	33			2	100
계	26	17	65	9	35	6	40	9	60

Table 5. 내부갈변 증상에 의한 피해정도

조사 지역	응답 단위	10% 미만		10% 이상		극심 (50%)	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	9	5	56	3	33	1	11
경북부	7	4	57	2	29	1	14
충청	4	1	25	3	75		
계	20	10	50	8	40	2	10

Table 6. 내부갈변 증상 원인에 대한 의견

조사 지역	응답 단위	비배관리		저장온도(저온)		환기불량		모름	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	11	3	27	1	9	1	9	6	55
경북부	8	2	25			1	12	5	63
충청	4	2	50					2	50
계	23	7	30	1	4	2	9	13	57



Table 7. 저장 중 발생하는 손실에 대해 전문가의 조언 필요성

조사 지역	응답 단위	과거				미래			
		있음		없음		있음		없음	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	11	3	27	8	73	10	91	1	9
경북부	13	4	31	9	69	13	100		
충청	4	3	75	1	25	4	100		
계	28	10	36	18	64	27	96	1	4

Table 8. 저장 사과 품질유지를 위해 가장 필요한 조치

조사 지역	응답 단위	재배기술 개선		수확시기 조절		저장기술		선별, 포장 기술보급		유통과정 개선	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	11	1	9	1	9	7	64	1	9	1	9
경북부	16	4	25	4	25	3	19	3	19	2	13
충청	8	2	25	3	38	3	38				
계	35	7	20	8	23	13	37	4	11	3	9

Table 9. 저장 사과의 유통과정에서 발생하는 문제점

조사 지역	응답 단위	가격 상승		품질저하		손실 발생		안전성 (농약잔류)	
		단위수	%	단위수	%	단위수	%	단위수	%
안동	5	1	20	4	80			0	0
경북부	3	2	67	1	33			0	0
충청	4	2	50	1	25	1	25	0	0
계	12	5	42	6	50	1	8	0	0

#### 나. 상용 저온저장고 환경조사

저온저장고에서 관찰되는 내부갈변의 발생원인을 저장고 내 일시적인 이산화탄소의 축적에 따른 장해현상으로 추정하고 농가형 저장고와 상업용 저장고 내 산소와 이산화탄소 농도를 측정하였다.

저장고 내 온도는 농가형 저장고와 상용 저장고 모두 0℃를 설정하고 있었고 저장고 내부의 온도 편차는 ±0.5℃ 범위로써 비교적 양호한 편이었다.

저장고 내 가스 농도는, 8평형 농가 저장고의 경우, 환기를 실시하지 않는 저장고는 이산화탄소 농도가 3% 이상 유지되는 경향이었고 20평 이상 상용저장고는

환기에 무관하게 1.0-1.4% 수준을 보였다 (Table 10). 조사가 진행되는 동안 조사 대상 농가 저장고 모두가 갈변 발생을 우려하여 환기를 시키는 바람에 지속적인 증가추세를 관찰 할 수는 없었지만 조사기간 중 변화 양상을 고려할 때 저장 2개월 이후에는 저장고 내 온도 변화(제상요인)시 공기 팽창에 의해 또는 미세함 틈을 통해 이산화탄소의 배출이 이루어지므로 이산화탄소의 지속적인 증가는 없을 것으로 추정되었다.

상용저장고 규모의 저장실 내 에틸렌 농도는, 환기를 실시할 경우 20ppm 내외를 보인 반면, 저장기간 중 환기를 실시하지 않는 저장고는 저장 1개월 이후부터 30ppm 이상을 보이는 것으로 조사되었다(Table 11).

온도 관리는 양호한 편이었으나 농가형 저장고의 경우 환기가 불충분할 경우, 이산화탄소 농도가 갈변 장해를 유기하는 것으로 추정된 4-5% 수준 이상 상승할 우려가 있는 것으로 판단되었다. 안동 특정지역에서 발생하는 것으로 조사된 저온저장고 내 내부갈변 장해는 특히 소규모 농가 저장고나 지나치게 밀폐를 유지하는 상용저장고 환경 요인과 저장 전 요인의 복합적인 작용에 의해 발생하는 것으로 추정되었다.

Table 10. Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> composition inside refrigerated storage by loading capacity and atmospheric management.

Storage type	Management	Closure	Nov. 28		Dec. 9		Dec. 20		
			O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
Farm-type (26 m <sup>2</sup> )	Ventilation	I	Nov. 18	19.8	1.4	19.7	1.4	19.7	1.2
		II <sup>z</sup>	Nov. 13	17.7	3.0	19.2	1.9	18.5	2.2
	Tight	I	Nov. 18	17.8	3.0	17.7	3.2	19.3	1.8 <sup>y</sup>
		II	Nov. 18	17.9	3.1	17.9	3.1	19.0	1.7 <sup>y</sup>
Commercial (81 m <sup>2</sup> )	Ventilation	I	Nov. 15	20.1	0.8	19.8	1.1	19.4	1.4
	Tight	II	Nov. 15	20.1	0.8	19.7	1.2	19.9	1.0

<sup>z</sup>Starting from Nov. 30, the storage was ventilated for 10 minutes at three-day intervals.

<sup>y</sup>The storage might have been ventilated starting from Dec. 9.

Table 11. Ethylene concentration inside commercial refrigerated storage by atmospheric management.

Storage type	Management	Closure	Ethylene concentration (ppm)			
			Nov. 28	Dec. 9	Dec. 20	Jan. 13
Commercial (81m <sup>2</sup> )	Ventilation <sup>z</sup>	Nov. 15	4.1 ± 0.8	14.4 ± 0.6	23.1 ± 4.7	3.0 ± 0.3 <sup>y</sup>
	Tight	Nov. 15	12.0 ± 0.7	22.9 ± 2.5	30.6 ± 4.6	30.3 ± 3.7

<sup>z</sup>Starting from Nov. 20, the storage was ventilated through vent windows for 10 minutes at three-day intervals.

<sup>y</sup>The storage was open for unloading.

#### 다. 반밀폐 모의 실험을 통한 저온저장시 내부갈변 장애 발생의 원인 분석

일반 저온저장고에서 발생하는 ‘후지’ 사과와 내부갈변 증상은 CA 장애 혹은 동결 장애(freezing injury)와 유사한 증상을 보이므로, 장애의 원인을 저장고 내 이산화탄소의 축적 혹은 부적합한 온도관리로 가상하고 부분밀폐 저온저장실험을 모의하였다.

반 밀폐 저온 저장 후 나타나는 내부갈변 장애는, 과일 저장온도에 따라 과심부 갈변(Brown core)과 과육-과심부 전체 갈변(flesh-core browning) 등 두 가지 유형의 장애가 발생한 반면(Table 12), CA 저장에서 주로 관찰되는 저산소+이산화탄소 복합장애 유형인 방사형과육붕괴(radial flesh breakdown)는 전혀 관찰되지 않았다.

과심부 점상 갈변은 전형적인 이산화탄소 장애로 보여지며(Pierson 등, 1971), 0℃ 저온에 저장한 ‘후지’ 사과에서 발생하는 이산화탄소 장애는 상용 저장고나 농가 저장고의 저장초기에 온도 저하 속도가 늦어 저장고내 이산화탄소가 급격히 5% 이상 높아지는 환경(short-term high CO<sub>2</sub> shock) 혹은 저장온도는 적정하더라도 저장고 밀폐가 이루어져 4% 이상의 이산화탄소가 지속적으로 축적된 상태(chronical high-CO<sub>2</sub> exposure)에서 발현되는 것으로 추정되었다. 이와는 대조적으로 과육과 과심에 걸쳐 나타나는 전면적 갈변은 과실이 동결점에 가까운 저온(임계온도: critical low temperature)에서 이상대사작용을 일으켜 이산화탄소가 10% 이상 높아지는 환경에서 발생하는 것으로 판단되었다(Fig. 1). 즉, 저온저장고에서 관찰되는 내부갈변 증상은 동결점에 가까운 저온저장 혹은 과육이 얼지는 않더라도 과냉각점(supercooling)까지 온도가 저하될 경우 과실의 스트레스 반응에 따른 이상 에너지 대사와의 따른 급격한 이산화탄소 축적의 피해로 추정된다.

반 밀폐 모의실험 결과를 종합해 볼 때, ‘후지’ 사과와 적정 저장온도를 유지하는 저온저장고에서 발생하는 내부갈변 장애는 수확전이나 수확 후, 임계저온에 조우되고 이후에 저장된 과실에서 심하게 발생하는 것으로 보인다. 특히 수확 전  $-2^{\circ}\text{C}$  이하의 추위가 닥치거나 수확 후 과수원에 야적한 과실이 심한 저온에 조우된 과수원의 경우 그 피해가 심할 것이므로 과수원 주변 미기상의 변화에 따라 수확 후 과수원에 야적한 과실이 지나친 저온에 노출되지 않도록 하는 수확 후 관리가 필요한 것으로 판단된다. 또한 저온에 노출되지 않은 과실이라도 저장고 밀폐도가 높아 저장고 내 이산화탄소 농도가 4% 이상 축적될 위험성이 있는 저장고는 주기적인 환기가 필요한 것으로 보인다.

Table 12. Incidence of internal browning disorder in ‘Fuji’ apples stored in glass jars simulating various refrigerated storage conditions for four months.

Storage conditions		Incidence of disorder (%)	
Gas tightness	Temperature	Brown core	Radial flesh breakdown
Open-top	$-0.5 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$	$0.0 \pm 0.0^z$	$0.0 \pm 0.0$
Semi-tight	$-0.5 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$	$50.0 \pm 2.3$	$6.7 \pm 1.9$
Semi-tight	$-1.5 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$	$100.0 \pm 0.0^w$	$0.0 \pm 0.0$

<sup>z</sup>Mean  $\pm$  SE.

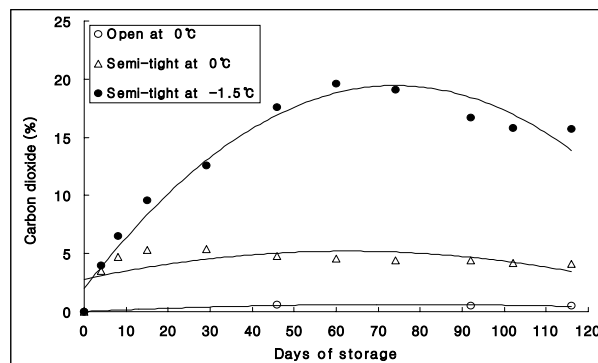


Fig. 1. Changes in CO<sub>2</sub> concentrations inside glass jar simulating semi-tight refrigerated storage at different temperature.

## 라. 과수원별 영양 분석

‘후지’ 사과의 저장 중 발생하는 내부갈변 장애는 지역에 따라 큰 차이를 보이고 동일 지역 내에서도 과수원의 위치에 따라 발생률이 다른 것으로 알려짐으로써 특정지역에서 생산된 과실의 저장을 회피하는 경향이 나타나고 있다. 본 연구는 특히 장애 발생이 빈번한 것으로 보고된 안동 일부 지역의 과실과 장애가 보고되지 않은 예천 지역 과수원의 과실을 수확하여 과실 내 다량원소와 미량원소를 분석하였다. 또한 봉지를 씌운 과실이 장애가 적은 것으로 보고되어 있으므로 봉지를 씌운 과실과 씌우지 않은 과실의 영양 성분 조성을 조사하여 비교하였다.

분석 결과, 장애가 심한 과수원 과실과 장애가 발생하지 않는 과수원 과실 간 성분의 차이는 발생과수원 과실 내 인산함량이 낮고 망간, 붕소 칼륨 함량은 높은 경향을 보였다(Table 13). 봉지를 씌운 과실(유대)과 씌우지 않은 과실(무대)을 비교해볼 때는 장애 발생이 적은 유대과실의 인산함량이 높아 과수원 간 차이와 일관된 경향을 보였다. 한편 봉지를 씌운 과실은 칼슘과 마그네슘 함량이 씌우지 않은 과실 및 장애발생 과수원 과실에서보다 높게 나타났다. 본 실험 결과를 단순히 해석해보면 과수원간에는 과실 내 인산함량이 낮고 망간 함량이 높은 경우 갈변 장애가 발생할 확률도 높은 것으로 추정되며 동일한 과수원내에서는 인산, 칼슘과 마그네슘 흡수력이 부분적으로 관여하는 것으로 보인다. 특히 인산 함량은 사과의 저온붕괴장애(low-temperature breakdown)와 연관성을 보여, 인산 농도가 낮을 경우 장애발생이 심해진다는 보고를(Meheriuk 등, 1994) 참조할 때, 토양 내 인산함량에 대해 보다 폭넓은 조사와 분석이 필요할 것으로 보인다.

Table 13. Contents of total nitrogen and minerals in ‘Fuji’ apples by orchards and bagging treatment.

Orchard Bagging	Total-N (% DW)	Mineral content (mg/100 g DW)						Ca/N ratio
		P	K	Ca	Mg	Mn	B	
Susceptible Control	0.15	51.3 b	766.8 a	14.4 b	20.3 b	0.31 a	2.09 a	0.96
Normal Control	0.19	59.7 ab	675.7 b	14.3 b	20.9 b	0.21 ab	1.54 b	0.89
Bagged	0.19	69.5 a	765.0 a	20.3 a	23.1 a	1.03 b	1.75 ab	1.10

<sup>a</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $P = 0.05$ .

## 제 2절 CA 저장장해 예측기술

### 1. 연구방법

#### 가. 과실 시료

2001-2002년에는 안동지역과 예천지역 과수원을 선정하여 예천지역 사과는 관행수확기인 10월 25일을 포함하여 6일전인 10월 19일과 7일 후인 11월 1일 등 3회 수확한 과실을 대상으로, 안동지역 사과는 관행수확시기에 해당하는 10월 26일을 기준으로 7일 전인 10월 19일과 6일 후인 11월 1일 수확한 과실을 이용하여 장해 유기 시험 및 실제 CA 저장을 수행하였다.

2002-2003년도에는 관행수확기와 1주일 후 2회로 나누어, 안동지역 사과는 10월 25일 및 11월 2일, 예천 지역 사과는 10월 24일 및 11월 1일에 각각 수확하였다.

#### 나. 인위적인 장해 유기 처리

단기간에 걸친 장해유기를 위해 20 kPa CO<sub>2</sub> + 17 kPa O<sub>2</sub>(Balance 가스: 질소) 농도의 혼합가스를 이용하여 20℃에서 3일, 6일, 9일, 및 12일간 처리하였다. 가스 처리는 15-L 유리병에 사과를 담고 연결된 가스관을 통해 혼합가스를 하루에 2-3회 완전 치환하는 방식을 적용하였다. 처리기간 중 이러한 치환주기는 유리병 안의 가스농도에 큰 영향을 주지 않는 것으로 조사되었다.

#### 다. CA 저장

CA 저장은 12-16개의 과실이 담긴 밀봉상태의 유리병을 이용하여 2.5-3.0kPa O<sub>2</sub>+2.5-3.0kPa CO<sub>2</sub> 농도 조건에서 5개월 간 수행하였고 온도는 0℃를 유지하였다. CA 환경 유지는 3.0kPa O<sub>2</sub>+2.5kPa CO<sub>2</sub> 혼합가스를 하루에 2회 완전히 치환하는 방식을 적용하였다.

#### 라. 장해 조사 및 과실특성 조사

밀증상(watercore)과 CA장해는 발생과율 및 발생정도(severity)를 조사하였다.

발생과율은 조사과실수에 대한 발생과의 %로, 발생정도는 증상이 발생한 과실을 대상으로 점수화하여 평균치로 표현하였다. 증상의 정도별 점수는 watercore나 장해 증상이 표출된 면적에 따라 1=미약(과심부에만 발현), 3=보통(과심부와 과육부 중간부분까지 발현) 및 5=심함(과육부 전체로 watercore나 장해부위 확산)으로 구분하였다.

장해 현상은 Pierson 등(1971)에 의해 분류된 CA 장해 유형에 따라 과심부 갈변(brown core)과 방사형과육붕괴(radial flesh breakdown)의 범주에서 조사하였다.

과실의 당함량은 전체 과실의 과육을 갈아 즙을 취한 후 휴대용 굴절당도계(Atago model N-1, Japan)로 측정하였다.

## 2. 연구결과

2001-2002년도 실험에서는 기존의 연구결과(Volz 등, 1998)를 참조하여 고이산화탄소 유기 3일 후 예측장해 발생률을 조사하였는데 조기수확한 두 지역의 과실과 관행수확기의 예천 과실에서는 장해가 전혀 발생하지 않았으나 실제 표준 CA 환경에서 5개월 저장했을 때는 조기수확한 안동 사과는 30.4%, 예천 사과는 2.4% 발생하였고 관행수확한 예천 사과는 24.3%의 CA장해 발생률을 보임으로써 (자료 미제시), 고이산화탄소 처리 3일은 실제 CA 장해 발생률을 예측할 정도로 장해를 유기시키기에는 충분치 못한 것으로 판단되었다.

고이산화탄소 6일 처리한 과실과 CA 저장 시 발생하는 장해는 과심부 갈변과 방사형과육붕괴의 두 유형으로 나타났는데 2002-2003년도 유기실험에서는 특이하게 방사형과육붕괴 유형만이 관찰되었다(Tables 14, 15). 수확시기와 과수원 위치 효과는 유기실험과 CA 저장 시 각각 달라, 2001-2002년도 유기실험에서의 장해 발생률은 수확시기의 영향을 받는 반면 CA 저장 후 장해발생은 수확시기의 영향은 미미하고 과수원 위치의 영향이 크게 나타났다(Table 14). 2002-2003년도에는 유기실험의 경우 위치의 영향을 받는 경향이었고 실제 CA 저장 시 장해발생률은 두 요인의 영향을 받는 것으로 조사되었다(Table 15). 2001-2002와 2002-2003년도를 비교해보면 2002-2003년도에 장해발생률이 극히 높게 나타나 관행 수확기 과실의 경우에도 6일 처리 시 70% 이상 장해가 유기되었다. 이러한 결과를 볼 때, 수확연도에 따라 과실이 보이는 장해 감수성도 변하는 것으로 판단된다.

6일간 유기처리 후 장해율과 5개월 CA 저장 후 장해 발생률 간 상관계수는 통계적인 유의성은 없었으나(Fig. 1), 본 실험의  $r=0.66$  수준은(결정계수  $r^2=0.44$ ), 기

존의 연구(Volz 등, 1998)에서 유의성이 있는 것으로 보고된 5일 처리 후 장해율 및 CA 장해율간 상관계수인  $r=0.62$ 와 비교해볼 때 오히려 높은 것으로 나타났다. 상관계수는 높음에도 통계적인 유의성이 나타나지 않는 이유는 반복수의 부족에서 기인된 것으로 판단되며, 본 실험의 6일 장해 유기처리는 ‘후지’ 사과 CA 저장 장해율을 예측하는 지표로 사용이 가능한 것으로 판단되었다.

다만, 상관관계 회귀곡선을 볼 때, 장해유기 예측률이 바로 CA 장해 예측률과 동일하지 않은데다 장해유기 예측률이 0% 수준이라 하더라도 실제 CA 장해는 발생할 수 있는 회귀유형(CA 장해를 나타내는 Y축 절편 값: +21.6)을 보임으로써 절대적인 지표라기보다는 장해발생 위험성 정도를 제시하는 선에서 이용되어야 할 것으로 해석된다.

Table 14. Incidence of CA-related internal browning disorders under 6-day exposure to inductive high CO<sub>2</sub> atmospheric condition and after five-month standard CA storage in the 2001 - 2002 season.

Harvest date	Orchard	Inductive incidence			Actual incidence (%) after CA storage	
		%	Severity	Major symptom	BC	RB
CM						
Oct. 26	Andong	2.8 b <sup>z</sup>	0.2 b	BC	23.3 a	69.0 a
Oct. 25	Yecheon	4.5 b	0.7 b	BC	9.9 a	19.2 b
Late						
Nov. 1	Andong	56.5 a	2.8 a	RB	7.7 a	72.0 a
	Yecheon	37.0 a	1.1 b	BC + RB	9.9 a	21.6 b
Source of variation (P > F)						
Harvest date (H)		0.001**	0.013*		0.123	0.769
Orchard (O)		0.220	0.209		0.253	0.001**
H × O		0.152	0.051		0.125	0.976

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

\*, \*\*Significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

Abbreviation: CM stands for commercial maturity; BC, brown core; RB, radial breakdown.



Table 15. Watercore, incidence of CA-related internal browning disorders under inductive high CO<sub>2</sub> atmospheric condition, and actual incidence after five-month standard CA storage in the 2002 - 2003 season.

Fruit source		Watercore at harvest (% fruit)	Inductive incidence (%)		Incidence after 5-month CA storage			Severity
Harvest date	Orchard		RB		% incidence			
			Day 6	Day 9	BC	RB	Total	
CM								
Oct. 25	Andong	30.0 a <sup>z</sup>	75.0	88.9	22.7	38.3	61.0	2.03
Oct. 24	Yecheon	56.7 a	75.0	80.6	5.7	27.8	33.5	2.43
Late								
Nov. 2	Andong	56.7 a	86.1	97.2	25.3	46.7	72.0	2.57
Nov. 1	Yecheon	60.0 a	63.9	80.6	19.0	36.3	55.3	2.37
Source of variation (P > F)								
Harvest date (H)		0.298	1.000	0.493	0.266	0.182	0.048*	0.399
Orchard (O)		0.298	0.228	0.072	0.118	0.108	0.014*	0.713
H × O		0.409	0.228	0.493	0.448	0.987	0.463	0.129

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

\*Significant at  $P \leq 0.05$ .

Abbreviation: CM stands for commercial maturity; BC, brown core; RB, radial breakdown.

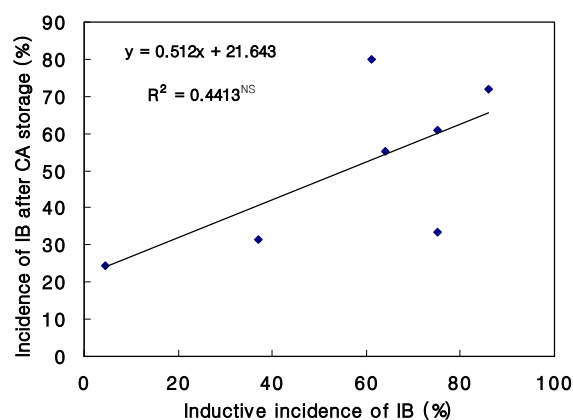


Fig. 2. Relationship between inductive incidence of internal browning and CA-related internal browning in 'Fuji' apples. Inductive incidence: investigated after 6-day treatment. Data from two-experiments were pooled for correlation analysis. Each point represents harvest date × orchard combination.

CA 장애는 수확시기가 늦고 밀증상이 심할수록 많이 발생하여 두 증상 간 밀접한 연관성이 있는 것으로 보인다(Argenta 등, 2002a; Fukuda, 1984; Hwang 등, 1998). 2001-2002년도 연구결과, 밀증상 지수는 CA 장애 중 방사형과육붕괴 발생률과 유의한 상관관계를 보여(Fig. 2), 수확 시 밀증상 여부나 정도는 CA 장애 예측지표로 가능한 것으로 조사되었다. 그러나 2002-2003년도의 경우에는 안동지역사과가 밀증상 발생률이 낮은데도 불구하고 CA 장애 발생률은 여전히 높게 나타남으로써(Table 15), 과수원 및 수확연도에 따라 적용한계가 있는 것으로 보인다.

밀증상 지수 혹은 발생과율과 CA 장애 발생률 간 연관성 및 과수원간 CA 장애발생률의 큰 변이를 종합적으로 고찰해 볼 때, 과실개체간 watercore 요인보다 더 큰 영향력을 가진 과수원 위치간 요인이 있는 것으로 추정된다. 따라서 어떤 경우에도 CA 장애를 사전에 예측하여 위험성을 회피하기 위해서는 인위적인 유기실험의 장애 발생 결과와 밀증상 정도-CA장애발생률 상관관계 두 가지 자료를 동시에 활용하되 과수원별로 적용할 수 있는 다년간의 자료축적이 필요할 것으로 생각된다.

한편, '후지' 사과의 경우, 밀증상이 심한 과실이 더 달다는 전제하에 밀증상이 나타나는 과실을 오히려 선호하기도 하는데 본 실험 결과 밀증상 지수와 당함량은 연관성이 없거나 오히려 부의 상관성이 있는 것으로 조사되었다(Fig. 3). 따라서 저온저장 혹은 CA저장용 과실은 밀증상이 나타나지 않는 과수원에서 수확하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

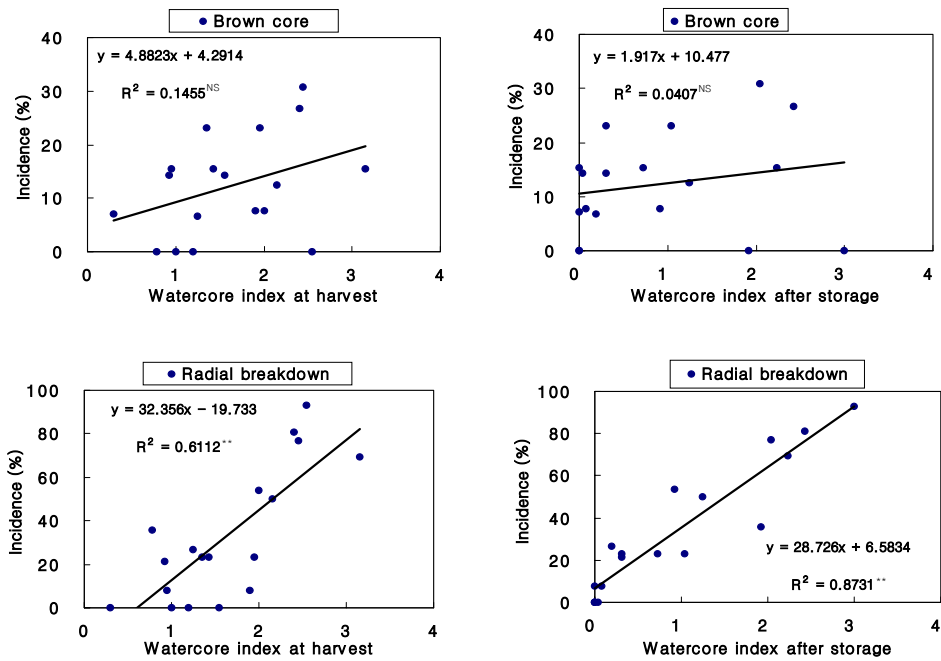


Fig. 3. Relationship of watercore indices at harvest and after storage with the incidence of CA-related disorders in ‘Fuji’ apples stored in standard CA at 0°C for five months in the 2001-2002 season. Standard CA was achieved under 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.5 - 3.0 kPa CO<sub>2</sub>.

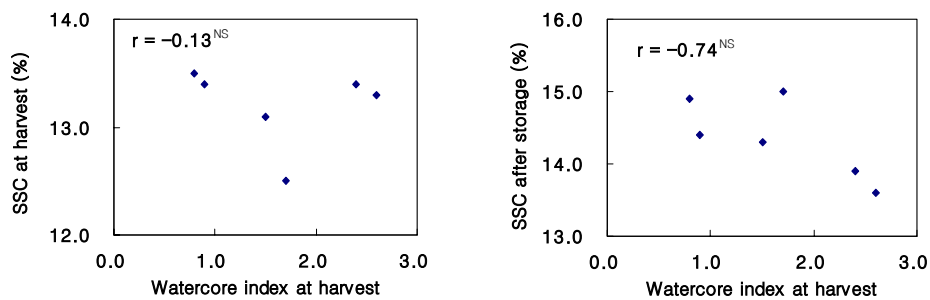


Fig. 4. Relationship between watercore intensity at harvest and soluble solid contents at or after 5-month standard CA storage in ‘Fuji’ apples. SSC stands for soluble solid content. Each point represents an average of 10 apples from harvest date × orchard combination.

## 제 3절 ‘후지’ 사과 CA 장해 방지기술

### 1. 연구방법

‘후지’ 사과의 CA 장해 회피 혹은 방지기술은 수확전 요인으로써 과실의 성숙도(maturity)에 근거한 수확시기 설정과 저장기술로써 산소, 이산화탄소 농도설정 및 CA 설정시기 등 3개 요인을 대상으로 연구를 수행하였다

#### 가. 수확시기

2000-2001 및 2001-2002년도에는 경상북도 예천과 안동 지역에서 재배된 ‘후지’ 사과를 관행수확기(commercial maturity)인 10월 25일에 수확하여 저장하였고 3년차인 2002-2003년도는 안동지역 사과의 경우, 관행 수확기인 10월 25일과 1주일 늦은 11월 2일 2회 수확하였고, 예천지역 사과는 10월 24일과 11월 1일에 2회 수확한 사과를 다양한 CA 환경에 저장하면서 수확시기가 CA-연관 장해 발생에 미치는 영향을 조사하였다.

#### 나. CA 저장 설정

##### 1) CA 환경 설정

표준 CA와 이에 대비되는 저이산화탄소 CA 환경을 다양한 범위에서 모의하여 산소농도와 이산화탄소 농도에 따른 장해발생률 및 품질을 조사하였다.

이산화탄소 농도 조절은 0.1-1.0kPa의 경우 0.1% CO<sub>2</sub>+해당농도 O<sub>2</sub>의 혼합가스로 하루 2회 치환하는 방식을, 0.9-1.2kPa의 경우에는 해당농도 CO<sub>2</sub>+해당농도 O<sub>2</sub> 혼합가스를 계속하여 흘려주는 방식을, 0.9-1.7kPa의 경우에는 0.9kPa CO<sub>2</sub>+해당농도 O<sub>2</sub> 혼합가스를 하루에 2회 완전치환하는 방식을 적용하였다.

CA 환경은 과실온도가 0℃에 도달하는 시점인 24-36시간 후 설정하여 5개월간 저장하였고 2002-2003년의 delay-CA은 수확 후 4주간은 저온저장, 이후 5개월간 CA 저장하였다.

표. 다양한 CA 설정을 위한 산소와 이산화탄소 농도 범위.

CA 설정 농도	산소농도 (Kpa)	이산화탄소 농도(Kpa)
표준	2.5 - 3.0	2.5 - 3.0
저농도	0.5 - 1.0	0.1 - 1.0
		0.9 - 1.2
		0.9 - 1.7

## 2) CA 설정시기

CA 설정시기는 설정온도인 0℃에 도달한 즉시 설정(수확 후 3일 이내: rapid CA)하거나 4주간 0℃에 저온저장한 후 설정하는 이른바 delay-CA 방식을 적용하였다. CA 설정 지연기간은 기존에 발표된 논문을 참조하여 결정하였다.

## 3) 실증연구

2002년도 10월 하순에 수확한 ‘후지’ 사과를 5주간 저온저장한 후 20-foot container안에 밀폐형 tent를 설치하고 그 안에 사과 90box(1t 상당)를 적재한 후 CA 환경을 조성하였다. CA 환경유지는 하루에 한번씩 질소를 주입하면서 Tent 안의 산소농도는 2.0-3.0, 이산화탄소 농도는 0.9-1.6kPa 수준으로 조절하였다.

## 다. 저장장해 조사 및 과실특성 조사

CA 저장 장해 조사는 장해 발생과율 및 발생정도를 조사하였으며 조사방법은 예측실험에서의 조사방식에 준하였다(3장 2절 참조). 과실 품질요인으로써 경도 조사는 물성분석기(Texture analyzer, Model TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., UK)를 사용하여, plunger 직경 2mm 혹은 5mm, 투과속도  $2\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$  및 50% strain 조건하에서, 과실 적도부의 마주보는 양면 과육조직에 대한 투과력을 측정된 평균값을 취하였고, 당함량은 휴대용 굴절당도계(Atago model N-1, Japan)로 측정하였다. 산함량은 반복당 2개 과실에서 과즙 40ml를 취하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산 함량 %로 표현하였다.

## 2. 연구결과

### 가. CA 설정 농도에 따른 장해 발생율

1차년도 CA 저장 ‘후지’ 사과는 산소 농도와 이산화탄소 농도 조성에 따라 상

이한 장해 유형과 발생률을 보였다(Table 16). 이산화탄소 농도가 2.5-3.0+2.0-3.0 인 조합에서는 과심부갈변(brown core)과 방사형 과육부 갈변이 발생하는데 비해 이산화탄소가 1% 이하로 유지된 CA 저장에서는 전체 조사과실 중 1개에서만 미약한 과심부갈변 장해가 관찰되었다(2.8%). 장해 발생률은 이산화탄소가 높고 산소농도는 낮을수록 증가하는 경향이었으나 이산화탄소 농도 0.1-1.0kPa 처리에서는 장해가 발생하지 않는 점을 볼 때, 후지' 사과의 CA-장해는 이산화탄소에 의해 유기되는 것으로 보고된 이전의 연구결과와(Argenta 등, 2002a; Hwang 등, 1998) 일치하고 있다.

저온저장에서도 1개의 과실에서 이산화탄소 장해가 발생하였는데 이와 같이 일반 저온저장이거나 이산화탄소가 극히 낮은 CA 환경에서 발생하는 예외적인 이산화탄소 장해는 비정상적으로 숙성이 진행된 과실이 시료에 포함되어 저장될 때 이산화탄소 장해를 나타내는 것으로 추정된다.

이산화탄소 농도 저하 범위를 설정하기 위한 2차년도, 2001-2002년도 실험에서는 이산화탄소 농도가 0.0-1.0kPa 및 0.9-1.2kPa의 두 수준일 때는 산소농도에 관계없이 내부갈변 장해가 거의 발생하지 않는 것으로 조사되었다(Table 17).

그러나 이산화탄소 농도를 1.0-1.6% 수준으로 유지한 3차년도 실험에서는, 관행수확기에 수확한 과실의 경우 표준 CA 저장과실보다는 장해 발생률이 낮았으나, 과심부갈변 12.7%, 방사형과육붕괴 5%가 발생하였고(Table 18) 수확시기가 늦을 경우에는 표준 CA 저장과 유사한 수준까지 장해발생이 증가하는 경향을 보였다.

Delay-CA 저장은 관행수확과실의 표준 CA 저장시와 후기 수확과실의 저이산화탄소 저장시 장해 발생률 감소에 뚜렷한 효과를 보인 반면, 관행수확+저이산화탄소 CA 처리 및 후기수확+표준 CA 처리 과실에서는 CA설정을 지연시켜도 장해발생 감소효과는 나타나지 않았다. 이러한 delay 효과의 차이를 볼 때, CA 저장전 delay 설정은 과실의 이산화탄소 장해 감수성이 약하거나 장해발생을 유기하는 환경의 영향이 작을 때는 효과가 있는 반면, 과실의 감수성이 크거나 이산화탄소 농도가 높은 경우에는 감소효과가 장해 발생 유기요인의 영향을 극복하지 못하는 것으로 풀이된다. Delay-CA는 특히 이산화탄소 장해를 보이는 CA-저장 사과 품종에서 장해 감소 및 방지에 효과적인 것으로 보고되고 있다(Colgan 등, 1999; Elgar 등, 1998; Kweon 등, 1998; Lee와 Choi, 1997).

20-피트 컨테이너를 이용하여 이산화탄소 농도를 0.9-1.6kPa 유지한 delay-CA 실증실험에서도 봉지를 씌우지 않은 과실은 과심부갈변 6.0%, 방사형 조직붕괴 6.2% 등 총 12% 이상의 과실에서 갈변장해가 발생하였다(Table 19). 반면, 실증

실험의 부가적인 처리로 조사한 봉지씌운 과실(유대과)의 경우에는 내부갈변 장애가 발생하지 않아 봉지씌우기 처리 과실에서 CA-장애발생이 낮은 것으로 조사된 기존의 연구결과와(Park 등, 1997) 같은 경향을 보였다.

전반적으로 볼 때, 3차년도와 과실은 높은 CA 장애발생률을 보였는데 이러한 높은 발생률은 CA 저장 시 과실이 부분적으로 이산화탄소 농도 1.5kPa 이상인 조건에 조우되었기 때문이거나 2002년도의 수확전 기상환경에 따라 이산화탄소 장애에 대한 감수성이 급격히 커졌기 때문인 것으로 추정된다.

CA 장애 과실에서 나타나는 생화학 대사의 특성은 혐기성 호흡에 의한 과실 내 에탄올 및 아세트알데히드 축적이 보고되어 있으며(Argenta 등, 2002a; 최, 1997; Park과 Youn, 1999), 저산소 CA 저장에서는 100ppm 이상의 에탄올 농도에 조우된 기간이 길어짐에 따라 장애 발생 위험성이 커진다고 하였는데(Lidster 등, 1985), 2002-2003년도 CA 저장 '후지' 사과와 비교하여 에탄올 함량은 CA 저장 사과에서보다는 일반 저온저장 (air 조건)에서 높게 나타나고 CA저장 과실에서는 처리간 차이가 나타나지 않는 상이한 특징을 보였다(Table 20). 최근 발표된 연구결과에서도 '후지' 사과 내 에탄올과 아세트알데히드 함량은 watercore의 영향을 받아 일반 저온저장 과실에서도 축적되며 저장조건과는 무관하다고 하였다(Argenta 등, 2002b). 이러한 결과를 볼 때, 과실 내 에탄올 함량은 CA 환경에서의 혐기성 호흡을 나타내는 지표 혹은 장애 발생의 위험성을 판단하는 지표로 이용될 수는 있으나 에탄올 축적이 CA 장애를 직접 유기하는 물질은 아닌 것으로 판단된다.

CA 저장장애와 관련된 특이한 현상으로, 저장 후 7일간의 상온조건을 두었을 때, delay-CA 사과에서의 비교적 높은 에탄올 함량의 증가가 관찰되었다. 이처럼 저장 직후의 에탄올 함량과 저장 후 변화 양상을 종합해 볼 때, CA 저장 장애는 단순한 혐기성 호흡에 따른 대사물질의 차이에서 비롯되는 것이 아니라 호흡기작 자체의 변화를 유기하는 보다 근본적인 생화학대사과정이 연관된 것으로 풀이된다.

사과산(malic acid) 함량은 수확시기의 영향보다는 CA 설정농도와 조성시기의 영향을 주로 받는 것으로 조사되었다. 저온저장보다는 CA 저장 사과에서 높은 경향이었고 CA저장 사과에서는 후기수확 과실의 표준 CA 저장을 제외하고는 rapid-CA 과실에서 높았고, 표준 CA와 저이산화탄소 CA 과실간에는 뚜렷한 차이가 없었다(Table 21). 호박산(succinic acid) 함량에 미치는 저장방식이나 CA 조성시기의 영향은 일정한 경향이 없었고 통계적으로 유의성이 없었던 반면, 수확시기의 영향을 크게 받아 후기수확과에서 높았다. 호박산 함량의 차이는 호흡기작 중 TCA 회로 활성 차이를 의미하고, 후기수확과실이 CA 장애 감수성과 장

해발생률이 높은 점을 감안해 볼 때, 에탄올 함량조사 결과에서 유추되었듯, CA 저장 장애는 호흡기작의 차이와 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단된다.

Table 16. Incidence of internal browning disorder in 'Fuji' apples under controlled atmosphere conditions after five month storage at 0°C in the 2000-2001 season.

CA regimen (kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub> )	Incidence of disorder (%)	
	Brown core	Radial breakdown
Air	2.9	0.0 c <sup>z</sup>
2.5 - 3.0 + 2.0 - 3.0	5.6	8.3 b
2.5 - 3.0 + 0.1 - 1.0	2.8	0.0 c
0.5 - 1.0 + 2.0 - 3.0	13.9	25.0 a
0.5 - 1.0 + 0.1 - 1.0	0.0	0.0 c
Source of variation <sup>y</sup> (P>F)		
Oxygen (O)	0.630 <sup>NS</sup>	0.014*
Carbon dioxide (C)	0.171 <sup>NS</sup>	0.001**
O×C	0.354 <sup>NS</sup>	0.014*

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>Factorial analysis was imposed only on CA-stored apples.

<sup>NS</sup>, \*, \*\*Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

Table 17. Effects of oxygen and carbon dioxide levels on the incidence of internal browning in 'Fuji' apples from 'Yecheon' orchard after 5-month CA storage at 0°C in the 2001-2002 season.

CA regimen (kPa)		Types of disorder	
Oxygen (kPa)	Carbon dioxide (kPa)	Brown core	Radial breakdown
2.5 - 3.0	2.0 - 2.5	9.9 a <sup>z</sup>	19.2 a
2.5 - 3.0	0.9 - 1.2	0.0 b	0.0 b
	0.0 - 1.0	0.0 b	1.7 b
0.8 - 1.2	0.9 - 1.2	1.5 b	0.0 b
	0.0 - 1.0	1.7 b	0.0 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .



Table 18. Effects of harvest maturity, carbon dioxide levels and delay period on the incidence of CA-related internal browning in 'Fuji' apples from 'Andong' orchard in the 2002-2003 season.

Treatment <sup>z</sup>			Incidence of disorder (%)		Disorder severity <sup>y</sup>
Harvest date	CA regimen	CA introduction	Brown core	Radial breakdown	
CM	STD	Rapid	22.7	38.3 ab <sup>x</sup>	2.0 ab
		Delay	11.0	2.7 c	0.7 bc
	LC	Rapid	12.7	5.0 c	0.8 bc
		Delay	5.6	10.9 bc	1.6 abc
Late	STD	Rapid	25.3	46.7 a	2.6 a
		Delay	27.7	42.9 ab	2.2 ab
	LC	Rapid	33.0	39.0 ab	1.6 abc
		Delay	11.3	0.0 c	0.3 c
Source of variation					
Harvest date (H)			0.0936 <sup>NS</sup>	0.0248*	0.2531 <sup>NS</sup>
CA regimen (R)			0.3562 <sup>NS</sup>	0.0189*	0.0318*
CA introduction (T)			0.1536 <sup>NS</sup>	0.1536 <sup>NS</sup>	0.1093 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>CM stands for commercial maturity; STD CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0-3.0 kPa CO<sub>2</sub>; LC CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 0.9-1.7 kPa CO<sub>2</sub>.

<sup>y</sup>Evaluated by severity index.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

Table 19. Incidence of CA-related internal browning in 'Fuji' apples stored for 6 months in the commercial cold storage or pilot CA storage as influenced by preharvest bagging treatment.

Treatments		Internal browning		
Storage <sup>z</sup>	Preharvest factor	% incidence		Severity <sup>y</sup>
		Brown core	Radial breakdown	
Refrigerated	Not-bagged	0.0 b <sup>x</sup>	0.0 a	0.0 b
	Bagged	0.0 b	0.0 a	0.0 b
CA	Not-bagged	6.0 a	6.2 a	0.9 a
	Bagged	0.0 b	0.0 a	0.0 b
Source of variation				
Storage (S)		0.0111*	0.1470 <sup>NS</sup>	0.0166*
Bagging (B)		0.0111*	0.1470 <sup>NS</sup>	0.0166*
S × B		0.0111*	0.1470 <sup>NS</sup>	0.0166*

<sup>z</sup>Refrigerated, stored from 6. Nov. at  $0.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ; CA, stored in air from 6 Nov. to 6. Dec. at  $0^\circ\text{C}$  and then in LC CA at  $1.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

Table 20. Effects of harvest maturity, carbon dioxide levels and delay period on the ethanol and acetaldehyde contents after 5-month CA storage of 'Fuji' apples from 'Andong' orchard in the 2002-2003 season.

Treatment <sup>z</sup>			Ethanol content ( $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )		Acetaldehyde ( $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )	
Harvest date	CA regimen	CA introduction	Day <sup>y</sup>		Day	
			0	7	0	7
CM	Air	-	1172 a <sup>x</sup>	1627 a	1.53 b	2.09 abc
		-	819 b	1131 bc	1.13 bc	2.51 ab
	STD	Rapid	110 c	103 de	1.08 bc	2.89 a
		Delay	99 c	192 de	2.84 a	1.83 abc
	LC	Rapid	103 c	99 de	1.62 b	1.38 bc
		Delay	167 c	447 de	1.31 bc	1.54 bc
Late	Air	-	778 b	1374 ab	1.45 bc	2.09 abc
		-	763 b	1007 c	0.67 c	2.44 ab
	STD	Rapid	91 c	84 e	0.78 bc	1.66 abc
		Delay	62 c	472 d	0.92 bc	1.05 c
	LC	Rapid	106 c	161 de	1.07 bc	1.26 bc
		Delay	125 c	355 de	0.86 bc	2.26 abc
Source of variation						
Harvest date (H)			0.062 <sup>NS</sup>	0.716 <sup>NS</sup>	0.001 <sup>**</sup>	0.284 <sup>NS</sup>
CA regimen (R)			0.001 <sup>**</sup>	0.001 <sup>**</sup>	0.451 <sup>NS</sup>	0.064 <sup>NS</sup>
CA introduction (T)			0.255 <sup>NS</sup>	0.697 <sup>NS</sup>	0.822 <sup>NS</sup>	0.850 <sup>NS</sup>
Significant interaction at $P = 0.05$			None	R×T	H×T; R×T	R×T

<sup>z</sup>CM stands for commercial maturity; STD CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0-3.0 kPa CO<sub>2</sub>; LC CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 0.9-1.7 kPa CO<sub>2</sub>.

<sup>y</sup>Day 0, immediately after CA storage; day 7, 7 days on the shelf at ambient temperature.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01$ , respectively.

Table 21. Effects of harvest maturity, delay period and carbon dioxide levels on the malic acid and succinic acid content after 5-month CA storage of 'Fuji' apples from 'Andong' orchard in the 2002-2003 season.

Treatment <sup>z</sup>			Malic acid (mg · g <sup>-1</sup> FW)	Succinic acid (mg · g <sup>-1</sup> FW)
Harvest date	CA regimen	CA introduction		
CM	Air	-	4.75 ab	0.50 cd
		-	4.07 bc	0.63 bcd
	STD	Rapid	5.33 a	0.43 d
		Delay	4.91 ab	0.62 cd
	LC	Rapid	5.44 a	0.57 cd
		Delay	4.78 ab	0.58 cd
Late	Air	-	4.72 ab	0.88 a
		-	3.89 c	0.66 bc
	STD	Rapid	5.02 a	0.61 cd
		Delay	5.45 a	0.64 bc
	LC	Rapid	5.28 a	0.60 cd
		Delay	4.93 ab	0.81 ab
Source of variation				
Harvest date (H)			0.997 <sup>NS</sup>	0.001 <sup>**</sup>
CA regimen (R)			0.001 <sup>**</sup>	0.111 <sup>NS</sup>
CA introduction (T)			0.013 <sup>*</sup>	0.104 <sup>NS</sup>
Significant interaction at $P = 0.05$			None	H×R×T

<sup>z</sup>CM stands for commercial maturity; STD CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0-3.0 kPa CO<sub>2</sub>; LC CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 0.9-1.7 kPa CO<sub>2</sub>.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*, \*\*Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

## 나. CA 저장 환경설정에 따른 과실 품질

1차년도 CA 저장 실험 결과를 보면 과실의 품질 요인 중 과육 경도는 CA 저장 과실이 저온저장 과실에 비해 다소 높은 경향이었으나 유의성은 없었고 표준 CA나 저이산화탄소 CA 조성간에는 큰 차이가 없었다(Table 22). 당함량은 처리 간 일관성이 없었다. 반면 산함량은 저온저장에 비해서는 CA 저장에서 높게 유지되었다. 과육 경도에 대해 CA 효과가 낮게 나타난 이유는 과실 개체간 변이가 CA 효과보다 크기 때문인 것으로 보이며 당함량의 경우에는 저온에서의 당화 현상(low temperature sweetening) 및 물질 분해에 의한 가용성 고형물의 증가 현상 등 과실의 대사작용이 CA 조성에 따라 다르게 나타나기 때문인 것으로 보여진다(Park과 Youn, 1999b).

2차년도인 2001-2002년의 CA 저장과실의 경우, 과육 경도에 미치는 산소와 이산화탄소 농도의 영향은 미미한 반면 산함량은 이산화탄소가 높은 CA 저장 과실에서 다소 높은 경향이었다(Table 23).

실험실 모의 실험과 현장 실증실험을 병행한 3차년도 실험은 CA 저장의 효과가 실험 방식에 따라 혹은 과실 시료에 따라 차이가 있음을 극명하게 보여주었다. 모의실험의 경우에는 CA저장 사과가 저온저장 사과에 비해 경도, 당함량, 산함량이 높아 품질이 우수한 것으로 조사되었다(Table 24). 이와는 대조적으로 상용저장고에 입고된 문경지역 사과를 이용하여 수행한 실증 CA 실험에서의 5개월 CA-저장 후 과실품질은 저온저장 사과에 비해 뚜렷한 차이가 없었는데(Table 25) 수확시기의 지연 및 5주-delay가 CA 저장 효과를 크게 감소시킨 것으로 보인다. Kweon 등(1998)은 4주 정도의 CA 설정 지연은 rapid CA와 유사한 품질유지효과를 보이면서 이산화탄소 장해 위험성을 줄일 수 있다고 하였는데 2002-2003년 실험 결과, delay-CA에 의한 품질유지효과를 보기 위해서는 CA 설정 전 과실의 품질 및 delay 기간 설정이 중요한 요인으로 작용할 수 있음을 암시하고 있다.

이와 함께 수확 전·후 과실이 어떠한 기상 조건에 조우되었느냐가 저장 중 품질 변화에 관여하는 중요한 요인으로 판단된다. 최근에 진행된 연구결과를 참조할 때(발표 준비 중), 저장 중 급격한 품질 저하는 수체상 혹은 수확후 과수원에 방치한 과실이 동결점 온도에 조우되고 부분적인 동결 피해를 입었을 경우 급격하게 진행되는 것으로 보여진다.

