

최 종  
연구보고서

**신선표고버섯 저장성 향상 및 유통기술 개발**  
Improvement of Fresh Shiitake Storage under Freezing  
Temperature and Marketing

충남대학교

농 립 부



## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “신선표고버섯 저장성 향상 및 유통기술 개발” 과제의  
최종보고서로 제출합니다.

2000 . 10 . 18 .

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 황 용 수

연 구 원 : 박 명 선

연 구 원 : 현 준 호

# 요 약 문

## I. 제 목

신선표고버섯 저장성 향상 및 유통기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

표고버섯은 송이균목 송이버섯과에 속하는 담자균의 일종으로 중요한 임산물의 하나로 간주되고 있으며 우리나라에서는 전국적으로 널리 생산되고 있다. 최근 표고버섯은 섬유소, 무기질, 비타민 D의 함량이 풍부하고 다양한 아미노산도 함유하고 있으며 약리적으로 항암, 지질의 과산화 방지 등의 효과가 확인되어 건강보조식품으로 그 가치를 인정받고 있다.

그러나 표고버섯은 신선도 유지 기간이 짧아 주로 건 표고로 만들어 이용하고 있으나 건조시킨 버섯은 조리하기에 불편하고 맛과 향, 그리고 육질이 신선표고보다 떨어지기 때문에 최근에는 신선 표고버섯의 소비가 증가하는 추세를 보이고 있다. 일본의 경우도 식단의 서구화로 건조표고 버섯의 소비는 늘지 않고 있으나 신선표고의 수입은 증가하고 있다.

신선 표고버섯은 수확 후에도 대사작용이 왕성하여 장기간 보관이 어려우나 유통기간 확대를 위하여 MA저장, 식용 코팅제 처리, CA저장 등의 효과가 검토되어 있으나 획기적인 저장기간을 증대할 수 있는 방안은 마련되어 있지 못하다.

국내에서는 표고버섯을 주로 원목 재배하고 있기 때문에 출하성기와 단정기의 가격 차이가 많은데 이는 원목 재배하는 표고버섯의 생산이 일정 시기에 집중되어 있기 때문이고 또한 저장이 어려워 대부분 홍수 출하기에 집중적으로 출하할 수밖에 없기 때문이다. 또한 최근까지 재배면적이 증가하고 있어 과잉생산에 따른 가격하락의 우려가 있다.

우리나라는 '93년 이후 일본으로의 신선표고 수출량이 증가하고 있으나 수확 후 관

리 기술이 미비하여 수출한 표고의 품질이 떨어지는 경우가 종종 발생한다. 따라서 표고버섯의 수확 후 관리기술의 개선은 분산출하를 통한 가격 안정화 및 지속적인 수출에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 표고의 수확 후 대사생리를 밝히고 아울러 수확한 표고의 품질변화를 최소화할 수 있는 예냉 및 저장 조건을 구명하여 신선 표고의 수확 후 관리에 대한 전반적인 기술을 개선하고자 하였다.

### III. 연구개발내용 및 범위

#### 가. 연구개발의 내용

##### 1. 표고버섯의 예냉조건 구명

- 1) 표고버섯의 호흡률 및 예냉을 위한 냉각용량
- 2) 예냉방식에 따른 품온변화 및 half-cooling time

##### 2. 표고버섯 저장온도 및 최대저장기간 구명

- 1) 적정 빙점하 저장 온도
- 2) 동결에 따른 조직의 해부학적 변화
- 3) 동결온도에 따른 세포막 손상 정도
- 4) 동결조장에 적합한 버섯의 조건