종합적으로 판단해 볼 때, '후지' 사과의 CA 저장은 저온저장에 비해 품질 유지 효과가 뚜렷한 것으로 판단된다. 수확시기별로는, 성숙이 진행되기 이전에 수확하

는 과실에 있어서는 4주 delay-CA 저장은 과실품질 유지효과가 있을 것으로 보이나 수확시기가 늦은데다 delay 기간이 30일을 경과할 경우에는 오히려 CA 조건하에서 과실의 이상대사가 진행될 경우 품질저하를 더욱 가속화할 우려가 있을 것으로 추정된다.

CA 저장의 효과는 저장 직후의 품질보다는 유통과정을 거쳤을 때 그 효과가 더욱 뚜렷할 것으로 기대되며(Park과 Youn, 1999b), 이에 대한 조사와 분석은 유통상품화 기술개발 부분에(3장 4절) 제시하였다.

Table 22. Fruit quality of 'Fuji' apples at harvest, and after air and controlled atmosphere storage for five months at 0°C in the 2000-2001 season.

CA regimens (kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub> )	Flesh firmness (N/2 mm $\phi$ )	Soluble solid content (%)	Acidity (%)
At harvest	2.4	14.6 ab <sup>x</sup>	0.38 a
After storage			
Air	2.4	14.6 ab <sup>z</sup>	0.21 d
2.5 - 3.0 + 2.0 - 3.0	2.5	13.7 c	0.32 b
2.5 - 3.0 + 0.1 - 1.0	2.6	14.0 bc	0.26 c
0.5 - 1.0 + 2.0 - 3.0	2.7	14.9 a	0.33 b
0.5 - 1.0 + 0.1 - 1.0	2.6	13.7 c	0.31 b
Source of variation <sup>y</sup> (P>F)			
oxygen (O)	0.421 <sup>NS</sup>	0.084 <sup>NS</sup>	0.094 <sup>NS</sup>
carbon dioxide (C)	0.839 <sup>NS</sup>	0.126 <sup>NS</sup>	0.034*
O×C	0.388 <sup>NS</sup>	0.017*	0.261 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>Factorial analysis was imposed only on CA-stored apples.

<sup>NS</sup>, \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

Table 23. Flesh firmness and acidity of 'Fuji' apple fruit from 'Yecheon' orchard after 5-month CA storage at 0°C as influenced by oxygen and carbon dioxide levels in the 2001-2002 season.

CA regimens (kPa)		Flesh firmness (N/5 mm $\phi$ )		Soluble solid content (%)		Acidity (%)	
Oxygen	Carbon dioxide	Day <sup>z</sup>		Day		Day	
		0	7	0	7	0	7
2.5 - 3.0	0.9 - 1.2	9.1	9.5 b <sup>y</sup>	14.1	13.9	0.25 a	0.19
	0.0 - 1.0	10.1	11.0 a	13.7	14.4	0.22 b	0.20
0.8 - 1.2	0.9 - 1.2	10.4	10.7 a	14.3	14.1	0.26 a	0.23
	0.0 - 1.0	10.4	10.9 a	13.9	14.2	0.23 ab	0.21
Source of variation (P>F)							
Oxygen (O)		0.331 <sup>NS</sup>	0.186 <sup>NS</sup>	0.263 <sup>NS</sup>	0.917 <sup>NS</sup>	0.175 <sup>NS</sup>	0.122 <sup>NS</sup>
Carbon dioxide (C)		0.554 <sup>NS</sup>	0.077 <sup>NS</sup>	0.066 <sup>NS</sup>	0.273 <sup>NS</sup>	0.008 <sup>**</sup>	0.793 <sup>NS</sup>
O×C		0.524 <sup>NS</sup>	0.107 <sup>NS</sup>	1.000 <sup>NS</sup>	0.475 <sup>NS</sup>	0.874 <sup>NS</sup>	0.348 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>Seven days on the shelf at ambient temperature ranging between 15-20°C.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01$ , respectively.

Table 24. Effects of harvest maturity, CA regimens, and time of CA introduction on fruit quality of 'Fuji' apples from 'Andong' orchard after 5-month CA storage at 0°C in the 2002-2003 season.

Treatment <sup>z</sup>			Flesh firmness (N/5 mm $\phi$ )	SSC <sup>y</sup> (%)	Acidity (%)
Harvest date	CA regimen	CA introduction			
CM	Air-R	-	11.3 bc <sup>y</sup>	13.1 b	0.17 cd
	Air-D	-	10.8 c	13.9 a	0.16 d
	STD	Rapid	11.8 bc	13.1 b	0.20 abc
	STD	Delay	12.1 b	14.0 a	0.23 ab
	LC	Rapid	13.7 a	13.3 ab	0.24 a
	LC	Delay	12.3 b	13.0 b	0.20 bc
Late	Air-R	-	11.3 bc	13.1 b	0.17 cd
	Air-D	-	10.8 c	13.9 a	0.16 d
	STD	Rapid	11.8 bc	13.1 b	0.20 abc
	STD	Delay	12.1 b	14.0 a	0.23 ab
	LC	Rapid	13.7 a	13.3 ab	0.24 a
	LC	Delay	12.3 b	13.0 b	0.20 bc

<sup>z</sup>CM stands for commercial maturity; STD CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0-3.0 kPa CO<sub>2</sub>; LC CA, 2.5-3.0 kPa O<sub>2</sub> + 0.9-1.7 kPa CO<sub>2</sub>. Air-R, apples were sampled when rapid CA apples were evaluated; Air-D, sampled when delay CA apples were evaluated.

<sup>y</sup>Mean separation within columns and harvest maturity groups by Duncan's multiple

range test at  $P = 0.05$ .

Table 25. Fruit quality of 'Fuji' apples stored for 6 months in the commercial cold storage or pilot CA storage as influenced by preharvest bagging treatments in the 2002-2003 season.

Treatment		Flesh firmness (N/5 mm $\phi$ )	Soluble solid content (%)	Titratable acidity (%)
Storage <sup>z</sup>	Preharvest factor			
Refrigerated	Not-bagged	11.8 a <sup>y</sup>	14.1 a	0.14 b
	Bagged	11.5 a	13.8 a	0.16 ab
CA	Not-bagged	10.4 a	11.9 b	0.12 b
	Bagged	11.1 a	12.2 b	0.19 a
Source of variation				
Storage (S)		0.1352 <sup>NS</sup>	0.0002 <sup>**</sup>	0.5953
Bagging (B)		0.7278 <sup>NS</sup>	0.9684 <sup>NS</sup>	0.0053 <sup>**</sup>
S $\times$ B		0.4507 <sup>NS</sup>	0.4544 <sup>NS</sup>	0.1210 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>Refrigerated, stored in air from 6. Nov. at  $0.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ; CA, stored in air from 6 Nov. to 6. Dec. at  $0^\circ\text{C}$  and then in LC CA at  $1.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

<sup>y</sup>Mean separation within columns and harvest maturity groups by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01$ , respectively.

### 3. 결론

국내 '후지' 사과의 재배 및 수확관행에서 CA 저장기술을 도입, 활용하기 위해서는 이산화탄소 농도를 0.0% 수준으로 유지하는 극단적인 저이산화탄소 CA (ultra-low CO<sub>2</sub> CA) 기술이 보급되어야만 가능할 것으로 판단된다. 특히 2000-2002년 3년에 걸친 CA 저장 실험결과를 볼 때, 수확시기의 기상여건에 따라서는 CA, 특히 이산화탄소 장해에 대한 '후지' 사과의 감수성은 매우 큰 변화를 보이므로 적정수준의 이산화탄소 농도 개념이 아니라 0% CO<sub>2</sub>(zero level CO<sub>2</sub>) 개념에서 출발해야 할 것으로 판단된다.

이와 함께 수확시기도 현재 국내에서 일반적으로 인식된 10월 하순에서 벗어나 CA 저장용 사과는 10월 20일 전에 수확을 완료해야하는 전제조건이 필히 제시되어야 할 것이다.

이러한 전제조건이 성립되지 않는 상황에서의 '후지' 사과 CA 저장은 장해 발생을 회피하기 위해 CA 설정시기를 늦추거나(delay CA) 봉지를 씌운 과실 위주로 행해질 수밖에 없는데 이미 장해 감수성이 높은 과실의 CA 저장은 과실내부

의 이상 대사 작용에 따른 급격한 품질저하가 우려되므로 원칙을 벗어난 CA 저장은 적용하지 말아야 할 것으로 판단된다.

## 제 4절 CA 저장 대체기술 및 에틸렌 분해기기 개발

### 1. 연구 방법

#### 가. 과실 시료 및 저장, 유통 관리

실험에 사용한 ‘후지’ 사과는 1차 실험 연도인 2001-2002년에는 문경지역에서 10월 25일, 2차 실험 연도인 2002-2003년도에는 안동지역 과수원에서 10월 25일에 수확하였다. 2년에 걸친 저온저장은 문경시 영순면에 소재한 30평형 상용 저온저장고를 이용하여 0℃ 설정온도에서 수행하였고 저장고 내 습도는 85-90% 수준을 유지하였다. 저장기간 중 에틸렌 제거는 상용 제작된 광촉매 에틸렌 분해기(개발 중 모델, Freshtech, Co., Ltd., Seoul)를 사용하였고 1차 연도에는 수확한 과실이 입고되기 시작한 10월 26일 시점부터 에틸렌 분해기 2대를 가동하였으며 2차 연도에는 과실의 입고된 완료된 11월 15일에 분해기 1대를 가동하기 시작하였다.

MA 저장은 포장재질의 투명성과 유통시 상품성을 고려하여 30 $\mu$ m 두께의 anti-fogging CPP 필름을 사용하였으며 24×30cm(W×L) 크기로 채단한 백에 다섯 개 과실을 포장단위로 저장하였다. 다만 완전 밀봉할 경우, 이산화탄소 장해 발생이 우려되고(예비실험 결과) 현장에서의 적용 시 완전 밀봉이 어려운 점을 고려하여 플라스틱 코팅 결속철선으로 묶는 방식을 적용하였다. 포장 내 에틸렌 제거는 3mm 산화알루미나 입자에 과망간산칼륨을 처리한 에틸렌 흡착제(Purafil Select Chemisorbant Media, Purafil Inc., Doraville, GA) 20g을 미용화장지에 싸서 과실 포장백에 함께 넣는 방법으로 처리하였다.

저장 후 유통과정은 상온 유통과 저온 유통 환경을 모의하였다. 상온 유통은 15-20℃ 온도 변화가 있는 실험실 내 선반에 과실을 치상하는 것으로 대체하였고 저온 유통은 7℃ 냉장실에 보관하는 처리로 대신하였다.

#### 나. 과실품질 및 저장환경 분석



과실 경도는 물성분석기(Texture analyzer, Model TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., UK)를 사용하여, plunger 직경 5mm, 투과속도  $2\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$  및 50% strain 조건하에서, 과실 적도부의 마주보는 양면 과육조직에 대한 투과력을 측정 한 평균값을 취하였고, 당함량은 휴대용 굴절당도계(Atago model N-1, Japan)로 측정하였다. 산함량은 반복당 2개 과실에서 과즙 40ml를 취하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산 함량 %로 표현하였다.

저온 저장 환경에서의 저장기간별 '후지' 사과의 에틸렌 발생률 조사는 동일한 과실을 이용하여 측정하였으며 실험실용 저온 저장고에 2.5-L 밀폐-가스샘플링 컨테이너(respirometer)에 과실을 담아두고 측정시에만 6시간 동안 밀봉한 후 1mL 주사기를 이용하여 headspace 가스시료를 취하였다. 저장고 내의 에틸렌 농도는 1개월 간격으로 처리별 저장고 내 4개소에서 분석용 시료를 채취하였다. 에틸렌 농도는 flame ionization 검출기가 장착된 gas chromatograph(Model GC-17A, Shimadzu Corp., Tokyo, Japan)로 측정하였으며 분리칼럼으로 Porapak Q, injector  $130^{\circ}\text{C}$ , oven  $120^{\circ}\text{C}$ , detector  $140^{\circ}\text{C}$  조건에서 분석하였다.

#### 다. 에틸렌 분해기기 효율 개선 연구

에틸렌 분해기기의 분해능을 개선하여 사과 저장고의 에틸렌을 효과적으로 제거하기 위한 에틸렌 분해능 조사는 2001-2002년에는 3평형 저온저장실을 이용하여 수행하였고 한편으로는 분해기기를 30평형 저온 저장실에 설치한 후 설치하지 않은 저장실과의 에틸렌 농도 차이를 조사하였다.

2002년도와 2003년도에는 광촉매 필터의 분해효과를 증진시키기 위해 보다 정밀한 측정이 가능한 소형분해기 모델은 제작하여 소형 chamber내의 에틸렌 제거 효율을 분석한 후 상용 모델에 적용하는 예측모델방식을 수행하였다.

#### 라. 실험설계 및 결과자료 분석

2001-2002년도의 에틸렌 제거 실험은 분해기 미설치 저장실(대조구) 1실, 에틸렌 제거 저장실(처리구) 1실 등 2개 저장실을 사용하여 각 저장실에 처리별 4반복에 해당하는 과실시료를 저장하였으며 반복 당 6-8개 과실을 사용하였다. 실제로는 저장 후 유통실험을 고려하여 저장실별로 2개 처리 과실을 저장하였다. 2002-2003년도의 실험에서는 저장기간별 조사를 목적으로 하여 처리별, 조사시기 별 각각 20개의 과실을 저장하였다. 저온저장 기간 중 에틸렌 발생률은 과실개체

를 하나의 반복단위로 보고 8개 과실을 이용하였다. 저장 및 유통 후 과신품질 조사자료의 통계해석은 완전임의배치법에 준한 요인분산분석법(SAS, 1990) 및 *t*-분석을 적용하였다.

## 2. 연구결과 및 고찰

### 가. 에틸렌 제거에 따른 저장 및 유통 후 과신품질 변화

2001-2002년도에 수행한 에틸렌 분해기 설치효과 검정 실험 결과, 저장 3주 후에 조사한 에틸렌 농도는 미설치 저장실은 3.8ppm, 설치 저장실은 2.5ppm 수준을 보였으며(별도 자료 미제시) 60일 이후부터는 출하작업이 진행되어 측정이 중단되었으나 에틸렌 분해기는 출하작업시간을 제외하고는 계속 가동하였다. 저장 60일 후 과육 경도는 에틸렌 제거 저장고 과실에서 유의적으로 높았으며 산함량은 통계적인 유의성은 없으나 에틸렌 제거처리를 통해 비교적 높게 유지되는 경향이 있었다(Table 26). 저장 165일 후에도 에틸렌 제거 저장실의 과실의 경도와 산함량이 높게 나타났으나 저장 초기에 비해 차이가 크지 않아 유의성은 없는 것으로 조사되었다. 저장 후 7일간 유통을 거친 과실의 품질에 미치는 처리요인별 영향은 품질인자와 저장 기간에 따라 다르게 나타났는데, 60일 저장사과의 유통 후 경도는 유통온도의 영향이 크게 나타나 저장 중 에틸렌 제거효과는 상대적으로 낮게 평가되었다. 산함량은 저장 직후와 마찬가지로 유통 후에도 에틸렌 제거효과의 유의성은 없는 것으로 분석되었다. 이와는 대조적으로 저장 165일 사과의 경우, 에틸렌 제거가 저장 직후 경도와 산함량에 미치는 영향은 유의성이 없었던 반면, 유통 후 경도와 산함량에 영향을 주는 것으로 평가되었다. 당함량은 저장 직후에는 대조구 과실에서 13.5%, 분해기 설치 저장고 과실에서 14.2%로 나타났고 7일 유통 후에는 에틸렌 분해 처리구 + 저온 유통과실에서 14.3%로 가장 높은 경향이었으나 처리간 통계적 유의성은 없었다(별도 자료 미제시).

저장기간이 길어질 때, 저장 직후에는 나타나지 않던 에틸렌 제거효과가 유통 후 과실에서 나타나는 현상은 저장과실에 미치는 저장환경의 잠재적 지속효과(potential residual effect)로 풀이된다. 즉, 장기저장시에는 에틸렌 제거에도 불구하고 숙성진행에 따른 1차 품질저하가 진행되므로(저장 60일 후와 165일 저장 직후 경도와 산함량 비교), 저장 직후에는 에틸렌 제거효과가 낮게 나타나지만 유통과정에서는 저에틸렌 환경에 저장되었던 사과의 경우 에틸렌에 의한 2차 품질저

하가 서서히 진행되는 것으로 추정된다. CA 저장사과의 경우, 저장 직후 경도가 높은 과실이 유통 후까지 품질이 유지되는 효과는 저온 및 CA 저장조건이 에틸렌 생성과 작용의 억제 등 대사활동을 저하시키기 때문이라고 하였는데(Chung 등, 1996; Park과 Youn, 1999b), 에틸렌 제거에 따른 유통과정에서의 품질유지 효과도 이와 같은 맥락에서 풀이된다.

Table 26. Poststorage changes in fruit quality of 'Fuji' apples as influenced by simulated ethylene removal treatments during storage and marketing temperature after 60 days of commercial cold storage at 0°C in the 2001-2002 season.

Treatment <sup>z</sup>		Flesh firmness (N/5 mm $\Phi$ )				Acidity (%)			
		Days of storage + on the shelf				Days of storage + on the shelf			
Storage	Shelf temperature	60	60+7	165	165+7	60	60+7	165	165+7
Control	Room		11.3 b		9.5 b		0.30 ab		0.12 b
	Cold	13.0 b <sup>x</sup>	13.3 a	10.9	10.6 ab	0.27	0.27 b	0.17	0.17 a
+ EC	Room		11.7 b		10.9 a		0.31 ab		0.16 a
	Cold	14.5 a	13.7 a	11.8	11.9 a	0.33	0.34 a	0.20	0.19 a
Source of variation									
Storage (S)		0.010 <sup>**</sup>	0.488 <sup>NS</sup>	0.540 <sup>NS</sup>	0.008 <sup>**</sup>	0.106 <sup>NS</sup>	0.156 <sup>NS</sup>	0.281 <sup>NS</sup>	0.032 <sup>*</sup>
Shelf temp. (T)		-	0.001 <sup>**</sup>	-	0.035 <sup>*</sup>	-	0.583 <sup>NS</sup>	-	0.004 <sup>**</sup>
S × T		-	0.980 <sup>NS</sup>	-	0.967 <sup>NS</sup>	-	0.027 <sup>*</sup>	-	0.394 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>EC: two ethylene converters/576 m<sup>3</sup>-storage room.

<sup>y</sup>Seven days on the shelf at room temperature ranging between 15-20°C or at 7°C.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

2002-2003년도에 수행한 2년차 연구에서는 에틸렌 분해기 설치에 따른 저장고 내 에틸렌 농도조사와 함께 주기적으로 과실의 품질을 조사하였다. 에틸렌 분해기 설치하는 저장고 내 에틸렌 농도 저하에 효과를 보여 대조 저장실의 경우, 적재 물량이 많은 기간에는 28ppm에서 출하에 따른 저장물량 감소 시에는 9ppm의 범위를 보인 반면, 분해기가 설치된 저장고 내 에틸렌 농도는 저장 기간 전반을 통해 5ppm 수준 이하로 유지되었다(Fig. 5). 그러나 저장실 내 에틸렌 농도가 저하되었음에도 불구하고 1년차 연구결과와는 달리 과실 품질 유지에 미치는 효과는

뚜렷하게 나타나지 않았다(Table 27). 저장 6개월 후 과육 경도와 7개월 후 산함량은 에틸렌 분해기를 설치한 저장실 과실에서 오히려 낮게 조사되어 에틸렌 제거 효과가 과실 개체변이에서 오는 시료의 오차를 극복하지 못한 것으로 풀이되었다.

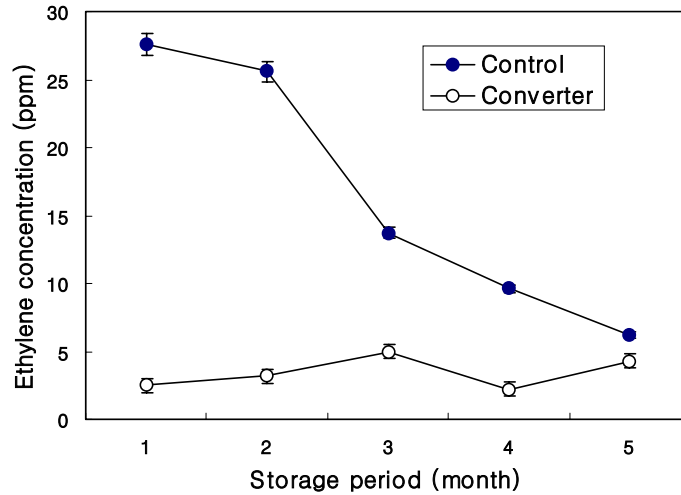


Fig. 5. Relative differences in ethylene concentrations inside commercial cold storage as influenced by the installment of ethylene converter in the 2002-2003 season. Vertical bars on the points represent mean  $\pm$  SE.

Table 27. Changes in fruit quality attributes of 'Fuji' apples as influenced by ethylene removal process during cold storage at 0°C in the 2002-2003 season.

Ethylene converter	Firmness (N/5 mm $\phi$ )			Soluble solid content (%)			Acidity (%)		
	Storage period (months)								
	5	6	7	5	6	7	5	6	7
None	9.6	10.8	10.3	13.4	12.5	13.3	0.17	0.14	0.13
Install	10.7	9.6	10.2	12.8	13.6	13.7	0.18	0.14	0.11
<i>P</i> > <i>T</i>	0.005**	0.019*	0.370 <sup>NS</sup>	0.058 <sup>NS</sup>	0.005**	0.328 <sup>NS</sup>	0.265 <sup>NS</sup>	0.523 <sup>NS</sup>	0.026*

<sup>NS</sup>, \*, \*\*Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01 by *t* test, respectively.

이러한 연차별 상이한 효과는 수확연도의 기상에 따른 수확 시 품질 차이에서 비롯되는 것으로 판단된다. 실제로 안동지역의 같은 과수원에서 동일한 시기에 수확한 과실의 품질을 비교해보면, 2001년도의 경우 과육경도  $19.5 \pm 0.4N$ , 산함량  $0.37 \pm 0.02\%$  수준이었으나 2002년도에는 각각  $12.2 \pm 0.3N$ ,  $0.27 \pm 0.01\%$ 로써 2002년도 과실은 경도와 산함량이 현저히 낮았다(별도 자료 미제시). 2002년도 수확시기 전후의 기상여건에 따른 특징은 수확 전 한파로 인한 과실의 빙점 조우 및 잦은 강우로 인한 수확시기 지연을 들 수 있으며 수확 당시 과실의 품질저하가 상당히 진행된 상태로써 에틸렌 발생률도 높았을 것으로 보여진다. 이와 함께, 과실의 에틸렌 발생량에 비해 분해기의 용량이 불충분하여(2001-2002년도, 30평형 저장실 내 2대 설치 : 2002-2003년도 1대 설치) 초기 에틸렌 농도를 일정 수준 이하로 유지하지 못한 점과 2002년도 과실의 수확시기 및 입고 지연에 따른 저장 과실 자체의 에틸렌 발생률 상승 등이 부가적인 원인으로 판단된다.

에틸렌 제거 효과를 확인하기 위해 추가적으로 수행한 MA 저장 실험 결과를 볼 때, MA 혹은 MA+에틸렌제거 처리는 대조처리에 비해 과육 경도, 당함량 및 산함량 유지에 뚜렷한 효과를 보이는 것으로 조사되었다. 과실의 경도와 산함량에 미치는 MA 처리 효과는, 표면 도포제를 사용한 'Golden Delicious'의 MA 저장 효과와(Lau, 1991) 유사한 결과를 보였으며 본 실험에서는 에틸렌제거 효과가 상대적으로 나타난 것으로 보인다. 에틸렌제거 효과를 독립적으로 검증하기 위해 MA 포장과 MA+에틸렌제거, 두 처리만을 대상으로 *t*-분석한 결과를 보면, 에틸렌 농도를 0.5ppm 수준으로 유지하는 저에틸렌 처리는 '후지' 사과의 경도 유지에 뚜렷한 효과를 보이는 것으로 평가되었다(Table 28). 산함량에 미치는 에틸렌 효과는 5% 유의수준에서 차이가 없었으나  $P > t$  확률이 0.067 수준임을 고려할 때, 비교적 높은 효과가 있는 것으로 나타나 1년차 실험에서의 에틸렌 분해기 설치 효과와 유사한 경향을 보였다.

그러나 50 $\mu$ m PE를 사용한 2001-2002년도 MA 저장에서는 MAP 처리가 과실품질 향상에 크게 기여하지는 않는 것으로 나타났는데(Table 29) 그 이유는 필름 두께가 50  $\mu$ m로써 포장 내부에 이산화탄소 축적에 따른 장해현상이 발생하면서 품질요인의 급격한 저하가 일어났기 때문으로 판단된다. 30 $\mu$ m CPP 필름을 이용한 2002-2003년도 실험에서도 포장 내부의 이산화탄소 농도가 3.5-5.4% 수준으로 증가하였고, 그 결과 CA 저장에서 나타나는 내부갈변 장해가 5-15% 발생하는 것으로 나타났다(Table 28). 이처럼, '후지' 사과가 이산화탄소 장해에 극히 민감한 품종임을 고려할 때(Kweon 등, 1998; Hwang 등, 1998), MA 포장 처리는 유통전 단기간 보관이나 습도가 낮은 저장고에서의 수분유지가 필요한 경우에 한해 적용

하며, 수확 후 장기간 저장을 목적으로 할 경우에는 포장 내부에 이산화탄소가 축적되지 않도록 바늘구멍 등 가스 교환처리가 필수적으로 선행되어야 할 것이다. 이 경우 저장고 내 에틸렌 농도가 높으면 포장 내부로 에틸렌이 계속 확산되어 흡착제 사용만으로는 에틸렌 제거가 어려울 것이므로 궁극적으로는 저장고 자체의 에틸렌 농도를 낮추어주는 제거처리가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

에틸렌 제거 저장고에서의 ‘후지’ 사과 품질 조사 결과 및 MA 저장의 결과를 종합해볼 때, 에틸렌 제거 시스템 적용은, 다른 품종의 CA 저장에서와 마찬가지로 저온저장 ‘후지’ 사과의 품질 향상에도 효과적인 방법으로 평가된다. 다만 에틸렌 농도가 1ppm 이하로 낮게 유지되어야 효과가 뚜렷하게 나타나므로 저장기간 전반을 걸쳐 지속적으로 에틸렌을 분해 혹은 제거시킬 수 있는 기기를 설치해야 할 것이다. 동시에 수확시기를 늦추거나 입고를 지연시키지 말고 적정시기에 수확하여 에틸렌 발생률이 너무 높지 않은 시점에서 저온저장이 시작되도록 하는 수확시기 결정 및 저장 관리 프로그램이 제공되어야 할 것이다.

Table 28. Fruit quality and incidence of internal browning of ‘Fuji’ apples after 6 months of cold and MA storage at 0°C as influenced by ethylene removal treatments in the 2002-2003 season.

Treatment		[C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ] inside MAP	Firmness (N/5 mm $\phi$ )	SSC <sup>y</sup> (%)	Acidity (%)	IB (%)
Ethylene converter	MA packaging <sup>z</sup>					
None	Control (no)	6.2 c	9.6 c <sup>x</sup>	13.1 c	0.14 c	0.0
	MA	61.7 b	11.7 b	14.1 ab	0.21 ab	5.0
	MA + EA	0.5 c	13.9 a	13.7 abc	0.23 ab	15.0
Install	Control (no)	4.2 c	9.6 c	13.4 bc	0.14 c	0.0
	MA	87.1 a	11.8 b	13.4 bc	0.20 b	10.0
	MA + EA	0.5 c	12.4 b	14.3 a	0.24 a	15.0
Source of variation						
Ethylene converter (C)		0.261 <sup>NS</sup>	0.155 <sup>NS</sup>	0.839 <sup>NS</sup>	0.914 <sup>NS</sup>	-
MA package (M)		0.001 <sup>**</sup>	0.001 <sup>**</sup>	0.040 <sup>*</sup>	0.001 <sup>**</sup>	-
C $\times$ M		0.208 <sup>NS</sup>	0.113 <sup>NS</sup>	0.048 <sup>*</sup>	0.421 <sup>NS</sup>	-
<i>P</i> > T between						
pooled data of MA and MA + EA		0.001 <sup>**</sup>	0.010 <sup>*</sup>	0.279 <sup>NS</sup>	0.066 <sup>NS</sup>	-

<sup>z</sup>MA was achieved by holding five fruits in a 30  $\mu$ m anti-fogging CPP film bag (24 $\times$ 30 cm) with band-tying; EA, one 20 g-packet of Purafil in a bag.

<sup>y</sup>Soluble solid content.

<sup>x</sup>Mean separation within columns and harvest maturity groups by Duncan’s multiple range test at *P* = 0.05.

<sup>NS</sup>, \*, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant, significant at *P*  $\leq$  0.05, or 0.01, respectively.

Table 29. Fruit quality of 'Fuji' apples after five and half month cold storage at 0°C as influenced by ethylene converter installment inside storage and MA packaging with or without ethylene absorbent in the 2001-2002 season.

Treatment <sup>z</sup>		Flesh firmness	SSC	Acidity
Storage	Packaging	(N/5 mm $\Phi$ )	(%)	(%)
Control	None	10.9	14.2 ab	0.17
	50 $\mu$ m PE	11.1	13.9 ab	0.20
	50 $\mu$ m PE + absorber	11.2	12.9 b	0.18
+ ethylene converter	None	11.8	14.6 a	0.20
	50 $\mu$ m PE	10.4	14.0 ab	0.18
	50 $\mu$ m PE + absorber	11.8	14.5 a	0.24
Source of variation				
Storage (S)		NS	NS(0.07)	NS
Packaging (P)		NS	NS	NS
S $\times$ P		NS	NS	NS

<sup>z</sup>Two ethylene converters/583 m<sup>3</sup>-storage rooms. Packaging: six fruits in a 20 $\times$ 23 cm PE film zipper bag; one 50 g-purafil packet in a bag.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>. \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

#### 나. 저장기간 중 에틸렌 발생량을 근거한 에틸렌 분해용량

저온 저장고의 에틸렌 농도를 일정수준 이하로 유지하기 위해서는 과실에서 발생하는 에틸렌을 지속적으로 분해 혹은 제거해야 하는데 저장고에 축적되는 에틸렌 농도는 저장고 용적, 저장 물량, 저장고의 환기 정도를 고려해야 하며 저장하는 과실의 정확한 발생량 예측이 필요하다. 국내 상용저장고의 대표적인 크기인 높이 6m의 30평형 저장고(12m  $\times$  8m  $\times$  6m: L  $\times$  W  $\times$  H)를 기준으로 할 때, 저장 물량은 보관용 개별 컨테이너에 담은 양(15-20kg)과 적재방식에 따라 m<sup>3</sup>당 0.125-0.179t 범위에 있는 것으로 조사되었다(Ministry of Agriculture and Forestry, 1999; 상용저장고 관리자 면담, 2003). 조사한 자료의 평균값인 0.15t  $\cdot$  m<sup>-3</sup>을 적용하면 30평형 저장고의 평균 적재물량은 86.4t으로서 과실 점유용적은 102.9m<sup>3</sup>, 적재용 박스와 팔레트의 점유용적은 12.8m<sup>3</sup>로 평가되며 무용용적(void volume) 점유율은 79.9% 수준으로 계산되었다(Table 30). 이러한 무용용적 점유율은 외국의 저에틸렌 CA 저장고 운영을 위해 조사된 64-66%에 비해(Blanpied, 1990) 매우 높은 수준으로 평가되는데 이러한 차이는 과실을 담은 용기의 차이가

주된 원인으로 판단된다. 실제로 미국의 사과 CA 저장고 운영은 대형 목재 용기 (bin)를 사용함으로써  $m^3$ 당 0.4t 적재량을 저장고 관리의 표준으로 삼고 있다 (Bartsch와 Blanpied, 1984).

Table 30. Parameters for the evaluation of void volume inside a commercial storage.

Storage capacity <sup>z</sup>		Estimation				
Empty volume	Loading capacity	Specific gravity of apple <sup>y</sup>	Occupied volume ( $m^3$ ) <sup>x</sup>		Void volume	% void volume
			Fruit	Containers and pallets		
576 $m^3$	86.4 t	0.840	102.9	12.8	460.3 $m^3$	79.9

<sup>z</sup>Empty volume = surface area  $\times$  height = 96  $m^2 \times$  6 m. Loading capacity: 0.15 t per  $m^3$ .

<sup>y</sup>Specific gravity of 'Fuji' apple was calculated through actual measurements.

<sup>x</sup>Volume of fruit, container, and pallet was estimated through the equation; volume = weight divided by specific gravity. Calculation was made based on the actual investigation on the number of pallets and containers used in the storage, which were 4,800 containers and 160 pallets made of HDPE.

한편, '후지' 사과의 저온저장 환경, 0°C에서 측정된 에틸렌 발생량은 저장 1개월 후에는  $0.51\mu L \cdot kg^{-1} \cdot hr^{-1}$ , 4개월 후에는  $0.72\mu L \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ , 6.5개월 후에는  $0.98\mu L \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$  수준이었다(Table 31). 본 실험에서 측정된 저온저장 '후지' 사과의 저온에서의 에틸렌 발생은 기존에 보고된 발생량, 31일 후  $1.2\mu L \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$  이나 60일 후  $2.5\mu L \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ (Roh 등, 1985)에 비하여 절대량과 증가율 모두 낮은 경향을 보였다. 이러한 차이는 수확연도나 과수원간 변이에서 비롯될 수 있으므로 다년간의 조사자료를 바탕으로 정확한 에틸렌 발생률이 제시되어야 할 것이다. Roh 등(1995)의 연구결과나, 직접비교는 어려우나, CA 저장 'Empire' 사과의 에틸렌 제거 프로그램에서 조사된 에틸렌 발생률 자료를(Blanpied, 1985) 종합해 볼 때, '후지' 사과는 다른 품종에 비해 비교적 낮은 에틸렌 발생 특성을 보이는 것으로 평가된다.

저장고 공간에 대한 무용용적률 자료, 저장기간 중 에틸렌 발생률의 변화 및 일반 저온저장고 내 공기 환류에 의한 1일 공기 교환 횟수, 3.4회/일(Bartsch와 Blanpied, 1984) 등을 종합적으로 적용할 경우, '후지' 사과의 저온 저장 중 에틸렌 제거가 제대로 이루어지지 않을 경우 저장고 내 에틸렌 농도는 저장초기에는 하루에 0.5ppm, 저장기간 4개월 경과 후부터는 0.7-1.0ppm 정도씩 증가할 것으로



계산되었다. 이러한 조사결과를 근거로 ‘후지’ 사과의 저장기간 중 에틸렌 농도를 일정 수준 이하로 유지하기 위해서는 저장기간이 4개월일 때 시간당 14.1mL, 저장기간이 6개월보다 길어질 경우에는 최소한 시간당 19.2mL의 에틸렌 제거 용량이 필요한 것으로 평가되었다.

Table 31. Estimation of the ethylene removal capacity required for a 576 m<sup>3</sup> storage room containing 86.4 t of ‘Fuji’ apples to offset ethylene evolved from fruits stored at 0°C.

Parameters	Months after harvest		
	One	Four	Six and half
Ethylene evolution ( $\mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )	0.51 ± 0.13 <sup>z</sup>	0.72 ± 0.26	0.98 ± 0.44
Gross ethylene cumulation (ml/store per 24 h)	1,057.5	1,493.0	2,032.0
Number of air changes/day	3.4	3.4	3.4
Net ethylene cumulation <sup>y</sup> (ml/store per 24 h)	240.5	339.3	461.8
Removal capacity needed (ml · h <sup>-1</sup> /unit )	10.0	14.1	19.2
Increment of concentration without removal (ppm/day per storage)	0.5	0.7	1.0

<sup>z</sup>Mean ± SE.

<sup>y</sup>Estimated under the assumption that the storage capacity is 0.15 t per m<sup>3</sup>.  
Number of air changes expected in 24 h = 3.4.

#### 다. 에틸렌 분해기기 상용화 모델 개발 및 효과 검증

최초로 제작한 상용 에틸렌 분해기기 모델의 경우, 에틸렌 분해능은 0.015mL · h<sup>-1</sup>로써 30평형 사과 저장고에 필요한 에틸렌 분해용량 10.0-19.1mL · h<sup>-1</sup>에 크게 미달되었다(Table 32). 2001-2002년도 연구에서는 UV-램프 및 촉매필터의 수를 늘리고 필터와 램프 사이 거리를 단축시킴으로써 분해 효율, 0.19 ml/h/unit로 기존 분해기기의 효율에 비해 12배 이상 증가시키는 결과를 보였다. 그러나 광촉매 필터의 수를 늘리고 필터와 램프 사이 거리를 단축시키는 과정에서 송풍량이 감소함으로써 분해효율이 충분히 증가하지 못하는 것으로 추정되었다.

2002-2003년도의 연구에서는 대형저장고에서의 실제 성능조사시 발생하는 오차

를 줄이기 위해 소형 model을 이용한 정밀실험을 수행한 결과, 광촉매 filter층 증가 및 성능을 보강하는 동시에 air flow 방식을 개선함으로써 30배의 분해효율이 증대되었다(Table 33). 앞으로 램프의 파장과 관련된 광촉매 에너지 증대를 통해 3-4배의 분해효율 증대가 필요한 것으로 생각된다.

Table 32. Removal capacity of UV-catalytic ethylene converter by lamps and filter layout improvement in the 2001-2002 season.

Layout change	Reduction rate in 30 m <sup>3</sup> storage by 8 hours operation		Net removal capacity at the 1 ppm level (ml/h/unit)
	Total	Net	
control: lamp-off	31.5 b	-	-
Original layout	31.9 b	0.4	0.015
Increase in UV lamps + filter	32.7 ab	1.2	0.045
Lamp-filter distance control	36.6 a	5.1	0.191

Table 33. Prediction of ethylene removal efficiency through simulation study using pilot and practical size model and improvement of the efficiency by filter reinforcement and air-flow volume in the 2002-2003 season.

Simulation modelling			Filter	Air-flow	Ethylene
Converter	Filter type	Estimation	area (cm <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> )	removal (ml · h <sup>-1</sup> ) <sup>z</sup>
Pilot model	Usual	Actual	500	60	0.104 ± 0.035
	Reinforced	Actual	500	60	0.382 ± 0.260
Practical model (2002)	Reinforced	Prediction	6624	900	5.06

<sup>z</sup>Mean ± SD.

## 제 5절 ‘후지’ 사과와 유통상품화기술

### 1. 연구방법

#### 가. 저장 방식별 유통 품질 조사

2000-2001년도 및 2002-2003년도에 저장한 ‘후지’ 사과를 대상으로 저온저장 사과와 CA저장 사과의 유통과정에서의 품질변화를 조사하였다.

#### 나. 저온유통 효과 분석

2001-2002년도에 저온저장한 ‘후지’ 사과를 상온 및 저온(5-7℃) 조건에서 7일간 모의 유통과정을 거친 후 품질을 조사하였다.

#### 다. 포장센터 처리기술 적용을 통한 ‘후지’ 사과와 유통상품화 기술 모델

2000-2002년간 저온저장 과실을 대상으로 저장 후 선별·포장센터에서 적용하는 세척, brushing 과정을 실험실에서 모의한 후 과정별로 과실을 채취하여 7일간 유통 후 품질을 조사하였다. 특히 세척과정은 일반 수도물 세척과 오존수 세척처리를 두어 최근 제품화되고 있는 오존수 세척 사과의 품질요인과 안전성요인에 대한 평가를 실시하였다. 오존수 처리는 용존농도 0.5-0.7ppm이 유지되는 범위에서 수행하였다.

2002-2003년도에는 시중에 유통되고있는 세척사과를 구매하여 저온저장 후 세척처리를 거치지 않은 사과의 품질과 비교하였다.

#### 라. 품질 및 위해성 분석

과실 품질요인으로써 경도 조사는 물성분석기(Texture analyzer, Model TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., UK)를 사용하여, plunger 직경 2mm 혹은 5mm, 투과속도  $2\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$  및 50% strain 조건하에서, 과실 적도부의 마주보는 양면 과육조직에 대한 투과력을 측정하여 평균값을 취하였고, 당함량은 휴대용 굴절당도계(Atago model N-1, Japan)로 측정하였다. 산함량은 반복당 2개 과실에서 과즙 40ml를 취하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산 함량 %로 표현하였다.

세척 및 선별과정이 과실의 안전성 지표에 미치는 영향은 과실표면의 미생물 활성과 잔류농약분석을 통해 조사하였다. 미생물 활성은 세균 및 효모·곰팡이로 구분하여 측정하였고 활성지표로써 세균 및 효모·곰팡이가 형성한 colony 수의 합계를 이용하였다. 미생물 활성 분석시료는 선별과정 별로 과실의 표피조직을 채취하여 조직무게 기준 10배량의 멸균 생리 식염수(saline solution)를 첨가한 후 시료파쇄기(Techmart, Model LB-400G)로 파쇄, 현탁한 후 상정액을 이용하였다. 일반 세균은 plate count agar(PCA) 배지, 37°C 조건에서 3일 배양, 곰팡이 및 효모는 plate dextrose agar(PDA) 배지, 30°C 조건에서 3일 배양하였으며 측정된 colony 수를 기준으로 생체시료 1g 당 colony 형성능으로 환산하였다.

과실 표피조직의 농약잔류량은 해당연도에 마지막으로 살포한 살균제와 살충제를 대상으로 조사하였다. 2000-2001년도에는 수확 21일 전 최종 살포한 살균제 군타임(일반명: thiophanate-methyl)과 수확 60일 전 최종 살포한 살충제 그로포(일반명: chlorpyrifos)를, 2001-2002년도에는 수확전 35일 살포한 살균제 우리만(일반명: 주성분, dithianon)과 살충제 디디브이피(일반명: dichlorvos)를 대상으로 조사하였다. 농약잔류량 분석은 서울대학교 농업생명과학대 농업과학공동기기센터에 의뢰하여 수행하였다.

## 2. 연구 결과 및 고찰

### 가. 저장방식별 유통 품질

CA 저장은 일반 저온 저장에 비해 저장 직후 품질이 우수할 뿐 아니라 (Tables, 22, 24) 저장 후 유통과정에서도 품질 유지 효과가 지속되어 저온 저장 사과에 비해 경도와 산함량이 높았다(Tables 34, 34). 저장 방식별 ‘후지’ 사과의 유통 후 당함량은 2000-2001년도의 경우, 통계적인 유의성은 없으나 CA저장 과실에서 높은 경향이었고 2002-2003년도 역시 후기수확-delay CA 저장을 제외하고는 CA 저장 사과에서 당함량이 높은 경향이였다.

이와 같은 CA 저장의 유통품질 유지효과는 CA 지속효과(residual effect)로써, ‘후지’ 사과의 4개월 CA 저장은 유통 과정 중 품질변화를 억제하는 효과가 있다고 하였다(Park과 Youn, 1999b). ‘후지’ 품종뿐 아니라 ‘Gala’ 사과의 저장 및 유통 실험 결과에서도 6개월 간 CA 저장을 한 사과가 일반 저온 저장 사과에 비해 이화학적 품질 특성은 물론 관능 품질 유지에 효과적이라고 보고된 바 있다(Saftner 등, 2002). 사과과실의 저장 후 품질유지에 미치는 CA 지속효과는 특히

수출 시 상은 유통이 불가피한 환경에서 도움이 될 것으로 보인다.

Table 34. Fruit quality of 'Fuji' apples at harvest, and after air and controlled atmosphere storage for five months at 0°C in the 2000–2001 season.

CA regimens (kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub> )	Flesh firmness (N/2 mm $\phi$ )	Soluble solid content (%)	Acidity (%)
Air	2.3	13.6	0.17 c
2.5 - 3.0 + 2.0 - 3.0	2.6	13.6	0.25 b
2.5 - 3.0 + 0.1 - 1.0	2.6	13.8	0.28 ab
0.5 - 1.0 + 2.0 - 3.0	2.5	13.9	0.27 b
0.5 - 1.0 + 0.1 - 1.0	2.6	14.7	0.33 a
Source of variation <sup>w</sup> (P>F)			
oxygen (O)	0.722 <sup>NS</sup>	0.260 <sup>NS</sup>	0.102 <sup>NS</sup>
carbon dioxide (C)	0.642 <sup>NS</sup>	0.371 <sup>NS</sup>	0.039*
O×C	0.568 <sup>NS</sup>	0.601 <sup>NS</sup>	0.414 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>Fruit quality was investigated twice; immediately after storage (day 0) and after seven days on the shelf at room temperature (day 7).

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>w</sup>Factorial analysis was imposed only on CA-stored apples.

Table 35. Effects of storage procedures on fruit quality after 7-day simulated marketing of 'Fuji' apples from 'Andong' orchard in the 2002–2003 season.

Treatment <sup>z</sup>		Flesh firmness	Soluble solid	Acidity
CA regimen <sup>y</sup>	CA introduction	(N/5 mm $\phi$ )	content (%)	(%)
Air-R	(rapid)	9.9 bc	13.2 ab	0.13 d
	(delay)	9.7 c	12.7 b	0.12 d
STD	Rapid	12.2 a	13.8 a	0.23 ab
	Delay	12.5 a	13.7 a	0.22 b
LC	Rapid	12.2 a	13.8 a	0.26 a
	Delay	11.6 ab	12.9 ab	0.18 c
Source of variation ( $P > F$ )				
CA-regimen (R)		0.0002**	0.0526 <sup>NS</sup>	0.0001**
Time of introduction (T)		0.7035 <sup>NS</sup>	0.0608 <sup>NS</sup>	0.0015**
R × T		0.7351 <sup>NS</sup>	0.4096 <sup>NS</sup>	0.0027**

<sup>z</sup>Apples were harvested at commercial maturity and stored at 0°C for five months, and post-storage marketing simulation was performed at ambient temperature ranging 20 – 27°C.

<sup>y</sup>STD CA, 2.5–3.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0–3.0 kPa CO<sub>2</sub>; LC CA, 2.5–3.0 kPa O<sub>2</sub> + 0.9–1.7 kPa CO<sub>2</sub>. Air-(rapid), apples were sampled when rapid CA apples were evaluated; Air-(delay), sampled when delay CA apples were evaluated.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

#### 나. 저온유통에 의한 ‘후지’ 사과 품질 유지

저온저장 과실을 대상으로 조사한 저온유통 효과는 CA 저장의 유통품질 유지 효과와 비슷한 양상을 보였다. 유통온도가 과실의 경도, 산함량에 미치는 영향은 에틸렌 제거 저장고나 기존 저장고 처리 모두에서 유의성을 보였고 당함량에 미치는 효과는 에틸렌 제거 저장고 과실에서 유의성이 있었다(Tables 36, 37). 당함량은 경도나 산함량에 비해 유통 온도의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났는데 당함량 변화는 저장방식에 따라 저장기간과 유통과정에서의 변화양상이 일관되지 않기 때문인 것으로 풀이된다.

한편, 일반 저온저장과 에틸렌 제거 저온저장 과실을 비교해 보면 에틸렌 제거 저장고의 과실 경도와 산함량이 높은 것으로 조사되었고 특히 저장기간이 짧을 때 그 효과가 큰 것으로 나타났다.

Table 36. Poststorage changes in fruit quality of ‘Fuji’ apples as influenced by simulated marketing temperature after 60 and 165 days of commercial cold storage at 0°C in the 2001-2002 season.

Treatment <sup>z</sup>		Flesh firmness	Soluble solid	Acidity
Storage period	Marketing	(N/5 mm $\Phi$ )	content (%)	(%)
60 days	0	11.8 ab	13.6	0.27 a
	7 days at room	11.4 abc	13.6	0.27 a
	7 days at cold	13.1 a	13.7	0.29 a
165 days	0	10.9 bc	14.2	0.17 b
	7 days at room	9.5 c	13.9	0.12 b
	7 days at cold	10.6 bc	14.2	0.17 b
Source of variation <sup>x</sup>				
Storage period (S)		**	NS	**
Marketing temperature (M)		*	NS	*
S $\times$ M		NS	NS	NS

<sup>z</sup>Seven days on the shelf at 5°C or at room temperature ranging between 15-20°C.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>x</sup>Factorial analysis was performed only on the fruits of 7-day marketing.

NS, \*, \*\*Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

Table 37. Poststorage changes in fruit quality of 'Fuji' apples as influenced by simulated marketing temperature after 60 and 165 days of commercial cold storage at 0°C in the ethylene converter-equipped stores in the 2001-2002 season.

Treatment <sup>z</sup>		Flesh firmness	Soluble solid	Acidity
Storage period	Marketing	(N/5 mm $\phi$ )	content (%)	(%)
60 days	0	14.3 a	14.8 a	0.36 a
	7 days at room	11.6 bc	13.4 b	0.31 b
	7 days at cold	13.1 ab	14.4 a	0.34 ab
165 days	0	11.8 bc	14.6 a	0.20 c
	7 days at room	10.9 c	14.4 a	0.16 c
	7 days at cold	11.9 bc	14.7 a	0.19 c
Source of variation <sup>x</sup>				
Storage period (S)		NS (0.08)	*	**
Marketing temperature (M)		*	*	*
S $\times$ M		NS	NS	NS

<sup>z</sup>Seven days on the shelf at 5°C or at room temperature ranging between 15-20°C.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>x</sup>Factorial analysis was performed only on the fruits of 7-day marketing.

NS, \*, \*\*Nonsignificant, significant at  $P \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

#### 다. 포장센터 처리기술 적용을 통한 '후지' 사과와 유통상품화 기술

##### 1) 세척 및 brushing 처리가 미생물 활성에 미치는 영향

2002-2001년도 과실 표면의 미생물 활성을 보면 오존수 세척에 의해 세균 활성의 감소가 뚜렷하게 나타났다. 오존수 처리에 의한 곰팡이 활성은 4개월 저장 과실에서는 뚜렷하게 감소되었으나 5개월 저장 과실에서는 증류수 세척과실과 큰 차이가 없었고 무세척 과실보다는 오히려 약간 증가하였다(Table 38). 곰팡이에 대해 오존수 처리 효과가 다른 것은 저장시기나 과수원에 따라 과실 표면에 잔존하는 곰팡이 종류에 따른 오존 내성에 차이에서 비롯된 것으로 판단된다.

2001-2002년도 수행한 연구결과도 유사한 경향을 보여, 세균 활성은 오존수 세척 처리에 의해 무처리 과실에 비해 1/10 수준으로 뚜렷하게 감소되었다(Table 39). 곰팡이 역시 감소하는 경향을 보이거나 감소율은 1/6 수준으로 세균에 비해서는 다소 억제 효과가 낮아 곰팡이가 세균에 비해 오존수 내성이 크다는 기존의 보고(권 등, 1995)와 일치하는 경향을 보였다. Brushing 처리는 곰팡이 감소효과가 있으나 세균수에는 영향을 미치지 않았다.

시중에 판매되는 세척 사과를 대상으로 미생물 활성을 조사한 2002-2003년도 실험에서는 세척처리과실의 문제점이 대두되었다. 구입 당일 조사한 세척사과의



미생물 활성은 저온저장 후 바로 출하한 과실에 비해 곰팡이 활성이 높게 나타났으며 유통기간이 경과하면서 급격히 증가하여 7일 후에는 무처리 과실에 비해 4배 높은 활성을 보였다(Table 40). 일반세균 활성은 구매 당일에는 세척사과에서 낮았으나 유통기간 중 증가하여 7일 후에는 무처리 과실에 비해 5배 이상 활성이 높은 것으로 조사되었다.

이와 같은 조사결과를 볼 때, 포장센터 오존수 세척처리가 곰팡이까지 제거하기에는 불충분한 여건에 있는 것으로 추정되며 세척 과실의 CPP 필름 포장에 의해 포장 내 습도가 높게 유지되므로 급격하게 곰팡이와 세균 활성이 증가하는 것으로 판단된다.

Table 38. Microorganism activities by poststorage handling of 'Fuji' apples harvested from 'Andong' area and cold-stored for four months in the 2000-2001 season.

Treatment	Days on the shelf	After four month storage		After five month storage	
		Molds <sup>z</sup> (×10 <sup>2</sup> )	Bacteria <sup>z</sup> (×10 <sup>2</sup> )	Molds (×10 <sup>2</sup> )	Bacteria (×10 <sup>3</sup> )
No	0	7.3±2.9 <sup>y</sup>	0.6±0.3	6.6±5.7	17.2± 7.4
No	7	11.0±6.8	6.1±2.9	2.2±0.7	39.5±15.6
Tap water	7	3.2±1.4	0.4±0.2	5.3±4.5	28.1±14.6
Ozonated water	7	nd <sup>x</sup>	nd	4.3±2.9	0.1± 0.0

<sup>z</sup>CFU/g of fresh apple skin tissue. 1 g of fresh skin equals to 2 cm<sup>2</sup> surface area.

<sup>y</sup>Mean±SE.

<sup>x</sup>Not detected.

Table 39. Microorganism activity changes as influenced by poststorage handling of 'Fuji' apples harvested from 'Mungyeong' area and cold-stored for four months at 0°C in the 2001-2002 season.

Handling procedures	Molds <sup>z</sup> (×10 <sup>2</sup> )	Bacteria <sup>z</sup> (×10 <sup>2</sup> )
Before dumping	54.8 ± 28.5 <sup>y</sup>	12.5 ± 5.7
1st washing in tap water	45.5 ± 28.1	16.0 ± 6.0
2nd washing in ozonated water	9.3 ± 8.9	1.3 ± 0.3
Brushing	3.5 ± 2.3	1.8 ± 1.1
Size sorting	1.0 ± 0.7	2.8 ± 2.4

<sup>z</sup>CFU/g of fresh apple skin tissue. 1 g of fresh skin equals to 2 cm<sup>2</sup> surface area.

<sup>y</sup>Mean ± SE.

Table 40. Microorganism activity changes on 'Fuji' apples as influenced by washing treatment with ozonated water and CPP film packaging in the commercial packing house in the 2002-2003 season.

Handling procedures	Molds <sup>z</sup> (×10 <sup>1</sup> )		Bacteria <sup>z</sup> (×10 <sup>1</sup> )	
	On purchase	+ 7 days on the shelf	On purchase	+ 7 days on the shelf
	Control	44.6 ± 19.1 <sup>y</sup>	85.6 ± 29.1	18.2 ± 7.1
Washing + CPP	83.1 ± 39.6	338.0 ± 74.4	6.3 ± 3.4	187.4 ± 78.3
P > T	0.3928 <sup>NS</sup>	0.0054 <sup>**</sup>	0.1488 <sup>NS</sup>	0.0769 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>CFU/g of fresh apple skin tissue. When the skin was peeled with a knife, one gram of fresh skin equals to 2 cm<sup>2</sup> surface area.

<sup>y</sup>Mean ± SE.

<sup>NS</sup>, <sup>\*\*</sup>Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01$ , respectively.

## 2) 세척처리에 의한 잔류농약 감소효과

2000-2001년도에는 과실의 표피 조직내 농약 잔류량은, 수확 21일 전 최종 살포한 살균제 굳타임 (일반명: thiophanate-methyl)의 경우, 수확시에는 높은 수준을 나타냈으나 저장 중 뚜렷하게 감소하는 경향이였다. 이에 비해 수확 60일 전 최종 살포한 살충제 그로포 (일반명:chlorpyrifos)는 수확시나 저장 후 농도가 극히 낮아 처리별 농도 감소 효과가 나타나지 않았다(Table 41). 저장 후 선별과정에서 적용하는 물세척이나 오존수 세척효과는 표피 조직에 존재하는 농약성분 감소에 미미한 효과가 있으나 통계적으로 유의하지 않았다.

2001-2002년도에 조사한 살균제 우리만의 잔류량 역시 매우 높은 것으로 나타난 반면, 살충제 디디브이피는 검출되지 않았다(Table 42). 수돗물이나 오존수 세척에 의한 살균제 잔류량 감소효과는 2000-2001년도에 비해 큰 편이지만 안전성 확보를 위한 처리로서는 여전히 불충분한 것으로 조사되었다.

본 연구 결과, '후지' 사과에 잔류하는 살균제의 경우, 2년 계속하여 허용수준 이상으로 분석되어 자료에 대한 신뢰도의 검토가 이어져야 할 것이며 검토 결과에 따라 적절한 후속조치가 필요한 것으로 사료된다. 살균제에 비해 살충제는 극히 미량으로 검출되지 않거나 250g 사과 과실 한 개를 기준으로 볼 때 농약잔류 허용기준인 1.0ppm보다 낮게 나타났다.

Table 41. Chemical residues in the skin tissues of 'Fuji' apples at harvest and after 150 days of refrigerated storage as influenced by washing treatment in the 2000-2001 season.

Sampling time	Treatment	Fungicide (thiophanate-methyl) <sup>z</sup>			Insecticide (chlorpyrifos) <sup>y</sup>		
		$\mu\text{g/g}$ (dry skin)	In 250g fruit		$\mu\text{g/g}$ (dry skin)	In 250g fruit	
			Content ( $\mu\text{g}$ )	ppm		Content ( $\mu\text{g}$ )	ppm
At harvest (Oct. 28)	Control	192.3 $\pm$ 47.1 <sup>x</sup>	3,653.7	14.8	2.1 $\pm$ 1.1	39.9	0.16
After storage for 150 days (Mar. 30)	Control	43.5 $\pm$ 2.9	826.5	3.3	2.1 $\pm$ 1.0	39.9	0.16
	Tap water washing	56.2 $\pm$ 13.8	1,067.8	4.3	3.0 $\pm$ 0.4	57.0	0.23
	O <sub>3</sub> water washing	40.7 $\pm$ 8.6	773.3	3.1	2.7 $\pm$ 0.4	51.3	0.21

<sup>z</sup>Final spray: 21 days before harvest.

<sup>y</sup>Final spray: 60 days before harvest.

<sup>x</sup>Mean  $\pm$  SE.

Table 42. Chemical residues in the skin tissues of 'Fuji' apples at harvest and after 120 days of refrigerated storage as influenced by washing treatment in 2001-2002 season.

Sampling time	Treatment	Fungicide (dithianon) <sup>z</sup>			Insecticide (dichlorvos) <sup>y</sup>
		$\mu\text{g/g}$ dry skin	In 250g fruit		
			Content ( $\mu\text{g}$ )	ppm	
At harvest (Nov. 5)	Control	58.9 $\pm$ 7.2 <sup>x</sup>	1,119	4.5	Not detected
After storage for 120 days (Mar. 3)	Control	90.2 $\pm$ 8.1	1,714	6.9	Not detected
	Tap water washing	74.2 $\pm$ 24.8	1,410	5.6	Not detected
	O <sub>3</sub> water washing	60.7 $\pm$ 8.6	1,153	4.6	Not detected

<sup>z</sup>Final spray: 35 days before harvest.

<sup>y</sup>Final spray: 35 days before harvest.

<sup>x</sup>Mean  $\pm$  SE.

### 3) 포장센터 처리기술 적용이 과실품질에 미치는 영향

세척처리 및 이후의 포장센터 처리과정이 과실 품질에 미치는 영향은 조사연도에 따라 차이를 보였는데, 2000-2001년도의 경우, 5개월 저온저장한 ‘후지’ 사과를 세척 처리하여 상온에서 7일간 유통시킨 결과, 세척처리는 유통과정에서 경도와 당함량 감소를 초래하는 것으로 나타났다(Table 43). 그러나 2001-2002년도 처리 실험에서는 세척 및 기타 처리가 유통품질에 영향을 주지 않았다(Table 44). 실제 시중에 유통되는 과실을 대상으로 한 2002-2003년도 실험에서는 다시 세척사과의 당함량이 낮은 것으로 조사되었다(Table 45). 2002-2003년도 실험은 실험처리 뿐 아니라 생산지역이 다른 과실을 대상으로 조사하였기 때문에 당함량의 차이가 처리에 의한 것인지 시료의 원래 품질 차이에서 비롯된 것인지는 명확하지 않으나 식미에는 부적합한 것으로 판단되었다.

3차년도 세척사과는 유통과정에서 산함량 유지효과를 보였는데(Table 46) 이는 세척처리효과라기 보다는 CPP 필름 포장에 의한 MA 효과로 추정된다.

Table 43. Fruit quality changes by packing house operation of ‘Fuji’ apples harvested from ‘Yechon’ area and cold-stored for five months in the 2000-2001 season.

Treatment		Flesh firmness	SSC <sup>z</sup>	% acidity
Washing	Days on the shelf	(N/2 mm $\phi$ )	(%)	
No	0	2.43 ab <sup>y</sup>	14.6 a	0.21
No	7	2.60 a	14.8 a	0.18
Tap water	7	2.40 ab	13.1 b	0.16
Ozonated water	7	2.26 b	13.0 b	0.17

<sup>z</sup>Soluble solid content.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $P = 0.05$ .

Table 44. Fruit quality of 'Fuji' apples after four month cold storage at 0°C and subsequent simulated marketing at ambient temperature as influenced by packing house operation procedures in the 2001-2002 season.

Handling procedures <sup>z</sup>		Flesh firmness (N/5 mm $\phi$ )	SSC <sup>y</sup> (%)	Acidity (%)	Surface gloss
Days on the shelf	Packing house operation				
0	No	11.3	14.3	0.24 ab <sup>x</sup>	Weak
	Yes	12.0	14.4	0.28 a	Moderate
7 days	No	11.0	14.1	0.20 b	Weak
	Yes	10.8	14.2	0.21 b	Moderate
Source of variation					
Marketing period (M)		NS	NS	*	-
Packing house operation (P)		NS	NS	NS	-
M $\times$ P		NS	NS	NS	-

<sup>z</sup>Sorting procedure consists of dumping, tap water washing, ozonated water washing, brushing, and sorting line simulation. Marketing temperature ranged between 18 to 23°C.

<sup>y</sup>Soluble solid content.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*\*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

Table 45. Fruit quality of 'Fuji' apples as influenced by washing treatment with ozonated water and CPP film packaging in the commercial packing house in the 2002-2003 season.

Handling procedures	Flesh firmness (N/5 mm $\phi$ )		SSC <sup>y</sup> (%)	
	On purchase	+ 7 days on the shelf	On purchase	+ 7 days on the shelf
Control	13.7	13.2	13.5	10.5
Washing + CPP	13.6	13.0	12.4	10.9
P > T	0.8857 <sup>NS</sup>	0.7356 <sup>NS</sup>	0.0148*	0.4255 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup>, \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

Table 46. Fruit quality of 'Fuji' apples as influenced by washing treatment with ozonated water and CPP film packaging in the commercial packing house in the 2002-2003 season.

Handling procedures	Acidity (%)		Surface Hunter 'a'	
	On purchase	+ 7 days on the shelf	On purchase	+ 7 days on the shelf
Control	0.25	0.22	15.9	18.4
Washing + CPP	0.25	0.26	13.9	15.5
P > T	0.8810 <sup>NS</sup>	0.0342*	0.2168 <sup>NS</sup>	0.1938 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup>, \*Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.

#### 라. 유통 상품화 프로그램

본 연구결과는 저장 후 유통과정에서의 사과 품질유지를 위해서는 유통과정에서의 환경조절 뿐만이 아니라 저장방식도 중요한 요인임을 말해주고 있다. 따라서 과실의 조직감 및 풍미와 관련된 품질은 CA저장기술이나 저에틸렌-MA 기술을 적극적으로 활용하고 저온유통체계를 확립하여야 할 것이다

3년간에 걸친 저장 후 세척실험 결과를 볼 때, 오존수 세척에 의한 식품 안전성 확보는 농약잔류량 감소 목적보다는 미생물 활성과 연관시켜 저장 사과의 유통과정에서의 부패 발생 감소 및 소비단계에서의 위생성을 향상시키는 측면에서 긍정적으로 평가되어야 할 것으로 보인다. 그러나 최근 적용하고 있는 오존수 세척처리는 현재의 처리조건으로는 충분치 못한 것으로 판단되므로 사과에 존재하는 균주별 적정 처리농도 및 처리시간에 대한 기초조사가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 이와 함께 포장센터에서의 MA포장은 유통과정에서 급격한 미생물 활성 증대를 초래하므로 완전 밀봉은 피해야 할 것으로 판단된다. 특히 세척 후 물 방울이 남아 있거나 세척수의 물 온도가 높을 경우, 상온유통 과정에서 식미와 관련된 품질요인의 저하가 우려되므로 세척 후 품질저하를 최소화하기 위한 후속 단계의 저온 유통 및 포장 방법의 보완이 필요한 것으로 판단된다(Fig. 6).

농약잔류량 분석결과를 볼 때, 살충제의 경우에는 국내에서 재배되고 저장한 사과의 농약 잔류량이 안전기준보다 낮은 것으로 나타났지만 살균제는 기준치 이상인 점을 고려하여 수확전 농약 살포시기에 대한 전반적인 검토와 조사가 필요한 것으로 나타났다.

국내 사과 소비를 촉진하기 위한 ‘깎아먹지 않아도 된다’는 소비자의 인식을 확산시키기 위해서는 세척효과에 대한 신뢰도를 높이기 위한 지속적인 자료 확보와 살균제 잔류량에 대한 보다 정밀한 검토와 대책이 필요한 것으로 사료된다.

	Storage techniques	Beneficial effects	Requirements
Storage factor	Refrigerated - air	Low	
	Refrigerated - low-ethylene	Medium	High removal potential
	CA	High	

	Process	Beneficial effects	Requirements
→ Packing house process	Washing: ozonated water	Expected	Optimized dipping - cold water - duration - concentration - water removal
	Brushing	Medium	No scratches on the fruit skin
	MA packaging	High	Adequate film material

	Temperature and film packaging	Beneficial effects	Requirements
→ Marketing environment	Ambient	No	-
	Cold	High	-
	Cold + MAP	Excellent	Adequate film material

Fig. 6. Post storage treatment model in relation to market quality and food safety.

## 제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

#### 1. ‘후지’ 사과 저장 현황 및 갈변 장애 요인 조사

연구개발 목표	수행내용	달성도
- ‘후지’ 사과의 저장 장애 유형 조사	- 4개 주산 지역의 ‘후지’ 사과 저장실태 및 장애 발생 요인 조사 - 저장장애 발생 현장의 환경조사 - 모의환경실험을 통한 장애 유형 확인 - 장애 발생 감수성에 따른 과수원별 과실 성분분석	달성

#### 2. CA 저장장애 예측기술

연구개발 목표	수행내용	달성도
- CA 저장장애 사전 예측 기술 개발	- 장애 감수성이 다른 2개 지역 과수원을 대상으로 인위적인 장애유기 실험 수행 - 밀증상과 장애 발생률 연관성 조사 - 조사결과를 토대로 상관 분석 및 예측 자료 활용방안 제시	달성

#### 3. ‘후지’ 사과 CA 장애 방지기술 개발

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 최적 CA조성 프로그램 작성	- CA 저장 환경 모의실험 및 원인분석 - 저산소, 고이산화탄소, air 환경 등을 조합하여 장애유기 요인 분석 - 이산화탄소 농도별 장애 발생 조사 - CA 장애 회피 가능 CO <sub>2</sub> 범위 제시 - 상용저장고 pilot 실증실험을 통해 CA 저장기술적용을 위한 지침 확정	달성



#### 4. CA저장 대체기술개발

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 에틸렌제거 저장기술개발	- 에틸렌 제거기술 적용 효과 분석 - ‘후지’ 사과 저장시 에틸렌 분해기기 효율 검증을 위한 자료 구축 - 에틸렌 분해기기 용량 개선	달성  90%
- MA 포장 저장기술개발	- MA 포장에 의한 품질유지 효과조사 - MA 포장 조건의 최적화	달성 90%

#### 5. 유통상품화 기술 개발

연구개발 목표	수행내용	달성도
- 저장 방식별 유통 품질 조사	- 저온저장사과와 CA 저장사과의 유통중 품질변화 분석 - 에틸렌 제거기술 적용 사과의 유통품질 조사	달성
- 포장센터 처리기술개발	- 저장 후 세척, brushing 및 저온유통에 의한 품질유지, 안전성 증대효과 조사 - 저장기술+ 포장센터처리기술 + 유통 환경 최적화 model 제시	달성 95%

## 제 2절 관련분야에의 기여도

연구개발 내용	관련분야	기여도
- ‘후지’ 사과의 저장 장애 유형 및 원인 분석	- 사과 저장·유통업	- 저온저장 ‘후지’ 사과의 품질 신뢰도 확보
- CA 장애 예측기술 및 CA저장 최적화 프로그램	- 유통·수출업체	- 저장손실 감소 - 수출상품의 품질 향상 → 대외 경쟁력 확보
- 에틸렌 제거저장기술	- 저장·유통업, 기기제조업	- 저비용 품질유지기술 활용 - 기기 신뢰도 확보
- 유통품질유지 및 상품화 기술	- 영농단체, 작목반, 포장센터 및 유통업	- 포장센터 처리기술 최적화 - 소비자 신뢰도 확보

## 제 5장 연구개발 결과의 활용계획

### 1. ‘후지’ 사과 저장 현황 및 갈변장애요인 조사

‘후지’ 사과 주산단지를 대상으로 조사한 저장고 운영실태 및 내부갈변 장애 발생 요인 조사 결과, 국내 ‘후지’ 사과는 수확 및 수확후-저장전 관리체계에서 장애 발생요인이 유기되는 것으로 추정되었다.

특히 수확 및 저장고 입고시기가 지연될 경우 동결온도까지의 기온이 떨어지는 기상조건에 조우된 과실은 저장장애가 발생할 소지가 크므로 수확시기-저장후 입고전 관리 및 입고 후 초기 저장고 환경관리에 대한 지도자료 작성에 활용이 가능할 것으로 보인다.

### 2. CA 저장장애 예측기술 및 장애 방지기술

현재로는 국내에서 ‘후지’ 사과의 CA 저장기술이 적용되지 못하고 있으나 전국적으로 활용 가능한 CA 저장시설이 20여 사업장에 있으므로 저장장애 예측기술을 활용하여 장애를 회피할 수 있는 저장환경 프로그램만 제시된다면 ‘후지’ 사과 뿐 아니라 품종 다양화에 맞추어 신품종의 CA 저장도 재개될 것으로 기대된다. 특히 저장력이 약한 중생종 품종의 품질유지를 위해서는 CA 저장에 대한 요구가 커질 것으로 예상되며, ‘후지’ 사과의 수출확대 전략은 CA 저장에 의한 고품질 유지기술이 전제하에만 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 과제를 통해 제시한 CA 장애 예측기술은 약간의 보완을 거친다면 모든 품종으로 확대 적용이 가능하므로 중생종 사과 과실의 CA 저장에도 활용할 수 있다. 한편 ‘후지’ 사과의 수확시기, 밀증상, CA 설정시기를 실험을 통해 분석한 종합자료는 성공적인 CA 저장을 위한 기본지침으로 활용되어야 할 것이다.

### 3. CA 저장 대체 기술

저온저장고 내 에틸렌 농도 저하에 따른 ‘후지’ 사과의 품질유지 효과를 볼 때, 적정 수확시기와 충분한 에틸렌 분해 용량이 선결조건이므로 기본적으로 수확시기에 대한 지도가 이루어져야 할 것이다. 에틸렌 분해기기는 과실의 수확시기 및 저장기간에 따라 용량요구도가 달라지므로 본 과제에서 제시한 에틸렌 발생 및

축적 자료를 활용하여 에틸렌 분해기기 개발을 담당하는 제조업체에 기술이전을 추진할 예정이다.

MA 저장기술은 이산화탄소 장해에 약한 ‘후지’ 사과외의 경우 포장 필름의 선택이 가장 중요한 요인이므로 이에 대한 후속 연구가 진행되어야만 본 연구결과와 연계된 활용자료가 제시될 것으로 판단된다. 다만 본 과제에서 조사된 MA 저장시 갈변장해 발생은 MA 저장의 현장적용 시 매우 중요한 제한 요인이므로, 필름 종류나 두께에 대한 정보를 근거로 MA 포장 기술이 적용되도록 농가나 영농단체 대상의 교육자료로 활용한다.

#### 4. 유통 상품화 기술

다른 원예생산물의 수확후 관리 프로그램에서 이미 제시된 저온유통의 효과가 ‘후지’ 사과에도 적용될 수 있음이 확인되었으므로 포장센터의 품질관리 프로그램에 활용한다. 특히 포장센터에서의 세척 및 포장 처리는 식품 안전성에 대한 신뢰도 문제와 직결되므로 본 과제에서 조사된 자료를 바탕으로 세척설비의 선택, 상품화 기술 및 효율적인 운영의 상담자료로 작성한다.

## 제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. '후지' 사과 CA 저장장해 예측기술

#### 가. 인위적인 단기간 장해 유기기술

'후지' 사과의 CA 장해 감수성 판단기술로써, 20% CO<sub>2</sub>+17% O<sub>2</sub> 혼합가스를 이용하여 단기간에 유기한 장해발생률과 실제 CA 저장 시 발생하는 저장장해 발생률과는 높은 상관관계를 보임으로써 수확 후 3-7일간의 인위적인 유기처리결과를 통해 CA-장해 발생의 위험정도를 예측할 수 있다(Vaz 등, 1998).

#### 나. 수확시기별 밀증상 조사 기술 및 CA 저장장해와의 연관성

'후지' 사과의 수확시기별 밀증상 발생정도에 따른 CA 저장 장해 발생률을 조사한 결과 두 요인간 높은 상관관계가 있는 것으로 조사되어 수확시기가 늦고 밀증상이 심한 과실이 장해감수성이 높은 것으로 보고되었다(Argenta 등, 2002a). 이러한 과실 성숙도에 따른 이산화탄소장해 감수성은 이미 'Braeburn' 과실에서 보고된 바 있다(Elgar 등, 1999).

### 2. 사과 CA-연관 장해 발생요인 조사 및 회피 기술

#### 가. 수확연도별, 지역 간 장해 감수성 차이에 대한 연구

사과의 CA-연관 저장장해는 해에 따라 발생양상이 다르고 과수원간에도 장해에 대한 감수성 차이가 뚜렷하게 표출된다. 이러한 변이(seasonal and between-orchard variation)가 어떤 요인에 의해 나타나는가에 대해서는 오랜 기간의 자료수집이 필요하기 때문에 연구결과도 극히 제한적이다.

##### 1) 수확연도의 기상조건에 따른 장해 감수성

'Braeburn' 사과 역시 해에 따라 이산화탄소 장해 발생이 다르게 나타나는데, 생육기간 중 10℃ 이상의 적산온도시간이 1300시간 이하인 서늘한 기상조건일 때 저장장해 발생이 심한 것으로 조사되었다(Lau, 1998). 이러한 조사자료는 앞으로 '후지' 사과의 저온저장 혹은 CA 저장 중 발생하는 내부갈변 장해의 지역간 차이

를 연구하는 기초자료로 활용이 가능할 것으로 보인다.

## 2) 착과량에 따른 장해 발생률

‘Braeburn’ 사과의 이산화탄소 장해는 착과량이 적은 해에 심한 것으로 조사되었다(Elgar 등, 1999).

## 나. CA 장해 방지기술

### 1) 이산화탄소 농도 수준

산소농도 0.5%+이산화탄소 농도 0.05% 수준에서의 ‘후지’ 사과 CA 저 장시 밀증상 정도와 상관없이 CA 저장 장해가 나타나지 않는 것으로 보고되었다(Argenta 등, 2002b). 국내의 ‘후지’ 사과 CA저장 연구 결과는 대체로 1% 수준을 한계농도로 보고하였으나 보다 안전한 CA 저장 환경은 0% 수준이 적합한 것으로 판단된다. ‘Braeburn’ 사과의 경우에도 이산화탄소 농도 1.0% 보다는 0.1%가 추천된 바 있다(Lau, 1998).

### 2) 이산화탄소 농도와 delay-CA 기술

‘Braeburn’ 품종에서도 이산화탄소 농도 0% CA 환경에서는 내부갈변 장해가 거의 발생하지 않았으며 이산화탄소 2% 수준의 CA 저장시 CA 환경설정을 3주 지연시킴으로써 장해발생을 감소시켰다. 그러나 CA 환경 설정을 3주 지연시킬 경우 coreflush가 증가하는 경향을 보임으로써 delay-CA 보다는 0% 이산화탄소 CA 저장이 바람직한 것으로 판단되었다(Elgar 등, 1998).

‘Bramley’s Seedling’ 사과의 껍질네펠 발생을 억제하기 위한 1% 이하의 산소 농도+5% 이산화탄소농도 환경에서의 CA 저장 시, 이산화탄소 장해를 방지하기 위해서는 CA 환경설정을 15일 이상 지연시킬 필요가 있는 것으로 보고하였다(Colgan 등, 1999).

## 3. CA 저장 대체 기술 및 유통 상품화 기술

CA 저장의 효과를 대체할 만한 대체 기술에 대한 연구결과는 아직 보고된바 없으나 과실 표면 코팅처리에 의한 품질유지 효과가 보고되어 있다. 저온저장 ‘Golden Delicious’ 사과에 Nutri-Save 코팅처리는 경도와 산함량 유지에 효과적이었고(Lau와 Yastremski, 1991), ‘후지’와 ‘Braeburn’ 사과의 저온저장 후 candelilla 및 carnauba-shellac 코팅처리는 과실 내부 산소와 이산화탄소 농도를 적정수준으로 변화시킴으로써 유통과정에서 경도를 유지시키는 것으로 조사되었

다(Bai 등, 2002).

## 제 7장 참고문헌

- 권오진, 김수진, 변명우. 1995. 식품산업에서의 미생물제어를 위한 오존처리 효과. 농산물저장유통학회지 3:149-154.
- 로기안, 이병무, 이동창, 박무언. 1995. 저장온도가 사과의 ethylene 발생에 미치는 영향. 농진청 농업논문집 37(2):696-701.
- 이주백, 최종욱. 1997. Fuji 사과의 CA 저장 중 저장 조건이 과육갈변에 미치는 영향. 농산물 저장유통학회지 4:227-235.
- 정헌식, 최종욱. 1999a. 사과의 CA 저장 중 에틸렌 및 이산화탄소 생성. 농산물저장유통학회지 6:153-160.
- 정헌식, 최종욱. 1999b. CA 저장 중 후지 사과의 내부기체농도에 의한 저장조건의 적합성 판단. 한국식품과학회지 31:1295-1299.
- 정헌식, 정신교, 최종욱. 1996. CA 저장사과 'Fuji'의 Shelf-life. 농산물저장유통학회지 3:83-92.
- 정헌식, 정신교, 최종욱. 1999. 후지 사과의 저산소 CA 저장. 한국식품과학회지 31:1275-1282.
- 최성진. 1997. '후지' 사과 과실의 과육 갈변과 관련된 생리적 특성. 한국원예학회지 38:250-254.
- 황용수, 김일, 이재창. 1998. '후지' 사과의 과실 성숙도와 저장환경이 밀병, 과육갈변 및 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 39:569-573.
- Argenta, L.C., C. Fan, and J.P. Mattheis. 2002a. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentration. Postharvest Biol. Technol. 24:13-24.
- Argenta, L.C., C. Fan, and J.P. Mattheis. 2002b. Impact of watercore on gas permeance and incidence of internal disorders in 'Fuji' apples. Postharvest Biol. Technol. 24:113-122.
- Bai, J., R.D. Hagenmaier, and E.A. Baldwin. 2003. Coating selections for 'Delicious' and other apples. Postharvest Biol. Technol. 28:381-390.
- Bartsch, J.A. and G.D. Blanpied. 1984. Refrigeration and controlled atmosphere storage for horticulture crops. NRAES-22. Ithaca, NY. p. 35.
- Biale, J.B. and R.E. Young. 1981. Respiration and ripening in fruits-retrospect and prospect. p. 1-39. In: J. Friend and M.J.C. Rhodes (eds.). Recent



- advances in the biochemistry of fruits and vegetables. Academic Press, New York, NY.
- Blanpied, G.D. 1990. Low-ethylene CA storage for apples. *Postharvest News and Information* 1:29-34.
- Blanpied, G.D. 1985. Low-ethylene CA storage for 'Empire' apples. In: S.M. Blankenship (ed.). *Controlled atmosphere for storage and transport of perishable agricultural commodities*. Proc. 4th National Controlled Atmosphere Res. Conf. Hort. Rpt. 126. North Carolina Univ., Raleigh, NC.
- Colgan, R.J., C.J. Dover, D.S. Johnson, and K. Pierson. 1999. Delay CA and oxygen at 1 kPa or less control superficial scald without CO<sub>2</sub> injury on Bramley's Seedling apples. *Postharvest Biol. Technol.* 16:223-231.
- DeEll, J.R. and R.K. Prange. 1998. Disorders in 'Cortland' apple fruit are induced by storage at 0°C in controlled atmosphere. *HortScience* 33:121-122.
- Elgar, H.J., D. M. Burmeister, and C.B. Watkins. 1998. Storage and handling effects on a CO<sub>2</sub>-related internal browning disorder of 'Braeburn' apples. *HortScience* 33:719-722.
- Elgar, H.J., C.B. Watkins, and N. Lallu. 1999. Harvest date and crop load effects on a carbon dioxide-related storage injury of 'Braeburn' apples. *HortScience* 34:305-309.
- Fukuda, H. 1984. Factors affecting the occurrence of internal breakdown of apple fruit. II. Relationship of watercore intensity and chlorophyll content of apples to the occurrence of internal breakdown. *Bull. Fruit Tree Res. Stat. Morioka, Japan.* 11:27-37.
- Graeil, J. and I. Recasens. 1992. Effects of ethylene removal on 'Starking Delicious' apple quality in controlled atmosphere storage. *Postharvest Biol. Technol.* 2:101-108.
- Hertog, M.L.A.T.M., S.E. Nicholson, and N.H. Banks. 2001. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 23:175-184.
- Johnson, D.S., C.J. Dover, and R.J. Colgan. 1998. Effect of rate of establishment of CA conditions on the development of CO<sub>2</sub> injury in 'Bramley's Seedling' apples. *Acta Hort.* 464:351-356.

- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40 (5):99-104.
- Kweon, H.J., H.Y. Kim, O.H. Ryu, and Y.M. Park. 1998. Effects of CA storage procedures and storage factors on the quality and the incidence of physiological disorders of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:35-39.
- Lau, O.L. 1998. Effect of growing season, harvest maturity, waxing, low O<sub>2</sub>, and elevated CO<sub>2</sub> on flesh browning disorders in 'Braeburn' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 14:131-141.
- Lau, O.L. and R. Yastremski. 1991. Retention of quality of 'Golden Delicious' apples by controlled- and modified-atmosphere storage. *HortScience* 26:564-566.
- Lidster, P.D., G.D. Blanpied, and E.C. Loughheed. 1985. Factors affecting the progressive development of low-oxygen injury in apples. In: S.M. Blankenship (ed.) *Proc. 4th National Controlled Atmosphere Res. Conf.* July 1985. Hort. Rpt. 126, North Carolina Univ. Raleigh.
- Liu, F.W. and D. Samelson. 1986. Rates of change in firmness, acidity, and ethylene production of 'McIntosh' apples in simulated low-ethylene CA storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:404-408.
- Mattheis, J. P. 1995. Factors contributing to internal breakdown of 'Fuji' apples. *Tree Fruit Postharvest Journal* 6:3-4.
- Meheriuk. M. 1990. Controlled atmosphere storage of apples: a survey. *Postharvest News and Information* 1(2):119-121.
- Meheriuk. M., R.K. Prange, P.D. Lidster and S.W. Porritt. 1994. Postharvest disorders of apples and pears. *Agri. Canada Publication.* 1847/E:7-22.
- Park, Y.M., G.D. Blanpied, Z. Zoswiak, and F.W. Liu. 1993. Postharvest studies of resistance to gas diffusion in McIntosh apples. *Postharvest Biol. Technol.* 2:329-339.
- Park, Y.M. and J.S. Choi. 2001. Instrumental and sensory analysis of fruit quality in relation to storability of 'Fuji' apples. *Food Sci. Biotechnol.* 10:488-492.
- Park, Y.M. and S.K. Lee. 1992. Susceptibility of 'Fuji' apples to low-oxygen injury and high carbon dioxide injury during CA storage. *J. Kor. Soc.*

- Hort. Sci. 33:38-43.
- Park, Y.M., H.J. Kweon, H.Y. Kim, and O.H. Ryu. 1997. Preharvest factors affecting the incidence of physiological disorders during CA storage of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:725-729.
- Park, Y.M. and S.W. Youn. 1999a. Changes in postharvest physiology in relation to the incidence of CA disorders during CA storage of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:56-60.
- Park, Y.M. and S.W. Youn. 1999b. Poststorage physiology and quality changes of 'Fuji' apples as influenced by harvest maturity and storage procedures. *Food Sci. Biotechnol.* 8:30-33.
- Pierson, C.F., M.J. Ceponis, and L.P. Mccolloch. 1971. Market diseases of apples, pears, and quinces. *Agricultural Handbook No. 376. Agric. Res. Service. USDA.*
- Plotto, A., A.N. Azarenko, J.P. Mattheis, and M.B. McDaniel. 1995. 'Gala', 'Braeburn', and 'Fuji' apples: Maturity indices and quality after storage. *Fruit Var. J.* 49:133-142.
- Romani, R.J. 1991. A perspective on postharvest physiology and biochemistry. *HortScience* 26:1257-1261.
- Romani, R.J. 1984. Respiration, ethylene, senescence, and homeostasis in postharvest research. *Can. J. Bot.* 62:2950-2955.
- Saftner, R.A., J.A. Abbott, and W.S. Conway. 2002. Instrumental and sensory quality characteristics of 'Gala' apples in response to prestorage heat, controlled atmosphere, and air storage. *J. Amer. Soc. Hort. Soc.* 127:1006-1012.
- Volz, R.K., W.B. Biasi, J.A. Grant, and E.J. Micham. 1998. Prediction of controlled atmosphere-induced flesh browning in 'Fuji' apple. *Postharvest Biology and Technology* 13:97-107.
- Watkins, C.B., P.L. Brookfield, and F.R. Harker. 1993. Development of maturity indices for the 'Fuji' apple cultivar in relation to watercore incidence. *Acta Hort.* 326:267-275.

제 3협동과제: 단감의 저장장해 방지 기술 개발에  
관한 연구

대구가톨릭대학교

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “주요과실 및 채소류의 수확 후 생리장해 방지 및 저장유통기술개발” 과제 중 (제 3협동과제: ‘단감의 저장장해 방지 기술 개발에 관한 연구’)의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 27일

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 이 승 구

협동연구기관명 : 대구가톨릭대학교

협동연구책임자 : 최 성 진

연 구 원 : 안 광 환

참 여 기 업 : 부 암 저 온

# 요 약 문

## I. 제 목

제 3협동과제: 단감의 저장장해 방지 기술 개발에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내에서 단감의 저장 및 유통은 MA 저장 방법에 의존하고 있으나 이러한 관행적 MA 저장 중에는 생리 장애 및 부패 과실의 발생으로 다량의 저장 손실이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 단감 과실의 저장 장애 발생의 기작과 아울러 호흡 특성을 구명한 후 기초 연구를 통하여 확보된 단감 과실의 생리적 특성을 고려하여 관행의 MA 저장 방법을 개선함으로써 단감의 MA 저장 중 장애 발생을 경감시키기 위한 방법을 찾고자 하였다. 또한 저산소 및 고이산화탄소에 대한 내성이 비교적 강하여 CA 저장에 적합한 과실로 알려져 있는 단감 과실에 대하여 간이 CA 저장 방법의 적용 가능성을 조사하고자 하였다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

단감의 저장 중 저장 장애의 발생을 감소시키기 위하여 저장 중 생리 장애의 발생 기작과 호흡 특성을 구명한 후 저장 장애의 발생을 예측하기 위한 기술을 개발하며 농가에서 실용적으로 이용할 수 있는 저장 전처리 방법과 함께 관행의 MA 저장 방법을 개선한 저장 기술 및 저비용 CA 저장 기술을 개발함으로써 종합적인 단감 과실의 최적 저장 및 유통 기술을 개발한다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 과육의 연화

단감 과실의 과육 연화 현상은 에틸렌에 의한 각종 세포벽 분해 효소의 활성화와 밀접한 관련이 있었으며, 에틸렌의 작용 억제제는 과육 연화 지연에 효과적이었 다. MA 또는 CA 저장에 의한 단감의 저장성 향상은 호흡의 억제와 함께 에틸렌 작용의 억제가 동시에 관련되어 있을 것으로 생각된다. 한편 본 연구에서 1-MCP는 에틸렌에 대한 매우 효과적인 작용 억제제로 판명되었으며 단감 저장에의 활용이 기대된다.

## 2. 과육의 갈변과 흑변

단감 과실의 MA 저장 중 발생하는 저장 장애의 하나인 과육의 갈변 현상은 세포막 기능의 저해와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 식물 세포에 있어서 갈색 색소의 재료 물질인 페놀 화합물은 액포내에 구획화되어 있으나, 세포막의 기능 저하에 따른 세포막 투과성의 증대는 액포내 페놀 화합물의 용출을 유발하며 용출된 페놀 화합물이 세포질의 폴리페놀 산화 효소와 접촉함으로써 효소적 갈변화 반응에 의해 조직의 갈변이 나타나는 것으로 추측된다. 이러한 세포막 기능의 저해는 저산소 및 이산화탄소 조건에 따른 무기 호흡 산물의 축적에 의해 유발되는 것으로 생각된다. 따라서 과육의 갈변은 적정 농도 범위를 벗어난 저산소 및 고이산화탄소 농도 조건에서 발생이 심하게 나타난다. 그러나 또 다른 종류의 저장 장애로서 과피 흑변 현상은 과피 조직의 페놀 화합물의 산화와 관련이 있을 것으로 추측되는데, 과육의 갈변 현상과는 달리 저장 중 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 심하게 발생한다.

## 3. 저장 장애 발생의 예측

단감의 MA 저장 중 특히 문제시되는 저장 장애는 과육의 갈변 현상으로서 조직 갈변의 근본적인 원인은 MA 조건에서 무기 호흡의 증가이다. 무기 호흡의 증가로 인해 조직 내에는 무기 호흡 산물로서 에탄올과 아세트알데하이드가 축적되며, 이러한 무기 호흡 산물의 축적 정도는 갈변의 발생과 밀접한 상관 관계를 보였다. 따라서 단감 과실의 저장 중 주기적으로 조직내의 에탄올 또는 아세트알데하이드 함량을 측정함으로써 무기 호흡의 정도를 판정할 수 있으며 저장 장애의 발생 가능성을 예측할 수 있다. 즉, 정상 과실의 경우 조직내 에탄올 및 아세트알데하이드 농도는 각각 200ppm 및 10ppm 이하이며 이를 초과할 경우 향후

저장 장애의 발생이 예측된다.

그러나 실용적인 관점에서 볼 때, 농가 단위에서 과실의 에탄올 또는 아세트알데하이드 함량 분석은 어려울 것으로 생각되며 이에 대한 해결 방안으로 대학 또는 농업기술센터등의 시료 분석 능력을 갖춘 연구 기관을 중심으로 각 지역의 농가를 연대시킨 후 연구 기관 주관으로 주기적으로 시료를 채취 분석하는 체제를 갖출 필요가 있다.

#### 4. 단감의 호흡 특성

과실의 호흡량은 품질 변화의 지표가 될 수 있을 뿐만 아니라 다양한 산소와 이산화탄소 농도에 따른 산소 소모율과 이산화탄소 생성율 변화의 예측은 최적의 MA 포장 조건의 설계 및 CA 저장의 기초 자료로 활용될 수 있다. 일반적으로 과실의 호흡은 산소 농도의 증가와 더불어 증가하며 이산화탄소는 호흡을 억제하는데, 산소와 이산화탄소 농도에 대한 호흡량의 관계는 enzyme kinetics에서 기질의 농도 증가에 따른 반응 속도의 증가와 저해제의 농도 증가에 따른 반응 속도 저하의 관계와 동일하므로 다양한 산소와 이산화탄소 농도 조건에서의 과실의 호흡량은 enzyme kinetics에 적용되는 비경쟁적 저해의 Michaelis-Menten 방정식에 의해 표현될 수 있다.

즉, 비경쟁적 저해의 Michaelis-Menten 방정식은

$$V = \frac{V_{max} [S]}{[S] (1 + \frac{[I]}{K_i}) + K_m} \quad \text{이므로,}$$

산소 농도 x%, 이산화탄소 농도 y% 조건에서의 단감 과실의 호흡량(산소 소모율 또는 이산화탄소 생성율)은

$$\text{호흡량} = \frac{V_{max} [x]}{[x] (1 + \frac{[y]}{K_i}) + K_m} \quad \text{의 방정식으로 구할 수 있다.}$$



이 때  $V_{max}$ ,  $K_m$ ,  $K_i$  값은 단감 과실 고유의 값으로서 본 연구에서는 0°C에서 폐쇄 호흡계 실험 방법을 통하여 이들 parameter를 구하였으며 그 값은 다음의 표와 같으며, 본 연구에서 이 결과는 MA 포장 방법의 개선 및 CA 저장 기술의 개발에 활용되었다.

호흡량	$V_{max}$ ( $\text{ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	$K_m$ (% $\text{O}_2$ )	$K_i$ (% $\text{CO}_2$ )	$R^2$
$\text{O}_2$ 소모율 (ml/kg/h)	1.977	0.458	15.596	0.995
$\text{CO}_2$ 생성율 (ml/kg/h)	1.191	0.082	32.265	0.998

## 5. 저장 전처리

농가에서 대량으로 일시에 수확된 과실은 수확기 노동력의 확보의 한계로 인해 단시간 내에 MA 포장될 수 없으므로 불가피하게 일정 기간 야적하거나 저온 저장고에 보관되어 예냉 기간을 거치게 되는데, MA 포장 이전 이 기간 동안의 예냉 온도 조건 및 경과 시간은 MA 포장 이후 저장 중의 과실의 품질 변화와 저장 장애 발생에 큰 영향을 미치게 된다. 예냉 처리의 영향을 받는 장애의 유형은 특히 얼룩 과실의 발생으로서, 예냉 처리 온도 및 기간을 달리하였을 때 저장 후 장애 과실의 발생은 처리 온도가 낮을 경우에는 처리 기간이 길수록 그리고 온도가 높을 경우에는 처리 기간이 짧아질수록 낮아지는 경향을 보였다. 따라서 저장 장애의 발생과 수확기 노동력 수요의 분산을 고려할 때 단감의 최적 예냉 처리 조건은 0°C에서 20일 내외일 것으로 생각된다.

## 6. MA 저장 방법의 개선

MA 저장은 과실의 호흡으로 인해 포장 내에 자연적으로 형성되는 저산소 및 고이산화탄소 조건을 이용하여 에틸렌의 작용 및 과실의 호흡을 억제함으로써 저장성을 향상시키는 저장 방법으로서, 국내에서는 단감의 MA 저장 시 5개의 과실을 0.08mm LDPE film에 손으로 결속하여 포장하는 방법이 보편적으로 이용되고 있다. 그러나 이러한 관행적인 MA 저장 방법에서는 저장 장애 과실의 발생율이 저장 후기에 이르면 40-50%에 달할 정도로 매우 높은 편이다. 이는 관행적인 MA 포장 방법이 포장 내 공기 조성을 최적화시키지 못하는데 따른 결과이며 따라서 본 연구에서는 최적 MA 포장 조건을 설정하기 위한 연구를 수행하였다.

포장 내의 산소 및 이산화탄소 농도는 과실의 호흡량, 과실의 중량, 포장 film의 재질 및 두께에 따른 가스 투과도, 포장 film의 표면적, 포장 초기의 포장 내 공기량(free volume), 포장의 밀봉 방법 등에 의해 결정되므로 이 들 요인을 고려하였을 때 단감 과실의 최적 MA 포장 조건은 다음의 표와 같다(0℃ 저장 기준).

과실 중량 (g)	Film의 규격			가스 투과도 ( $\text{ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^2$ )		Film 재질
	가로 (cm)	세로 (cm)	두께 ( $\mu\text{m}$ )	산소	이산화탄소	
150	12.5	14.0	65.0	24.3	126.4	LDPE
200	13.0	14.5	57.5~60.0	29.9~27.9	154.0~144.0	"
250	13.5	15.0	52.5~55.0	34.6~32.2	176.8~164.9	"
300	14.0	15.5	47.5~50.0	40.2~37.3	204.3~189.8	"
350	14.5	16.0	45.0~47.5	43.5~40.2	220.4~204.3	"

위의 조건은 단감 과실을 날개 열접착 포장하기 위한 조건으로서 이 포장 방법은 관행적인 5개 손결속 포장 방법에 비하여 여러 면에서 장점을 가지고 있다. 우선, 포장 작업의 자동화가 가능할 뿐만 아니라 관행적인 5개 포장 방법에서는 저장 후 출하시 포장을 해체하여 장해 과실을 선별 제거한 후 재포장하는 작업이 요구되나 날개 포장 방법에서는 이러한 재포장 작업이 요구되지 않으므로 노동력 절감의 효과가 매우 크다. 한편 열접착에 의해 날개 과실을 밀봉할 경우 일정 시간 경과 후 포장 film이 과실과 밀착되는 진공 포장 현상이 관찰되며 이러한 상태에서는 film의 가스 투과도에만 의존하여 과실의 호흡이 이루어지는 최적의 MA 저장 조건이 형성된다. 날개 열접착 포장은 관행적인 포장 방법에 비하여 장해 과실 발생율이 감소할 뿐만 아니라 저장 중 진공 밀착의 형성 여부는 육안으로 쉽게 판별되므로 저장 기간 중에 진공 밀착이 형성되지 않는 불량 포장을 장해 발생 전에 조기에 선별하여 재포장할 경우 저장 손실율을 크게 줄일 수 있다. 또한 날개 포장 방법은 외관이 수려하므로 유통 중 소비자 선호도가 높아 상품성이 향상되는 장점이 있다.

## 7. 간이 CA 저장 방법

저장실에 밀폐된 과실은 호흡 과정에 의해 산소를 소모하고 이산화탄소를 배출함에 따라 저장실내에는 산소 농도의 감소와 함께 이산화탄소의 축적이 유도된

다. 이 때 공기 또는 일정 농도의 산소를 함유하는 질소 가스를 저유속으로 연속 공급할 경우 일정 농도의 저산소 및 고이산화탄소 조건의 유지가 가능함을 예상할 수 있으며, 저장실 용적, 과실 중량, 유입 가스 유속, 과실의 호흡량 등에 의해 결정되는 저장실 내 가스 농도는 다음의 수식에 의해 결정된다.

h 시간 경과 후 저장실내 O <sub>2</sub> 농도	= [(v x cO <sub>2</sub> x 0.01 + f x h x 0.2 - rO <sub>2</sub> x w x h x 0.001) / (v + f x h)] x 100
h 시간 경과 후 저장실내 CO <sub>2</sub> 농도	= [(v x cO <sub>2</sub> x 0.01 + f x h x 0.2 - rO <sub>2</sub> x w x h x 0.001) / (v + f x h)] x 100
용적	= v L
과실 중량	= w kg
유속	= f L/h
초기 O <sub>2</sub> 농도	= cO <sub>2</sub> %
O <sub>2</sub> 소모율	= rO <sub>2</sub> ml/kg/h
초기 CO <sub>2</sub> 농도	= cCO <sub>2</sub> %
CO <sub>2</sub> 생성율	= rCO <sub>2</sub> ml/kg/h

따라서 이를 확인하기 위하여 100kg의 과실을 360L의 저장실에 간이 CA 저장하였을 때 저장실내 산소 및 이산화탄소의 농도는 약 40일 이후에 평형 상태에 이르며 공기 유입 속도가 빠를수록 산소 농도는 높고 이산화탄소 농도는 낮게 유지됨을 확인할 수 있었다. 한편, 공기의 유입 속도에 따른 장해과 발생을 및 과육의 경도를 조사한 결과 공기의 유입 속도가 높아 저장실내 산소 농도가 높을수록 과실의 연화가 심하며 산소 농도가 낮은 조건에서는 갈변과의 발생이 심하였다. 120일간의 CA 저장 후 과육의 경도를 비교한 결과, 관행적인 MA 저장 과실과 유사한 수준의 경도를 유지하였으며 저장 병해의 발생은 MA 저장 방법에 비하여 감소하였다. 이러한 결과는 간이 CA 저장 방법이 의해 단감의 저장 중 저장장해 및 병해의 발생을 감소시킬 수 있음을 보이며 단감 과실의 CA 저장에 활용될 수 있음을 보인다. 그러나 실용적인 면에 있어서, 대량의 과실을 밀폐시키는데에 어려움이 따를 것으로 예상되며 이에 대한 보완이 요구된다.