##### 3. 빙점하 저장 중 품질의 변화

- 1) 대사작용 및 저장산물의 변화
- 2) 기타 품질관여 요인 변화

#### 4. 표고버섯의 장해발생과 품질의 변화

- 1) 생리적 장해의 유형과 진전과정
- 2) 장해발생에 따른 품질 변화

#### 5. 빙점하 온도환경에서 탈산소제의 효과

#### 6. 표고버섯 해동조건

- 1) 동결조직의 해동 조건
- 2) 해동에 따른 생체중 및 관능 품질 변화

#### 7. 저장 표고의 유통 중 품질 변화

- 1) 해동한 버섯의 유통조건과 기간
- 2) 장해의 유형

#### 8. 저온성 표고의 pilot 저장 및 모의 수출반응

- 1) 저온성 표고버섯의 현장적용성 검토
- 2) 저장 후 모의 수출 반응 검토

### 나. 연구개발의 범위

#### 1. 표고버섯의 예냉조건 구명

- 1) 표고버섯의 호흡률 및 예냉을 위한 냉각용량을 환산하기 위하여 온도별 호흡률을 조사하였고 이에 따라 제거할 호흡열량을 조사함

- 2) 예냉 방식에 따른 품온변화 및 half-cooling time을 밝히기 위하여 강제통풍식 예냉 조건에서 저온성과 고온성 표고의 냉각소요시간과 품온 변화를 조사함

## 2. 표고버섯 저장온도 및 최대저장기간 구명

- 1) 동결환경에서 세포막 및 해부학적 변화 조사  
저온성과 중온성 표고의 빙점하 저장한계 온도를 밝히기 위하여 -10, -5, -3, 0, 10℃에서 저장을 실시하고 동결조직은 해동시킨 다음 세포막 투과성 변화와 해부학적 변화를 전자현미경으로 조사함
- 2) 동결저장에 적합한 버섯의 조건을 찾기 위하여 수확시기 및 버섯 생육상태에 따른 함수율과 저장반응을 조사함

## 3. 빙점하 저장 중 품질의 변화

- 1) 대사작용 및 저장산물의 변화  
저장 중 호흡, 경도, 가용성 탄수화물, 페놀 등의 변화를 주기적으로 조사함  
저장기간별로 해동한 버섯의 품질을 비교함
- 2) 기타 품질관여 요인 변화  
생리적 장애의 발생정도를 주기적으로 조사함

## 4. 표고버섯의 장애발생과 품질의 변화

- 1) 생리적 장애의 유형과 진전과정  
생리적 장애가 발생하는 유형을 살피고 이들이 발생하는 과정을 조사함
- 2) 장애발생에 따른 품질 변화  
장애 버섯과 건전한 버섯의 내부 구성성분을 비교하여 장애에 따른 품질저하 요인을 조사함

## 5. 빙점하 온도환경에서 탈산소제의 효과

저산소 조건이 갈변 등의 장애에 미치는 영향을 조사하기 위하여 탈산소제를 처리하여 저장반응을 비교함

## 6. 표고버섯 해동조건

### 1) 동결조직의 해동 조건

동결조직의 해동 조건에 따른 품질 변화를 조사함

### 2) 해동에 따른 생체중 및 관능 품질 변화

해동한 버섯의 유통조건에 따른 관능품질을 조사함

## 7. 저장 표고의 유통 중 품질 변화

동결 저장한 표고버섯의 온도별 유통기간을 살피고 아울러 장애의 발생정도를 조사함

## 8. 저온성 표고의 pilot 저장 및 모의 수출반응

### 1) 저온성 표고버섯의 현장적응성 검토

저온성 표고의 현장적응성을 검토하기 위하여 pilot 저장을 농가와 연구용 저장고에서 실시함

### 2) 저장 후 모의 수출 반응 검토

저장을 마친 표고버섯은 해동한 다음 모의 수출과정을 부여하며 최종 판매단계에서의 상품화율을 조사함



## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 가. 연구개발의 결과

#### 1. 표고버섯의 예냉조건 구명

표고버섯은 호흡률이 매우 높은 특성을 지니므로 품온을 조속히 제거하지 못할 경우 생장이 재개되어 품질이 저하된다. 강제통풍식 예냉을 실시할 때 예냉실의 설정온도는  $-3^{\circ}\text{C}$ 가 바람직하였고 half cooling time은 1-1.5시간이었다. 농가에서 보유한 냉각용량이 작은 저장고에서의 저온실 냉각을 실시할 때에는 1회당 냉각물량을 감소시켜 냉각하는 것이 바람직하였다.