# SUMMARY

## Prevention of postharvest disorder in persimmon fruits

### 1. Flesh Softening

The flesh softening of persimmon fruits is closely correlated with the activation of cell-wall degrading enzymes by ethylene action. The application of ethylene action inhibitor, 1-MCP, delayed effectively the flesh softening.

### 2. Flesh Browning

The dysfunction of cell membrane is thought to be the cause of flesh browning, an important postharvest disorder in persimmon fruit. When the fruits are stored at too low oxygen and/or too high carbon dioxide concentration, anaerobic metabolites accumulate in fruit tissue. As the cell membrane is damaged by these toxic metabolites, the vacuole-sequestered phenolic compounds are leaked and consequently oxidized in cytoplasm by PPO, resulting in the generation of browning pigments. Thus, flesh browning disorder appears particularly seriously in improperly modified atmosphere condition.

### 3. Prediction of disorder

The fundamental cause of flesh browning, the most important disorder in persimmon storage, is anaerobic respiration. The accumulation of ethanol and acetaldehyde, as anaerobic metabolites, is closely correlated with the development of browning disorder. Accordingly, the possibility of disorder development could be predictable by determining the ethanol and/or acetaldehyde concentration in fruit tissue. The critical concentration of ethanol and acetaldehyde, which induce disorder development, is 200ppm and 10ppm, respectively.

#### 4. Respiration Rate

The respiration rate of fruits is increased by increasing oxygen concentration and reduced by increasing carbon dioxide concentration. This relationship is the same as enzyme kinetics, in which enzyme response velocity is affected by substrate and inhibitor concentration. Thus the respiration rate of fruits can be described by following equation, which is derived from Michaelis-Menten equation of uncompetitive inhibition.

$$\text{Respiration rate} = \frac{V_{\max} [\text{O}_2]}{[\text{O}_2] \left(1 + \frac{[\text{CO}_2]}{K_i}\right) + K_m}$$

The parameters,  $V_{\max}$ ,  $K_m$  and  $K_i$ , were calculated from experimental data as following.

Respiration rate (ml/kg/h)	$V_{\max}$ ( $\text{ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	$K_m$ (% $\text{O}_2$ )	$K_i$ (% $\text{CO}_2$ )	$R^2$
$\text{O}_2$ consumption	1.977	0.458	15.596	0.995
$\text{CO}_2$ evolution	1.191	0.082	32.265	0.998

#### 5. Precooling

The MA packaging time and the temperature at which the fruit pre-cooled before packaging are factors affecting on quality and disorder incident of post-storage fruits. But the time lag between fruit harvest and MA packaging is required inevitably because the large bulk of fruits cannot be practically packaged immediately after harvest in farm. The compromising time lag for delaying package was considered as about 20 days after harvest when the harvested fruits stored at  $0^\circ\text{C}$ .

## 6. Improvement of MA storage

In conventional MA storage, in which 5 fruits are packaged together in a 0.08mm LDPE film bag, the disorder incident rate is relatively high, reaching 40-50%. This high disorder incident is due to improper choose of packing film size and method. The film size and respiration rate of fruit are important factors determining gas composition in bag. Thus, to maintain optimal gas concentration in package during storage, the proper film sizes must be choosed in accordance with fruit size, which affects on respiration rate. Besides, one-fruit packaging method is much advantageous in comparison with conventional 5-fruit packaging method. The optimal MA packaging condition for one-fruit packaging method is as following.

Fruit wt. (g)	Film size			Gas permeability ( $\text{ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )		Film material
	L(cm)	W(cm)	T( $\mu\text{m}$ )	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
150	12.5	14.0	65.0	24.3	126.4	LDPE
200	13.0	14.5	57.5~60.0	29.9~27.9	154.0~144.0	"
250	13.5	15.0	52.5~55.0	34.6~32.2	176.8~164.9	"
300	14.0	15.5	47.5~50.0	40.2~37.3	204.3~189.8	"
350	14.5	16.0	45.0~47.5	43.5~40.2	220.4~204.3	"

## 7. Simple CA storage

When the fruits are closed in a chamber, the CA condition is naturally formed in chamber by respiration of fruits. The gas concentration in chamber can be constantly maintained by introducing continuously air or mixed gas containing a certain amount of oxygen into the chamber, as the oxygen in chamber is consumed by fruits. When 100kg of fruits were closed in cold room with purging slowly with air, the gas concentration in room reached equilibrium state in 40 days. The oxygen and carbon dioxide concentrarion on storage room could be regulated by flow rate and oxygen concentration of purging gas.

# CONTENTS

I. Introduction .....	383
1. Objective .....	383
2. Goal and Scope .....	383
II. Current Development of Related Technology .....	385
III. Research Datas: approach, results, and discussion .....	388
1. Materials and Methods .....	388
1.1 The Nature of Postharvest Disorder in Persimmon Fruits .....	388
1.2 The Prediction of Postharvest Disorder in Persimmon Fruits .....	391
1.3 The Nature of Respiration in Persimmon Fruits .....	391
1.4 Pretreatment of Persimmon Fruits .....	393
1.5 MA Storage of Persimmon Fruits .....	394
1.5 Simple CA Storage of Persimmon Fruits .....	395
2. Study Results .....	397
2.1 The Nature of Postharvest Disorder in Persimmon Fruits .....	397
2.2 The Prediction of Postharvest Disorder in Persimmon Fruits .....	404
2.3 The Nature of Respiration in Persimmon Fruits .....	408
2.4 Pretreatment of Persimmon Fruits .....	417
2.5 MA Storage of Persimmon Fruits .....	419
2.5 Simple CA Storage of Persimmon Fruits .....	426
IV. Achievement Evaluation .....	435
V. Practical Application of the Results .....	438
VI. Scientific Information Collected through the Project .....	439
VII. Literature Cited .....	440

# 목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 .....	383
제 1절 연구개발의 목적 .....	383
제 2절 연구의 필요성 및 범위 .....	383
제 2장 국내외 기술개발 현황 .....	385
제 3장 연구개발 수행내용 및 결과.....	388
제 1절 연구 방법 및 내용 .....	388
1. 단감의 저장 중 생리 장애의 발생 기작 .....	388
2. 저장 장애의 발생 예측 지표의 탐색 .....	391
3. 단감의 호흡 특성 구명 .....	391
4. 저장 전처리 방법의 개발 .....	393
5. MA 저장 방법의 개선을 위한 최적 MA 포장 조건의 구명 .....	394
6. 저비용 CA 저장 기술의 개발 .....	395
제 2절 연구 결과 .....	397
1. 단감의 저장 중 생리 장애의 발생 기작 .....	397
2. 저장 장애의 발생 예측 지표의 탐색 .....	404
3. 단감의 호흡 특성 구명 .....	408
4. 저장 전처리 방법의 개발 .....	417
5. MA 저장 방법의 개선 .....	419
6. 저비용 CA 저장 기술의 개발 .....	426
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	435
제 5장 연구개발결과의 활용계획 .....	438
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	439
제 7장 참고문헌 .....	440



## 제 1장 연구개발과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 필요성

국내에서 관행적으로 이용되고 있는 단감의 MA 저장 중에는 과육의 연화와 갈변, 부패등의 발생에 의한 손실율이 저장 말기에 이르면 약 40% 수준 정도로 매우 높은 편이다. 본 연구에서는 이러한 저장 장애의 발생율을 감소시키기 위하여 우선 ① 단감의 저장 중 생리 장애의 발생 기작과 ② 호흡 특성을 구명한 후, ③ 저장 장애의 발생을 예측하기 위한 기술을 개발하며 ④ 농가에서 실용적으로 이용할 수 있는 저장 전처리 방법과 함께 ⑤ 관행의 MA 저장 방법을 개선한 저장 기술 및 ⑥ 저비용 CA 저장 기술을 개발함으로써 종합적인 단감 과실의 최적 저장 및 유통 기술을 개발하고자 하였다.

### 제 2절 연구의 필요성 및 범위

현재 국내에서 단감의 저장 및 유통 기술은 관행적으로 이어져 오는 MA 저장 방법에만 의존하고 있으며 새로운 저장 기술의 개발은 이루어지지 않고 있다. 이러한 관행적 MA 저장 중에는 생리장애 및 부패 과실의 발생으로 다량의 손실이 발생하는데 손실의 주원인은 과피의 흑변, 과육의 연화 및 갈변, 부패 등이다. 또한 단감은 사과, 배와 함께 최근 싱가포르, 홍콩, 미주지역으로의 수출이 활발히 이루어지고 있어 우리 농산물의 해외 수출 주요 품목으로 기대할 수 있는 작목이기도 하나 수출 단감 과실에서는 저온 수송 후 현지 유통시 각종 장애 과실의 발생이 심하여 수출 장애요인으로 대두되고 있기도 하다.

특히 단감 과실은 저산소 및 고이산화탄소에 대한 내성이 비교적 강하여 CA 저장에 적합한 과실임에도 불구하고 국내에서 실제 CA 저장 방법은 거의 이용되지 못하고 있는 실정이다. 이는 CA 저장 산업과 관련된 기기의 제작, 저장 환경 제어 기술 등이 개발되지 못하여 대부분 외국의 기계와 기술을 도입하여 사용해야 하는 이유뿐만 아니라 단감의 CA 저장 특성에 관한 연구 결과 축적의 부족도 그 원인의 하나가 될 수 있다. 또한 기존의 MA 저장 방법에 있어서도 과실의 생리적 특성과 저장 장애 발생의 원인에 대한 면밀한 검토 없이 경험적 방법에만 의존함에 따라서 저장 중 저장 장애로 인한 손실의 발생은 여전히 감소하지 않고 있다. 따라서 이러

한 저장 장애의 발생 가능성을 미리 예측함으로써 이를 방제하기 위한 기술의 개발과 함께 농가에서 실용적으로 이용할 수 있는 저장 장애 방지를 위한 저장 전처리 및 저장 방법의 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 우선 기초 연구로서 단감 과실의 저장 장애 발생의 기작과 아울러 호흡 특성을 구명하였다. 기초 연구를 통하여 확보된 단감 과실의 생리적 특성을 고려하여 우선적으로 관행의 MA 저장 방법을 개선함으로써 단감의 MA 저장 중 장애 발생을 경감시키기 위한 방법을 찾고자 하였다. 한편, 단감 과실은 대부분 MA 저장 방법에 의해 저장되고 있으나 단감 과실은 다른 과종에 비하여 저산소 및 고이산화탄소에 대한 내성이 비교적 강하여 CA 저장에 매우 적합한 과실로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 또한 단감의 CA 저장에 이용 가능한 저비용의 간이 CA system을 개발하기 위한 기초 자료를 확보함과 아울러 CA 저장에 의한 저장 장애 및 병해의 방지 효과를 구명하기 위한 연구를 수행하였다.

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

단감 과실은 일반 저온(2C) 저장시 1개월간 저장이 가능하나 통상적으로는 0.08 - 1.0mm PE film 포장 MA 저장에 의해 최대 4개월간의 저장이 이루어지고 있으며, MA 저장시에는 PE film 두께별 및 포장 단위별 단감의 MA 저장 효과를 분석한 결과 0.08mm 및 5개 포장 처리구의 저장성이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 저장 장해 발생 억제와 관련하여, 50-70C의 침수 열처리는 PG의 활성을 억제함으로써 과실의 연화를 지연시키는 것으로 보고되어 있으나 대량의 과실에 대해 이러한 열처리 방법의 실용적 이용은 어려울 것으로 생각된다. 한편, 단감의 저장 장해과 발생 정도는 산소 농도가 높을 수록 그리고 이산화탄소농도가 낮을수록 증가하는 경향을 보이며, 단감의 CA 조건은 O<sub>2</sub> 1%, CO<sub>2</sub> 8%가 적당하나 CO<sub>2</sub> 12~15%의 고농도에서도 상당한 내성이 있는 것으로 알려져 있다. 한편 PE film 두께에 관계없이 날개 밀봉시에는 저장 120일까지 과피 갈변 및 흑변과가 나타나지 않으며, 48°C에서 2시간, 4시간 열처리하면 과피 갈변 및 흑변 현상이 억제된다는 보고가 있다. 또한 화학적 처리를 통한 갈변 또는 흑변을 억제하기 위한 목적으로 NaCl 0.5%, CaCl<sub>2</sub> 0.5%, Citric acid 2%를 처리하였을 때 갈변 및 흑변의 발생이 억제된다는 연구 결과도 있으나 이러한 처리 방법 역시 실용성은 크지 않을 것으로 생각된다.

단감의 저장 장해 감소 및 저장성 향상을 위한 여러 연구에도 불구하고 이러한 결과가 실용적으로 활용되지 못하는 사례에 비추어 볼 때 농가의 재배 및 수확 관행의 실정에 적합하여 실제 적용이 가능한 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

[ 단감 과실의 저장 장애 유형 ]



**정상과(상)와 연화과(하)**

과육이 전체적으로 물러지며 갈변현상이 동반된다. 산소농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 주로 발생한다.



**과정부 갈변과(일명 초코과)**

조직의 갈변이 과정부에서 시작되어 갈변부위가 뚜렷한 경계를 보이며 점차 확대되나 갈변 부위 조직은 연화되지 않는다.



**갈변과**

조직의 갈변이 임의의 부위에서 시작되어 확대되나 상처가 있는 부위는 침범하지 않으며 갈변 부위는 연화되지 않는다.



**흑변과 (유형 1)**

적색으로 착색된 과실에 잘 나타나며 과육까지 침범하는 흑색 반점이 나타난다. 고산소 조건에서 곰팡이에 의해 발생하는 것으로 추정된다.



### 흑변과 (유형 2)

탁한 바탕에 작은 흑색 반점이 흩어져 있으며 대개 과육이 스폰지처럼 물러져 있다. 고산소 및 수분 과다 스트레스에 의한 것으로 추정된다.



### 얼룩과

바탕색과 대조적으로 색이 짙고 거칠거칠하며 함몰되어 있는 얼룩이 형성된다. 부적절한 예냉 및 수분 과다 스트레스에 의한 것으로 추정된다.

## 제 3장 연구개발 수행내용 및 결과

### 제 1절 연구 방법 및 내용

#### 1. 단감의 저장 중 생리 장애의 발생 기작

##### 가. 과육 연화의 생화학적 특성

###### 1) ‘부유’ 단감 과실의 저장 및 처리

경남 김해 지방에서 재배된 ‘부유’ 단감 과실을 11월 초에 수확하여 0.06mm 폴리에틸렌 필름에 5개씩 포장하여 0℃에서 4개월간 MA 저장하였다. 저장된 과실은 폴리에틸렌 포장을 제거하고 20℃ 실온에서 하룻밤 방치한 다음 1-MCP와 에틸렌의 처리(실온 24시간)에 이용하였다. 1-MCP의 처리시에는, 5kg의 과실을 20L 용기에 고체 분말 EthylBloc<sup>®</sup>과 함께 밀폐시킨 후 용기를 관통하는 고무 마개를 통해 EthylBloc<sup>®</sup>에 증류수를 가하여 제조사의 처방에 따라  $4\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 1-MCP 가스가 발생하도록 하였으며, 에틸렌의 처리는 계산된 양( $20\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )의 에틸렌 가스를 마이크로 실린지를 이용하여 용기에 직접 주입하는 방법으로 하였다.

###### 2) 과육 경도의 측정

과육의 경도 측정은 rheometer(Sun Rheo Meter Model CR-100, Japan)를 이용하여 직경 5mm의 탐침을 박피한 과육에 삽입할 때 소요되는 압력을 측정하는 방법에 의해 5반복(5개 과실)으로 수행하였다. 과육 경도의 측정에 이용한 동일한 과실을 ACC, ACC oxidase, 세포벽 분해 효소 등의 분석에 이용하였으며, 모든 분석 과정은 3반복으로 수행하였다.

###### 3) 조직내 ACC 함량의 분석

각 처리 후 채취하여 동결 건조 보관된 과육 시료로부터 70% 에탄올로 추출한 용액을 회전 증발기를 이용하여 에탄올을 증발시킨 후 Lizada와 Yang(1979)의 방법으로 ACC를 에틸렌으로 전환하였다. 전환된 에틸렌은 GC를 이용하여 측정하였으며, 시료 중 ACC의 정량은 내부 표준 물질 검량법에 의하였다.

###### 4) ACC oxidase 활성의 측정

과육 생체 조직이 외생 ACC를 에틸렌으로 전환하는 능력을 측정함으로써 ACC oxidase의 활성을 측정하는 *in vivo* assay 방법을 이용하였다. 즉, 과육 조

직 0.5g의 절편을 취하여 50mM ACC (100mM MES pH 6.0) 용액에 실은 조건에서 1시간 침지하여 외생 ACC를 흡수시킨 후 절편이 외생 ACC로부터 생성하는 에틸렌의 양을 GC로 분석하였다. 한편, 이 값으로부터 외생 ACC를 공급하지 않은 절편으로부터 생성되는 에틸렌의 양을 제함으로써 과육 조직내 내생 ACC에 의한 영향을 배제하였다.

#### 5) 세포벽 분해 효소의 추출

동결 건조된 과육 시료 1g을 0.5g의 PVP와 함께 1M NaCl 용액으로 마쇄하여 얻은 추출액을 0.2M NaCl로 16시간 투석한 후 세포벽 분해 효소의 활성 측정에 이용하였으며, 단백질 함량은 Bradford (1976) 방법에 의하였다.

#### 6) 세포벽 분해 효소의 활성 측정

Cellulase 활성은 Abeles와 Biles(1991)의 carboxymethyl cellulose를 기질로 한 점도 측정법으로, polygalacturonase(PG) 활성은 Gross(1982)의 흡광 측정법으로, pectin methyl esterase(PME) 활성은 Hagerman과 Austin(1986)의 흡광 측정법으로,  $\beta$ -galactosidase 활성은 Pressey (1983)의 흡광 측정법으로 각각 측정하였으며, 각 처리구의 효소의 활성은 저장 직후 과실의 활성에 대한 백분율로 표시하였다.

### 나. 과육 갈변의 생화학적 특성

#### 1) 시험 재료

경남 진영 지방의 단감 저장 전문 업체에서 관행적인 저온 MA 방식(-0.5 - 0C, 0.05mm PE film 5개 과실 포장)으로 저장된 '부유' 단감 과실을 2월에 구입하여 실험실로 운반한 후 과정부에 나타난 갈변 증상의 발생 정도에 따라 4단계의 갈변 지수로 과실을 분류하였다. 갈변 지수 0은 갈변과 관련된 증상이 나타나지 않은 정상 과실이며, 갈변 지수 1은 갈변 증상이 명확하게 드러나지는 않았으나 과정부의 색이 짙어서 농가에서 경험적으로 향후 갈변 발생을 예견하는 과실이다. 갈변 지수 2와 3은 과정부에 갈변 증상이 분명하게 나타난 과실로서 갈변 지수 2는 직경 1-3cm, 갈변 지수 3은 직경 3-5cm의 갈변 반점을 보인다. 각 단계로 분류된 과실은 과정부와 적도면 부위의 과육 조직으로 나누어 각종 분석에 이용하였으며, 적도면 부위의 과육 조직은 갈변 지수 2와 3의 과실에서도 갈변 조직은 포함되지 않았다.

#### 2) 전해질 용출(Electrolyte Leakage)의 측정

폭 1cm, 두께 4mm의 과육 조직을 띠 모양으로 절취하도록 제작된 칼을 이용

하여 1 x 1 x 0.4cm의 사각형 과육 절편(과피 포함)을 채취하였다. 초순수에 2-3 초간 세척한 과육 절편(4개)을 실온에서 0.6M mannitol 용액(Lurie 등, 1977)에 2 시간 침지한 후 용액의 전기 전도도를 conductivity meter(Orion model 160)로 측정하였으며, 과육과 함께 용액을 동결 해동하여 세포를 파괴시킨 후 다시 용액 중의 전기 전도도를 측정하였다. 과육 조직의 전해질 용출률은 조직 내 총 전해 질량(동결 해동후 전기 전도도)에 대해 2시간 동안에 용출된 전해질량의 비율을 백분률로써 표시하였다.

### 3) PPO(Polyphenol Oxidase)의 분석

10g의 과육 조직을 액체 질소에 동결하여 마쇄한 후 20ml의 sodium phosphate buffer 용액(0.2M, pH 5.25, 2% Triton X-100, 5mM PMSF, 2.3% PVP, 4.7% Amberlite XAD-4)을 첨가하여 마쇄한 원심 분리 상등액을 효소 추출액으로 이용하였다. 효소 추출액의 단백질 함량은 Bradford 방법[2]에 의해 측정하였으며, 효소 추출액 0.2ml을 2.8ml의 assay buffer (sodium phosphate buffer, 50mM, pH 3.5, 10mM DL-Dopa)와 혼합한 후 25°C 조건에서 30초 간격으로 475nm의 흡광도를 조사함으로써 PPO 활성을  $A_{475}$ 의 변화량/ $\mu\text{g protein}/\text{min}$ 으로 표시하였다.

### 4) 총 페놀 화합물의 분석

5g의 과육에 25ml의 80% ethanol을 가하여 마쇄하고 원심분리한 상등액 10ml에 0.2ml의 Folin-Ciocalteu용액을 첨가한 다음 3분 후 1ml의 sodium carbonate를 가하고 1시간 방치 후 725nm의 흡광도를 측정하였으며, pyrocatechol을 표준 물질로 한 표준 곡선으로부터 과육 중 총 페놀 화합물 함량을 계산하였다.

### 5) 지질의 추출

과육 조직 15g을 50ml의 chloroform:methanol (1:2) 용액에 마쇄하여 원심 분리한 상등액에 잔사를 다시 15ml의 chloroform으로 추출하여 얻은 용액을 합하고 0.88% KCl 15ml을 첨가하여 혼합한 다음 chloroform 층을 취함으로써 지질을 추출하였다.

### 6) Sterol/phospholipid의 분석

지질 추출물의 sterol 함량은 acetic anhydride 및 진한 황산으로 발색시킨 후 415nm에서의 흡광도 측정을 통하여 분석하였으며, 표준 물질은  $\beta$ -sitosterol을 이용하였다. 한편 phospholipid 함량은, 지질 추출물의 chloroform을 질소 가스를 불어 넣어 제거한 후 2% ammonium molybdate를 가하고 perchloric acid에 의한 digestion 과정을 거쳐 Fiske/Subbarow reducer를 이용하여 phosphate 함량을 구함으로써 산출하였다.

### 7) 지방산의 분석



지질 추출 용액에 40C에서 질소 가스를 불어 넣어 chloroform을 제거한 다음 1ml의 14% BF<sub>3</sub>(in methanol)을 가하고 90C에서 90분간 methylation시킨 후 1ml의 hexane을 가하여 fatty acid methyl ester를 hexane층으로 회수한 다음 GC(Shimadzu 14B, Supelcowax 10 column, 30m x 0.53mm, 1.0um FT, 240C, FID)를 이용하여 분석하였다. 이 때 column 온도는 170C에서 2분간 지속 후 195C 까지 분당 4C로 상승시켰으며, split ratio는 1/50로 하였다.

## 2. 저장 장애의 발생 예측 지표의 탐색

### 가. 시험 재료

경남 진영 지방의 단감 저장 전문 업체에서 관행적인 저온 MA 방식(-0.5 - 0C, 0.05mm PE film 5개 과실 포장)으로 저장된 '부유' 단감 과실을 2월에 구입하여 실험실로 운반한 후 과정부에 나타난 갈변 증상의 발생 정도에 따라 4단계의 갈변 지수로 과실을 분류하였다. 갈변 지수 0은 갈변과 관련된 증상이 나타나지 않은 정상 과실이며, 갈변 지수 1은 갈변 증상이 명확하게 드러나지는 않았으나 과정부의 색이 짙어서 농가에서 경험적으로 향후 갈변 발생을 예견하는 과실이다. 갈변 지수 2와 3은 과정부에 갈변 증상이 분명하게 나타난 과실로서 갈변 지수 2는 직경 1-3cm, 갈변 지수 3은 직경 3-5cm의 갈변 반점을 보인다. 각 단계로 분류된 과실은 과정부와 적도면 부위의 과육 조직으로 나누어 각종 분석에 이용하였으며, 적도면 부위의 과육 조직은 갈변 지수 2와 3의 과실에서도 갈변 조직은 포함되지 않았다.

#### 1) Acetaldehyde 및 Ethanol의 분석

위의 갈변 지수에 따라 분류된 과실로부터 과육 시료를 채취하여 시료 5.0g에 증류수 약 30ml에 혼합하여 최종 부피가 10.0ml가 되도록 증류한 후 GC(Shimadzu 14B, Carbograph 1 20 AW column, 4mm x 2m, 105C, FID)를 이용하여 acetaldehyde 및 ethanol을 분석하였다.

## 3. 단감의 호흡 특성 구명

### 가. 단감의 MA포장 방법에 따른 포장 기체 조성의 변화

#### 1) 시험 재료

단감 시료는 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유 품종 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 초)에 수확한 단감 과실을 5℃에서 2일 동안 예냉 후 과중이 200±10 g, 색도(Japanese color chart) 4~5인 것을 선과하여 시험 재료로 사용하였다.

## 2) 포장지

포장용 필름은 저밀도 폴리에틸렌 원료로 하여 공압출 방식에 의해 폭 15 cm, 두께 0.03 mm, 0.05 mm, 0.06 mm로 주문 생산하여 실험에 이용하였다.

## 3) 처리 내용

선과한 과실을 두께가 0.03 mm, 0.05 mm, 0.06 mm인 LDPE film 봉지에 각각 1개와 5개 단위로 포장하여 1개 단위 포장은 열접착 밀봉하고, 5개 단위 포장은 열접착과 관행적인 손 결속 방법으로 밀봉 처리하였다. 이때 1개 단위 포장의 포장지 표면적은 450 cm<sup>2</sup> (길이15 cm×폭15 cm)이며, free-volume은 175±10 mL로 조정하였다. 5개 단위 포장의 포장지 표면적은 1,200 cm<sup>2</sup>(길이40 cm×폭15 cm)이며, free-volume은 625±20 mL (125±4 mL/개)가 되도록 조정하였다. 포장된 과실은 -0.5±0.5℃ 저온 저장고에 보관된 후 시기별로 조사하였다. 아래의 표는 시험에 사용된 포장지의 두께에 따른 가스의 투과도를 나타내었다.

(단위 : mL · m<sup>-2</sup> · 24hr<sup>-1</sup> · atm<sup>-1</sup>)

LDPE Film (mm)	두께	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
0.03		5332	22021	1528
0.05		4289	13467	1210
0.06		4013	12117	1047

## 4) 포장내 free-volume의 측정

포장내 free-volume은 메스실린더를 사용하여 과실을 포함한 포장 전체의 부피를 조사한 후 과실이 차지하는 부피를 제외하는 방법으로 조사하였다.

## 5) Respiratory Quotient(RQ)의 측정

호흡계수는 closed system method를 이용하여 조사하였다. 수확 후 0℃에서 2일간 예냉하여 호흡을 안정시킨 후 1.4 L의 용기에 과실을 2개씩 넣고 밀폐하여 0℃ 항온 수조에 침지시켰다. 2일 간격으로 뚜껑에 부착된 실리콘 마개를 통하여 gas-tight syringe로 1 mL씩 내부 공기를 채취하여 분석하여 용기내 공기 조성의 변화를 조사하였다. CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 분석은 HP 5890 series II gas chromatograph (Hewlett Packard Co., USA)를 이용하였다(TCD, CTR-1(Alltech Co., USA), column temperature 60℃, detector temperature 120℃, carrier gas 50ml

He/min). 이때 감소한 O<sub>2</sub>농도에 대한 증가한 CO<sub>2</sub>의 농도비를 respiratory quotient(RQ)으로 표시하였다.

#### 6) 포장과 과육내 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 농도의 측정

포장 내부 공기를 gas-tight syringe로 1 mL를 채취하여 포장내 공기 조성 분석을 위한 시료로 사용하였다. 과육내 공기 조성 분석을 위한 시료는 외부 공기와의 접촉을 차단하기 위하여 물속에서 포장지를 개봉한 후 과실을 진공 데시케이트에 넣고, 입구가 막힌 깔때기로 덮고 400mmHg에서 10초간 감압한 후 깔때기에 포집된 공기를 gas-tight syringe로 1mL를 채취하였다.

### 나. 단감의 MA포장 방법에 따른 과실의 품질 변화

#### 1) 과실 경도의 측정

과실의 경도는 1mm의 두께로 과피를 제거한 과실 적도면에 texture analyser (TA-XT<sub>2</sub>, Stable Micro Systems Co., England)의 5mm plunger를 1.0 mm/sec의 속도로 표피로부터 3~7mm의 깊이까지 침투시키는데 요구되는 평균 저항값을 Newton 단위로 표시하였다.

#### 2) 생리장해과 발생율의 측정

저장 20주 후 육안 관찰에 의해 갈변과, 과피 흑변과, 건전과로 분류하여 백분율(%)로 나타내었다.

### 4. 저장 전처리 방법의 개발

#### 가. 시험 재료

단감 시료는 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유 품종 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 초)에 수확한 단감 과실중 과중이 200±10g, 색도(Japanese color chart) 4~5인 것을 선과하여 시험 재료로 사용하였다.

#### 나. 처리 내용

선과한 과실을 0, 5, 20℃ 조건에서 1, 5, 10, 23일간 예냉 처리한 후 두께가 0.06 mm인 LDPE film 봉지에 날개 포장하여 -0.5±0.5℃ 저온 저장고에 저장하면서 시기별로 조사하였다.

#### 다. 과실 온도 및 중량 감소의 측정

예냉 처리 기간 중 과실의 과심부 온도의 변화와 생체중 감소율을 경시적으로 측정하였다.

#### 라. 포장과 과육내 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 농도의 측정

포장 내부 공기를 gas-tight syringe로 1 mL를 채취하여 포장내 공기 조성 분석을 위한 시료로 사용하였다. 과육내 공기 조성 분석을 위한 시료는 외부 공기와의 접촉을 차단하기 위하여 물속에서 포장지를 개봉한 후 과실을 진공 데시케이트에 넣고, 입구가 막힌 깔때기로 덮고 400mmHg에서 10초간 감압한 후 깔때기에 포집된 공기를 gas-tight syringe로 1mL를 채취하였다.

#### 마 생리장해과 발생율의 측정

저장 120일 후 육안 관찰에 의해 갈변과, 얼룩과, 연화과, 부패과, 과피 흑변과, 건전과로 분류하여 백분율(%)로 나타내었다.

### 5. MA 저장 방법의 개선을 위한 최적 MA 포장 조건의 구명

#### 가. 시험 재료

단감 시료는 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유 품종 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 초)에 수확한 단감 과실을 5℃에서 2일 동안 예냉 후 과중이 200±10 g, 색도(Japanese color chart) 4~5인 것을 선과하여 시험 재료로 사용하였다.

#### 나. 포장지

포장용 필름은 저밀도 폴리에틸렌 원료로 하여 공압출 방식에 의해 폭 15 cm, 두께 0.03 mm, 0.05 mm, 0.06 mm로 주문 생산하여 실험에 이용하였다.

#### 다. 호흡량의 측정

폐쇄계 호흡측정방법(Closed system method)을 이용하여 0℃에서 측정하였다. 단감 과실을 3L 용기에 3개씩을 넣고 완전 밀폐한 후 경시적으로 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>농도의 변화를 측정하여 호흡량으로 환산하였다.

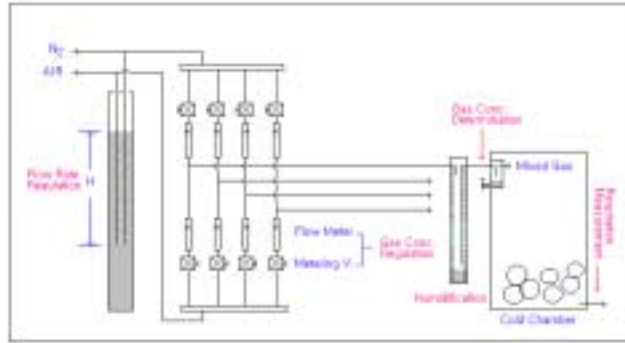
#### 라. 필름의 가스 투과도 측정

확산 cell을 사용하여 0℃에서 산소와 이산화탄소의 투과성을 측정하였다. 기체 투과도는 Karel 등(1963)의 quasi-isostatic method에 따라 측정하였으며, 단위 면적당 단위 압력의 차이에 대한 단위 시간당 투과되는 가스의 확산 속도로서 ml/m<sup>2</sup>/hr/atm 의 단위로 나타내었다. 필름의 두께는 micrometer(Mituto Co. 일본)로 측정하였다.

### 6. 저비용 CA 저장 기술의 개발

#### 가. 혼합가스 연속 공급 장치의 제작

아래 그림의 장치를 제작하여 간이 CA 저장 실험에 이용하였다. 즉, 압축 질소 가스와 압축 공기의 배관에 연결된 압력 조절용 수조(barostat tower; Pratt et al., 1960)의 수위(H)를 조절하여 각 가스의 압력을 일정하게 유지시킨 조건에서 metering valve를 조작하여 질소와 공기가 일정한 비율로 혼합되도록 함으로써 일정 농도의 O<sub>2</sub>를 함유하는 혼합 가스를 연속적으로 생산하였으며, 생산된 혼합 가스는 과실이 밀폐되어 있는 저장 용기를 관통하여 배출되도록 하였다(Fig. 1). 이 때 저장 용기를 관통하는 혼합 가스의 유속은 barostat tower의 수위(H)에 의해 결정되며 가스의 유속은 bubble flow meter를 이용하여 측정하였다.



Mixed gas producing apparatus used for the experiment of simple CA storage of fruits.

#### 나. CA 조성의 분석

단감 과실을 용기 또는 tent 식 저온 저장실에 밀폐하고 공기 또는 혼합 가스를 연속 공급하면서 용기 또는 tent 내의 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도를 gas chromatography를 이용하여 분석하였다.



Simple CA system

#### 다. 생리장해과 및 병해과 발생율의 측정

일정 저장 기간 경과 후 육안 관찰에 의해 갈변과, 연화과, 부패과, 분류하여 백분율(%)로 나타내었다.

#### 라. 과육 경도의 측정

과육의 경도 측정은 rheometer(Sun Rheo Meter Model CR-100, Japan)를 이용하여 직경 5mm의 탐침을 박피한 과육에 삽입할 때 소요되는 압력을 측정하는 방법에 의해 5반복(5개 과실)으로 수행하였다.

## 제 2절 연구 결과

### 1. 단감의 저장 중 생리 장애의 발생 기작

#### 가. 과육 연화의 생화학적 특성

4개월간 0.06mm 폴리에틸렌 필름에 밀봉하여 0°C에서 MA 저장된 과실을 개봉하여  $4\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 1-MCP로 실온에서 24시간 처리한 후 실온에 방치하였을 때, 무처리 과실의 경우 급속히 연화가 진행되어 2일 이내에 상품 가치를 상실한 반면 1-MCP 처리 과실은 5일 이후에도 과육의 경도가 높게 유지되어 1-MCP의 처리가 단감 과실의 연화 지연에 효과적임을 알 수 있었다(Fig. 1-1).

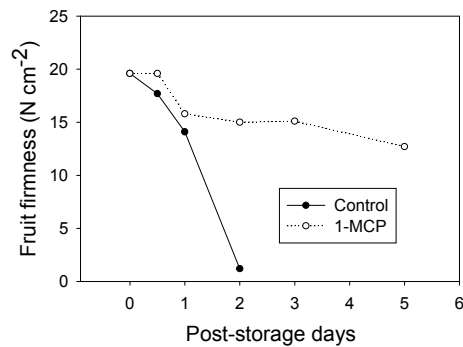


Fig. 1-1. The change in fruit firmness during post-storage at ambient temperature as influenced by 1-MCP treatment in 'Fuyu' persimmon fruits.

1-MCP는 에틸렌 수용체와 결합하여 에틸렌과 수용체간의 결합을 차단함으로써 에틸렌의 작용을 특이적으로 억제하는 물질로 알려져 있다. 따라서 1-MCP 처리에 의한 연화 억제 효과는 단감 과실에 있어서 다른 종류의 climacteric 과실과 마찬가지로 과육의 연화에 에틸렌의 작용이 밀접하게 관련되어 있음을 보인다.

한편 단감 과실은 MA 저장 후 개봉하여 실온에서 유통할 경우 과육 연화와 함께 과피 흑변이 심하게 발생하는 특징이 있으나 이러한 생리적 장애의 발생 또한 1-MCP의 처리에 의해 크게 경감시키는 효과를 보였다(Fig. 1-2). 단감 과실의 과육 연화가 에틸렌의 작용과 밀접한 관련이 있음을 확인함에 따라, 1-MCP( $4\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )와 에틸렌( $20\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )을 단독 또는 복합 처리하여 에틸렌에 의해 유발되는 과육 연화와 관련된 생화학적 특성을 밝히기 위한 실험을 수행하였다. 저온 MA 저장 직후에는 조직내 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) 함량이 비교적 낮았으나 폴리에틸렌 필름 포장을 개봉하여 실온에 3일간 방치할 경우 급속한 ACC 함량의 증가가 관찰되었으며, 에틸렌 전구 물질로서 ACC 함량의 이러한 증가는 1-MCP 처리에 의해 억제되지 않았다(Fig. 1-3).

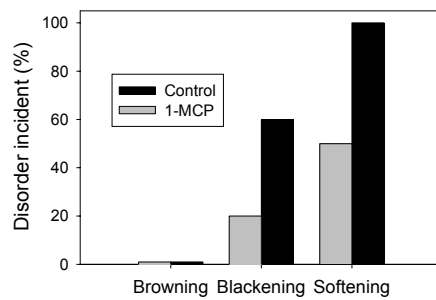


Fig. 1-2. The effects of 1-MCP treatment on physiological disorder incident in 3-days of post-storage at ambient temperature in 'Fuyu' persimmon fruits.

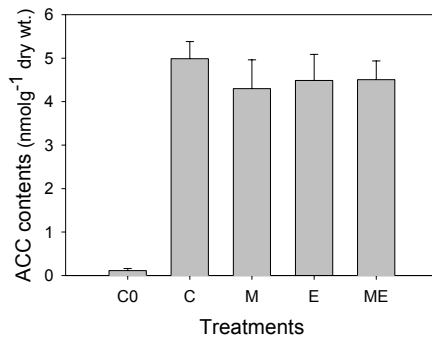


Fig. 1-3. The effects of independent or combined treatments of 1-MCP and ethylene on ACC accumulation in post-storage 'Fuyu' persimmon fruits. Vertical bars show standard deviations. CO, immediately after



storage; C, in 3-days of poststorage; M, in 3-days of post-storage with  $4\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  1-MCP treatment; E, in 3-days of post-storage with  $20\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  ethylene treatment; ME, in 3-days of post-storage with 1-MCP + ethylene treatment.

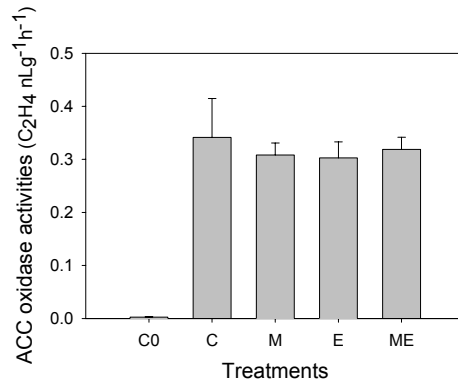


Fig. 1-4. The effects of independent or combined treatments of 1-MCP and ethylene on ACC oxidase activity in post-storage 'Fuyu' persimmon fruits. Vertical bars show standard deviations. For treatment abbreviation see Fig. 3.

또한 ACC oxidase 활성 변화 (Fig. 1-4) 역시 ACC 함량의 변화와 유사한 경향을 보임에 따라 과실의 에틸렌 생성 능력이 1-MCP의 영향을 받지 않음을 나타내었다. 녹숙 바나나 과실에 대한 1-MCP의 처리는 ppb 수준의 매우 낮은 농도에서도 에틸렌 생성을 억제하나 외생 에틸렌에 기 노출된 과실의 경우 1-MCP의 에틸렌 생성 억제 효과가 저하되며, 본 실험에 이용된 단감 과실은 이미 저장 기간을 경과한 과실로서 이러한 과실에서는 처리 1-MCP 농도가 ppm 수준임에도 불구하고 에틸렌 생성을 억제하지 못하였다. 한편, 1-MCP와 에틸렌의 단독 또는 복합 처리에 따른 과육 경도의 변화에 있어서, 무처리 또는 에틸렌 처리 과실에서는 과육의 연화가 관찰되었으나 MCP 단독 또는 에틸렌과의 복합 처리 과실에서는 MA 저장 직후 과실의 경도와 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 1-5).

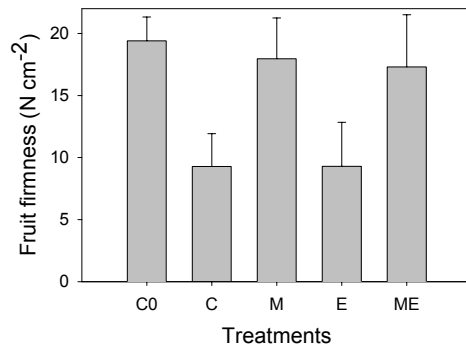


Fig. 1-5. The effects of independent or combined treatments of 1-MCP and ethylene on fruit firmness in post-storage 'Fuyu' persimmon fruits. Vertical bars show standard deviations. For treatment abbreviation see Fig. 3.

에틸렌의 생성에 영향을 미치지 않음에도 불구하고 과육 연화가 1-MCP 처리 여부에 따라 진행되거나 억제되는 이러한 사실은 저장 후의 단감 과실에서 과육의 연화 현상이 에틸렌 생성량의 변화에 민감하지 않음을 보인다. 한편, 열처리 사과 과실에서 보고된 바에 따르면, 열처리한 사과 과실의 경우 무처리 과실에 비하여 에틸렌 생성의 증가가 관찰됨에도 불구하고 과육의 연화가 억제되는 경향에 대하여 Klein 등(1990)은 과육의 연화 현상이 에틸렌 인식 메카니즘과 연계되어 있음을 암시하였다. 따라서 본 실험의 단감 과실에서도 에틸렌 수용체에 의한 에틸렌 인식 능력 즉 조직의 에틸렌에 대한 반응성이 에틸렌 생성량 그 자체보다 과육 연화의 진행에 더욱 밀접하게 관련되어 있을 것으로 생각된다. 한편, Fig. 1-5의 이러한 정도 변화의 양상을 cellulase, PME, PG,  $\beta$ -galactosidase 등의 세포벽 분해 효소 활성의 변화 양상(Fig. 1-6)과 비교한 결과 양자간에 매우 유사한 경향이 발견되었다. 처리구 과육의 정도가 높게 유지되는 M(1-MCP 단독 처리)과 ME (1-MCP와 에틸렌 복합처리) 처리구에서는 각 세포벽 분해 효소의 활성이 낮은 반면 정도가 저하된 C(무처리)와 E (에틸렌 단독 처리) 처리구에서는 각 효소의 활성이 높게 관찰되었다. 따라서 과육의 정도 변화는 세포벽 분해 효소의 활성과 밀접한 상호 관계를 나타내었으며, 이러한 결과는 단감 과실의 과육 연화 현상이 에틸렌에 의한 각종 세포벽 분해 효소의 활성화와 밀접한 관련이 있음을 보인다. 또한 에틸렌 작용 억제제로서 1-MCP 처리는 에틸렌과의 복합 처리 여부와 무관하게 각 효소의 활성을 억제하여 에틸렌 농도 또는 에틸렌 생성량보다 에

틸렌의 작용성이 세포벽 분해 효소의 활성화를 결정하는 요인으로 생각된다.

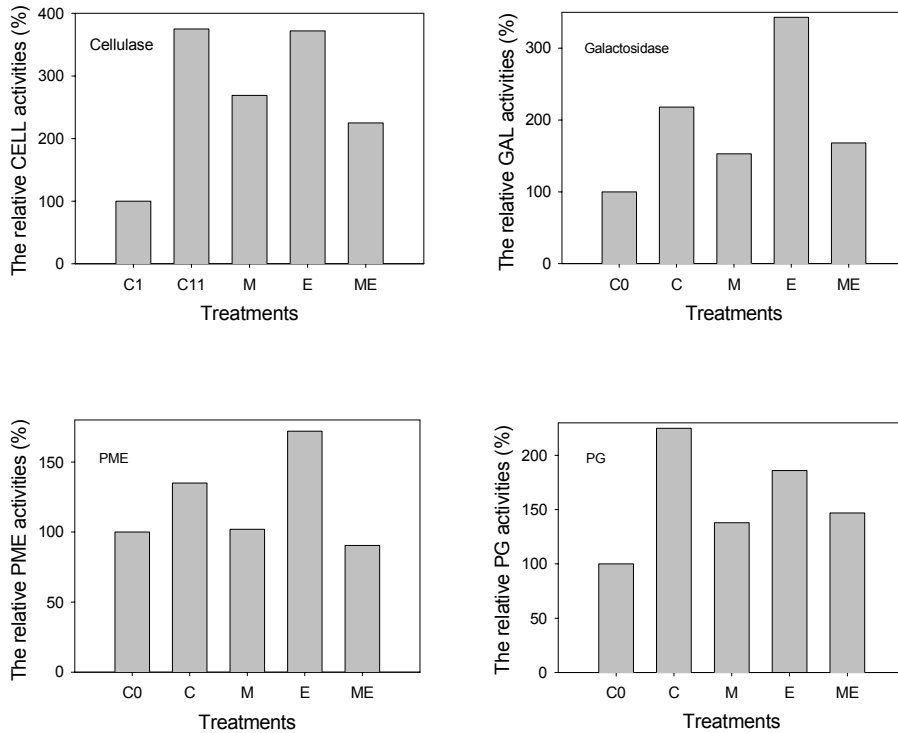


Fig. 1-6. The effects of single or combined treatments of 1-MCP and ethylene on cellulase, pectin methyl esterase, polygalacturonase, and  $\beta$ -galactosidase activity in post-storage 'Fuyu' persimmon fruits. For treatment abbreviation see Fig. 1-3.

한편 에틸렌 작용 억제제로서 1-MCP의 처리는 단감 과실의 연화 지연에 매우 효과적일 뿐만 아니라 부가적으로 과피 흑변 등의 생리적 장애 경감 효과도 보여서 인체에 대한 무해성이 판명되면 단감 과실의 연화 억제를 위하여 실용적으로 활용될 수 있을 가능성이 기대된다. 1-MCP는 가스 형태의 화합물로서 과실에 대한 처리가 용이할 뿐만 아니라 처리 후 과실로부터 쉽게 배출시킬 수 있는 장점을 지니고 있음에도 불구하고 과실 등과 같은 식품에 대한 처리가 아직 허용되지 않은 문제점으로 인해 주로 관상 식물에 대해서 제한적으로 이용되고 있으나, 최근 미국 EPA의 자료에 따르면 인체에 무해한 것으로 등록되어있다.

## 나. 과육 갈변의 생화학적 특성

과정부에 나타나는 갈변 현상의 진전 정도에 따른 조직의 부위별 전해질 용출량을 측정한 결과(Fig. 1-7), 갈변이 심한 과실(갈변 지수 3)의 과정부 조직은 전해질 용출률이 매우 높았으며, 갈변 정도가 심하지 않은 과실에서도 정상 과실에 비하여 약간의 전해질 용출률 증가가 관찰되었다. 또한 과실의 과정부 조직은 적도면의 비갈변 조직 보다 전해질 용출률이 높은 경향을 나타내었는데, 이는 갈변의 발생이 항상 과정부에서 시작된다는 사실과 밀접한 관련이 있으며, 과정부의 조직은 다른 부위에 비하여 생리적으로 비교적 손상받기 쉬운 상태에 있는 것으로 생각된다. 조직의 전해질 용출률은 세포막의 투과성에 대한 지표로서, 세포막의 투과성 증대는 액포내에 구획화되어 있는 페놀 화합물의 누출 및 페놀 산화효소와의 접촉을 유발하여 갈변 색소 생성의 원인을 제공하는 것으로 추측할 수 있다.

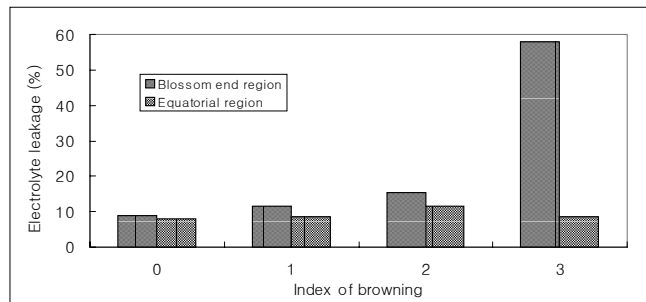


Fig. 1-7. The difference of electrolyte leakage from persimmon fruit tissue according to the degree of browning. (Index 0: normal fruit, 1: obscurely, 2: slightly, 3: severely browned)

단감 과실의 저장 중 과정부 갈변 현상의 저장 장애는 특히 MA 저장 시에 발생하는데, PE film에 의한 과실의 밀봉은 저산소 및 고이산화탄소 조건을 형성시키므로 이 저장 장애의 발생이 저산소 및 고이산화탄소 조건에 따른 유기 호흡의 저해와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 따라서 무기 호흡 대사 산물인 아세트알데히드와 에탄올의 함량을 분석한 결과 (Fig. 2), 갈변이 진전됨에 따라 무기 호흡 대사 산물의 축적이 뚜렷하게 증가하는 경향이 관찰되었으며, 이 경우에 있어서도 과정부의 조직이 적도면 조직에 비하여 이러한 대사 산물의 함량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 갈변이 상당히 진전된 과실(갈변 지수 3)에 있어서

적도면의 비갈변 부위 조직은 아세트알데히드 또는 에탄올 함량이 매우 높음에도 불구하고 전해질 용출률은 정상 과실의 값과 큰 차이를 보이지는 않았다. 이러한 사실은 유기 호흡의 저해에 따른 무기 호흡 대사 산물의 축적이 조직 갈변의 진전과 밀접한 관련이 있음에도 불구하고 조직의 전해질 용출률을 증가시키지는 않았으며, 따라서 조직내 아세트알데히드 또는 에탄올의 축적은 조직 갈변의 진전을 나타내는 지표이기는 하나 조직 갈변 유발의 직접적 원인은 아닌 것으로 생각된다.

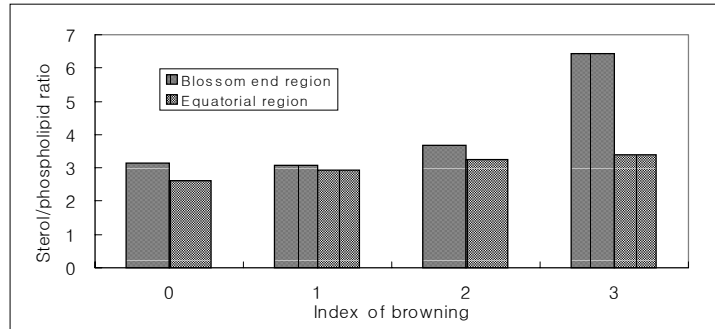


Fig. 1-8. The difference of sterol/phospholipid ratio in persimmon fruit tissue according to the degree of browning. (Index 0: normal fruit, 1: obscurely, 2: slightly, 3: severely browned)

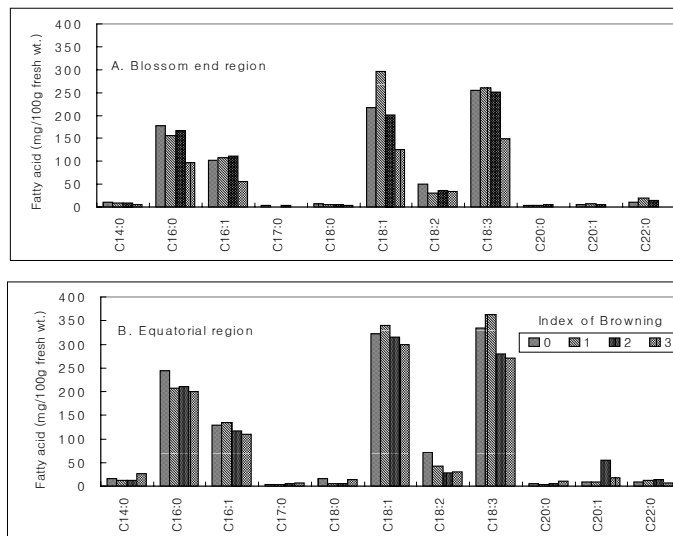


Fig. 1-9. The difference of fatty acid content in persimmon fruit tissue according to the degree of browning. (Index 0: normal fruit, 1: obscurely, 2: slightly, 3: severely browned)

한편 지질 이중층으로 구성되어 있는 세포막은 지질의 물리화학적 특성이 투과성의 변화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 갈변의 진행 정도에 따른 지질 추출물의 sterol/phospholipid ratio의 차이를 조사한 결과, sterol/phospholipid ratio의 차이는 조직의 전해질 용출률의 차이와 유사한 경향을 보였으며(Fig. 1-7과 1-8) 갈변 정도가 심한 과실의 과정부의 조직은 sterol에 비하여 phospholipid의 함량이 심하게 저하되었다. 한편 지질 추출물의 지방산 함량에 있어서는 과정부의 조직이 적도면의 정상 조직에 비하여 낮았으며(Fig. 1-9), 지방산의 종류에 따른 일관성이 발견되지는 않았으나 대체적으로 갈변 정도가 심한 과실일수록 총지방산 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 세포막은 원활한 기능 수행을 위하여 구성 지질은 합성과 분해 과정을 통하여 기존의 지방산이 새로운 지방산으로 대체되는 끊임없는 대사 과정이 필수적인 것으로 알려져 있는데, 갈변 조직에 있어서의 지방산 함량의 저하는 이러한 대사 작용의 저해를 암시한다. 따라서 sterol/phospholipid ratio의 증가가 세포막의 경화와 관련되어 있으며 지방산 합성 능력의 유지가 세포막의 정상적 기능 수행을 위하여 필수적임에 비추어 볼 때, 갈변 조직에서의 전해질 용출률 증가는 세포막의 물리화학적 특성 변화에 따른 현상임을 추측할 수 있다.

따라서 단감 과실에 있어서 저온 MA 저장 중 과정부 갈변 현상의 진전은 세포막 기능의 저해와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 식물 세포에 있어서 갈색 색소의 재료 물질인 페놀 화합물은 액포내에 구획화되어 있는데, 세포막의 기능 저하에 따른 세포막 투과성의 증대는 액포내 페놀 화합물의 용출을 유발하며 용출된 페놀 화합물이 산화 효소와 접촉함으로써 효소적 갈변화 반응에 의한 조직의 갈변이 나타나는 것으로 추측된다.

## 2. 저장 장애의 발생 예측 지표의 탐색

단감 과실의 저장 장애 발생 방지를 위한 적정 MA 포장 조건을 구명하고 저장 장애의 발생을 사전에 예측하기 위한 지표 물질을 탐색하기 위하여 단감 과실을 40, 50, 60, 70um 두께의 PE film에 포장하여 140일간 저온 저장하면서 몇 가지 항목을 조사하였다. 우선, PE film 두께에 따른 포장 내 산소 농도의 변화를 조사한 결과, film 두께가 얇을수록 산소 농도의 증가가 관찰되었으나. 40um인 경우에는 대략 3-4% 수준의 산소농도가 유지된 반면, 50 - 70um 두께의 경우에는 1.5 - 2.5%의 범위내에서 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2-1). 한편, 산소 농도의 변화와는 달리 이산화탄소의 경우에는 film 두께가 두꺼워짐에 따라 농도 증가가

뚜렷하게 관찰되었다.

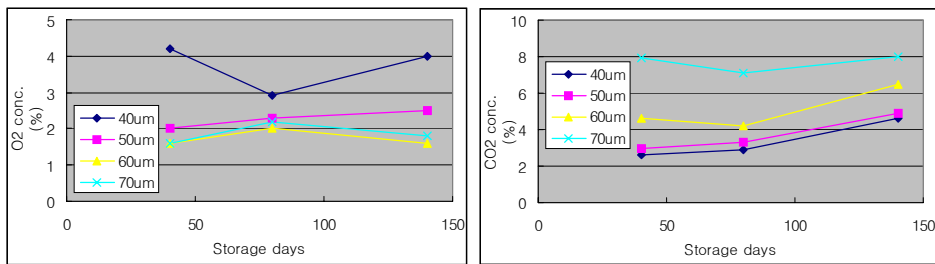


Fig. 2-1. The changes of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in bag according to film thickness during storage of persimmon fruits.

과육내 아세트알데하이드 및 에탄올 농도를 조사한 결과 이산화탄소의 경우와 마찬가지로 film 두께가 두꺼워짐에 따라 그 축적량이 증가하였으며(Fig. 2-2), 이는 film 내의 이산화탄소의 축적이 과육 내의 acetaldehyde 및 에탄올의 축적과 밀접한 상관 관계가 있음을 보인다. 갈변과 발생률에 있어서도 film 두께의 증가와 더불어 증가하는 경향을 보임으로써 이산화탄소의 축적이 갈변과 발생의 증가와 관련이 있을 것으로 생각된다(Fig. 2-3). 그러나 흑변과의 발생은 film 두께가 얇을수록 증가하는 경향을 보여, 이산화탄소 농도보다는 산소 농도의 증가와 관련이 있을 것으로 생각된다.

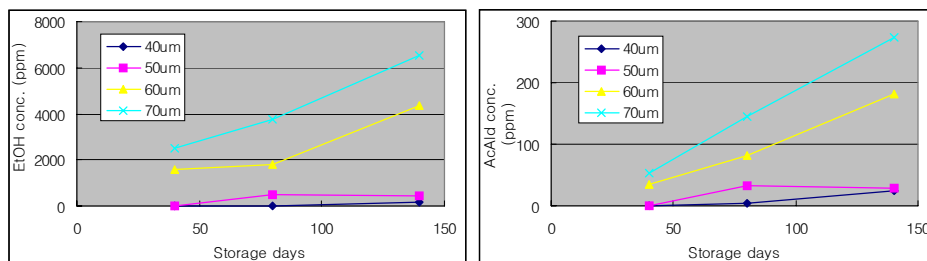


Fig. 2-2. The changes of ethanol and acetaldehyde concentration in fruit according to film thickness during storage of persimmon fruits.

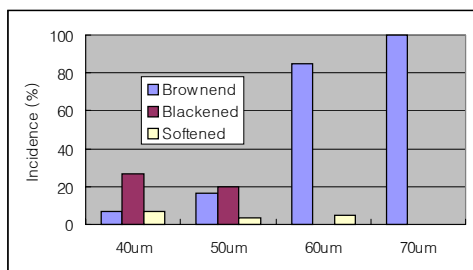


Fig. 2-3. Difference of disordered fruit incidence according to film thickness during storage of persimmon fruits.

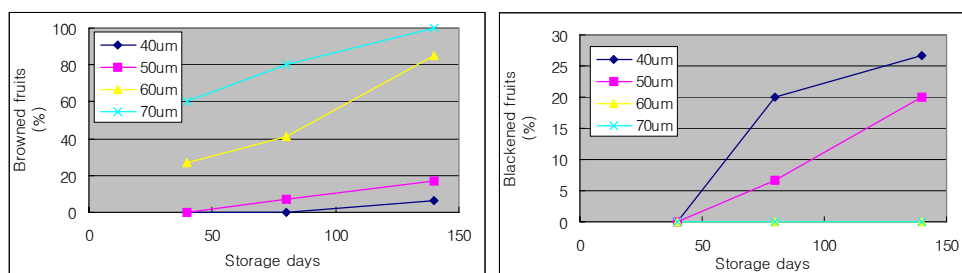


Fig. 2-4. The changes disordered fruit incidence according to film thickness during storage of persimmon fruits.

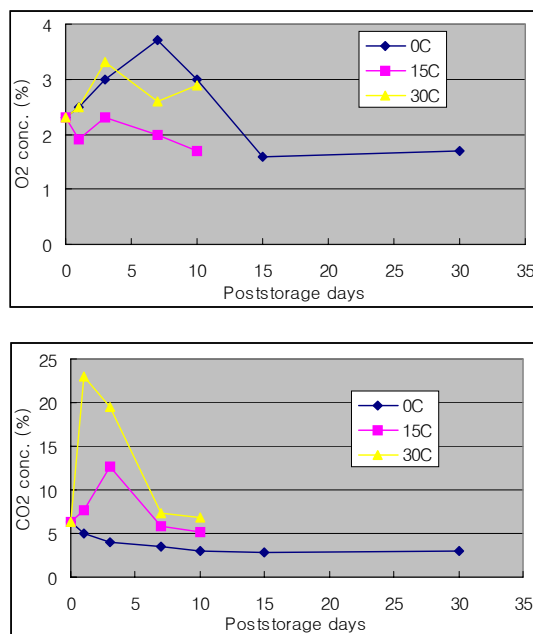


Fig. 2-5. The changes of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in bag according to temperature during post-storage of persimmon fruits.



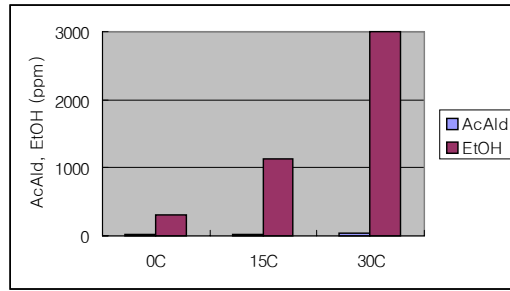


Fig. 2-6. The changes of ethanol and acetaldehyde concentration in fruit according to temperature during post-storage of persimmon fruits.

MA 저장 후 온도를 달리한 유통 조건에서 포장 내 공기 조성을 조사한 결과 (Fig. 2-5), 산소 농도는 온도에 따른 증감의 경향이 뚜렷하지 않았으나, 이산화탄소 농도는 유통 초기에 급격하게 증가한 후 점차 감소하였으며 온도가 높을수록 이산화탄소 축적량이 증가하는 경향을 보였다. MA 저장시와 마찬가지로 유통 과정에 있어서도 포장 내 이산화탄소 축적은 과육 내 acetaldehyde 및 에탄올의 축적과 밀접한 상관 관계를 보였으며 (Fig. 2-6), 또한 이산화탄소 농도가 높은 온도 조건에서 갈변과 발생률이 증가하는 것을 다시 확인할 수 있었다 (Fig. 2-7).

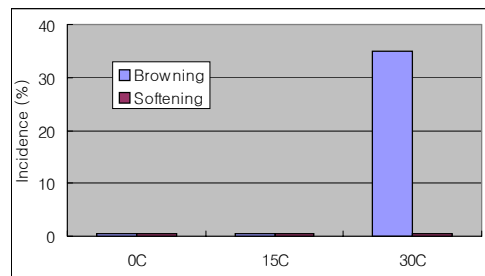


Fig. 2-7. The difference of disordered fruit incidence according to temperature during post-storage of persimmon fruits.

이상의 결과에서, 과실의 갈변 및 흑변 등의 저장 장애 발생을 감소시키기 위한 적정 film 두께는 산소 및 이산화탄소 농도를 고려하여 볼 때 대략 40 - 50um일 것으로 판단된다. 또한 에탄올 및 아세트알데하이드의 축적은 갈변과 발생과 밀접한 상관 관계를 보임에 따라 저장 장애의 발생을 사전에 예측하기 위한 지표 물질로써 활용이 가능할 것으로 생각되는데, 과실의 갈변 지수와 관련하여 에탄올과 아세트알데하이드의 축적을 조사한 결과에서도 (Fig. 2-8) 정상 과실의

경우 에탄올 및 아세트알데하이드의 농도는 각각 10 및 200ppm 이하의 농도를 유지하는 반면에 그 이상의 농도에서는 이러한 지표 물질의 축적이 조직 갈변의 심화 정도와 일치하는 경향을 보였다. 따라서 과실의 저장 기간 중 주기적으로 에탄올 및 아세트알데하이드 농도를 측정하여 이들의 축적 정도가 한계 농도 이상일 경우 저장 장애의 발생을 예측할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 지표 물질의 분석은 농가 단위 실행이 사실상 어려우며 각 지역의 대학 또는 연구 기관과의 연계를 통하여 수행되어야 할 것이다.

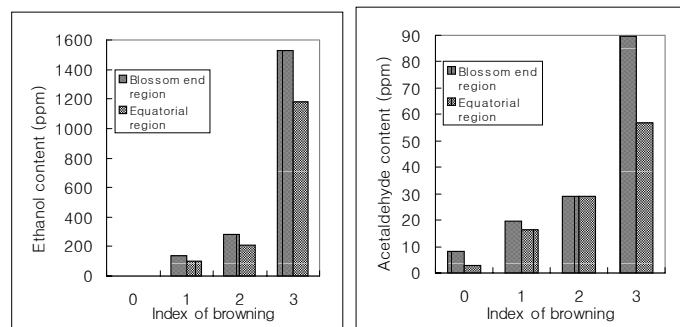


Fig. 2-8. The difference of acetaldehyde and ethanol content in persimmon fruit tissue according to the degree of browning. (Index 0: normal fruit, 1: obscurely, 2: slightly, 3: severely browned)

### 3. 단감의 호흡 특성 구명

#### 가. 단감의 MA포장 방법에 따른 포장내 free-volume의 변화

저장 기간이 경과함에 따라 포장내 free-volume은 감소하는 경향을 보였다. 특히 열접착 처리구의 free-volume은 일정 시간 경과 후 완전히 제거되어 결국 과실과 film이 밀착되는 진공 포장 상태에 이르렀다. 이 때 5개 단위 포장구는 1개 단위 포장구에 비해 free-volume의 감소 속도가 빨랐고 동일한 포장 단위에서는 포장지의 두께가 얇을수록 감소 속도가 증가하였다(Fig. 3-1). 이는 단감 과실의 RQ 값이 1 이하이므로(Fig. 3-2), 호흡에 의해 소비되는 산소량이 발생하는 이산화탄소량 보다 많으며 또한 시험에 사용된 LDPE 포장지의 이산화탄소 투과도가 산소 투과도보다 3~5배정도 높으므로, 호흡에 의해 발생된 포장내 이산화탄소는 쉽게 외부로 배출되는 반면 외부의 산소는 포장내로 유입되기 어렵기 때문에 전체 free-volume이 감소한 것으로 생각된다. 또한 저장 중 포장내 산소 농도는 크

계 낮아지는 데에 비해 이산화탄소 농도의 약간 증가는 크지 않으므로(Fig. 3-3) 산소와 이산화탄소를 제외한 가스(특히 N<sub>2</sub>)의 포장 내 농도가 상대적으로 외부보다 높아지므로(Fig. 3-4) 이들 가스가 농도차에 의해 외부로 확산됨에 따라 포장 내 free-volume이 감소하는 것으로 생각된다.

그러나 관행적으로 농가에서 이용하고 있는 5개 손결속 포장구에서는 포장내 열접착구에서 나타나는 진공 포장 현상이 나타나지 않는데 이는 결속 부분이 완전 밀봉되지 않아서 이를 통하여 외부 공기가 유입되기 때문이라 생각된다. 따라서 진공 포장에 의한 단감의 저장력 증진을 위해서는 작업자에 따라 포장의 결속력에 차이가 생기는 손결속 방법보다는 균일한 포장 작업이 가능한 열접착 포장이 단감 저장력 증진에 유리할 뿐만 아니라 적절한 공기 투과도를 갖는 MA포장지 개발과 자동포장기의 도입으로 포장작업을 기계화하는데 있어서도 열접착 포장이 유리할 것으로 생각된다.

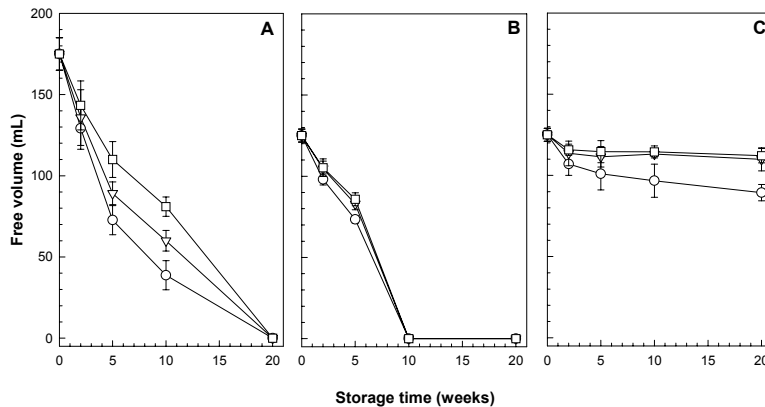


Fig. 3-1. Changes in free-volume in bags of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C. (A) Heat-sealed bags of one fruit with initial free-volume of 175±10 mL and surface area of 450 cm<sup>2</sup>. (B) Heat-sealed bags of five fruits with initial free-volume of 125±4 mL per a piece and total surface area of 1,200 cm<sup>2</sup>. (C) Tie-sealed bags of five fruits with initial free-volume of 125±4 mL per a piece and total surface area of 1,200 cm<sup>2</sup>. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate ±SD.

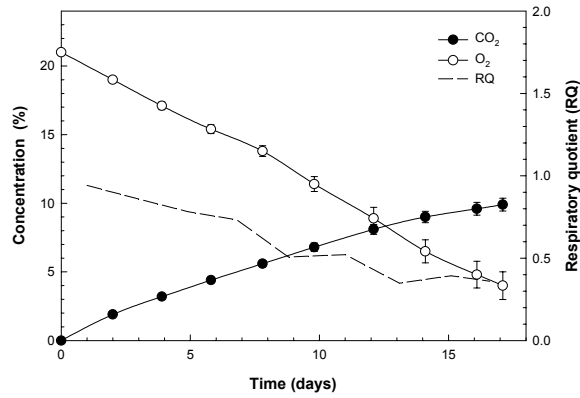


Fig. 3-2. Changes in  $O_2$  and  $CO_2$  concentration (—) and respiratory quotient (RQ) (---) in closed system of the 'Fuyu' persimmon fruits at  $0^\circ C$ . Vertical bars indicate  $\pm SD$ .

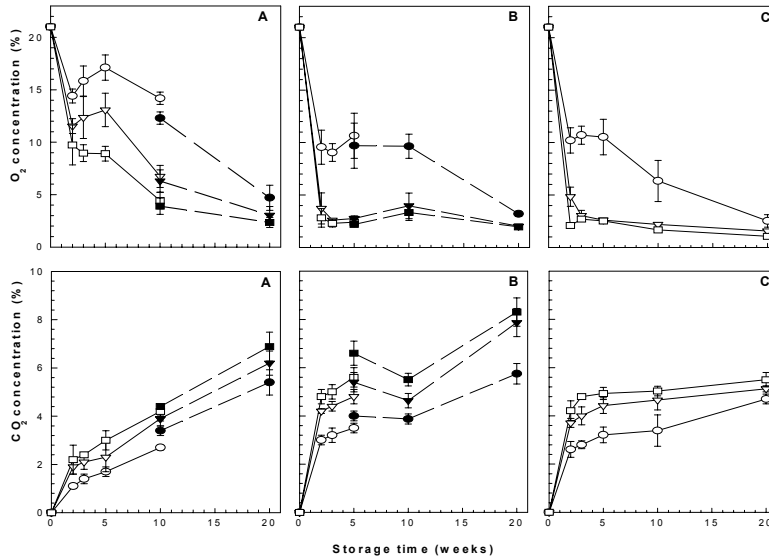


Fig. 3-3 Changes in  $O_2$  and  $CO_2$  concentration in bags (open, —) and fruits (close, ---) of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at  $0^\circ C$ . (A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate  $\pm SD$ .

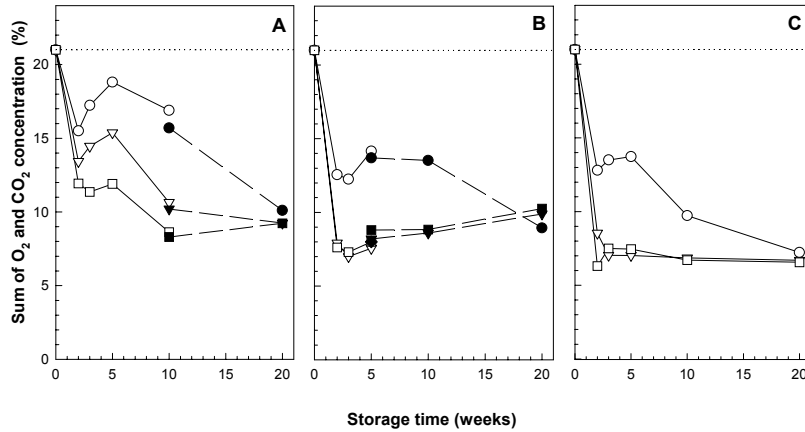


Fig. 3-4. Changes in sum of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in bags (open, —) and fruits (closed, - -) of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C. (A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. A dotted line(.....) represent sum of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration outside bags.

#### 나. 단감의 MA포장 방법에 따른 포장 또는 과육 내 산소 및 이산화탄소 농도의 변화

포장 내 공기를 채취할 수 있는 처리구에서는 포장 내 가스 조성을 조사하였으나 진공 밀착 상태에 이르러 포장내 가스 시료를 채취할 수 없는 처리구에서는 진공 밀착이 형성되기 직전부터 과육 내의 가스를 채취하여 가스 조성을 조사하여 표시하였다. 저장 중 모든 처리구에서 산소 농도는 감소하는 경향이었고, 이산화탄소는 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3-3). 산소 농도는 저장 후 2-3주까지 모든 처리구에서 급격히 감소하였으며 포장 단위가 크고 포장지 두께가 두꺼울수록 감소속도가 심하였다. 이후 0.05mm, 0.06mm 5개 단위 포장구에서 산소 농도는 1 - 3% 정도의 일정한 수준으로 유지되었으나 0.03mm 모든 포장구와 0.05mm 1개 포장구는 저장 5주까지 다시 증가한 후 점차 감소하는 경향을 보였다. 이는 저장 초기에 과육의 온도와 포장 내 산소 농도가 높은 상태에서 포장내 이산화탄소 농도는 낮으므로 과실의 호흡에 의한 산소 소비량이 포장지의 산소 투과량보다 크기 때문에 포장내 산소 농도가 급격히 감소한 것으로 생각되며, 0.03mm 모든 포장구

와 0.05 mm1개 포장구에서 2-5주 사이에 산소 농도가 증가된 것은 포장 내 N<sub>2</sub>가스 배출로 인한 free-volume 감소가 원인인 것으로 생각된다. 이산화탄소 농도는 산소 농도와 반대로 저장 후 2-3주까지 급격히 증가하였으며 증가율은 포장 단위와 포장지 두께에 비례하였다. 이후 1개 단위 포장구의 이산화탄소농도 증가 속도는 둔화되었으나 저장 기간 중에 점차적으로 증가하였으며 5개 열접착 포장구에서는 저장 10주까지 일정 수준을 유지한 후 다시 증가하는 양상을 보였다. 그러나 5개 손결속 포장구의 포장내 이산화탄소 농도는 4.5-5.5% 정도로 일정하게 유지되었다. 이는 산소 농도의 변화에서와 마찬가지로 과일 당 차지하는 free-volume이 상대적으로 적은 5개 포장구에서는 과실의 호흡으로 인해 이산화탄소가 많이 축적되기 때문에 포장내 이산화탄소가 빠르게 증가하며, 포장지의 두께에 따른 이산화탄소 농도의 차이는 포장지가 얇을수록 이산화탄소의 투과도가 높기 때문인 것으로 생각된다. 또한 5개 손결속 포장구는 열접착 포장구에 비해 free-volume의 감소 속도가 낮으므로 이산화탄소 농도가 상대적으로 낮게 유지되는 것으로 생각된다. 따라서 저장 기간 중 산소와 이산화탄소의 농도 변화는 과실의 호흡량과 포장지의 공기 투과도 외에 포장지의 free-volume의 변화와도 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

#### 다. 단감의 MA포장 방법에 따른 호흡량의 예측

단감의 호흡은 폐쇄계 호흡 측정 방법에 의해 단감의 최적 저장 온도인 0℃에서 조사하였다. Gong과 Corey(1994)의 호흡율 결정 과정에 따르면 과실이 밀폐되어있는 용기 내의 산소와 이산화탄소 농도의 변화(Fig. 3-7)는 시간의 함수인 식 3과 4로 나타낼 수 있다.

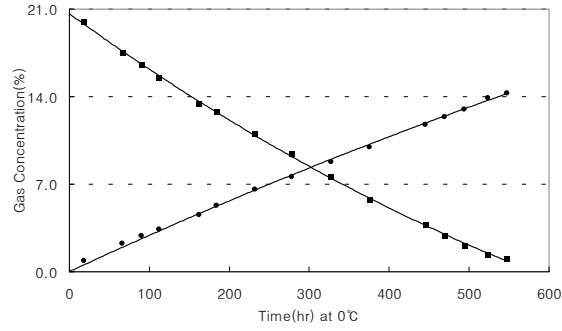


Fig. 3-7. Gas concentration(vol%) profiles and Eq. (3) and Eq. (4) fits for the 'Fuyu' persimmon fruits in closed chamber at 0°C. Circles and squares represent oxygen and carbon dioxide, respectively.

$$[O_2] = a_{10} + a_{11}t + a_{12}t^2 \quad (3)$$

$$[CO_2] = b_{10} + b_{11}t + b_{12}t^2 \quad (4)$$

단,  $[O_2]$ 는 산소농도(%),  $[CO_2]$ 는 이산화탄소농도(%),  $t$ 는 경과시간,  $a$ 와  $b$ 는 시간에 따라 산소와 이산화탄소의 농도변화를 설명하는 계수이다.

Tab. 1은 과실의 무게와 용기의 부피, Fig. 3-7을 회귀 분석하여 구한 식 3과 4의 계수들이다. 또 용기 내의 각 가스 농도 변화는 식 5와 6으로 나타낼 수 있으며 이로 부터 식 7과 8을 유도할 수 있다. 따라서 Tab. 2의 값들을 식 7과 8에 대입하면 시간의 함수로 호흡량을 예측할 수 있으며, 이 값들을 식 1과 2에 대입하여 분산 분석하면 식 1과 2의 호흡 parameter 값(Tab. 2)이 구해진다.

Table 1. Persimmon fruits weight, chamber free volume, and Eq. (3) and Eq. (4) coefficient values for 'Fuyu' persimmon fruits.

Weight (kg)	Free volume	Coefficient values							
		$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$R^2a$	$b_{10}$	$b_{11}$	$b_{12}$	$R^2b$
1.915	7,500	20.6	$-4.61 \times 10^{-2}$	$2.0 \times 10^{-5}$	0.999	0.03	$2.95 \times 10^{-2}$	$-7.0 \times 10^{-6}$	0.998

$$\frac{[O_2]}{dt} = 100 \left( - \frac{W \times R_{O_2}}{V} \right) \quad (5) \quad R_{O_2} = \frac{-(a_{11} + 2a_{12}t) \times V}{(W \times 100)} \quad (7)$$

$$\frac{[CO_2]}{dt} = 100 \left( \frac{W \times R_{CO_2}}{V} \right) \quad (6) \quad R_{CO_2} = \frac{(b_{11} + 2b_{12}t) \times V}{(W \times 100)} \quad (8)$$

단,  $[O_2]$ 는 산소 농도(%),  $[CO_2]$ 는 이산화탄소 농도(%),  $R_{O_2}$ 는 산소 소모율,  $R_{CO_2}$ 는 이산화탄소 생성율,  $t$ 는 경과 시간,  $a$ 와  $b$ 는 시간에 따른 산소와 이산화탄소의 농도 변화를 설명하는 계수,  $W$ 는 과중(kg),  $V$ 는 용기의 부피(mL).

Table 2. Estimates of parameters for Eq. (1) and Eq. (2) for 'Fuyu' persimmon fruits by closed system method at 0°C.

Respiration expression	$V_m$ ( $ml \cdot hr^{-1} \cdot kg^{-1}$ )	$K_m$ (% $O_2$ )	$K_i$ (% $CO_2$ )	$R^2$
$O_2$ consumption	1.977	0.458	15.596	0.995
$CO_2$ evolution	1.191	0.082	32.265	0.998

Tab. 2의 parameter를 이용하여 다양한 가스 농도 조건에서 단감의 호흡량, 즉 산소 소모율과 이산화탄소 생성율의 예측이 가능하며 이를 Fig. 3-8에 나타내었다. 과실의 호흡량은 품질 변화의 지표가 될 수 있을 뿐만 아니라 다양한 산소와 이산화탄소 농도에 따른 산소 소모율과 이산화탄소 생성율 변화의 예측은 최적의 MA 포장 조건의 설계에 활용될 수 있다.

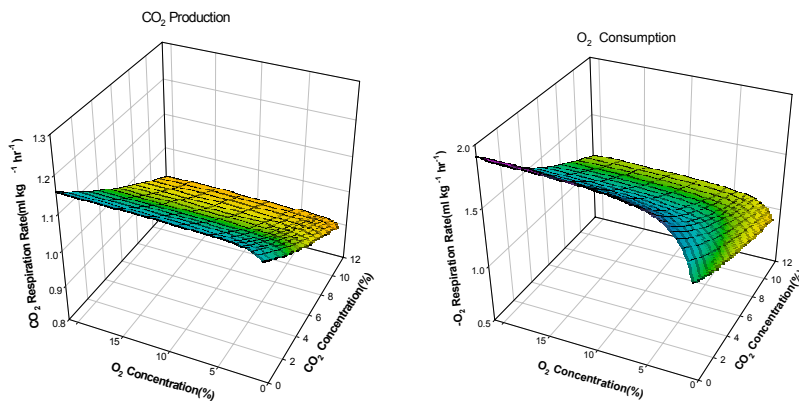


Fig. 3-8. Predicted Respiration rates versus oxygen and carbon dioxide concentration for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C.

Fig. 3-8에서 단감 과실은 산소 농도가 5% 이하인 조건에서 호흡량이 크게 감소하므로 산소 농도가 낮을수록 과실의 저장에 유리하지만, 1% 미만에서는 장해과의 발생이 우려되므로, 장기 저장을 위한 MA 포장 설계에서는 장해과의 발생이 없는 수준에서 산소 농도를 최대한 낮게 유지할 필요가 있다. 또한 이산화



탄소 농도는 높을수록 호흡이 억제되나 일반적으로 MA 포장에 광범위하게 사용되고 있는 저밀도 폴리에틸렌 필름은 이산화탄소의 가스 투과도가 산소의 투과도보다 높기 때문에 이산화탄소의 축적은 크게 일어나지 않는다. 0℃에서 저밀도 폴리에틸렌 필름의 두께에 따른 산소와 이산화탄소의 기체 투과율을 조사한 결과에 의하면(Fig. 3-9), 저밀도 폴리에틸렌 필름의 기체 투과율은 포장의 두께에 반비례하며(식 9, 10), 이산화탄소의 투과율은 산소 투과율보다 약 5배 높음을 알 수 있다.

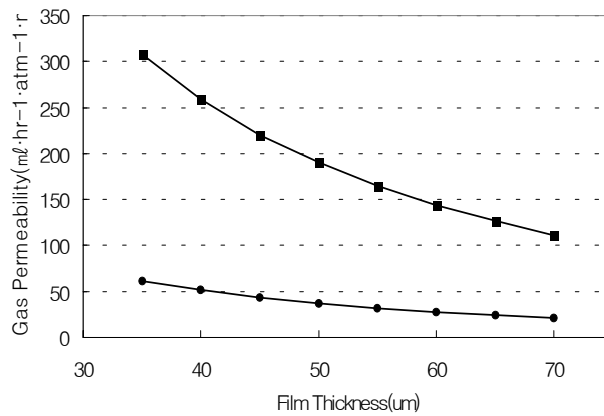


Fig. 3-9. Oxygen and carbon dioxide gas permeability of low-density-polyethylene film at 0℃. Circles and squares represent oxygen and carbon dioxide, respectively.

$$SP_{O_2} = (0.2814 * 1/L) - 0.0019 \quad (9)$$

$$SP_{CO_2} = (1.3742 * 1/L) - 0.0085 \quad (10)$$

단,  $SP_{O_2}$ 는 film의 산소 투과율,  $SP_{CO_2}$ 는 film의 이산화탄소 투과율, L은 포장지 두께.

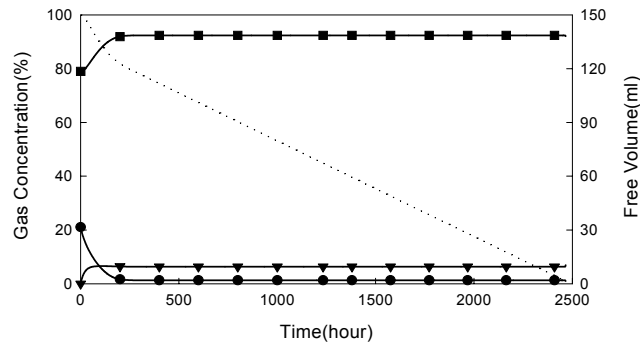


Fig. 3-10. Predicted package atmosphere of permeable package for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C. Package have 250g persimmon fruits with initial free volume of 150ml, surface area of 0.02m<sup>2</sup> and film thickness of 55μm LDPE. Solid lines and dotted line are estimated gas compositions and free volumes, respectively. (Circles : oxygen, squares : nitrogen, triangles : carbon dioxide)

Fig. 3-10은 250g의 단감을 표면적 0.02m<sup>2</sup>인 55μm 저밀도 폴리에틸렌 필름에 밀봉하여 0°C에 저장하였을 때 포장내 가스 조성의 변화와 공기량의 변화를 식 11-16에 의해 예측한 결과이다.

$$\frac{[O_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SP_{O_2}(0.21-[O_2]/100)}{VL} - \frac{W \times R_{O_2}}{V} \right\} \quad (11)$$

$$\frac{[CO_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SP_{CO_2}(0.00-[CO_2]/100)}{VL} + \frac{W \times R_{CO_2}}{V} \right\} \quad (12)$$

$$\frac{dV_{O_2}}{dt} = \frac{SP_{O_2}(0.21-[O_2]/100)}{L} - W \times R_{O_2} \quad (13)$$

$$\frac{dV_{CO_2}}{dt} = \frac{SP_{CO_2}(0.00-[CO_2]/100)}{L} + W \times R_{CO_2} \quad (14)$$

$$\frac{dV_{N_2}}{dt} = \frac{SP_{N_2}(0.79-[N_2]/100)}{L} \quad (15)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV_{O_2}}{dt} + \frac{dV_{CO_2}}{dt} + \frac{dV_{N_2}}{dt} \quad (16)$$

단, [O<sub>2</sub>]는 포장내 산소농도(%), [CO<sub>2</sub>]는 포장내 이산화탄소농도(%), [N<sub>2</sub>]는 포장내 질소농도(%), SP<sub>O<sub>2</sub></sub>는 산소의 포장지 투과율, SP<sub>CO<sub>2</sub></sub>는 이산화탄소의 포장지 투

과율,  $SP_{N_2}$ 는 질소의 포장지 투과율,  $L$ 는 포장지 두께,  $R_{O_2}$ 는 산소소비 호흡속도,  $R_{CO_2}$ 는 이산화탄소발생 호흡속도,  $t$ 는 경과시간,  $a$ 와  $b$ 는 시간에 따라 산소와 이산화탄소의 농도변화를 설명하는 계수,  $W$ 는 과중,  $V$ 는 포장내의 총부피,  $V_{O_2}$ ,  $V_{CO_2}$ ,  $V_{N_2}$ 는 각각의 공기가 차지하는 포장내 부피.

#### 4. 저장 전처리 방법의 개발

##### 가. 예냉 조건의 구명

단감의 MA 저장 중 저장 장애의 발생 여부는 수확 후 저장고 입고 전의 과실의 호흡량과 밀접한 관련이 있으며 과실의 호흡량은 전처리 온도 조건의 영향을 크게 받는다. 또한 단감 생산에 소요되는 노동력의 대부분은 수확 및 저장고 입고의 짧은 기간에 집중되어 있으며 전처리 기간은 이러한 노동력 수요의 분산에도 활용될 수 있을 것이다. 그러나 부적절한 전처리 (예냉) 조건은 저장 중 장애과의 발생을 유발할 뿐만 아니라 수분 손실로 인한 과중의 감소를 초래하므로 중량 기준으로 판매되는 단감의 수익성 감소를 유발할 수도 있다. 따라서 본 실험에서는 최적 예냉 온도 및 기간 설정을 위한 조사를 수행하였으며 이를 호흡량 및 저장 중 장애과 발생과 관련하여 조사하였다.

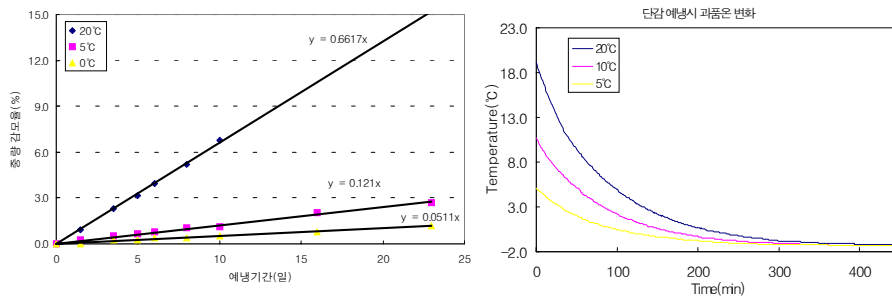


Fig. 4-1. The change of weight loss and temperature of fruits during precooling in persimmon fruits.

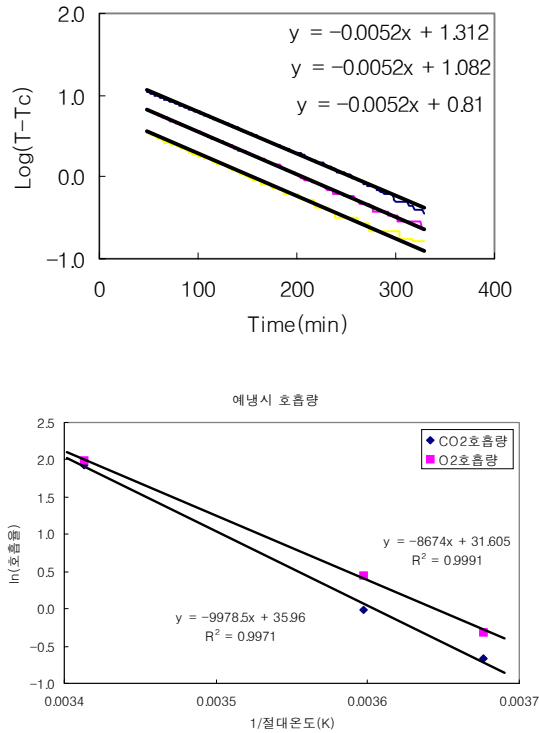


Fig. 4-2. The prediction of respiration rate according to precooling temperature in persimmon fruits.

Table 3. The parameters for prediction of respiration rate during precooling.

	R0	Ea	R2
CO <sub>2</sub> 호흡량	1.92E+16	86.66	0.9998
O <sub>2</sub> 호흡량	2.28E+14	75.66	0.9982

#### 나. 예냉 조건과 저장 장해 과실의 발생

예냉 처리의 영향을 받는 장해의 유형은 특히 얼룩 과실의 발생으로서, 예냉 처리 온도 및 기간을 달리하였을 때 저장 후 장해과실의 발생은 처리 온도가 낮을 경우에는 처리기간이 길수록 그리고 온도가 높을 경우에는 처리기간이 짧을수록 낮아지는 경향을 보였다(Tab. 4). 따라서 수확 직후 저장고 입고 전 과실의 상태는 얼룩 과실의 발생에 큰 영향을 미치며 과실의 수분 함유 상태 및 저온 스트레스가 주된 요인으로 생각되는데, 저장 장해의 발생과 수확기 노동력 수요의 분

산을 고려할 때 단감의 최적 예냉 처리 조건은 0C에서 20일 내외일 것으로 생각된다.

Table 4. Difference of disorder incident according to precooling conditions 120 days after storage in persimmon fruits.

days to precool	precooling temp. (°C)	browned	stained	blackened	softened	rot	normal
1	0	0.0	68.8	0.0	4.2	18.8	16.7
	5	2.0	62.7	0.0	2.0	21.6	19.6
	20	2.0	8.2	0.0	2.0	16.3	71.4
5	0	0.0	58.8	0.0	0.0	17.6	38.2
	5	2.7	56.8	0.0	0.0	16.2	29.7
	20	2.6	0.0	10.5	34.2	7.9	55.3
10	0	0.0	38.1	0.0	7.1	19.0	35.7
	5	2.4	28.6	0.0	7.1	16.7	50.0
	20	2.4	2.4	0.0	95.2	0.0	0.0
23	0	0.0	3.6	10.9	0.0	7.3	78.2
	5	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

## 5. MA 저장 방법의 개선

### 가. 포장 단위별 저장중 저장 장애과 발생율

과실의 포장 단위를 달리함에 따라 병해 및 장애 과실 발생 비율에 차이를 보였으며 관행적인 5개 포장에 비하여 날개 포장시에는 갈변 과실의 발생을 현저히 감소시킬 수 있었다(Tab. 5). 그러나 흑변 또는 병해 과실의 발생은 날개 포장에서 발생율이 높은 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 관행적 5개 포장 조건과 동일한 포장 조건을 날개 포장에 적용시킨데에 원인이 있는 것으로 보인다. 최적의 날개 포장 조건을 별도로 설정하여 흑변등의 장애 발생을 억제시킬 경우 날개 포장시에는 장애 과실의 선별적 제거가 용이하고 소비자 선호도가 높아 상품성이 향상되는 등의 장점이 있다.

Table 5. Difference of disorder incident according to fruit number in a bag(%)

Fruit no.	90 days after storage					120 days after storage				
	black-ened	brow-ened	rot	soft-ened	normal	black-ened	brow-ened	rot	soft-ened	normal
1	0.0	0.0	0.0	0.0	100	11.5	0	30.8	0	61.6
2	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0.0	6.3	12.5	6.3	75.0
3	0.0	24.6	3.5	0.0	73.7	1.9	24.1	13.0	3.7	57.3
5	0.0	21.4	0.0	14	77.2	0.0	20.0	14.0	12.0	54.0

#### 나. 단감 과실의 최적 MA포장 조건의 도출

Tab. 6은 위의 호흡량 예측 결과를 토대로 하여 0℃에서 포장 내 가스 조성이 평형 상태에 도달하였을 때 film 두께별 산소와 이산화탄소의 농도를 예측한 값이다. 최적의 MA 포장 조건은 평형 상태에서 산소와 이산화탄소의 농도를 기준으로 설정할 수 있다. 단감 저장 시 1% 미만의 산소 농도 조건에서는 무기 호흡에 따른 이취나 생리 장해과의 발생이 예상되므로 포장 내 산소 농도를 1% 이상으로 유지할 필요가 있다. 그러나 산소 농도가 지나치게 높을 경우에는 단감의 호흡 억제 효과가 크지 않을 뿐만 아니라 곰팡이 등 미생물의 발생이나 과피 흑변과의 발생이 우려된다. 따라서 Tab. 6의 값들을 기준으로 과중별 과실의 크기를 고려하였을 때 최적의 MA 포장 조건은 Tab. 7과 같다.

Tab. 7의 조건에 따라, 250g의 단감 과실을 두께별 LDPE film에 날개로 포장하여 0℃에 저온 저장 후 저장 중 장해과 발생을 조사하였다(Tab. 8). 저장 기간이 경과할수록 장해과의 발생은 증가하였으며, 예상한 바와 같이 상대적으로 얇은 두께의 포장지에서는 흑변과의 발생이 많고, 포장지의 두께가 두꺼울수록 갈변과의 발생이 많았다. 이는 흑변과의 원인이 과실내 폴리페놀의 산화와 관련이 있으며 상대습도가 높은 조건에서 산소의 농도가 높으면 발생이 증가한다는 연구결과와 일치한다. 한편 갈변 과실은 저산소 조건에서 무기 호흡의 증가와 관련이 있을 것으로 생각되며 film이 두꺼울수록 발생율이 높았다. 따라서 Tab. 7에 제시된 조건은 단감의 최적 MA 포장 조건으로 판단된다.

Table 6. Estimates package atmosphere of permeable package for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C. (unit : %)

Film thickness	Gas	Weight(g)				
		150	200	250	300	350
45.0 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	7.3	4.7	2.9	2.0	1.4
	CO <sub>2</sub>	5.0	5.5	5.8	6.1	6.3
47.5 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	6.1	3.5	2.1	1.4	1.0
	CO <sub>2</sub>	5.2	5.6	6.0	6.3	6.5
50.0 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	5.1	2.7	1.5	1.1	0.8
	CO <sub>2</sub>	5.3	5.8	6.2	6.4	6.7
52.5 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	4.5	2.2	1.3	0.9	0.7
	CO <sub>2</sub>	5.5	6.0	6.3	6.6	6.9
55.0 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	3.4	1.6	1.0	0.7	0.6
	CO <sub>2</sub>	5.6	6.1	6.5	6.8	7.0
57.5 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	2.7	1.3	0.8	0.6	0.5
	CO <sub>2</sub>	5.8	6.3	6.7	7.0	7.2
60.0 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	2.1	1.0	0.7	0.5	0.4
	CO <sub>2</sub>	5.9	6.5	6.9	7.2	7.4
65.0 $\mu$ m	O <sub>2</sub>	1.2	0.6	0.5	0.4	0.3
	CO <sub>2</sub>	6.3	6.8	7.2	7.5	7.8

Table 7. Optimum MA package condition for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C.

Weight (g)	Package condition			Permeabilities ( $\text{ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )		Material
	Width (cm)	Length (cm)	Thickness ( $\mu$ m)	Oxygen	Carbon dioxide	
150	12.5	14.0	65.0	24.3	126.4	LDPE
200	13.0	14.5	57.5~60.0	29.9~27.9	154.0~144.0	"
250	13.5	15.0	52.5~55.0	34.6~32.2	176.8~164.9	"
300	14.0	15.5	47.5~50.0	40.2~37.3	204.3~189.8	"
350	14.5	16.0	45.0~47.5	43.5~40.2	220.4~204.3	"

Table 8. Effect of film thickness on the peel browning and fresh browning fruits of the 'Fuyu' persimmon fruits during MAP\* storage at 0°C.

Film thickness ( $\mu\text{m}$ )	90 day in storage		150 day in storage	
	Peel browning	Fresh browning	Peel browning	Fresh browning
40	22	-	55	-
50	-	-	17	-
60	-	10	-	20
70	-	53	-	84

\* Package have 250g persimmon fruits with surface area of 0.02m<sup>2</sup>.

Tab. 9는 저장 중 자연 진공 밀착 포장 조건이 형성된 경우와 그렇지 않은 경우에서 흑변과와 부패과 발생율의 차이를 나타내었다. 열접착이 완벽한 포장은 Fig. 10에서와 같이 저장 중 포장 내 free-volume이 감소하여 자연적으로 진공 밀착이 형성된다. 그러나 열접착이 불완전 포장은 외부 공기의 유입으로 인해 진공 밀착 현상이 나타나지 않으며 포장 내 산소 농도가 낮아지지 않으므로 최적의 MA 조건이 형성되지 않음에 따라 저장 중 흑변과와 미생물에 의한 부패과의 발생이 증가한다. 저장 중 진공 밀착의 형성 여부는 육안으로 쉽게 판별되며 저장 기간 중에 진공 밀착이 형성되지 않는 불량 포장을 장해 발생 전에 조기에 선별하여 재포장할 경우 저장 손실율을 크게 줄일 수 있을 것이다.

Table 9. Effect of vacuum on the disorder and decay incident of the 'Fuyu' persimmon fruits during MAP\* storage at 0°C.

Package state	90 days after storage			120 days after storage		
	Disordered	Decayed	Normal	Disordered	Decayed	Normal
Vacuum	0.0	0.0	100	11.5	20.8	71.6
Non-Vacuum	33.3	6.7	60.0	35.7	32.9	38.6

#### 다. 단감 과실의 MA 포장 방법에 따른 품질의 변화

MA 저장시 포장 내에 형성되는 저산소, 고이산화탄소 조건은 과실의 호흡 및 미생물의 증식에 영향을 미침으로써 과실의 품질 유지에 효과적이며, 이러한 조



건이 저장 초기부터 안정적으로 유지되는 0.05mm, 0.06mm의 5개 포장 처리가 다른 처리구에 비해 높은 과육의 경도를 유지하였다(Fig. 5-1). 그러나 0.05mm, 0.06mm 5개 포장은 장기 저장시 저산소, 고이산화탄소의 영향으로 인해 갈변과의 발생이 많았고 특히 이산화탄소 농도가 높은 5개 열접착 포장구에서 갈변과 발생율이 높게 나타났다. 반면 0.03mm 5개 포장이나, 1개 포장에서는 과피 흑변과의 발생이 많았다(Fig. 5-2).

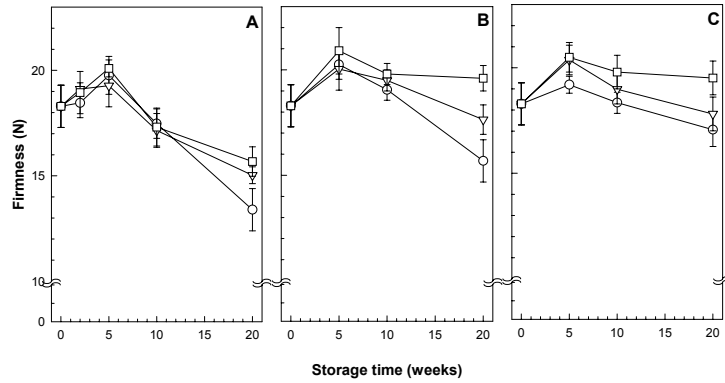


Fig. 5-1. Changes in fresh firmness of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C. (A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate  $\pm$ SD.

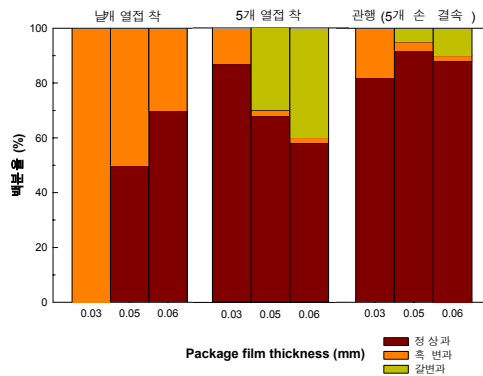


Fig. 5-2. Effect of heat-sealed bags of one fruit (A), heat-sealed bags of five fruits (B), tie-sealed bags of five fruits (C) in 0.03 mm, 0.05 mm or 0.06 mm thickness of LDPE films on the peel browning and fresh browning of the 'Fuyu' persimmon fruits after 20 storage-weeks at 0°C.

이는 앞서 언급한 바와 같이 저산소, 고이산화탄소 조건에서는 무기 호흡으로 인해 에탄올과 아세트알데히드의 축적이 많아 과육 갈변과의 발생이 높은 반면에 상대적으로 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 처리구에서 과피 흑변과와 부패과 발생이 많다는 주장과 일치한다.

#### 라. 단감 과실의 MA 날개 포장 유통

MA 날개 포장을 적용하여 단감을 저장 및 출하하였을 때 관행적인 5개 포장 또는 대포장에 비하여 저장 후 건전 과실의 비율이 높을 뿐만 아니라 (Tab. 10), 상품성이 크게 향상되어 백화점 등 고급 판매망을 통한 판매가 용이하고 판매 가격이 관행적 방법에 비하여 4배 높은 것으로 나타났다.

Table 10. Disorder Incident 120 days after storage (%)

	firmness(N)	browned	blackened	softened	normal
one fruit packing	19.1	2.5	7.5	10	80
5 fruit packing	19.7	7.5	2.5	17	73
10kg fruit packing	18.2	11.5	2.5	16	70



- 수취가격 : 개당 1,500~2,500원(관행의 4배 이상)
- 판 매 처 : 신세계, 롯데, 현대, 뉴코아 백화점 등

#### 마. 노동력 절감을 위한 포장 보조제의 이용 및 MSA 처리의 효과

국내에서 단감은 PE film 포장에 의한 MA 저장 방법이 관행적으로 이용되고 있으나, 포장 작업에 많은 노동력이 소요되는 문제점이 있어서 노동력 절감을 위한 포장 방법의 개선이 요구된다. 따라서 포장 보조제의 이용에 의한(Fig. 5-3)

노동력 절감 효과를 조사함과 아울러 포장 보조제에 기능성 물질로써 MSA(methyl salicylate)를 첨가하였을 때 저장 장애 및 병해 방지 효과를 분석하였다. MSA는 휘발성 물질로써 식물 조직에 흡수되어 SA(salicylic acid)로 전환되며, SA는 식물의 병 저항성을 유도하는 물질로 알려져 있다.

포장 작업 과정에서 포장 보조제를 삽입하여 과실을 포장할 경우 관행적인 포장 방법에 비하여 작업 시간이 약 40% 절감되는 효과를 나타내었다(Fig. 5-4). 또한 포장 보조제에 MSA를 첨가하였을 때 과육의 경도 변화에 영향을 미치지 않는하였으며(Fig. 5-5), 고농도 처리시에는 저장 장애 및 병해 발생 억제 효과가 나타나지 않았으나 포장 당 5ul 내외의 소량 처리 시에는 뚜렷한 억제 효과를 관찰할 수 있었다. 고농도 처리 시에는 MSA에 의한 스트레스로 인해 오히려 저장 장애와 병해의 발생이 증가하는 것으로 생각된다(Fig. 5-6).

한편 단감의 MA 저장 후기에는 병해로 인한 손실이 약 40%에 이르는 것으로 알려져 있는데, MSA는 병해 발생의 경감을 위하여 효과적으로 활용될 수 있고 포장 보조제의 활용은 포장 작업 중 노동력 절감의 효과와 아울러 MSA 등과 같은 기능성 물질의 첨가를 용이하게 할 것이다.



Fig. 5-3. MA package of fruit using packing supplement.

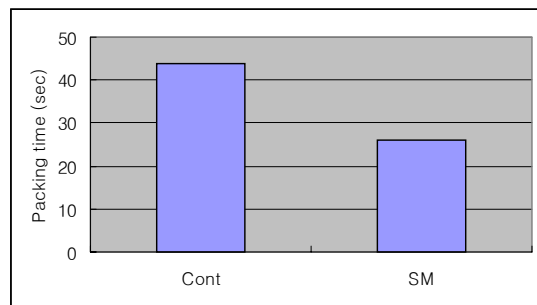


Fig. 5-4. The comparison of packing-required time between conventional and packing supplement (SM) using method

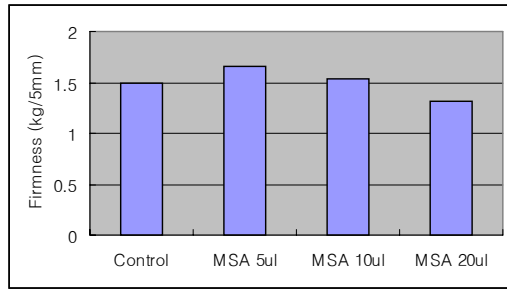


Fig. 5-5. The effects of MSA treatment on fruit firmness in persimmon fruits.

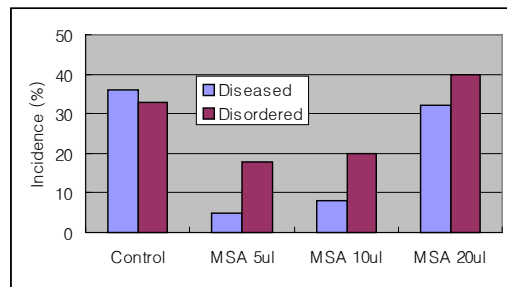


Fig. 5-6. The effects of MSA treatment on incidence of diseased and disordered fruit in persimmon fruits.

## 6. 저비용 CA 저장 기술의 개발

### 가. 혼합 가스를 이용한 저비용 CA 저장 방법

Fig. 6-1은 저장실내 공기를 1일 1.5회 치환시키는 조건으로 3%의 산소를 함유하는 질소 가스를 연속 공급하였을 때, 용기내 산소 및 이산화탄소 농도가 장기간 안정적으로 유지됨을 보인다. 저장 용기에 밀폐된 과실은 호흡 과정에 의해 산소를 소모하고 이산화탄소를 배출함에 따라 용기내에는 산소 농도의 감소와 함께 이산화탄소의 축적이 유도된다. 이 때 일정 농도의 산소를 함유하는 질소 가스를 저유속으로 연속 공급할 경우 일정 농도의 저산소 및 고이산화탄소 조건의 유지가 가능함을 예상할 수 있다.

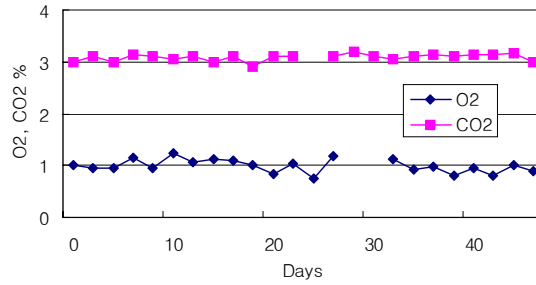


Fig. 6-1. The change of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in storage chamber continuously supplied with mixed gas containing 3% oxygen

산소 농도 1% 또는 3%를 함유하는 질소 가스를 저장 용기 내 공기를 1.5일당 1회 (HF 조건) 또는 3일당 1회 (LF 조건) 치환하는 유속으로 연속 공급하면서 단감 과실의 CA 저장 중에 저장 용기내 산소 및 이산화탄소 농도를 경시적으로 측정된 결과 저장 개시 약 20일 이후에는 산소 농도가 일정하게 안정적으로 장기간 유지됨을 확인할 수 있었다(Fig. 6-2). 산소 농도는 질소 가스의 산소 농도 또는 유속에 관계없이 대략 1% 농도를 유지한 반면, 이산화탄소 농도는 유속이 낮을수록 그리고 산소 농도가 높을수록 높게 유지되었다.

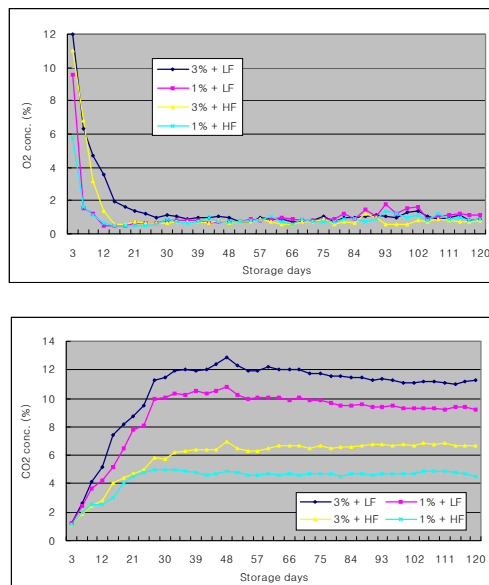


Fig. 6-2. The change of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in storage chamber during storage of persimmon fruit using simple CA system.

한편 120일간의 CA 저장 후 과육의 경도를 비교한 결과 CA 조건에 따른 큰 차이를 보이지는 않았으며(Fig. 6-3), 관행적인 MA 저장 과실에 비하여도 높은 수준의 경도를 유지하였다(Fig. 6-4). 그러나 저장 병해의 발생은 MA 저장 방법에 비하여 현저히 감소하였으며 (Fig. 6-5) 저장 장해과의 발생은 CA 조건에 따라 큰 차이를 보여서 이산화탄소 농도가 높게 유지된 산소 농도 1 또는 3%의 저유속 (LF) 조건에서 높은 발생률을 보였다(Fig. 6-6). 이러한 결과는 CA 저장에 의해 단감의 장기 저장 중 저장 장해 및 병해의 발생을 감소시킬 수 있음을 보이며 간이 CA system은 단감 과실의 CA 저장에 실용적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

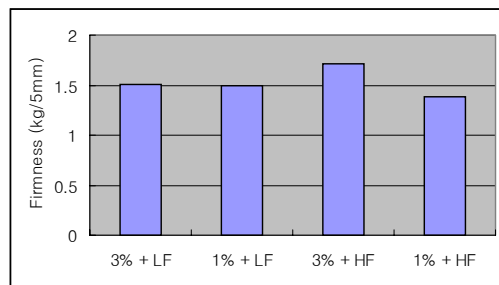


Fig. 6-3. The flesh firmness of fruits stored by various conditions of simple CA system.

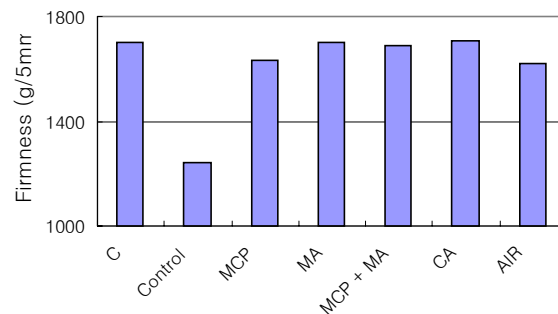


Fig. 6-4. The comparison of flesh firmness in persimmon fruits stored by various storage method. C: immediately after harvest, Control: LT storage, MA: MA storage, CA: simple CA storage, AIR: simple CA with air, MCP: MCP treatment

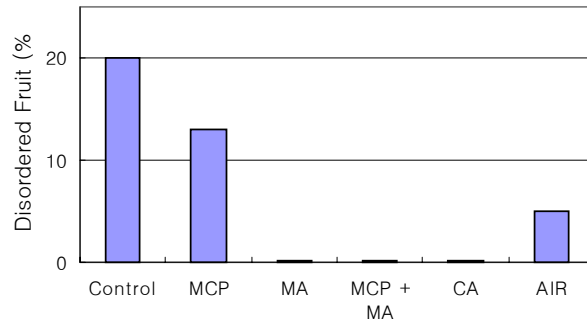


Fig. 6-5. Incidence of disordered fruits in persimmon fruits stored by various storage method. Control: LT storage, MA: MA storage, CA: simple CA storage, AIR: simple CA with air, MCP: MCP treatment

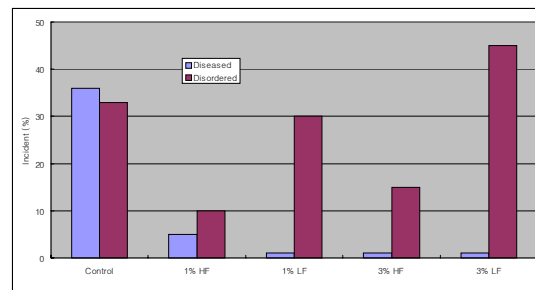


Fig. 6-6. Difference of diseased and disordered fruits according to the condition of simple CA system.

#### 나. 호흡량 예측 수식을 이용한 CA 저장실내 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도의 예측

위에서 얻은 단감의 호흡량 예측 수식을 기준으로 하여 저장실에 공기를 연속 공급할 때 저장실내 산소 및 이산화탄소 농도를 예측하기 위한 수식을 작성하였다(Tab. 15). 이 때 저장실내 가스 농도는 과실의 호흡량과 함께 저장실내 공기량 및 적재 과실량, 초기 가스 농도, 공기 유입 속도, 경과 시간등에 의해 결정되며, 이들을 변수로 하여 저장실내 공기 조성이 평형 상태에 있다고 가정하였다.

Table 11. The equation to predict gas concentration in simple CA system.

예측 수식	
O <sub>2</sub> conc. hours after	$[(v \times c_{O_2} \times 0.01 + f \times h \times 0.2 - r_{O_2} \times w \times h) / (v + f \times h)] \times 100$
CO <sub>2</sub> conc. hours after	$[(v \times c_{CO_2} \times 0.01 + f \times h \times 0.2 - r_{CO_2} \times w \times h) / (v + f \times h)] \times 100$
Fruit wt.	= w kg
Flow rate	= f ml/h
CO <sub>2</sub> conc.	= cCO <sub>2</sub> %
CO <sub>2</sub> production	= rCO <sub>2</sub> ml/kg/h
Void volume	= v ml
O <sub>2</sub> conc.	= cO <sub>2</sub> %
O <sub>2</sub> consumption	= rO <sub>2</sub> ml/kg/h

작성된 수식을 Excel program에 적용하여 여러 조건에서 simulation한 결과 저장실내 산소 및 이산화탄소 농도는 일정 시간 경과 후 평형 상태에 이르러 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있었으며 (Fig. 6-7), 이 때 공기의 유입 속도를 증가시킬수록 저장실내 산소 농도는 높게, 이산화탄소 농도는 낮게 유지되어서, 공기의 유입 속도를 조절함으로써 특정의 CA 조건의 유지가 가능하였다.



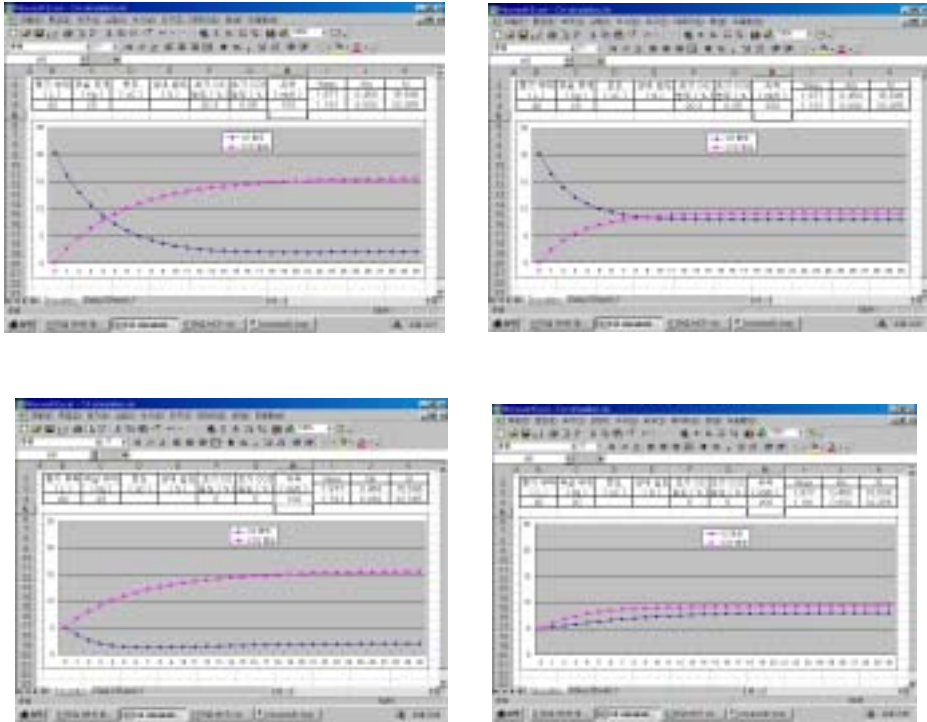


Fig. 6-7. Prediction of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in various condition of simple CA system. upper figures: initiated with air condition, lower figures: initiated with 5% O<sub>2</sub> and 5% CO<sub>2</sub>, left figures: air flow rate 100ml/h, right figures: air flow rate 200ml/h.

한편, 과실의 호흡량을 기준으로 수식에 의해 예측되는 저장실내 산소 및 이산화탄소 농도를 실측치와 비교하였을 때, 예측치와 실측치간에는 약간의 오차가 관찰되었으며 (Fig. 6-8,9) 이는 아마도 수식의 작성을 위하여 호흡량을 측정된 조건과 실제 저장에 이용된 조건에 있어서 온도 및 과실의 성숙 상태등의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 위에서 수식에 의한 simulation에서와 마찬가지로 과실을 이용한 실제 저장에 있어서도 공기를 일정 유속으로 지속적으로 유입시킬 때 일정 시간 경과 후 저장실내 산소 및 이산화탄소 농도는 평형 상태에 이르는 것으로 관찰되었으며, 또한 본 실험 조건에서 CA 저장된 과실의 품질(과육의 경도 및 장해 발생률)을 조사한 결과 관행의 MA 저장 방법과 비교하여 큰 차이가 없었다(Fig. 6-10).

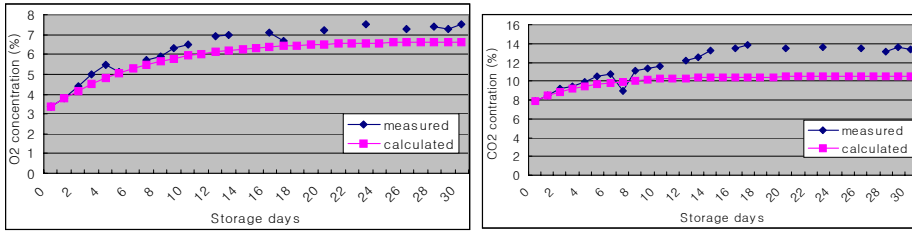


Fig. 6-8. The comparison of measured and predicted gas concentration during simple CA storage of persimmon fruit. Storage was initiated with 3.4% O<sub>2</sub> and 7.9% CO<sub>2</sub> with 170ml/h flow rate of air.

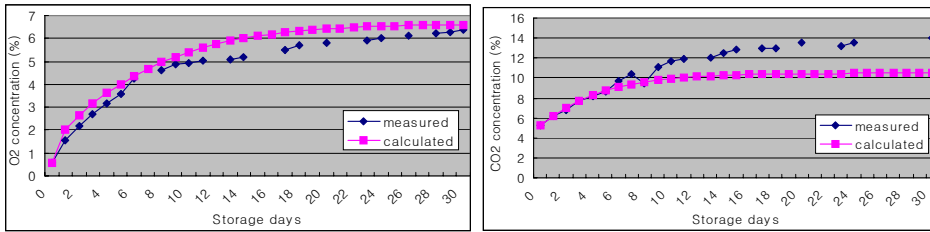


Fig. 6-9. The comparison of measured and predicted gas concentration during simple CA storage of persimmon fruit. Storage was initiated with 0.6% O<sub>2</sub> and 5.2% CO<sub>2</sub> with 170ml/h flow rate of air.

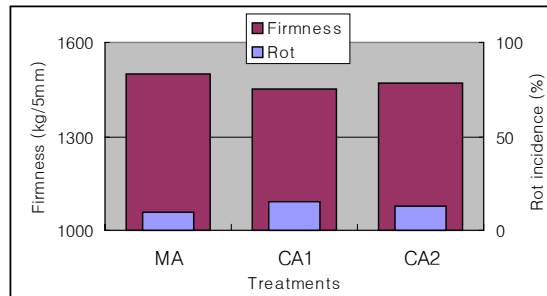


Fig. 6-10. The difference of flesh firmness and rot incident in persimmon fruits stored by simple CA system. MA: MA-stored fruits, CA1: fruits of Fig. 6-8, CA2: fruits of Fig. 6-9.

#### 다. 공기를 이용한 저비용 CA 저장 방법

비단 혼합 가스를 이용하였을 때 뿐만 아니라 공기를 일정한 유속으로 저장실에 유입시켰을 때에도 CA 조건의 유지가 가능할 것이라는 가정을 세울 수 있으

며 본 실험에서는 100kg의 과실을 360L의 저장실에 간이 CA 저장하면서 저장실 내 가스 농도의 변화를 측정하여 위의 예측 수식에 의해 산출되는 예측치와 비교함으로써 이러한 가정을 확인하였다. 저장실내 산소 및 이산화탄소의 농도는 약 40일 이후에 평형 상태에 이르며 공기 유입 속도가 빠를수록 산소 농도는 높게 유지되고 이산화탄소 농도는 낮게 유지됨을 확인할 수 있었다(Fig. 6-10,11). 한편, 공기의 유입 속도에 따른 장해과 발생을 및 과육의 경도를 조사한 결과 공기의 유입 속도가 높아 저장실내 산소 농도가 높을수록 과실의 연화가 심하며 산소 농도가 낮은 조건에서는 갈변과의 발생이 심하였다(Fig. 6-12).

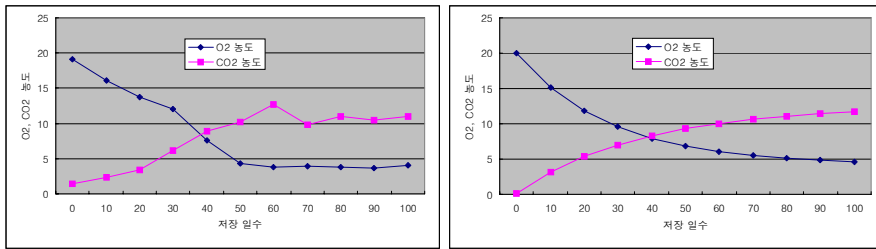


Fig. 6-10. Measured (left) and predicted (right) gas concentrations during storage of persimmon fruit in simple CA system with 600ml/h flow rate of air.

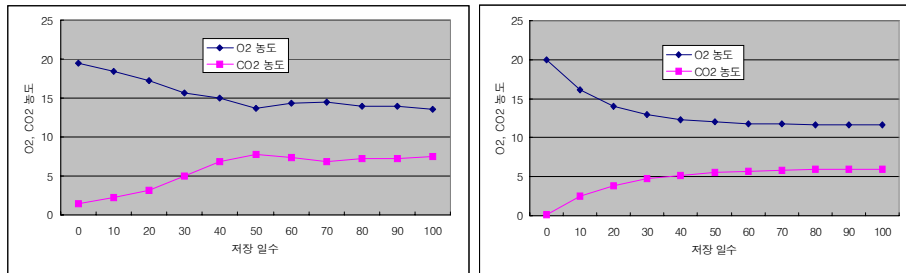


Fig. 6-11. Measured (left) and predicted (right) gas concentrations during storage of persimmon fruit in simple CA system with 1500ml/h flow rate of air.

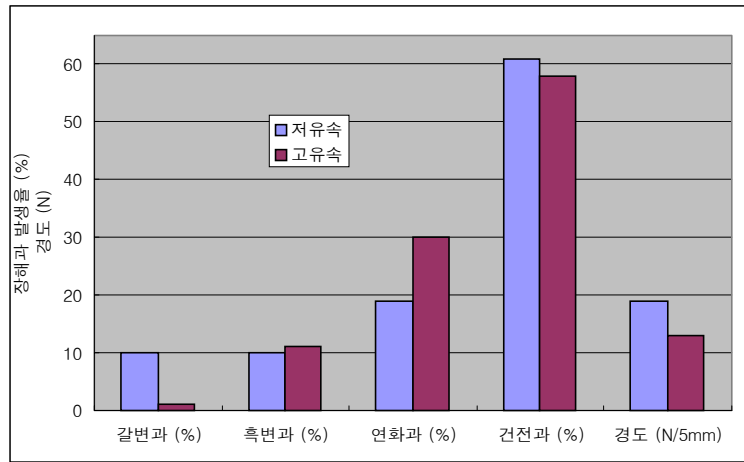


Fig. 6-12. Disorder incident in fruits stored by simple CA system.

## 제 4장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

연구 개발 목표	수행내용	달성도
<p>- 수출 단감의 최적 MA포장 방법 개발</p>	<p><b>MA 저장 방법의 개선:</b> 포장 내의 산소 및 이산화탄소 농도는 과실의 호흡량, 과실의 중량, 포장 film의 재질 및 두께에 따른 가스 투과도, 포장 film의 표면적, 포장 초기의 포장 내 공기량(free volume), 포장의 밀봉 방법 등에 의해 결정되므로 단감 과실의 최적 MA 포장을 위한 조건을 구명하였다.</p> <p><b>저장 장애 발생의 예측:</b> 정상 과실의 경우 조직 내 에탄올 및 아세트알데하이드 농도는 각각 200ppm 및 10ppm 이하이며 이를 초과할 경우 향후 저장 장애의 발생을 예측할 수 있음을 구명하였다.</p>	<p>달 성</p>
<p>- CA 기술 개발을 위한 과실 특성분석</p>	<p><b>단감의 호흡 특성:</b> 다양한 산소와 이산화탄소 농도 조건에서의 과실의 호흡량은 enzyme kinetics에 적용되는 비경쟁적 저해의 Michaelis-Menten 방정식에 의해 표현될 수 있으므로 이에 따른 호흡량 예측 수식을 작성하였다</p>	<p>달 성</p>

연구 개발 목표	수행내용	달성도
- 단감의 저장 장해 발생 원인 및 기작 구명	<b>과육의 연화:</b> 단감 과실의 과육 연화 현상은 에틸렌에 의한 각종 세포벽 분해 효소의 활성화와 밀접한 관련이 있었으며, 에틸렌의 작용 억제는 과육 연화 지연에 효과적임을 밝혔다. <b>과육의 갈변과 흑변:</b> 과육의 갈변은 적정 농도 범위를 벗어난 저산소 및 고이산화탄소 농도 조건에서 발생이 심하게 나타나고 과피 흑변 현상은 과피 조직의 페놀 화합물의 산화와 관련이 있으며, 과육의 갈변 현상과는 달리 흑변은 저장 중 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 심하게 발생함을 구명하였다. <b>저장 전처리:</b> 단감의 최적 예냉 처리 조건은 0C에서 20일 내외임을 구명하였다.	달 성
- 단감의 최적 유통 기술개발	<b>MA 저장 방법의 개선:</b> 날개 포장에 의해 저장 손실을 줄일 수 있으며 상품성을 향상시킬 수 있음을 구명하였다.	달 성
- 저비용 CA 저장 방법의 개 발	<b>저비용 CA 저장 방법:</b> 간이 CA 저장 방법에 의해 단감의 저장 중 저장 장해 및 병해의 발생을 감소시킬 수 있음을 구명하였다.	달 성

연구 개발 목표	목표 달성도	달성도
- 단감 저장기 술의 실용화 및 실증	<b>MA 저장:</b> 최적 조건의 MA 포장을 통하여 관행적인 방법에 비하여 단감 과실의 저장 중 장해 발생을 감소시키고 상품성을 향상시킬 수 있는 실용적 기술을 개발하였다. <b>CA 저장:</b> 간이 CA 저장 기술을 통하여 단감 과실의 CA 저장이 가능하나 실용적 이용을 위하여는 기술적 보완이 필요하다.	달 성

## 제 2절 관련분야 기술발전의 기여도

단감 과실에서 구명된 저장 장애 발생 원인의 구명은 단감 이외 다른 과실의 저장 장애 발생의 원인을 이해하는 기초 자료로 활용될 수 있다. 또한 호흡량을 예측하기 위한 수식의 작성은 단감 과실의 저장 기술 개선에 활용될 수 있으며 다른 원예 산물에도 적용될 수 있다.

## 제 5장 연구개발결과의 활용계획

### 1. 추가연구의 필요성

(해당사항 없음)

### 2. 타연구에의 응용

단감 이외의 과실에 대한 저장 장애 발생 원인 구명 및 저장 기술 개발에 활용 가능하다.

### 3. 기업화 추진방안

농협, 농수산물 유통공사 등의 기관이나 농민 단체 등을 통하여 개발된 기술을 농민이 실용적으로 이용할 수 있도록 기술 이전한다.



## 제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술 정보

(해당사항 없음)

## 제 7장 참고문헌

- Aharoni, Y. 1968. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. *Plant Physiol.* 43 : 99 - 108
- Baker, R. O., Qureshi, R. A. and Hotchkiss, J. H. 1986. Effect of an elevated level of carbon dioxide containing atmosphere on the growth of spoilage pathogenic bacteria at 2°C, 7°C, and 13°C. *Poultry Sci.* 65 : 729 - 736
- Ben-Arie, R., Bazak, H. and Blumenfeld, A. 1986. Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits. *Acta Hort.* 179: 807-813
- Ben-Arie, R., Zutkhi, Y., Sonogo, L. and Klein, J. 1991. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biology and Technol.* 1: 169-179
- Ben-Arie, R. and Zutkhi, Y. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *Hort. Sci.* 27: 811-813
- Ben-Yehoshus, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film-A postharvest technique. *Hort Science* 20(1) : 32 - 39
- Brecht, P. E. 1980. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. *Food Technol.* 34(3) : 45 - 51
- Brakemann, A., J. Streif, and F. Bangerth. 1993. Relationship between a reduced aroma production and lipid metabolism of apples after long-term controlled-atmosphere storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:243-247.
- Choi, S.-J. 1997a. Physiological properties related to flesh browning in 'Fuji' apple fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:250-254.
- Choi, S.-J. 1997b. The effect of ethylene on the fruit flesh browning in Fuyu persimmon. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 4:39-44.
- Clark, D. S. and Lentz, C. P. 1969. The effect of carbon dioxide on the growth of slime-producing bacteria on fresh beef. *Can. Inst. Food Tech. J.* 2 : 72 -78
- Coyne, F. P. 1933. The effect of carbon dioxide on bacterial growth. *Royal Soc. London Proc. Series B.* 113 : 196 - 201
- Dewey, D. H. 1983. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. In "Developments in Food Preservation-2", ed. S. Thorne. P. 1. Applied Sci.

- Pub., London
- Dilley, D. R. 1983. Manipulation of the postharvest atmosphere for preservation of food crops. In "Postharvest Physiology and Crop Preservation", ed. M. Lieberman, p.383, Plenum Pub. Corp., New York
- Dittmer, J.C. and M.A. Wells. 1969. Quantitative and qualitative analysis of lipids. *Methods in Enzymology* 14:482-530.
- Eklund, T. and Jarmund, T. 1983. Microculture model studies on the effect of various gas atmospheres on microbial growth at different temperatures. *J. Appl. Bacteriol.* 55 : 119 - 126
- El-Goorani, M. A. and Sommer, N. F. 1981. Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 3 : 412 - 416
- Fishman, S.V., Rodov, V., Peretz, J. and Ben-Yehoshua, S. 1995. Model for gas exchange dynamics in modified-atmosphere packages of fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 60: 1078-1087
- Gill, C. O. and Tan, K. H. 1980. Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Appl. Env. Microbiol.* 39 : 317 - 322
- Hosoda, H., Nasu, I. 1970. Biochemical studies on postharvest quality changes in vegetables. Report of the national food research institute. 35 : 80 - 91
- Isenberg, M. F. R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. *Hort. Rev.* 1 : 337 - 342
- Kader, A.A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technol.* 51 : 210 - 218
- Kader, A. A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5) : 99 - 106
- Kader, A. A., Zagory, D. and Kerbel, E. L. 1988. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* In Press
- Kader, A.A. 1993. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than pome fruits. *In Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Proceedings*, G.D., Blanpied, J.A. Bartsch, and J.R. Hicks(Ed.), Cornell University, Ithaca, NY. 2: 859-887

- Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruits and vegetables - Unipack : Individually wrapped storage of tomatoes, oriental persimmons and grapefruit, p. 87-99. In : D.G. Richardson and M. Methuik(Editors). Controlled Atmospheres for Storage and Transport of perishable agricultural commodities. Symp. 1, Oregon State University School of Agriculture. Timber Press, Beaverton, OR.
- King, M.M. and O.M. Ludford. 1983. Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:74-77.
- Kinnunen, P.K.J. 1991. On the principles of functional ordering in biological membranes. *Chem. Phys. Lipids* 57:379-399.
- Lee, Y. M., Kwon, O. C., Cho, Y. S., Park, Y. M. and Lee, Y. J. 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(5) : 585-590
- Lipton, W. J. 1975. Controlled atmospheres for fresh vegetables and fruits-Why and When. In "Postharvest Biology and Handling of fruits and Vegetables", ed. N. F. Haard and D. K. Salunkhe. p.130, AVI, Westport, Conn
- Lester, G. 1990. Plasma membrane from muskmelon leaves: Purification and lipid composition during growth at 15 or 30C. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:274-277.
- Lurie, S., L. Sonego, and R. Ben-Arie. 1987. Permeability, microviscosity and chemical changes in the plasma membrane during storage of apple fruit. *Sci. Hort.* 32:73-83.
- Macheix, J., A. Fleuriet, and J. Billot. 1990. Changes and metabolism of phenolic compounds in fruits. In: *Fruit Phenolics*. CRC Press, Boca Raton. pp. 149-237.
- Marangoni, A.G., T. Palma, and D.W. Stanley. 1996. Membranes effects in postharvest physiology. *Postharvest Biol. Technol.* 7:193-217.
- MacRAE, E.A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Experi. Agric.* 15: 333-344

- Marcellin, P. 1977. Use and potential development of controlled atmosphere in the storage of fruits and vegetables. *Intl. Inst. Refrig. Bull.* 59 : 1151 - 1158
- Marcotte, M. 1992. Irradiated strawberries enter the U.S. market. *Food Technol.* 46(5) : 80 - 86
- McKersie, B.D. Jr., J.R. Lepick, J. Kruuv, and J.E. Thompson. 1978. The effects of cotyledon senescence on the composition and physical properties of membrane lipid. *Biochem. Biophys. Acta* 508:197-212.
- Murata, T. 1990. Relationship of chilling injury stress to membrane permeability. In: C.Y. Wang (ed.) *Chilling injury*. CRC Press. Boca Raton. pp. 201-209.
- Pesis, E., Levi, A. and Ben-Arie, R. 1986 Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. *J. Food Sci.* 51: 1014-1017
- Pesis, E., Levi, A. and Ben-Arie, R. 1988. Role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruits under-various modified atmospheres. *J. Food Sci.* 53: 153-156
- Sacher, J.A. 1973. Senescence and postharvest physiology. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24:197-224.
- Steer, M.W. 1988. Plasma membrane turnover in plant cells. *J. Exp. Bot.* 39:987-996.
- Smock, R. M. 1979. Controlled atmosphere storage of fruits. *Hort. Rev.* 1 : 301 - 306
- Steven, A.S., Tim, E.C. and Judith, J.Z. 1993. Storage Characteristics of 'Fuyu' Persimmons. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 106: 131-134
- Talasila, P.C. and Cameron, A.C. 1997. Free-volume changes in flexible, hermetic packages containing respiring produce. *J. Food Sci.* 62: 659-664
- Tarutani, T. 1965. Studies on the storage of persimmon fruits. *Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University* (in Japanese with English summary). 19: 52-54
- Thompson, J.E. 1988. The molecular basis for membrane deterioration during senescence. In: L.D. Nooden and A.C. Leopold (eds.) *Senescence and Aging in Plants*. Academic Press, San Diego. pp. 52-84.

- Woolf, A.B., E.A. MacRae, K.J. Spooner, and R.J. Redgwell. 1997. Changes to physical properties of the cell wall and polyuronides in response to heat treatment of 'Fuyu' persimmon that alleviate chilling injury. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:698-702.
- Yamaki, S. 1984. Isolation of vacuoles from immature apple fruit flesh and compartmentation of sugars, organic acids, phenolic compounds and amino acids. *Plant cell Physiol.* 25:151-156.
- Yamazaki, T., Suzuki, S.M. and Otake, S. 1988. Color charts: Useful guide to evaluate the fruit maturation. II. Colorimetric specification of Color chart for kaki fruit, cv. 'Hiratanenashi'. *Bul. Fruit Tree Res. Stn. A.* 8: 79-84.

제 4협동과제: 배 수확후 과피이상 증상 원인 구명

원예연구소

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “주요 과실 및 채소류의 수확후 생리장해 방지 및 저장유통 기술 개발” 과제 중(제 4협동과제: ‘배 수확후 과피이상 증상 원인 구명’)의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 7월 27일

주관연구기관명 : 서울대학교  
총괄연구책임자 : 이 승 구  
협동연구기관명 : 원예연구소  
협동연구책임자 : 정 대 성  
연 구 원 : 홍 윤 표



# 요 약 문

## I. 제 목

제 4협동과제: 배 수확후 과피이상 증상 원인 구명

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목적

신고배 저온 저장중 발생하는 탈피과, 얼룩과의 원인 구명 및 방지 기술을 확립하여 저온 저장 농가 애로사항을 해결하고자 한다.

### 2. 필요성

배 수확후 생리장해 및 병해충에 의한 손실은 배 생산량의 20%에 달하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 배 수확후 과피에 발생하는 생리장해인 「배 얼룩과」, 「배 탈피과」에 대한 원인구명을 위한 연구는 시도되었으나 아직 명확한 원인구명이 되어있지 않다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 연구개발 내용

신고배 저온 저장중 얼룩과 발생 원인은 진균류의 일종인 *Gloeodes pomigena*로 확인되었으며 이의 방지를 위하여 저장중 오존가스를 0.1~0.5ppm 처리하면 100% 방지가 가능하다.

신고배 저온 저장중 탈피과 원인은 저장중 변온에 의한 과피의 스트레스로 인한 것이다. 탈피과정의 조직학적 검경을 통한 새로운 이론 제시하면 신고배에서 껍질이 벗겨지는 현상은 과피가 벗겨지는 것이 아니고 최외각층인 코르크

층이 떨어져 나가는 현상으로 이를 decorking으로 명명하였다.

## 2. 연구개발 범위

배 저온 저장중 발생하는 얼룩과와 탈피과의 생리장해 원인을 구명하며 저온저장중 이를 억제하는 기술을 개발하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

연구개발 결과는 농촌진흥청에서 농림부에 시책건의 1건(신고배 저온 저장중 얼룩과 방지를 위한 오존가스 발생기 보급)을 건의하였고, 농촌진흥청에서 각 시도 농업기술센터로 2건 영농활용 하였다. 그내용은 각각 '신고배 저온 저장중 탈피과 억제기술 개발'과 신고배 저온 저장중 오존가스를 이용한 얼룩과 억제 방법'에 관한 내용이다.

## SUMMARY

### Casual Factors of Fruit Skin Disorders during Cold Storage of Pear.

Causal factors related to the skin disorders such as black stain and peeling-off symptoms during cold storage of 'Niiitaka' pear fruit are of great importance to solve the postharvest disorder problems. The morphological and biochemical changes observe of pear skin affected by different harvest times and storage environments. Photo-micrography revealed the morphology of the three distinct layers of 'Niiitaka' pear fruit skin at harvest. Including the cork, cork cambium, and hypodermis in black stain fruit skin, the skin was more thickened about 10 $\mu$ m than the normal fruit. The thickened skin of the black stain fruit might be due to the formation of 2 or 3 fold cork layers. In contrast, the skin blackening fruit skin was thinner about 100 $\mu$ m than the normal fruit. Thinned skin of skin blackening fruit might be the result of the collapse of the hypodermal tissues, suggested that the three types of the skin disorders in 'Niiitaka' pear fruit were developed from different parts of the skin each other. Peeling-off fruit was decork between the cork and the cork cambium caused by cell elongation, whereas the black stain fruit was caused by increased cork layers and the skin blackening by collapsed the hypodermis. When the temperatures was changed from 5 to 0 $^{\circ}$ C and 10 to 0 $^{\circ}$ C after 90 days storage at 0 $^{\circ}$ C, peeling-off fruit occurrence rates were 65~77%. The first stage of the peeling-off process was cell elongation at the top and bottom parts in cork cambium which basically produced the cork cell. Then, the cork cell was separated from the cork cambium by collapsed and crumpled cell wall which might be due to the cell elongation in the cork cambium.

There was a new process between the cork cell and the cork cambium during peeling-off which was not described so far illustrating the pear fruit structure changes; therefore, it was termed as decorking for the time being. Occurrence rate of black stain in 'Niiitaka' pear fruit was the highest in

newspaper bagging with 75% among various bagging materials at harvest time because of the high relative humidity within the double layer paper bags. During cold storage, the rate was 54~100% in 30 $\mu$ m polyethylene (PE) film packaging. As the harvest time was postponed, the rate increased during cold storage. The rate was 1.5 to 2.4 times higher in pears harvested in late September than in those harvested in early and mid October. There was no significant difference in occurrence of black stain fruit between the 30 and 50 $\mu$ m PE film bags. The causal fungus of the black stain pear was isolated and identified as *Gloeodes pomigena* (Schweintz, 1920). The treatment of 0.1~0.5 ppm ozone gas prevented the occurrence of the pear fruit black stain until 180 days after cold storage. The ozone treatment on the affected fruit was also effective in preventing the progress of the black stain.

# CONTENTS

I. Introduction .....	453
1. Objective .....	453
2. Goals and Scope .....	453
II. Current Development of Related Technology .....	455
III. Research Data: .....	456
approaches, results, and discussion	
IV. Achievement Evaluation .....	495
V. Practical Application of the Results .....	497
VI. Scientific Information Collected through the Project .....	498
VII. Literature Cited .....	499

# 목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 .....	453
제 1절 연구개발의 목적 .....	453
제 2절 연구개발의 필요성 .....	453
제 2장 국내외 기술개발 현황 .....	455
제 1절 국내외 관련기술의 현황 .....	455
제 2절 연구결과가 국내외 기술개발 현황에서 차지하는 위치.....	455
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	456
제 1절 연구개발 수행내용 .....	456
제 2절 연구결과 .....	457
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	495
제 1절 연구개발 목표의 달성도 .....	495
제 2절 관련분야 기술발전에의 기여도 .....	496
제 5장 연구개발결과의 활용계획 .....	497
제 1절 연구개발 결과 .....	497
제 2절 연구결과 활용계획 .....	497
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	498
제 7장 참고문헌 .....	499

# 제 1장 연구개발과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 목적

신고배 저온 저장중 발생하는 탈피과, 얼룩과의 원인 구명 및 방지 기술을 확립하여 저온 저장 농가 애로사항을 해결하고자 한다. 또한 원예작물 수확후 저온 저장중 발생하는 생리장해 및 병해충 현상의 근본적인 원인 구명 및 방지기술 확립을 통하여 이 분야 기술 축적을 이루고자 한다.

## 제 2절 연구개발의 필요성

### 1. 기술적 측면

배 수확후 과피에 발생하는 생리장해인 「배 얼룩반점」, 「배 탈피과」에 대한 원인구명을 위한 연구는 시도되었으나 아직 명확한 원인구명이 되어있지 않다. 이유는 이전의 연구가 단편적이고 지엽적이어서 종종 기술투입에 의한 전체 메카니즘을 고려하지 않았기 때문이다. 따라서 종합기술투입으로 원인구명을 통한 배 수확후 생리장해 발생방지 기술을 적용함으로써 배 수확후 생리장해 제어 기술의 수준 향상 및 선진화를 도모한다.

### 2. 경제·산업적 측면

수확후 발생하는 생리장해, 병해충 등을 방지하는 손실을 경감 기술 개발은 「제 2의 생산」이라는 측면에서 중요한 과제다. 그러나 배 수확후 생리장해 및 병해충에 의한 손실은 배 생산량의 20%에 달하고 있는 것으로 알려져 있다.

### 3. 사회·문화적 측면

농산물의 국제교역이 활발히 진행되고 있는 이 시점에서 자국민에게 「안전농산물 공급」은 사회적으로 큰 관심사로 대두되고 있다. 따라서 배 수확후 생리장해 및 병해충 방제 제어기술 확립으로 대 국민 농산물의 신뢰도 및 안전성 향상시킬

수 있다.



## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 국내외 관련기술의 현황

신고배 저온 저장중 발생하는 탈피과에 대한 연구는 국내외를 막론하고 최초로 시도된 연구이다. 국내의 경우 얼룩과는 저온 저장중 고습 조건일수록 많이 발생하며 원인은 미생물일 가능성이 있다고 제시된 바 있다 (2001년 한원지).

### 제 2절 연구결과가 국내외 기술개발 현황에서 차지하는 위치

신고배 저온 저장중 발생하는 탈피과에 대한 조직학적 관찰을 통한 원인 구명은 국내외에서 최초로 밝혀진 결과로서 저장중 과실의 과피 변화 연구에 초석이 될 수 있다.

얼룩과 원인구명은 저장중 발생하는 미생물에 의한 피해의 심각성을 제기하였고 이를 생력적으로 방지하기 위한 오존 가스 처리는 원예산물 저장중 선도유지라는 측면에서 다각도로 많이 이용될 것으로 판단된다.

## 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 연구개발 수행내용

#### 1. 탈피과 원인 구명

가. 시험재료 : '신고' 배

나. 처리내용

- 1) 저온, 변온, PE 필름 밀봉 유무

다. 조사내용

- 1) 저장중 과피 구조 변화, 탈피과 발생률 등

#### 2. 얼룩과 원인 구명

가. 시험재료 : '신고' 배

나. 처리내용

- 1) 수확전 환경조건 : 신문봉지 등 3종류
- 2) 수확후 전처리 : 예건처리 유무
- 3) 저장조건 : 저온, PE 필름 밀봉 유무
- 4) 조사내용 : total phenol, 과실품질특성, 얼룩과 발생률 등

#### 3. 얼룩과 방지 기술

가. 시험재료 : '신고' 배

나. 처리내용

- 1) 예건처리 : 수확 후 7일간 야적
- 2) 열처리 : 38℃ 3일간
- 3) 화학제 처리 : acetic acid(10g/L) + citric acid(2g/L)
- 4) 오존처리 : 0.1-0.5 ppm

다. 조사내용 : 얼룩과 발생률, 과실품질특성 등

## 제 2 절 연구결과

### 1. 탈피과 원인 구명

#### 가. 탈피과 발생 요인 및 발현 과정

##### 1) 저장 온도 및 습도 조건에 따른 탈피과 발생과의 관계

탈피과는 특이적으로 저온 저장 말기에 발생을 하는데 탈피과가 일어날 수 있는 온도, 습도 조건을 설정하여 저장 온도를 0, 5, 10℃로 하였고 저장중 습도와 의 상관을 알아보기 위하여 PE 필름에 밀봉을 했으며 수확 후 예건과 무예건 처리로 초기에 과피의 수분 조건이 탈피에 영향을 주는지 살펴보았다. 무예건 처리는 저장 120일부터 탈피과를 발생시킨 반면 예건 처리에서는 저장 150일부터 탈피과를 형성했으며 발생률에 있어서도 무예건이 예건 처리보다는 다소 높은 경향이었지만 유의차는 없었다 (Table 1). 온도 처리간에는 5℃와 10℃ 저장이 과실의 연화와 부패로 상품성을 상실하여 각각 120, 90일 밖에 저장을 하지 못하였는데 5℃에서 저장 120일에 탈피과가 어느 정도 생기는 것을 볼 수 있어서 저온이 탈피과 형성에 관여하는 요인일 것으로 생각되었다.

Table 1. Occurrence of peeling-off disorder on 'Naitaka' pear fruit during cold storage as influenced by preconditioning, storage temperature, and PE film sealing.

Treatment			Storage days					
			30	60	90	120	150	180
			Peeling-off fruit (%)					
Control	0°C	Control	0	0	0	5	8	9
		PE 30	0	0	0	0	3	7
	5°C	Control	0	0	0	8	- <sup>z</sup>	-
		PE 30	0	0	0	5	-	-
	10°C	Control	0	0	0	-	-	-
		PE 30	0	0	0	-	-	-
Preconditioning <sup>y</sup>	0°C	Control	0	0	0	0	3	7
		PE 30	0	0	0	0	3	3
	5°C	Control	0	0	0	0	-	-
		PE 30	0	0	0	0	-	-
	10°C	Control	0	0	0	-	-	-
		PE 30	0	0	0	-	-	-

<sup>z</sup>Not detected due to shrinkage and decay.

<sup>y</sup>Preconditioned for 7 days under sunlight in the field.

또한 PE 필름 밀봉에 따른 고습과 저습 조건에서는 처리간에 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다(Table 1). 일반적으로 탈피과는 육안으로 관찰하여 탈피가 진행되는 현상을 볼 수 있지만(Fig. 1) 본 실험에서의 탈피과 발생률은 현미경 관찰에 의해 과육과 과피가 분리되어 있는 것까지 포함하여 계산하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 탈피과는 주로 과정부에서 많이 일어나며 탈피된 부분 바로 아래 과육에는 하얀 분가루 모양의 물질이 있음을 볼 수 있는데 이 물질이 탈피와 직접적인 연관이 있는 것으로 추정된다.

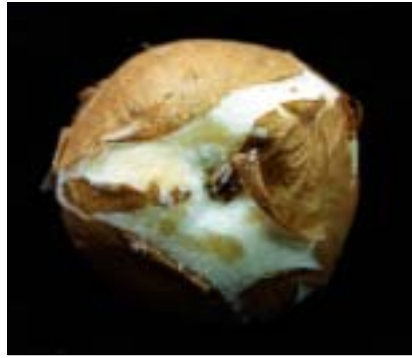


Fig. 1. Type of peeling-off disorder on 'Niiitaka' pear fruit during cold storage as induced by alternating temperature.

신고 배의 저장 기간중 온도 처리간에 호흡량을 알아보기 위해 측정된 이산화탄소 발생량을 보면 먼저 예건과 무예건 처리간에는 차이가 없었으며 0℃, 5℃, 10℃로 온도가 올라갈수록 호흡량이 많았고 PE 필름 밀봉과 무밀봉 처리구에서는 0℃, 5℃에서의 차이가 없었으나 10℃에서 밀봉 처리한 것이 저장 60일과 90일에 호흡량이 낮게 나타났다(Fig. 2). 또한 동일 온도 내에서는 저장 기간 동안 호흡량의 증가나 감소의 뚜렷한 양상을 나타내지 않고 일정하게 유지되는 것을 관찰할 수 있었는데(Fig. 2) 이와 같은 결과는 정 등(1998)이 신고 배의 호흡 속도는 온도에 따라 달라지며 저온보다 실온에서 약 2배의 호흡을 보인다고 하였고 동일 온도 내에서는 일정하게 호흡을 유지한다는 보고와 유사하였다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 과실은 온도가 높을수록 호흡이 증가하거나 많아짐에 따라 보구력에 영향을 주어 신고 배의 경우에는 생리적으로 보구력이 5℃에서는 120일, 10℃에서는 90일 정도인 것으로 보인다. 저장고 내 저습과 고습 조건에서의 호흡량에는 차이가 없다고 임 등(1998)은 보고하였는데 본 실험에서도 0, 5℃에서

는 차이가 없어서 같은 결과를 얻었으나 10°C에서는 고습 조건에서 호흡량이 낮아서 온도가 상승함에 따라 호흡량은 습도에 영향을 받는 것으로 추정된다. 온도 처리간에 호흡 속도와 탈피과의 연계성을 본다면 각 온도 처리에서 호흡량이 일정하게 유지되어 호흡의 특이적인 변화가 없는 상태이기 때문에 호흡 속도에 따른 탈피과 발생이 달라지는 양상은 관찰되지 않았다. 다만 0°C에서 저장 150일 이후에 탈피과가 발생했고 5°C에서는 저장 120일에 발생하였으며 10°C에서는 90일까지는 발생이 되지 않아서 이후에 관찰을 계속할 수는 없었지만 탈피과는 기본적으로 저장 말기에 발생하는 것으로 추정할 수 있다. 호흡량과 연계하여 과실의 성숙과 후숙을 조절하는 에틸렌 발생량을 조사한 결과, 예건이나 무예건, 온도 처리간, 고습 및 저습 조건간에 특별한 차이를 관찰 할 수 없었다(Fig. 3).

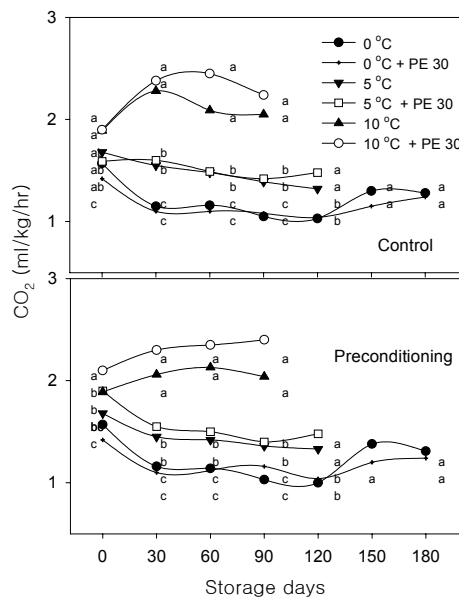


Fig. 2. Changes in CO<sub>2</sub> evolution during cold storage on 'Niitaka' pear fruit. Plus PE (+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30 μm polyethylene film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

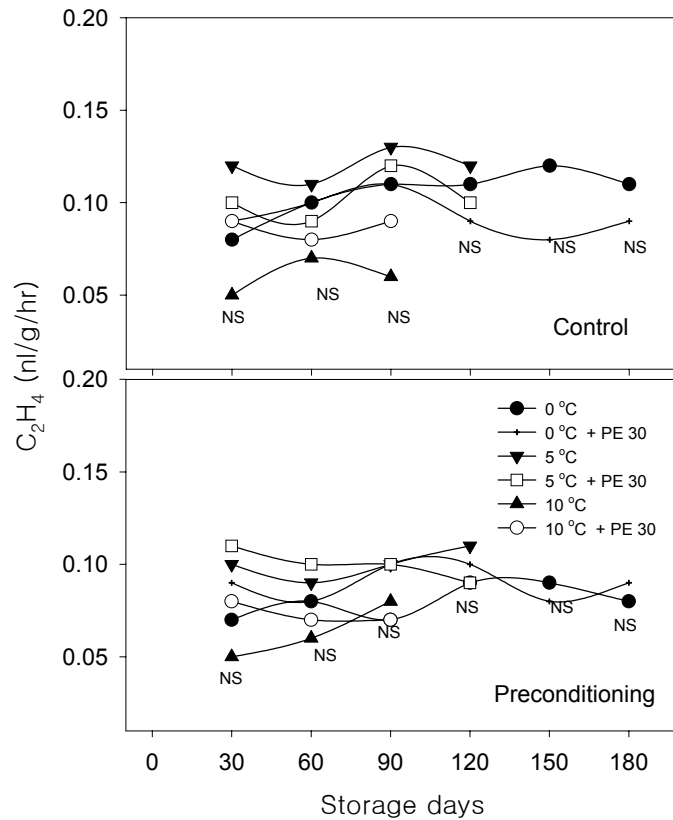


Fig. 3. Changes in C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> evolution during cold storage on 'Niitaka' pear fruit. Plus PE (+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30 μm polyethylene film. NS, non-significant by duncan's multiple range test at 5% level.

에틸렌 발생량이 온도의 변화에 따라 차이가 없고 동일 온도 조건에서 특이적인 변화없이 일정하게 유지되는 것은 호흡량과 연계하여 비급등형 과실의 전형적인 양상이라고 볼 수 있으며 이는 정 등(1998) 및 임 등(1998)의 보고와 일치하는 결과였다. 따라서 동일 온도 조건에서 에틸렌 발생량과 탈피과의 관련성은 없는 것으로 생각된다. 탈피과의 원인은 세포막의 투과성과 밀접한 관련이 있을 것으로 생각되어 신고 배 과피에 대하여 온도별, 예건 처리 유무에 따라 EL을 조사하였다. 무예건이나 예건 처리간, 그리고 0°C, 5°C, 10°C의 온도 처리간에도 EL은

차이를 볼 수 없었다(Fig. 4). 세포막의 투과성을 나타내는 과피의 EL이 저장 기간중에 지속적으로 증가하는 것은 홍과 이(1997a)의 결과와 일치하였으나 온도 처리간에 차이가 없는 것으로 보아 막 구조의 손상은 동일 온도 조건에서는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

## 2) 저장중 변온 조건과 탈피과 발생과의 관계

실험 1)의 온도별 저장 조건에서 탈피과 발생이 거의 없었는 바 저장중에 변온 조건이 탈피과 발생과 상관이 있는지를 살펴보기 위하여 0℃에 90일 저장 후에 5, 10℃에서 각각 5, 10, 15일간을 두었고 이후 0℃에서 5일이 지난 후에 탈피과 발생률 등을 조사하였다. 저장중 변온 조건인 0→5→0℃, 0→10→0℃에서 탈피과가 65~77% 정도 발생하였으며 두 변온 처리간에는 유의차가 없었다(Table 2). 또한 5℃, 10℃에서 5, 10, 15일의 기간을 달리하였을 때에도 탈피과 발생률에는 차이가 없었다. 즉 0℃에 저장된 배가 5~10℃에 5일 이상 노출이 되면 과피에 장해현상을 발현하는 것으로 보이며 본 실험에서 0℃에 90일 이상 저장한 후에 변온 조건을 형성한 이유는 항온 조건에서 탈피과는 저장 말기에 발생하여 과피가 온도에 대한 민감도가 낮을 것으로 생각되었고 이는 예비실험을 통해서 확인을 하였는 바 저장 초기의 과실은 변온 조건에서 탈피과가 거의 형성이 되지 않았다. 한편 조사된 탈피과는 앞서도 언급했듯이 육안으로 관찰하기에는 어려움이 많이 있었고 약간의 힘을 주어 손으로 밀면 어느 정도 껍질이 벗겨지는 정도이며 현미경으로 관찰하면 과육과 과피가 분리되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 변온 조건에서 CO<sub>2</sub>는 5℃, 10℃에 노출되었을 때 0℃보다 1.5~2.5배 정도의 발생량을 보여(Figs. 5, 6) 급격한 온도 변화에 따라 호흡이 많이 상승된 것으로 나타났는데 이는 온도가 증가하면 호흡이 증가한다는 여러 연구자들의 보고(정 등, 1998; 임 등, 1998)와 일치하는 결과였고 이후 5℃, 10℃에서 다시 0℃로 온도를 낮추어서 5일이 경과했을 때는 이전의 0℃에서의 호흡량의 수준을 회복하는 결과를 얻었다.

에틸렌 발생량에서는 온도 상승(5℃, 10℃)에 따라서 호흡량보다는 차이가 적었지만 약간의 증가가 있었고 5℃, 10℃간에는 차이가 없었으며 0℃로 회복되었을 때에는 오히려 에틸렌 발생이 줄어들기도 하여(Figs. 7, 8) 저온(0℃) 저장중에 신고 배 과실에 있어서 에틸렌 발생량에 일정한 경향이 없는 것과 비슷한 결과라고 생각된다.



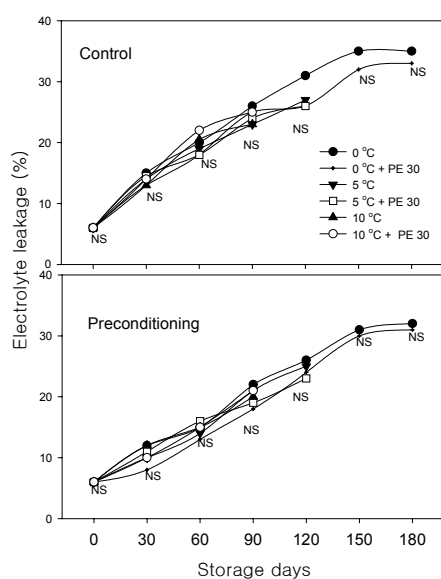


Fig. 4. Changes in electrolyte leakage from fruit skin tissues during cold storage of 'Niiitaka' pear. Plus PE (+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30  $\mu\text{m}$  PE film. NS, non-significant by Duncan's multiple range test at 5% level.

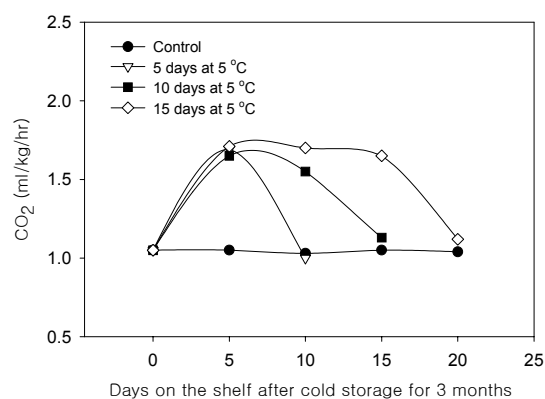


Fig. 5. Changes in  $\text{CO}_2$  evolution of 'Niiitaka' pear fruit by alternating temperature by 5 $^{\circ}\text{C}$  during cold storage at 0 $^{\circ}\text{C}$ . Fruit stored at 0 $^{\circ}\text{C}$  for 90 days were transferred into 5 $^{\circ}\text{C}$  for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0 $^{\circ}\text{C}$  storage.

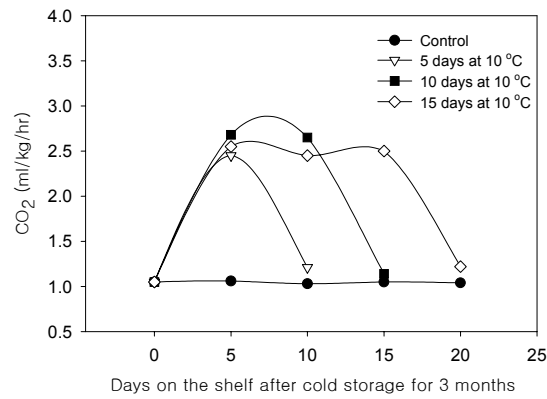


Fig. 6. Changes in CO<sub>2</sub> evolution of 'Niiitaka' pear fruit by alternating temperature by 10°C during cold storage at 0°C. Fruit stored at 0°C for 90 days were transferred into 5°C for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0°C storage.

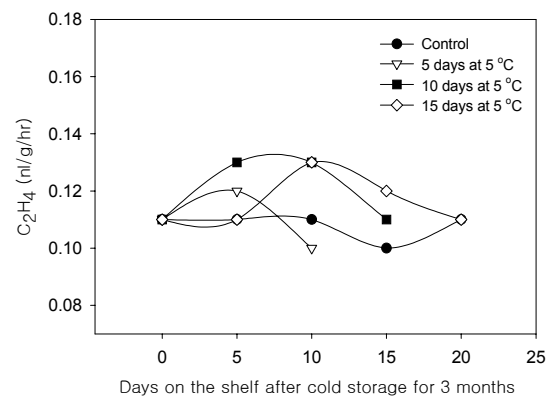


Fig. 7. Changes in C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> evolution of 'Niiitaka' pear fruit by alternating temperature by 5°C during cold storage at 0°C. Fruit stored at 0°C for 90 days were transferred into 5°C for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0°C storage.

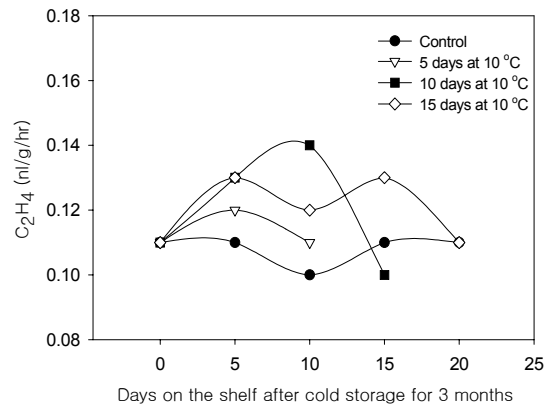


Fig. 8. Changes in C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> evolution of 'Niitaka' pear fruit by alternating temperature by 10°C during cold storage at 0°C. Fruit stored at 0°C for 90 days were transferred into 5°C for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0°C storage.

Table 2. Occurrence of peeling-off disorder on 'Niitaka' pear fruit by alternating temperature during cold storage.

Treatment	Storage days at 5 and 10°C		
	5	10	15
Peeling-off fruit (%)			
0 → 5 → 0°C <sup>z</sup>	65 a <sup>x</sup>	73 a	69 a
0 → 10 → 0°C <sup>y</sup>	70 a	77 a	75 a

<sup>z</sup>90 days at 0°C → 5°C → 5 days at 0°C.

<sup>y</sup>90 days at 0°C → 10°C → 5 days at 0°C.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by t-test at 5% level.

신고 배 저장중 변온에 의한 온도 상승에 있어서 5°C보다는 10°C가 호흡량이 많았지만 탈피과 발생률에 있어서 차이가 없는 것으로 보아 탈피의 발생 요건은 특정 온도보다는 장기간 저온(0°C)에 있다가 이보다 약간 높은 온도에 노출되고 다시 저온을 접하는 과정중에서 반복되는 온도에 과실의 직접적인 반응으로서 탈피를 하는 것으로 유추할 수 있다. 변온 기간중에 과피의 막 구조의 손상 여부를

알아보기 위하여 전해물질 누출을 측정된 결과 앞서 실험한 결과와 마찬가지로 온도 상승에 따라 전해물질 누출이 변화는 없었지만 다시 0℃로 온도를 낮추었을 때 전해물질 누출의 증가하는 양상을 보였다(Figs. 9, 10). 이와 같은 전해물질 누출의 증가는 온도 상승에 의해 호흡량의 증가와 에틸렌 생성량의 증가로 과실의 노화가 진행되었음을 보여주고 있으며 McDonald 등(1999)은 토마토 수확 후 4 8℃에 열처리한 후 2℃에 저장했을 때 토마토 과실의 전해물질 누출이 증가하였다고 했는데 이는 열처리 이후에도 저온에 노출되면 저온 장해를 받을 수 있다는 것을 지적하였는데 본 실험에서 온도가 상승했다가 감소하였을 때 전해물질 누출이 증가하는 양상과 같은 결과를 얻어서 온도 변화에 의해서 식물 조직은 막구조의 손상을 받는 것으로 생각된다. 신고 배 변온 조건에서 과실이 과육과 과피가 분리되는 탈피현상이 일어날 때 과실 주요 성분의 변화가 있을 것으로 판단되어 유기산, 당성분, 전폐놀 함량 등을 조사하였다. 신고 배의 주요 유기산은 Chen 등(1982) 및 White 등(1990)에 의하면 malic acid와 citric acid인데 대부분이 malic acid라고 했으며 본 실험에서도 malic acid가 80% 정도를 차지하고 있었으며 정상과와 탈피과에서 malic acid는 과피(skin) 부분, 과육바깥(outer flesh) 부분, 과육안(inner flesh) 부분의 모든 부위에서 유의적인 차이를 나타냈다(Table 3). 홍 등(1998) 및 홍 등(1996)은 배가 저장 기간이 지날수록 호흡에 의해 과실이 연화되면서 유기산의 함량은 감소하고 저장 조건별로는 CA 저장에서 가장 유기산의 감소가 적었다고 했는데 본 실험에서 탈피시 온도 상승에 의한 호흡량의 증가로 인한 유기산 감소가 일어나 같은 결과를 보였다.

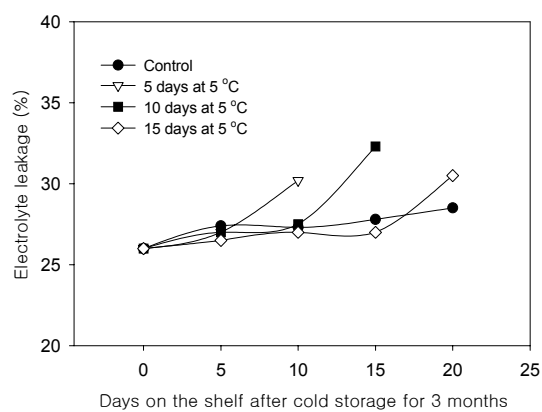


Fig. 9. Changes in electrolyte leakage from fruit skin tissues of 'Niiitaka' pear by alternating temperature by 5°C during cold storage at 0°C. Fruit stored at 0°C for 90 days were transferred into 5°C for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0°C storage.

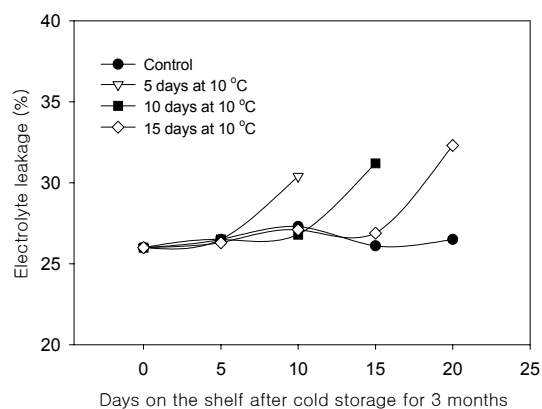


Fig. 10. Changes in electrolyte leakage from fruit skin tissues of 'Niiitaka' pear by alternating temperature by 10°C during cold storage at 0°C. Fruit stored at 0°C for 90 days were transferred into 5°C for 5, 10, and 15 days followed by being returned to 0°C storage.

Table 3. Change in organic acid contents of 'Niitaka' pear fruit during the development of peeling-off disorder.

Fruit condition	Organic acid content (mg/g FW)		
	Skin	Outer flesh	Inner flesh
		Malic acid	
normal	1.7 a <sup>z</sup>	1.6 a	1.5 a
peeling-off	1.4 b	1.4 b	1.4 b
		Citric acid	
normal	0.1 a	0.4 a	0.4 a
peeling-off	0.1 a	0.4 a	0.4 a

<sup>z</sup>Mean separation between normal and affected fruits by t-test at 5% level.

일반적으로 유기산은 과실 저장에 있어서 신선도를 나타내는 지표로 쓰여지고 있으며 홍 등(1996)은 사과 주요 품종별로 상온, 저온, CA 저장을 했을 경우 온도가 높은 저장일수록 malic acid의 함량이 저장 기간이 지날수록 현격히 감소하였다고 했으며 이는 저장 한계기를 나타내는 지표의 하나로 이용될 수 있다고 보고하였다. 이러한 측면에서 본다면 배 과실에서의 탈피시 나타나는 유기산의 소모는 외관적으로 상품성을 잃는 것뿐만 아니라 영양적 가치나 맛에 있어서도 배 신선도에 많은 영향을 미치는 것으로 생각된다. 신고 배 과실의 맛을 결정하는 가장 중요한 요소 중의 하나인 당 성분은 fructose, glucose, sucrose, sorbitol인 것으로 분석되었는데 Oliveira와 Priestly(1988), Yamaki와 Moriguchi(1989), 그리고 Moriguchi 등(1992)은 배의 단맛을 내는 주요 가용성 당은 fructose, glucose, sucrose, 그리고 sorbitol이라고 했으며 과실 내 함유되어 있는 각 당의 함량 비교에서 sucrose가 가장 적고 glucose와 sorbitol이 유사하게 함유되어 있으며 가장 많은 주요 가용성 당은 fructose라고 한 결과와 일치하였다. 또한 과실 부위별로 정상과와 탈피과의 당 성분을 비교하여 보면 탈피과 과피 부위의 fructose와 sorbitol이 정상과의 과피 부위보다 유의하게 많은 양을 나타내고 있다(Table 4). 한편 정상과의 sucrose는 과피, 과피 바깥, 과피 안부분 각 부위별로 1.1, 0.8, 0.9mg/g FW 정도가 들어 있는데 반해 탈피과에서는 그 양이 매우 적어 HPLC로 분석시 흔적만이 남는 결과를 보여주고 있다. 이렇듯 탈피과에서 탈피되는 부위인 과피 조직에서 fructose와 sorbitol 양이 정상과보다 많은 이유는 탈피 바로 아래 세포층의 신장이 일어날 때 에너지가 필요했을 것이라고 가정을 할 수 있다. 사과 과실에 있어서 sorbitol은 유과기에 70%를 차지하고 있으며 잎에서 광합성 산물로 합성되어 sorbitol-6-phosphate dehydrogenase에 의해 전류되어 액포 내

에 축적된다고 알려져 있으며 성숙기가 될수록 그 양은 감소하여 전체 당 함량의 15% 정도를 차지한다고 보고하고 있다(송, 1999).

Table 4. Changes of sugars and total phenolic contents in 'Niitaka' pear fruit during development of peeling-off disorder.

Element	Fruit condition	Tissue			
		Skin	Outer flesh	Inner flesh	
Sugars (mg/g FW)	Fructose	normal	5.5 b <sup>z</sup>	5.6 a	5.5 a
		affected	6.3 a	5.8 a	5.1 a
	Glucose	normal	1.8 a	1.5 b	1.6 a
		affected	2.0 a	2.1 a	1.3 a
	Sucrose	normal	1.1	0.8	0.9
		affected	t <sup>y</sup>	t	t
	Sorbitol	normal	1.3 b	1.1 a	1.1 a
		affected	4.9 a	1.0 a	0.8 a
Total phenol (mg/g FW)	normal	0.8 b	0.09 a	0.1 a	
	affected	1.3 a	0.1 a	0.09 a	

<sup>z</sup>Mean separation between normal and affected fruits by t-test at 5% level.

<sup>y</sup>Trace amounts were detected by HPLC.

또한 오렌지 과실에 있어서는 어린 과실에서 sucrose를 분해하여 세포의 합성과 신장에 이용하며 이때 sucrose invertase의 활성이 높다고 하며(송과 고, 1997), 사과에서 세포 분열 후에 세포 신장 시기에는 당의 축적이 일어나며 이때는 반대로 acid invertase의 활성이 감소한다고 하였다(Beruter, 1985). 따라서 신고 배 과실의 탈피에 있어서 탈피부위가 다른 부위보다 당 함량이 높은 이유는 과피에서 탈피가 일어날 때 세포 신장이 수반되는데 이때 에너지가 필요했을 것이라고 추정할 수 있으며 그 에너지원으로 fructose와 sorbitol이 다른 부위로부터 전류가 된 것으로 추정된다. 이는 추후 방사성 동위원소로 표지 후 당 성분의 이동 경로를 살펴본다면 보다 확실한 결론을 얻을 수 있으리라고 생각된다. 한편 전폐놀에서도 탈피과가 정상과 과피보다 함량이 많았는데 이러한 결과를 가져온 이유에 대해서는 아직 정확한 해석이 없으나 탈피시 페놀 물질의 축적이 일어난 것으로만 추정하고 있다.

이상의 결과로 종합하여 볼 때 탈피과는 온도 변화에 의한 일시적인 호흡량의 증가와 에틸렌의 증가에 따른 세포막의 투과성이 증대되어 식물체가 외부 환경 변화에 대한 방어 기작으로서 껍질을 벗겨내는 것으로 추정할 수 있으며 이를 확

증하기 위하여 탈피가 진행되는 발달 과정을 광학 및 전자현미경을 통하여 관찰하였다.

### 3) 탈피 증상의 해부학적 발현 과정

Fig. 11는 탈피가 일어나는 과정을 광학현미경을 이용하여 과피 내에서 변화하는 조직을 관찰한 것이며 Figs. 14~17는 전자현미경 검경을 통하여 세포 신장이 일어나는 과정을 세포의 변화에 초점을 맞추어 더욱 세밀하게 관찰한 결과이다. Fig. 11B에서 보는 것과 같이 탈피에서의 첫 번째 과정은 코르크층과 접해 있는 최상부 세포층의 세포들의 수직 신장이다. 이와 같이 수직 신장하는 세포층은 코르크층과 접해 있는 최상부의 세포층이라는 점으로 미루어 코르크 형성층인 것으로 판단되며, 유과기의 표피층이 발달하여 형성된 층으로 추정되었다. 신장 과정에 있어 세포내의 탄닌이 점차 분해되는 것으로 보이나 세포 신장 또는 탄닌 감소가 우선 순위 없이 동시에 일어나는 것으로 관찰되었다. Fig. 11C는 탈피 증상이 보다 진전된 상태를 보여 주며 상하로 신장한 일련의 세포들이 하나의 층을 이루어 코르크 조직을 떠받치고 있는 듯한 형태를 보여주었다. 이러한 세포들에서는 대부분의 탄닌이 사라졌고 아표피층과 접한 아래쪽의 세포벽을 제외하고는 양옆과 코르크 세포층과 접한 세포벽이 매우 얇아졌음을 알 수 있었다. 이와 유사한 형태의 세포층이 진달래 나무의 일종인 *Rhododendron maximum* 종의 주피 조직에서 관찰된 바가 있으며 이를 코르크 유사 세포라고 명명하였다(Esau, 1977). 코르크 유사 세포는 코르크 세포의 일종으로 코르크 조직을 떼어내는 층으로 구분하고 있는데 본 실험 결과 코르크 조직을 분리하기 위한 세포층이라는 점에서는 같은 결과를 얻었으나 이는 코르크 형성층에서 만들어지는 코르크 유사 세포가 아니라 코르크 형성층 자체가 변화하여 코르크층을 분리하는 것으로 판단되었다. Fig. 11D는 최종적으로 탈피가 되는 과정을 촬영한 것이다. 탈피는 코르크층이 떨어져 나가는 형태로 이루어 졌으며 이는 탈피과의 경우 과피가 벗겨지는 것이 아니라 단지 신고 배 과피의 일부를 구성하고 있는 코르크층의 탈락인 것으로 확인되었다. 이를 본 실험에서 최초로 확인한 바 이와 같은 현상을 “탈코르크”(decorking) 라고 명명하고자 한다. 앞서 Fig. 9에서 탈피과는 주로 과정부에서 발생하며 탈피된 바로 아래 과육은 하얀 분가루 모양의 물질이 있다고 하였는데 이는 코르크 형성층이 코르크층을 떼어내기 위하여 세포 신장이 일어난 결과로 코르크 형성층이 아주 미세하게 신장하여 하얀 분가루처럼 보이는 것으로 생각된다. 또한 저장중에 나타나는 탈코르크 증상은 저온 저장 말기에 육안으로 확인할 수 있으나 육안으로 탈피가 되지 않고 정상적으로 보이는 과실이라도 코르크층이 없어져 있을 뿐 가벼운 자극에 의해 쉽게 벗겨질 수 있는 상태가 내부적



으로 진행되어 있을 가능성이 많으며 Fig. 12에서 보는 것과 같이 코르크 조직 전체에 코르크 형성층의 변화가 일어나기 전에 한쪽 방향에서부터 시작되어 탈코르크가 부분적으로 진행되는 경우가 있어 특히 육안으로 진전 상황을 판단하기 어려운 경우가 있을 수 있다. 이와 같은 탈코르크 증상을 인위적으로 유기하기 위하여 습실 처리를 한 결과 탈피 증상이 나타났으나 이 경우에는 세포 또는 조직의 변화가 수반되지 않은 상태에서 아표피를 구성하고 있는 세포들의 세포벽 부위가 파괴되는 것으로 자연적으로 탈코르크 되는 현상하고는 완전히 다르며 신고 배에 있어서 탈코르크는 반드시 세포의 신장이 수반이 되어야만 가능한 것으로 확인되었다(Fig. 13).

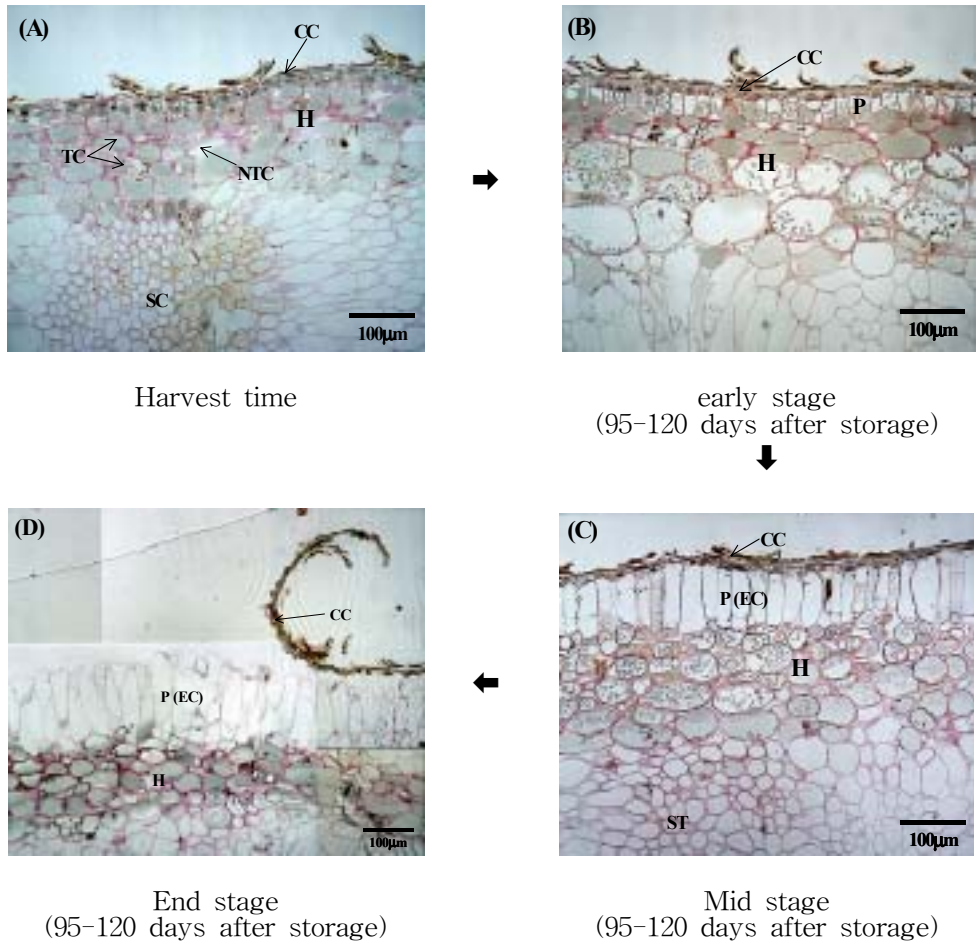


Fig. 11. Developing procedure of peeling-off disorder on 'Niiitaka' pear fruit from harvest to 180 days after storage. CC, cork cell; H, hypodermis; NTC, non-tannin cell; P, phellogen; P(EC), phellogen (elongated cell); SC, stone cell; TC, tannin cell. Picture (A), harvest time on 'Niiitaka' pear fruit skin; (B), early stage on peeling-off disorder; (C), mid stage on peeling-off disorder; (D), end stage on peeling-off disorder.

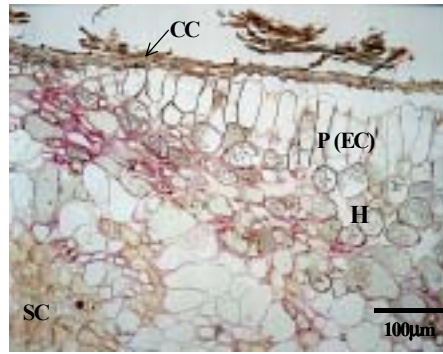


Fig. 12. Anatomical structure of skin tissue on ‘Niitaka’ pear fruit showing initiating and terminating portion of the peeling-off disorder. CC, cork cell; H, hypodermis; P(EC), phellogen (elongated cell).

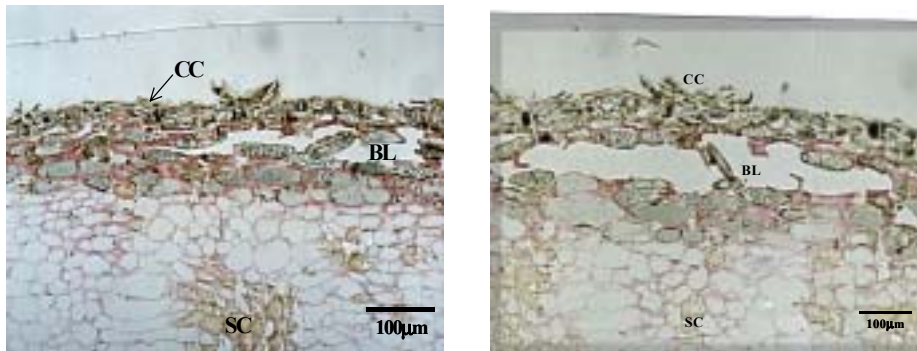


Fig. 13. Anatomical structure of skin tissue on ‘Niitaka’ pear fruit at artificial peeling-off disorder. BL, broken layer; CC, cork cell; SC, stone cell.

전자현미경 검경을 통하여 탈코르크 증상이 나타나는 경우 세포 수준에서의 변화를 알아본 결과 세포 신장시 쉽게 발견할 수 있는 첫 번째 과정은 세포벽의 분해이다(Fig. 14). 세포벽 분해는 코르크 세포나 아표피 세포들에서는 일어나지 않으며 정확하게 세포 신장이 일어나는 세포들에서만 나타나는데 Fig. 14에서 보듯이 위, 아래의 세포들과 연결된 세포벽의 중엽을 중심으로 신장하는 세포들에서 발달된 세포벽만 분해되는 것을 알 수 있었다. 세포벽의 분해에서 가장 쉽게 생

각할 수 있는 것이 펙틴의 분해이며 이러한 펙틴의 분해는 세포나 조직이 죽거나 파괴될 때 무균 상태에서 분해되는 자기 분해와 주로 과육의 연화 과정에서 효소들에 의해 과육의 세포벽에서 펙틴 분해가 일어나는 경우를 생각할 수 있는데 (Robert와 Roland 1989), Fig. 14에서 나타나는 형태는 후자의 가능성이

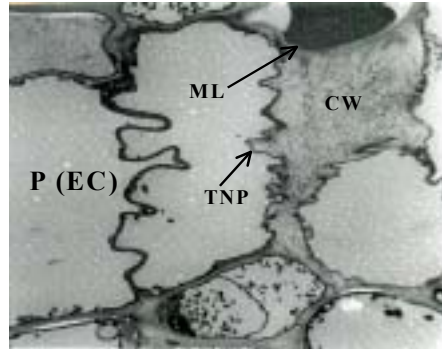


Fig. 14. Transmission electron micrograph of the collapsed middle lamella in peeling-off disorder of 'Niitaka' pear ( $\times 1,670$ ). CW, cell wall; MD, middle lamella; P (EC), phellogen (elongated cell); TNP, tonoplast.

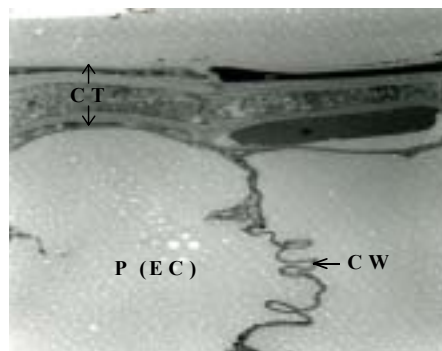


Fig. 15. Transmission electron micrograph of the thinned cell wall in peeling-off disorder of 'Niitaka' pear ( $\times 1,670$ ). CT, cork tissue; CW, cell wall; P (EC), phellogen (elongated cell).

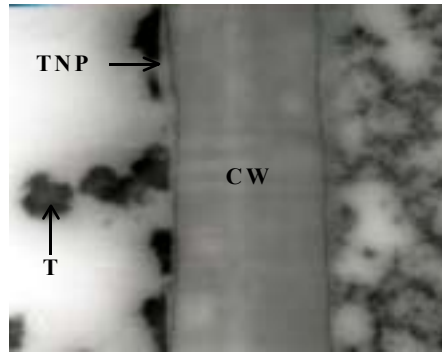


Fig. 16. Transmission electron micrograph of the cell wall without middle lamella in peeling-off disorder of 'Niiitaka' pear ( $\times 27,800$ ). CW, cell wall; T, tannin; TNP, tonoplast

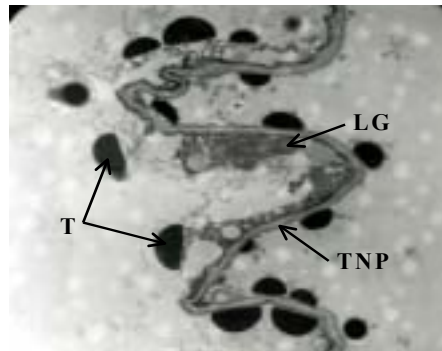


Fig. 17. Transmission electron micrographs of the condensed tannin combined with cell wall in peeling-off disorder of 'Niiitaka' pear ( $\times 7,750$ ). LG, lipid globule; T, tannin; TNP, tonoplast.

높은 것으로 판단되었다. 이와 같은 세포벽의 분해는 상부 코르크층 세포들과의 결합을 약하게 하여 탈코르크가 일어날 경우 상대적으로 결합력이 약한 신장 세포의 윗 부분에서 분리가 일어나는 것으로 판단되었다(Fig. 15). Fig. 16는 신장된 세포와 세포사이를 연결하고 있는 세포벽을 고배율로 확대한 것이며 세포벽의 분해가 일어나기 전에는 중엽층이 쉽게 관찰된 것에 반하여 탈피 이후에는 중엽층

을 관찰할 수 없었다. 세포벽의 분해와 더불어 나타나는 다른 변화는 액포내에 함유되어 있는 탄닌의 분해이다. 일반적으로 과실의 과피를 구성하는 조직의 세포들은 특별한 경우를 제외하고는 탄닌을 함유하고 있으며 이러한 탄닌의 존재 유무는 과피와 과육 조직을 구분하는 하나의 기준으로도 이용되고 있다. 과피내의 탄닌은 생육기중에 계속적으로 중합과 분해를 반복하여 변화하는 것으로 알려져 있으며 분해되는 경우에는 액포의 중심에서부터 분해되는 경우와 액포의 외부, 즉 액포막으로부터 분해되는 경우가 있으나(Park, 1995) 변형세포의 경우 액포의 내부에서부터 탄닌이 분해되며 최종적으로 액포막에 결합된 탄닌만 관찰되었다(Fig. 17).

이상의 결과를 종합하여 볼 때 신고 배 탈피는 외부 환경조건 중 온도 변화에 의해 세포막 구조에 영향을 주어 과피 조직의 일부인 코르크 형성층의 신장에 의해 코르크층을 떼어내는 식물체의 자기 방어 기작적인 현상이라고 생각된다.

## 2. 얼룩과 원인 구명

### 가. 과피 얼룩 장해 발생에 미치는 환경 요인

먼저 얼룩을 발현하는 증상은 과면에 부정형의 반점이 원형 또는 타원형으로 분포하고 하고 있으며 반점의 크기는 작게는 수 mm<sup>2</sup>에서 큰 것은 수 cm<sup>2</sup>에 이르나 대개는 작은 반점들이 밀집하여 분포하는 특징을 가지고 있다. Fig. 18A는 배 과실을 경와부가 위로 향하도록 정상 상태로 놓은 것인데 경와부와 적도면 위쪽에는 얼룩 증상이 적은 반면 Fig. 18B는 체와부를 위로 향하도록 놓은 것인데 A와 달리 체와부에 얼룩과가 많이 분포하는 것을 관찰할 수 있다. 그러나 Fig. 18A와 B보다 얼룩 증상이 더욱 진전되면 부위에 관계없이 과실 전체에 얼룩 증상이 발현되는 경우도 있다. 김 등(2000)은 배 과실 전체에서 얼룩과 발생 부위를 살펴본 결과 체와부가 경와부보다 2.5배 정도 얼룩과가 더 많이 분포한다고 보고하였는데 본 실험에서도 이와 같은 경향을 보였다.



Fig. 18. Types of black stain fruit of 'Niitaka' pear during cold storage, 1998-2000. A, Black stained without fruit apex in 2000; B, Black stained with fruit calyx in 1998-1999.

#### 1) 수확전 봉지 종류 및 저장중 습도 조건과 얼룩과 발생과의 관계

일반적으로 신고 배는 재배 중에 병해충 방지와 과피 미려도 증진, 농약이 직접 과실에 묻지 않게 하기 위한 목적으로 봉지 씌우기를 하는데 봉지의 종류에 따라 얼룩과 발생이 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다(Fig. 19). 신고 배 수확 30 일전의 얼룩과 발생률은 Agro봉지 0%, 신문봉지 75%, Yellow봉지 31%, DS봉지 62%로 신문봉지가 가장 높게 나타났으며 이후 수확기에도 비슷한 양상을 보였다.

김 등(2000)은 봉지 종류별로 과피 얼룩과 발생 정도는 광투과량이 적고 투기성이 적은 봉지에서 발생이 심하였다고 하였으며 신문봉지에서 발생량이 많은 이유는 이중 봉지 중 바깥 봉지인 대외 봉지의 흡습성이 높고 안쪽 봉지인 대내 봉지의 투기성이 불량하기 때문이라고 했는데 본 실험에서도 신문봉지에서 얼룩과 발생량이 많은 이유가 김 등(2000)이 지적한 바와 같기 때문이라고 생각된다. 수확 후 저온 저장 기간 중에 얼룩과와 습도와의 상관성을 구명하기 위하여 PE 필름 30  $\mu\text{m}$ 에 밀봉하여 저장하였다. 그 결과 수확 30일전이나 수확시 전혀 얼룩과 발생을 보이지 않았던 Agro봉지가 저장 180일 후 51%의 얼룩과 발생을 보여 PE 밀봉을 하지 않은 구의 24%보다 두 배의 높은 발생률을 보였으며 신문봉지, Yellow봉지, DS봉지 모두 PE 필름 밀봉 처리구에서 얼룩과 발생률이 높았다. PE 필름으로 밀봉하여 저온 저장하는 경우 얼룩과 발생이 심한 것은 높은 상대습도가 얼룩과 발생에 호조건인 것으로 간주되었으며 윤 등(2000)이 보고한 바와 일치하였다. 이는 얼룩과와는 발생 양상이 차이가 있지만 신고 배 과피흑변과 발생에 있어서 높은 상대습도가 과피흑변 발생을 많이 유기시킨다는 최 등(1995)의 결과와도 일치하였다. 저온 저장고내의 높은 상대습도는 과실의 경도를 유지시켜 줄 뿐만 아니라 호흡량 및 증산을 감소시켜 과실의 품질을 유지시켜 주지만(홍 등, 1996; 임 등, 1998) 얼룩과나 과피흑변과와 같은 장해현상의 발현에는 호조건을 형성하는 것으로 생각된다. 신고 배의 얼룩과는 과피와 관련된 장해이기 때문에 과피 세포의 손상 정도를 알아보기 위해 세포막의 투과성을 나타내는 과피와 과육의 전해물질 누출을 저장 기간 동안 조사한 결과 과육보다는 과피의 전해물질 누출이 높았으며 과피에서는 수확 후 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나 과육에서는 초기에 증가하다가 감소하고 다시 증가하는 양상을 보였다(Fig. 20). 이와 같은 결과는 홍과 이(1997a)가 신고 배 유대 재배 과실을 가지고 실험한 결과 과피와 과육에서 저온저장 기간중 나타나는 전해물질 누출 변화와 일치하여 신고 배에 있어서 저온 저장중 전해물질 누출 변화의 전형적인 유형으로 보인다. 조사된 4처리구 중 PE 필름에 밀봉 저장된 신고 배가 무밀봉된 처리구보다 전해물질 누출의 증가가 적었는데 이는 무밀봉 저장보다는 밀봉 저장이 습도 유지에 따른 과실 품질을 더욱 유지시킨다는 홍과 이(1997a)의 결과와도 일치하였다.



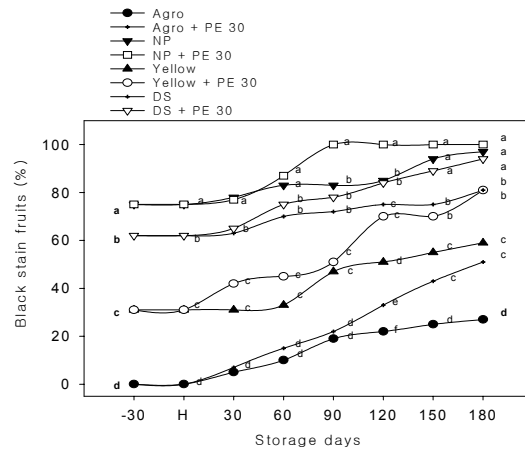


Fig. 19. Occurrence of black stain on 'Nittaka' pear fruit as influenced by bagging materials on the tree and by 30  $\mu$ m polyethylene(PE) film packaging during cold storage, 1998-99. Abbreviations of the captions indicate manufacturers or product types of the bags. Agro, Nonghyup agro Co.; Yellow, Dongbo Co.; DS, Daesung Co.; NP, newspaper made in Japan. Plus PE (+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30  $\mu$ m PE film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

한편 신고 배 수확 후 과피흑변 발생을 억제하기 위하여 열처리한 배에서 전해물질 누출이 감소하였고(최 등, 1995; 홍과 이, 1997b), Hirose(1985)는 오이를 저장전에 37°C에서 24시간 열처리했을 경우 chilling injury에 의한 전해물질 누출을 감소시킨다고 보고하였고 Lurie 등(1995)은 사과 Golden Delicious 품종을 38°C에서 4일간 열처리하면 scald가 방지될 뿐만 아니라 0°C에서 5개월 저장한 후에도 전해물질 누출이 낮았다고 하였는데 이는 열처리에 의해 막구조의 견고성이 유지되기 때문인 것으로 보인다. 또한 양(1997)은 신고 배 과피흑변 억제를 위해 CO<sub>2</sub> 1.2%, O<sub>2</sub> 1.2%조건에서 CA저장한 배가 CO<sub>2</sub> 3%, O<sub>2</sub> 20%에서 CA저장한 배보다 전해물질 누출이 낮게 유지되어 과피흑변을 억제할 수 있다고 했는데 이런 결과들을 종합해 볼 때 신고 배 과피흑변 현상의 억제를 위해서는 과실에서

전해물질 누출이 낮게 유지가 되어야만 장해현상을 억제시킬 수 있다는 결론을 도출할 수 있는데 본 실험에서 PE 필름 밀봉구에서 전해물질 누출의 감소는 있었지만 얼룩과 발생은 무밀봉 저장보다 높은 결과로 보아서 과피흑변 발현 억제 시 나타나는 전해물질 누출의 감소와 얼룩과 발생이 많은 PE 필름 밀봉구에서의 전해물질 누출의 감소와는 상관이 없는 것으로 여겨져 과피흑변과 얼룩과의 발현 기작에는 차이가 있는 것으로 보여진다.

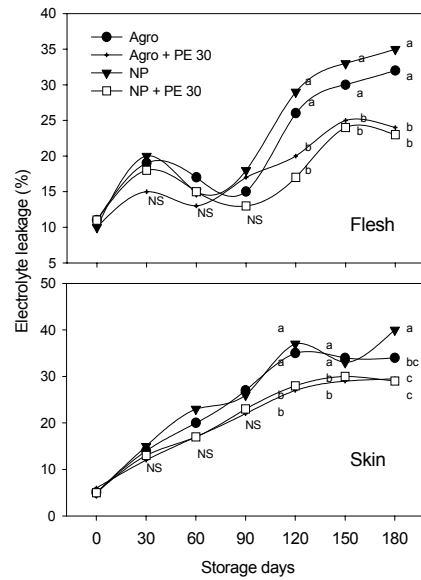


Fig. 20. Changes in electrolyte leakage of 'Niiitaka' pear fruit as influenced by bagging materials on the tree and by 30  $\mu$ m polyethylene(PE) film packaging during cold storage, 1998-99. Abbreviations of the captions indicate manufacturers or product types of the bags. Agro, Nonghyup agro Co.; NP, newspaper made in Japan. Plus PE(+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30 $\mu$ m PE film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

신고 배 저온 저장 기간 중 전폐놀의 함량 변화를 보면 과육에서는 처리간 차이가 없이 초기에 감소하다가 증가하여 일정 수준을 유지하고 있으며, 과피에서는 저장 60일 이후에 증가하고 있는데 신문봉지로 재배하였던 과실은 PE 필름

밀봉 유무에 관계없이 다른 두 처리구보다 많은 증가를 보이고 있다(Fig. 21). 신문봉지로 재배하였던 과실은 저장중 PE 필름 밀봉 유무에 관계없이 얼룩과가 저장 180일에 거의 100% 가 발생하였는데 이는 전페놀의 함량 증가와 관계가 있는 것으로 추정되며 얼룩과 발생과 전페놀과 정의 상관을 보인 윤 등(2000)의 결과와 일치하였다. 일반적으로 신고 배에 있어서 전페놀의 함량은 저온 저장 기간 중에 일정한 수준으로 유지되는 것으로 알려져 있으며 과피흑변 현상이 많이 나타날수록 감소하는 것으로 보고되고 있다(김, 1974; 강, 1996). 강(1996)은 신고 배 과피흑변 억제를 위한 실험에서 수확 후 열처리한 과실에서 전페놀의 함량이 변화하지 않았으며 과피흑변 발생이 많은 대조구에서 현저한 감소를 보여 전페놀이 과피흑변을 일으키는 중간 대사 산물로 이용되었음을 확인하였다. 또한 김(1974)은 금춘추 품종에서 과피흑변 현상은 폴리페놀과 상관이 있으며 동일한 과실에서 과피흑변 부위의 폴리페놀 함량은 건전 부위에 비하여 17% 정도 적었다고 하였는데 신고 배에 있어서 저장중 전페놀의 변화는 과피흑변과 밀접한 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나 최 등(1995)은 신고 배 수확 후 열처리한 과실에서 전페놀 함량의 감소가 관찰되어서 상반되는 결과를 얻었는데 이는 열처리에 의해서 전페놀의 생성 억제로 인한 과피흑변의 방지에 기여할 가능성을 배제하지 않는다고 보고하고 있다. 본 실험에서 Agro봉지와 Agro봉지 + PE 처리구에서 전페놀이 증가되는 양상은 일반적인 전페놀 변화 양상과 상반되는 결과로 보이며 얼룩과 발생과 전페놀 함량과의 정의 상관 관계를 나타내는 본 실험의 결과로 볼 때 얼룩과를 발현하는 물질이 전페놀을 증가시키는 역할을 하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 신고 배 저온 저장중 전페놀과 연계하여 PPO 활성을 살펴보았는데 과육보다는 과피에서 PPO 활성이 높았으며 수확 후 저장 기간 내내 조사된 4처리구에서 꾸준히 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 22).

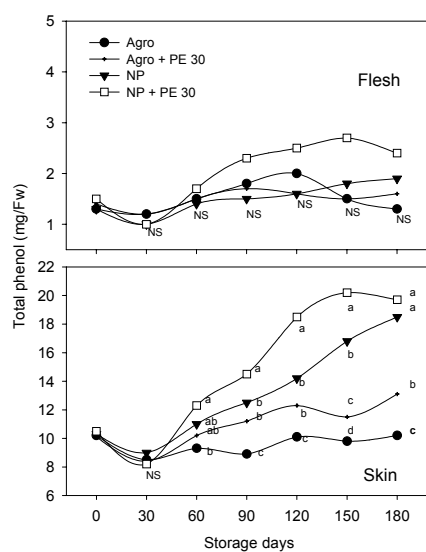


Fig. 21. Changes in total phenolic compounds of 'Niiitaka' pear fruit as influenced by bagging materials on the tree and by 30 $\mu$ m PE film packaging during cold storage, 1998-99. Abbreviations of the captions indicate manufacturers or product types of the bags. Agro, Nonghyup agro Co.; NP, newspaper made in Japan. Plus PE(+ PE) treatment means postharvest packaging of fruits inside 30 $\mu$ m PE film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

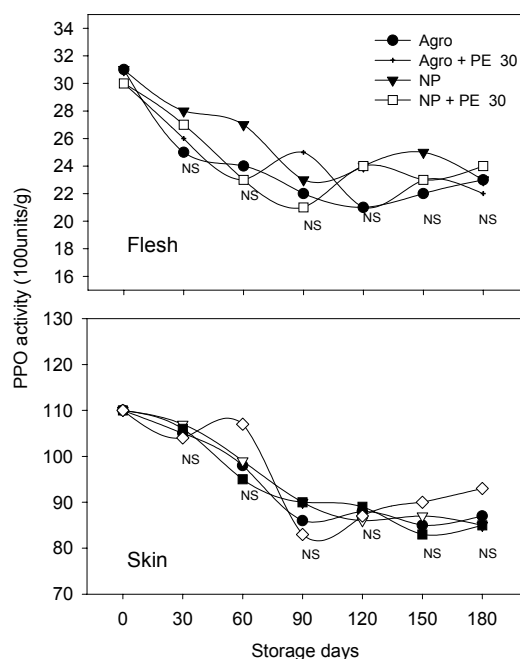


Fig. 22. Changes in PPO activity of 'Niitaka' pear fruit as influenced by bagging material on the tree and by 30  $\mu$ m PE film packaging during cold storage, 1998-99. Abbreviations of the captions indicate manufacturers or product types of the bags. Agro, Nonghyup agro Co.; NP, newspaper made in Japan. Plus PE(+ PE) treatment means, postharvest packaging of fruits inside 30 $\mu$ m PE film. NS: non-significant by duncan's multiple range test at 5% level.

일반적으로 갈변 또는 흑변과 같은 식물 조직의 변색에는 조직내 페놀화합물의 산화가 관련되어 있음은 잘 알려져 있는데 김(1974), 이와 황(1992), 그리고 강(1996)은 금춘추 또는 신고 배의 흑변 과실 또는 흑변 부위는 정상 부위에 비하여 PPO의 활성이 높을 뿐만 아니라 페놀화합물의 함량이 낮음을 관찰하고 이는 PPO의 산화 작용에 의해 조직내 페놀화합물이 흑변 물질로 변화하였기 때문으로 보았다. 또한 사과 과실의 scald 방지용으로 주로 이용되고 있는 항산화제의 일종인 diphenylamine(DPA)의 처리에 의해 신고 배의 과피흑변 발생이 억제된다고(김과 이, 1993) 하여 배 과피흑변의 발생은 산화 과정과 관련이 있는 것으로 간

주되고 있다. 본 실험에서 과육이나 과피에서의 PPO 활성은 4처리간에 뚜렷한 차이를 볼 수가 없었고 윤 등(2000)이 보고한 신고 배 저온 저장중 PPO 활성은 과육보다는 과피에서 높았다는 결과와 일치하였다. 그러나 앞서 신문봉지로 재배 하였던 과실을 PE 필름으로 밀봉하지 않았던 처리구에서 전폐놀 함량 증가를 가져올 수 있는 요인으로 PPO 활성이 낮아야 하는데 그림 4에서 보는 바와 같이 PPO 활성이 다른 처리구와 비교하여 차이가 없는 사실로 비추어 볼 때 얼룩과가 많이 발생하는 요인은 PPO 활성 증가에 따른 전폐놀의 감소와는 상관이 없는 것으로 간주된다.

## 2) 수확 시기 및 저장중 PE 필름 내 가스 조성과 얼룩과 발생과의 관계

수확 시기의 조만에 따른 얼룩과 발생 정도의 차이를 조사한 결과 9월 하순과 10월 초순에 수확한 신고 배가 0%의 얼룩과 발생을 보인 반면 10월 중순에 수확한 배는 5%의 발생을 보였다. 또한 저장 180일 이후에 얼룩과 발생 정도를 조사한 결과 9월 하순, 10월 초순, 10월 중순에 수확한 배가 각각 31%, 45%, 75%의 얼룩과 발생률을 보여 9월 하순에 수확한 배에 비하여 10월 초순과 10월 중순에 수확된 배가 각각 1.5배, 2.4배나 높은 발생률을 보였다(Fig. 23). 한편 수확된 신고 배를 30 $\mu$ m, 50 $\mu$ m의 PE 필름에 각각 밀봉 저장하였던 경우 9월 하순에 수확된 신고 배의 저장 180일 이후 얼룩과 발생률은 각각 52%, 57%, 10월 초순에 수확한 경우는 각각 75%, 80%, 10월 중순에 수확한 배의 경우는 모두 100%의 발생률을 보여 앞서 제시한 PE 필름 밀봉을 하지 않은 처리구보다 상당히 높은 얼룩과 발생을 보였다. 이와 같은 결과는 저장시 높은 상대습도에 기인한 것으로 판단된다. 이를 뒷받침 할 수 있는 또 다른 근거는 Fig. 24에서 보는 바와 같이 PE 필름 두께에 따라 이산화탄소, 에틸렌 축적이 다소간 차이가 있는데도 불구하고 얼룩과 발생률에서는 차이를 보이지 않음으로 이산화탄소나 에틸렌이 얼룩과 발생에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. PE 필름 밀봉에 의한 높은 상대습도, 그리고 수확 시기가 늦어질수록 얼룩과 발생이 높았던 본 실험의 결과는 홍 등(1999)의 보고와 일치하였다. 일반적으로 과실의 신선도 유지 및 저장에 있어서 수확기는 매우 중요한 요인으로 작용하고 있는데 신고 배 과피후변도 수확기가 늦어질수록 많이 발생하며(최 등, 1995), 사과에 있어서 내부갈변을 일으키는 요인중의 하나로 알려진 밀증상도 수확기가 늦어질수록 많이 발생하는 것으로 보고되고 있다(이와 최, 1997; 박 등, 1997; 황 등, 1998). 따라서 수확시기가 늦을수록 얼룩과 발생이 많은 본 실험으로 미루어 볼 때 얼룩과 발생은 과실의 신선도, 성숙도와 밀접한 연관이 있는 것으로 여겨지며 과실 저장중 신선도 유지와 장해 발생을 억제하기 위해서는 수확 시기가 늦어지지 않도록 하는 것이 바람직

할 것으로 생각된다.

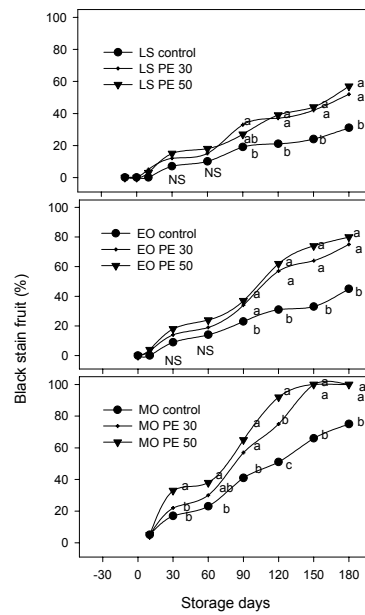


Fig. 23. Occurrence of black stain on the 'Niiitaka' pear fruit during cold storage as influenced by harvest dates and postharvest 30  $\mu$ m polyethylene film packaging. LS, late September; EO, early October; MO, mid October. PE 30 and 50 indicates postharvest packaging treatments with 30  $\mu$ m or 50  $\mu$ m PE film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

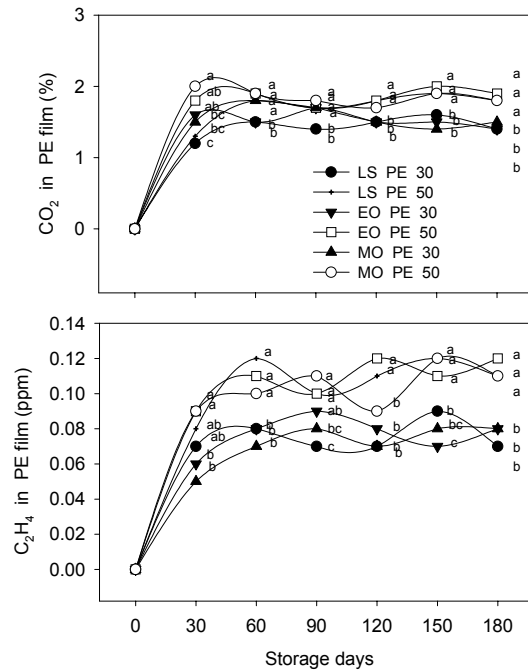


Fig. 24. Accumulation of CO<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> on the 'Nittaka' pear fruit during cold storage as influenced by harvest dates and postharvest 30 μm PE film packaging. LS, late September; EO, early October; MO, mid October. PE 30 and 50 indicates postharvest packaging treatments with 30 μm or 50 μm PE film. Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

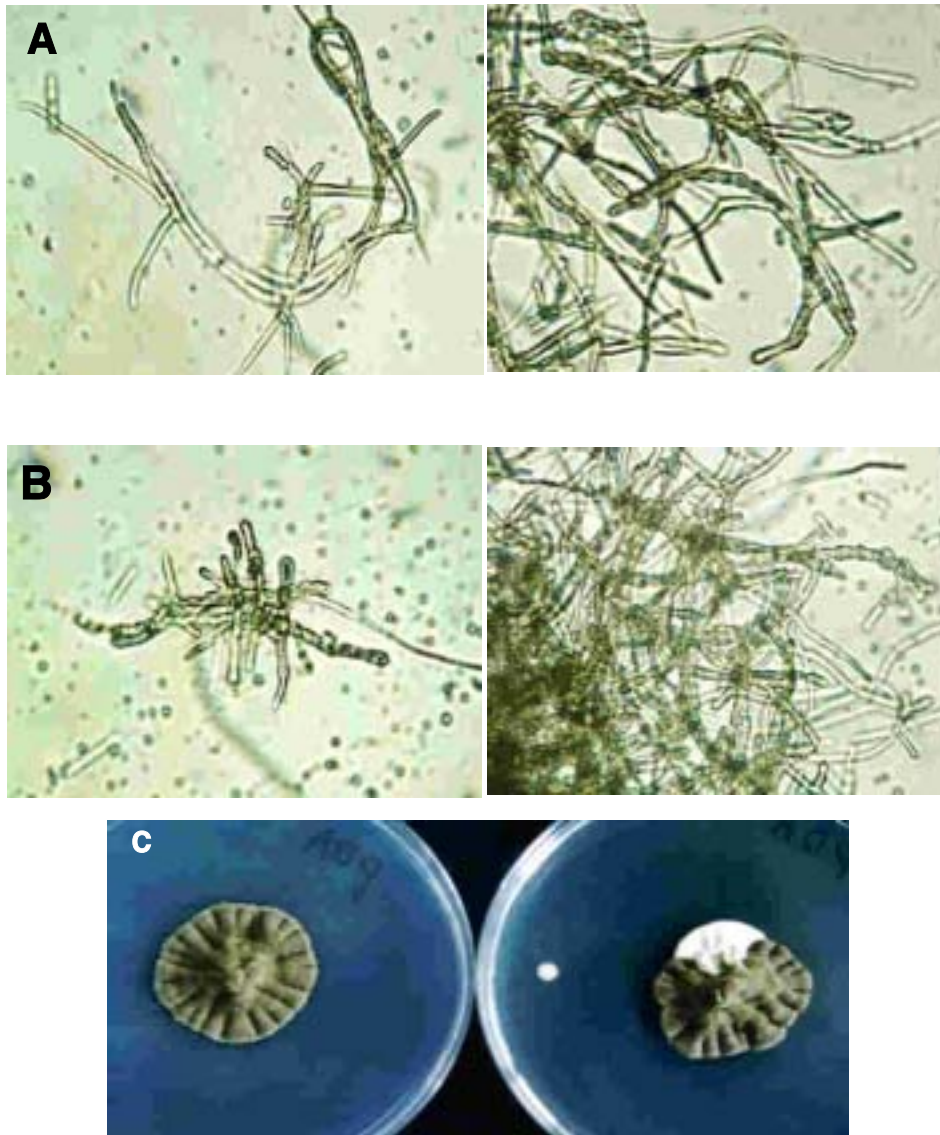
#### 나. 과피 얼룩 장애 유기 병원성 분리 및 동정

##### 1) 얼룩과 병원균의 형태적, 배양적 특징

얼룩과의 분리균을 동정하기 위하여 배양된 균을 채취하여 광학현미경으로 관찰한 결과 균사의 모양은 Fig. 25A와 B 같이 다양한 모양을 하고 있는데 길이에 차이가 있었지만 기본적으로는 막대 모양을 하고 있으며 격막이 있는 부위는 약간 잘룩한 모습이었다. Fig. 25A와 B의 모양과 같이 격막이 하나 혹은 둘이 있는



포자는 길이가  $3.06 \times 15.0 \pm 1.5 \mu\text{m}$  정도이고 격막이 3, 4, 5개가 있는 포자의 길이는  $3.0 \sim 3.5 \times 25.0 \pm 2.5 \mu\text{m}$  정도이며 이들 균사들은 일련의 연속체를 형성하고 있었다. 얼룩과 분리균은 WA 배지에서 균사 생장 속도가 아주 느렸고 배지에 타원형의 암갈색의 균총을 형성하고 회갈색의 분생자충을 윤문상으로 형성하는 것이 특징이었다(Fig. 25C). 이와 같은 형태적 특성은 Jones와 Aldwinckle(1990), 小林 등(1992), 그리고 Johnson 등(1997)이 배와 사과에서 과실 재배 중에 발병되는 'Sooty Blotch'의 원인균으로 보고된 *Gloeodes pomigena*와 형태적 모습과 완전히 일치하였다. 이 연구자들은 *G. pomigena*의 형태적 특징에서 원론적으로 균사는 크게 4가지 유형으로 분류할 수 있지만 이 4가지 유형을 정확히 분류하기란 어렵거나 불가능하다고 하였고 본 실험에서도 균사의 모양이 몇가지 유형임을 발견할 수는 있었지만 정확히 4가지 유형을 모두 발견하지는 못하였다. 따라서 신고 배 얼룩과 과피에서 채취된 균과 배양실에서 배양된 균과는 동일균임을 확인할 수 있었고 형태학적 특성에서 배양된 균이 *G. pomigena*와 동종의 균이므로 신고 배 저장중 과피에서 발병되는 얼룩과는 배나 사과의 재배중에 감염되는 'Sooty Blotch'의 원인균인 *G. pomigena* (Schweintz, 1920)인 것으로 동정되었다.



C

Fig. 25. Conidial shapes and acervulus of *Gloeodes pomigena* isolated from black stain 'Niitaka' pear fruit skin. A, One- (left) or two-septate (right) spores ( $\times 400$ ); B, Three- (left), four- (right), or five-septate spores ( $\times 400$ ); C, Cultured colony separated from black stain pear fruit skin.

## 2) 얼룩과 병원균의 병원성 검정

신고 배 얼룩과에서 분리한 균주를 WALM에서 근자외선을 12시간씩 2주간 조사하면서 배양시켜 포자의 형성을 유도하였다. 배양된 포자를 멸균수에 넣어 신고 배 과피 표면에 분무하였다. 이때 신고 배 과피는 전혀 얼룩과 병징이 없는 것을 사용하였으며 과피 표면을 50% ethanol로 세척한 후 건조시켜 포자를 분무하였다. 분무한 후 신고 배는 습실 처리한 용기에 넣어 배양실(23±1℃) 및 저온고(0℃)에 4주간 방치하였다. 배양실에서는 5일 후 신고 배 과피 표면에 포자가 착생한 것을 확인하였고 이로부터 3주 후에 신고 배 과피 표면적의 30% 이상이 수 mm<sup>2</sup>의 병반으로 뒤덮였으며 저온고에서는 3주째에 병반이 형성되는 것을 관찰하였는데 이 병반이 저온 저장중에 발생하는 얼룩과와 동일 증상을 확인하였다 (Table 5). 또한 배양된 포자를 신고 배 과피 표면에 분무하여 배양실 조건에서 병징을 발현시키면서 오존가스를 0.1~0.5ppm을 처리한 구에서는 전혀 병징의 발현이 없었다(Table 6). 이와 같은 결과로 *G. pomigena*는 신고 배에 병원성을 가지고 있었고 오존 가스로 병원균의 발현을 100% 억제할 수 있었다.

Table 5. Disease severity on the skin of 'Niitaka' pear fruit inoculated with *Gloeodes pomigena*.

Temperature	Days after inoculation					
	0	5	10	15	20	25
	Disease severity <sup>z</sup>					
Room temp.	-	+	+	+	++	+++
Low temp.	-	-	-	-	-	+

<sup>z</sup>- : no lesion developed, + : lesion developed 1-10% on skin,

++ : lesion developed 11-30% on skin, +++ : lesion developed 31-100% of skin.

Table 6. Effect of O<sub>3</sub> treatment on 'Niitaka' pear fruit skin inoculated with *Gloeodes pomigena*.

Treatment	Days after inoculation					
	0	5	10	15	20	25
	Disease severity <sup>z</sup>					
Control	-	+	+	+	++	+++
O <sub>3</sub> (0.1-0.5ppm)	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>- : no lesion developed, + : lesion developed 1-10% on skin,

++ : lesion developed 11-30% on skin, +++ : lesion developed 31-100% of skin.

### 3. 열룩과 방지 기술

#### 가. 수확 후 몇 가지 처리에 따른 열룩과 발생 억제

신고 배 수확 후 저온 저장중 열룩과 발생을 억제하기 위해 예건, 열처리, 화학제 처리를 하였다. 열룩과 발생률에 있어서는 초기 60일까지는 처리간에 차이가 없었으나 90일 이후부터 열처리, 화학제 처리가 대조구나 예건 처리보다 열룩과 발생이 적어서 대조구 100을 기준으로 할 때 열처리, 화학제 처리가 각각 62.5%, 54.1% 정도 발생하였다(Fig. 26).

최근 원예작물에 대한 수확 후 화학 물질 처리에 대한 대응책으로 열처리가 많이 이루어지고 있는데 최 등(1995), 강(1996), 그리고 홍과 이(1997b)는 신고 배 수확 후 흑변 방지를 위해 38℃에서 2일 이상, 48℃에서 2시간 이상 열처리를 하면 과피흑변을 효과적으로 방지할 수 있다고 보고하였는데 이는 열처리를 통해 수확 후 과피에 존재하는 수분을 없애주므로 과피의 건조 상태가 유지되고 또한 열처리에 의해 산화 효소를 불활성화 시킴으로써 최종적으로 과피흑변을 억제한다고 하였다. 본 실험에서 열처리로서 열룩과 발생을 어느 정도 억제시킬 수 있는 요인은 과피의 수분 제거에 따라 곰팡이가 성장할 수 있는 열악한 조건을 만들어 준 것으로 생각할 수 있다. 열처리와 더불어 화학제 처리로도 열룩과 발생을 억제시킬 수 있었는데 본 실험에 사용된 화학제는 acetic acid와 citric acid를 혼합한 것으로 앞서 열룩과의 원인균인 *G. pomigena*를 제어하는데 어느 정도는 효과가 있는 것으로 인정된다. 한편 열룩과 발생에 따라 과실 표면의 색깔의 밝기가 어떻게 변하는가를 관찰하기 위하여 Hunter 'L' 값을 살펴보았다. 저장 60일까지는 대조구와 비교하여 3처리 모두 차이가 없었고 90일부터 열처리와 화학제 처리가 대조구와 예건 처리보다 명도값이 높게 유지되었고 이후 저장 180 일까지 같은 추세를 보였다(Table 7). 임 등(1998)은 저장고 내 습도 조건이 과피색에 영향을 미친다고 했으며 저습 조건에서 저장 3개월이 지나면 고습 조건보다

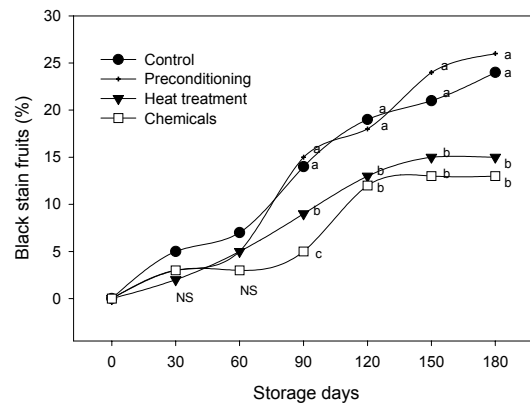


Fig. 26. Occurrence of black stain during cold storage on the 'Niitaka' pear fruit as influenced by preconditioning, heat, and chemicals treatment. Preconditioning, 7days dried by sunlight in field; heat treatment, 48°C for 3hrs in incubator; chemicals treatment, dipping in acetic acid (10g/L) + citric acid (2g/L). Same letters indicate insignificant differences among treatments on each period as determined by Duncan's multiple range test at 5% level.

Hunter 'L' 값이 감소한다고 하였다. 이와 같은 이유는 저습 조건에서 과실의 중량 감소가 심하여 배 고유의 색택을 잃어 간다고 하였는데 본 실험에서 PE 필름 밀봉 처리에 의한 고습 조건에서 얼룩과가 많이 발생하여 상대적으로 Hunter 'L' 값이 감소하였을 것으로 추정할 수 있으며 예건, 열처리, 화학제 처리 후 PE 필름 밀봉을 하지 않는 상태에서 색택을 유지 할 수 있는 것으로 보아 반드시 저습 조건이 과실의 색택을 어둡게 하지는 않는다고 생각된다. 또한 예건, 열처리, 화학제 처리간에 Hunter 'L' 값이 90일부터 차이가 나는 이유는 Fig. 26에서 보는 바와 같이 얼룩과 발생이 저장 90일부터 많아져 대조구나 예건 처리에서 과실이 검은색을 많이 띠기 때문인 것으로 생각된다. 얼룩과 발생은 초기에 육안으로 볼 때는 세심하게 살펴보아야 관찰이 가능하며 어느 정도 진전이 되어만 육안으로 확실하게 얼룩과임을 알 수가 있다. 그러나 수확 후 유통 과정중에서는 얼룩과가 조금이라도 발생이 되었을 때는 상품성에 악영향을 주기 때문에 육안 관찰만으로는 부족하다고 생각된다. 따라서 본 실험의 결과로 본다면 얼룩과 발생이 많이

지역의 과수원에서 수확한 신고 배는 90일 이상 저온 저장을 하지 않는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 수확 후 신고 배에 열처리나 화학제 처리로서 얼룩과 발생을 어느 정도 제어 할 수 있으나 저장 중기부터 얼룩과 발생이 10%를 넘기 때문에 얼룩과를 완전히 방지할 수 있는 효과적인 방법이 되지 못하는 것으로 판단되고 또한 수확 후 열처리나 화학제 처리를 하기 위해서는 별도의 시설이 필요하며 처리 시간이나 처리 방법이 번거롭기 때문에 보다 생력적인 방법이 모색되어야 할 것으로 생각된다.

Table 7. Changes in surface Hunter 'L' values of 'Niitaka' pear fruit during cold storage as influenced by preconditioning, heating, and chemicals treatment.

Treatment	Storage days						
	0	30	60	90	120	150	180
Conrol	62.4 a <sup>z</sup>	62.2 a	61.8 a	60.5 b	59.2 b	58.5 b	57.2 b
Preconditioning <sup>y</sup>	62.4 a	62.1 a	61.8 a	60.2 b	59.1 b	57.0 c	56.9 b
Heat treatment <sup>x</sup>	62.4 a	62.2 a	61.9 a	61.4 a	61.2 a	60.8 a	60.2 a
Chemicals <sup>w</sup>	62.4 a	62.3 a	61.7 a	61.5 a	61.0 a	60.8 a	60.5 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Preconditioning, 7days dried by sunlight in field.

<sup>x</sup>Heat treatment, 48°C for 3hrs in incubator.

<sup>w</sup>Chemicals, dipped in acetic acid(10g/L) + citric acid (2g/L).

#### 나. 오존 가스 처리에 의한 얼룩과 방지 효과

열처리나 화학제 처리로서는 얼룩과를 100% 방지할 수 없었으며 처리하는데 있어서도 많은 번거로움이 따르고 미생물 살균에 있어서 염소의 7배 정도의 효과를 가지고 있는 오존 가스는 병원성 검정을 통하여 얼룩과에 효과가 있음이 입증되었기에 신고 배에 국내에서 처음으로 적용하여 얼룩과를 효과적으로 방지하고자 하였다.

신고 배 저장 초기부터 0.1~0.5ppm의 오존 가스를 저장 150일간 처리하였을 때 대조구에서 얼룩과가 45% 발생하였는데 오존 가스 처리에서는 얼룩과가 전혀 발생되지 않았다. 그러나 1~5ppm, 6~10ppm 처리구에서는 얼룩과를 전혀 발생시키지 않았으나 1~5ppm 처리구에서는 저장 60일 이후에, 6~10ppm 처리구에는

저장 30일 이후에 신고 배 과피에 이상 흑반이 생기는 증상을 보였다(Table 5). 오존 가스는 발생 농도에 따라 살균력이 다르다고 알려져 있으며(Xu, 1999), Norton 등(1968)은 cranberries의 Early Black 품종은 오존 가스 0.6ppm에서 장해를 받는다고 하였고 Kuprianoff (1953)는 사과에서 10ppm 이상의 오존 가스에 수 시간 동안의 노출은 이상과를 발생시킨다고 보고하였다. 신고 배에 오존 가스를 적용한 사례는 본 실험이 최초였는데 이 실험의 결과로 볼 때 오존 가스 1ppm 이상의 농도에서 2개월 이상 지속적으로 노출되는 것은 과피에 이상 흑반을 일으킬 수 있는 결과를 초래하기 때문에 1ppm 이상의 농도는 회피하는 것이 바람직하며 이는 米肉(1993)가 청과물에 오존가스를 적용할때는 0.1~0.5ppm의 농도가 안전하다고 보고한 결과와 일치하였다. 이상과 같은 소규모 실험실에서의 결과를 가지고 농가 저온 저장고(81m<sup>2</sup>)에서 오존 가스 농도를 0.1~0.5ppm으로 적용하였을 때의 얼룩과 발생률을 조사한 결과, 저장 150일 기간 중에 오존 가스를 발생시키지 않은 대조구 저장고는 얼룩과가 43% 발생하였지만 오존 가스 처리 저장고는 전혀 얼룩과가 발생되지 않았다(Table 8).

Table 8. Inhibition affects of O<sub>3</sub> on the occurrence of black stain on 'Nīitaka' pear fruit during cold storage.

Storage location	O <sub>3</sub> concentration (ppm)	Storage days					
		0	30	60	90	120	150
		Black stain fruit(%)					
NHRI <sup>z</sup>	Control	0	0	7	27	38	45
	0.1 - 0.5	0	0	0	0	0	0
	1 - 5	0	0	0	- <sup>y</sup>	-	-
	6 - 10	0	-	-	-	-	-
Farm	Control	0	4	12	25	36	43
	0.1-0.5	0	0	0	0	0	0

<sup>z</sup>NHRI, National Horticultural Research Institute.

<sup>y</sup>Damaged fruit by O<sub>3</sub> treatment.

한편 얼룩과를 발생시키는 원인균인 *G. pomigena*의 특징은 활력이 상당히 떨어지고 특히 저온에서는 균생장의 진행속도가 늦은 것으로 알려져 있는데 이미 병원균에 감염된 신고 배에 오존 가스를 처리했을 경우 얼룩과 발생의 진행 추이가 어떤지를 살펴보았다. 얼룩과가 비교적 많이 발생하는 과수원에서 채취된

신고 배를 실험실 저온 저장고에 50일간 저장을 했을 경우 얼룩과가 21% 발생되었는데 이때부터 오존 가스를 0.1~0.5ppm으로 발생시켰을 경우 저온 저장 100일 후에 대조구가 51% 발생하여 2.4배가 증가한 반면 오존 가스 처리구는 더 이상 얼룩과 발생에 진전이 없었다(Table 9). 이상의 결과를 가지고 농가 저온 저장고(81m<sup>3</sup>)에 적용한 결과 저온 저장 100일 후에 대조구 83%가 발생하여 오존 가스 적용 전과 비교하면 1.7배나 증가하였고 오존 가스 처리구는 실험실에서와 마찬가지로 얼룩과 발생에 진전이 없었다.

위의 결과를 종합해 보면 신고 배에 있어서 저온 저장중 얼룩과 발생 방지를 위한 오존 가스의 적정 농도는 0.1~0.5 ppm이며 열처리, 화학제 처리와 비교하여 볼 때 생력적이면서도 효율적으로 얼룩과 방지가 가능함을 확인할 수 있었다.

Table 9. Effect of postharvest 50-day O<sub>3</sub> treatments on the incidence of black stain on 'Niiitaka' pear fruit during cold storage.

Storage location	O <sub>3</sub> concentrations (ppm)	Storage days					
		0	20	40	60	80	100
		Black stain fruit(%)					
NHRI <sup>z</sup>	Control	21	25	32	35	43	51
	0.1 - 0.5	21	21	21	21	21	21
Farm	Control	47	58	63	63	71	83
	0.1 - 0.5	47	47	47	47	47	47

<sup>z</sup>NHRI, National Horticultural Research Institute.



## 제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

수행내용	달성도 (백분율)
○ 배 수확전후 과피의 환경적응성 검정 및 이화학적 원인구명	90
○ 배 수확전후의 과피 조직발달의 효과적 관찰	95
○ 과피의 환경적응성과 조직발달을 연계	80
○ 과피장해과 방지를 위한 항산화제 처리	80
○ 과피장해과 방지를 위한 오존처리 수행	95
○ 과피장해과의 효과적인 방지기술은 확립	95
○ 과피장해과 방지 기술의 적절한 농가 적용	90
○ 적용기술의 효과적 방지	95
○ 과피의 환경적응성과 조직발달과의 상관관계 도출	90
○ 과피장해과의 원인구명	95
○ 농가단위에서 생력적으로 수행가능한 방지 기술을 확립	95

## 제 2절 관련분야 기술발전의 기여도

### 1. 분야별 기술발전의 기여도

#### 가. 수확후 생리장해 분야

과실류 수확후 생리장해 분야는 크게 사과와 배에서 많이 발생하는데 사과에는 내부갈변, 배에서는 과심갈변, 탈피과 등을 들 수 있는데 아직까지 이 부분에 대한 원인 구명이 명확하게 되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 본 과제를 통해서 밝혀진 탈피과에 대한 일련의 연구결과는 생리장해를 연구하는 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되었고 이 분야 기술발전에 많은 기여를 하였다.

#### 나. 수확후 해부학적 조직관찰 분야

과실류 수확후 품질변화에 따른 해부학적 관찰은 미미한 수준이며 본 연구에서는 폭넓고 깊이있게 접근하여 화훼나 채소분야에서만 주로 다루워 왔던 조직관찰을 과실류까지 확대하는데 기여하였다.

#### 다. 수확후 병해충 분야

과실 수확후 병원균 분리 동정을 통한 선도 유지 측면에서의 연구는 많이 이루어지지 않았으며 명확한 원인구명이 이루어지지 않았으나 본 과제를 통해 이분야 연구를 확대하는 계기를 마련하였다.

#### 라. 선도유지를 위한 보조적 수단 분야

과실류 저장시 선도유지를 위한 많은 보조적 수단에 대한 연구는 다방면으로 많이 이루어지고 있는데, 특히 에틸렌제거제, 이산화탄소 제거제 등에 관한 연구가 많았으며 선도유지 및 충해억제를 위한 오존 가스의 이용으로 선도유지 측면에서의 오존의 이용성 증대에 계기를 마련하였다.

## 제 5장 연구개발 결과의 활용계획

### 제 1절 연구개발 결과

#### 1. 연구성과

##### 가. 정부기관 제출 연구성과

구분	제목	건의기관	년도
○영농활용	· 신고배 저온 저장중 탈피과 원인 및 억제방법	원예연구소	2001
	· 신고배 저온 저장중 얼룩과 방지 방법	원예연구소	2003
○시책건의	· 신고배 저온 저장중 얼룩과 방지를 위한 오존 발생기 보급	농림부	2002

### 제 2절 연구결과 활용계획

(기활용)

## 제 6장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

(해당사항 없음)

## 제 7장 참고문헌

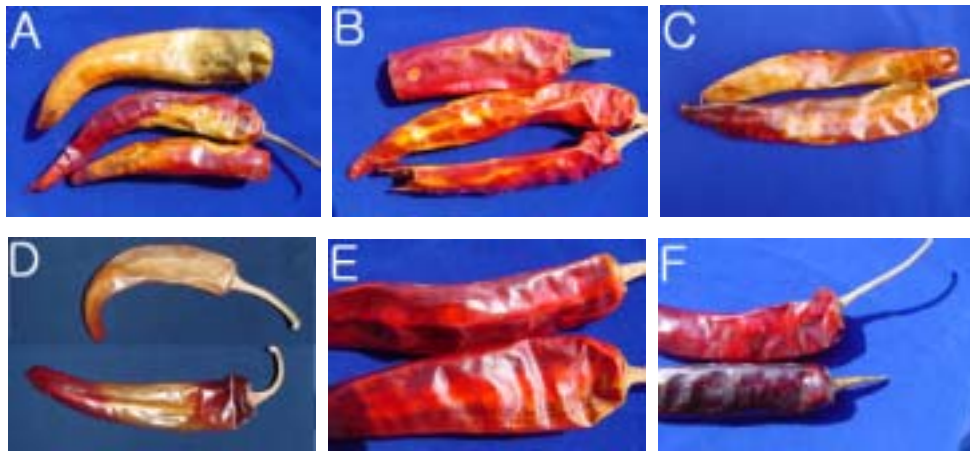
- Beruter, J. 1985. Sugar accumulation and changes in activities of related enzymes during development of the apple fruit. *J. Plant Physiol.* 121:331-341.
- Chen, P. M., D. G. Richardson, and W. M. Mellenthin. 1982. Differences in biochemical composition between 'Beurre d'anjou' and 'Bosc' pear during fruit development and storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:807-812.
- 최성진, 홍윤표, 김영배. 1995. 신고 배의 저온 저장중 과피흑변의 발생 방지를 위한 저장 전처리. *한원지* 36:218-228.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of Seed Plants*. 2nd Edn., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Hirose, T. 1985. Effects of pre- and interposed warming on chilling injury, respiratory rate, and membrane permeability of cucumber fruits during cold storage. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 53:459-466.
- 홍지훈, 이승구. 1997a. '신고' 배의 유대 재배과와 무대 재배과의 수확 후 품질 변화. *한원지* 38:396-398.
- 홍지훈, 이승구. 1997b. 수확 후 열처리가 '신고' 배의 저장성 및 흑변에 미치는 영향. *한원지* 38:506-509.
- 홍성식, 홍윤표, 정대성, 김영배. 1995. 신고 배 CA 저장 시험. 원예연구소 시험연구보고서 저장이용연구편 pp. 483-494.
- 홍세진, 김명수, 박세원, 신일섭. 1998. 조생종 배 과실의 성숙 중 당과 산의 함량 및 식미의 변화. *한원지* 39:408-411.
- 홍윤표, 홍성식, 이종석. 1999. 배 저장 중 생리장해 원인 구명 및 방지 연구. 1999년도 원예연구소 시험연구보고서 저장이용편 pp. 389-394.
- 홍윤표, 홍성식, 정대성, 김영배. 1996. 사과 주요 품종의 상온 유통 기간 및 저온 저장 한계기 설정. *한원지 논문발표요지* 14:154-155.
- 황용수, 김일, 이재창. 1998. '후지' 사과의 과실 성숙도와 저장 환경이 밀병, 과육 갈변 및 품질에 미치는 영향. *한원지* 39:569-573.
- Jones, A. L. and H. S. Aldwinckle. 1990. *Compendium of apple and pear diseases*. *Amer. Phytopathol. Soc.* pp. 20-22.

- Johnson, E. M., T. B. Sutton, and C. S. Hodges. 1997. Etiology of apple sooty blotch disease in North Carolina. *Phytopathology* 87:88-95.
- 정석태, 김지강, 홍성식, 장현세, 김영배. 1998. '행수', '장십량', '신고' 배의 숙도 및 저장 온도가 호흡 속도와 에틸렌 발생량에 미치는 영향. *한원지* 39:446-448.
- 강호경. 1996. 저온 저장중 '신고' 배의 과피흑변 방지에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 김현옥, 이승구. 1994. 감자의 curing 과정과 저장 후 reconditioning 조건이 가공성에 미치는 영향. *한원지* 35:36-42.
- 김점국, 박희승, 이한찬, 송기철. 2000. 배 과실의 생육기 발생하는 과피얼룩과 발생요인 구명. 2000년도 원예연구소 시험연구보고서, 과수재배편 pp. 130-132.
- 김정호. 1974. 동양배 금촌추 품종의 저장중에 발생하는 과피흑변 현상의 유기요인 및 그 방지에 관한 연구. *한원지* 16:1-25.
- 김월수, 이한찬. 1993. 수출 배 생리 장애 방지에 관한 연구. 과수연구소 시험연구보고서 pp. 159-169.
- 김우갑, 박홍식, 정병갑. 1993. 주피의 구성 및 발달. *식물형태·해부학*, 아카데미서적, 서울.
- Kuprianoff, J. 1953. The use of ozone in cold storage of fruits. *J. Food Sci.* 18:257-342.
- 이재창, 황용수. 1992. 배 수출 모델 개발 및 상품성 향상에 관한 연구. 제 5장 흑변 발생에 따른 조직의 생화학적 변화와 그 발생 요인. 배 수출 모델 개발 및 상품성 향상에 관한 연구. 과기처 특정연구개발 사업보고서 pp. 88-99.
- 이종석, 홍윤표, 윤상돈. 1997. 과실의 저장 유통중 생리장애 방지 연구. 원예연구소 시험연구보고서 저장이용편 pp. 427-436.
- 이주백, 최종욱. 1997. Fuji 사과와 CA 저장중 저장 조건이 과육갈변에 미치는 영향. *농산물저장유통학회지* 4:227-235.
- Lee, S. P., P. M. Chen, T. H. Cheb, K. M. Varga, and E. A. Mielke. 1990. Differences of biochemical components between the skin tissues of normal and black-speckled 'd'Anjou' pears after prolonged low oxygen storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 155:784-788.
- 임병선, 이종석, 홍성식, 최선태, 김휘천, 김영배, 이재창, 황용수. 1998. 저온 저장고의 습도 조건이 '신고' 배 과실의 품질에 미치는 영향. *한원지* 39:736-740.

- Lurie, S., S. Othman, and A. Borochoy. 1995. Effects of heat treatment on plasma membrane of apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 5:29-38.
- McDonald, R. E., T. G. McCollum, and E. A. Baldwin. 1999. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biol. Technol.* 16:147-155.
- Moriguchi, T., K. Abe, T. Sanada, and S. Yamaki. 1992. Levels of sucrose synthase, sucrose-phosphate synthase, and acid invertase in sucrose accumulation in fruit of Asian pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:274-278.
- Mori, M., Y. Harada, and Y. Tsuboi. 1965. Studies on the enzymatic browning during cold storage of white flesh colored peaches. I. Changes in polyphenolic compounds with maturities and the characteristics of polyphenol oxidase. *J. Jpn. Food Sci.* 12:88-94.
- 永澤勝雄. 1939. 和梨果實の果點の發達に關する解剖學的觀察. *日本園藝學雜誌* 12:194-209.
- Oliveira, C. M. and C. A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.* 10:403-430.
- Park, H. S. 1995. Le péricarpe des baies de raisin normales et millerandées: ontogenèse de la structure et évolution de quelques constituants biochimiques, notamment des tanins. Ph.D. Diss., Bordeaux I Univ.
- 박희승, 박지영. 2000. 사과 '후지' 과실의 조직 발달. *원과지* 18:368-372.
- 박희승, 이한찬, 조명동. 1997. 조직검경에 의한 사과의 영양 진단 및 생리장해 발생 양상 연구. *농업과학논문집* 38:95-105.
- Park, Y. M., H. J. Kweon, H. Y. Kim, and O. H. Ryu. 1997. Preharvest factors affecting the incidence of physiological disorders during CA storage of 'Fuji' apple. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:725-729.
- Park, Y. M. and K. Y. Kweon. 1999. Prevention of the incidence of skin blackening by postharvest curing procedures and related anatomical changes in 'Niitaka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:65-69.
- 송관정. 1999. 사과 과실의 당조성과 관련효소 활성의 변화. 서울대학교 박사학위논문.
- 송관정, 고광출. 1997. 오렌지 과실의 당성분과 sucrose synthase 활성과의 관계. *한원지* 38:242-245.

- Waisel, Y., N. Liphshitz, and T. Arzee. 1967. Phellogen activity in *Robinia pseudoacacia* L. *New Phytol.* 66:331-335.
- White, A. G., D. Cranwell, B. Drewitt, C. Hale, N. Lallu, K. Marsh, and J. Walker. 1990. *Nashi, Asian pear in New Zealand.* DSIR Publishing, Wellington, New Zealand.
- Xu, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology* 53:58-63.
- Yamaki, S. and T. Moriguchi. 1989. Seasonal fluctuation of sorbitol-related enzymes and invertase activities accompanying maturation of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) fruit. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 57:602-607.
- Yang, Y. J. 1997. Effect of controlled atmospheres on storage life in 'Niitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:734-738.
- 米肉伸一. 1993. オゾンによる気相・液相の殺菌効果. 新版オゾン利用の新技术, pp. 120-121.
- 윤상돈, 홍윤표, 목일진, 이종석. 2000. '신고' 배 저장 중 과피 얼룩 반점 발생에 관여하는 요인. *한원지* 41:523-525.





정상과(상)와 연화과(하)



과정부 갈변과(초코과)



갈변과



흑변과 (유형 1)



흑변과 (유형 2)



얼룩과



( 느 타 리 버섯 )



( 표 고 버섯 )



( 양 송 이 버섯 )

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