#### 2. 표고버섯 저장온도 및 최대저장기간 구명

저온성 표고의 경우 빙점하( $-3^{\circ}\text{C}$ )에서 저장할 경우 60일 정도 저장이 가능하였다. 그러나 빙점하 환경에서 증산에 의한 감모율이 높기 때문에 증산 방지를 위한 moisture barrier를 도입하는 것이 유리하였다. 고온성 표고의 경우 육질이 약하고 수분함량이 높아 빙점하 저장은 바람직하지 않았다. 저장온도가 이보다 낮을 경우( $-5^{\circ}\text{C}$  이하) 결빙에 의한 조직 파괴가 발생하였고 세포막의 투과성 조절능력을 상실하였다. 특히 고온성의 경우 그 피해가 더욱 크게 발생하였다. 표고버섯 갓의 함수율은 수확기, 버섯의 성장에 따라 차이를 나타내었는데 갓이 완전히 전개된 향신의 수분함량은 갓의 덜 전개된 향고 또는 동고보다 높았지만 대는 버섯 성장상태에 따라 함수율에 차이가 없었다. 또한 수확당시에 외관상 건조하게 보이는 버섯의 함수율이 다습해 보이는 것보다 낮았다. 빙점하 저장에 적합한 버섯은 저온성일지라도 수확당시 다소 건조한 것이 유리하였다. 따라서 봄철에 생산되는 화고 또는 수분함량이 80% 내외의 것이 적합하였다.

### 3. 저장중 품질의 변화

표고버섯의 주요 저장산물은 전분으로 저장기간이 길어짐에 따라 급격히 감소하였다. 빙점하 온도에서도 호흡이 높게 유지되어 저장산물의 소모가 지속적으로 발생하였다. 또한 총당은 점진적으로 감소하였고 환원당은 총당과 다른 경향이였다. 페놀물질은 저장중 큰 변화를 보이지 않았다. 경도는 저장기간이 길어질수록 감소하였는데 수분손실이 많을 경우 경도가 오히려 증가하는 경우도 있었다.

### 4. 표고버섯의 장해발생과 품질의 변화

저장 또는 유통 중에 발생하는 장해는 갓 이면의 주름조직에서부터 작은 갈색반점이 등장하여 외각조직부터 물러지거나 부패하였다. 장해를 일으킨 조직은 당, 환원당, 전분 함량이 낮았고 경도도 크게 저하되었다. 반면 PPO활성은 증가하였고 페놀화합물은 감소하여 페놀의 산화와 조직의 갈변과 관련이 있었다.

### 5. 탈산소제의 효과

빙점하 저장 중 갈변방지를 목적으로 탈산소제를 처리하였으나 그 효과는 뚜렷하지 않았다. 탈산소제 처리를 위하여 밀폐환경을 조성한 결과 감량이 감소되어 유리하였다.

### 6. 표고버섯 해동조건

빙점하에서 저장한 표고버섯은 조직이 동결된 상태이므로 해동하여 출하하여야 한다. 해동은 10℃ 조건에서 서서히 수행하는 것이 바람직하였으며 해동이 진행된 다음 해동실을 가습하여 습도를 포화상태로 유지시키면 저장 중 감모되었던 생체중이 부분적으로 회복되었다. 해동할 때 온도변화는 조직이 얇은 갓 부위부터 온도변화가 빠르게 진행하였고 대가 붙어 있는 중앙부위의 온도가 느리게 상승하였다. 생체중 감모량을 줄이기 위해 해동실을 가습할 때 가습량이 지나치게 많으면 수증기가 응축되어 해

동 중인 버섯표면에 결로 현상이 발생하여 물에 젖은 듯한 모습으로 변하기 때문에 외적 품질을 저하시키는 원인이 되었다.

## 7. 저장 표고의 유통 중 품질 변화

동결 저장한 표고버섯의 해동이후 유통조건은 저온이 유리하였으며 저온성 표고의 경우 10℃ 유통온도에서 8일간 상품가치를 상실하지 않았지만 상온에서는 4일 이하이었다. 고온성 표고는 해동 후 플라스틱 포장을 실시할 때 10℃ 조건에서 4일간 정도 상품성이 유지되었으나 품질은 낮았다. 반면에 상온에 노출시킬 때 2일만에 상품가치를 상실하였다. 상품성 상실의 원인은 건조와 갈변이었는데 해동할 때 지나치게 가습한 경우 조직이 수침증상을 나타내어 품질이 낮아지는 경우도 있었다.

## 8. 저온성 표고의 pilot 저장 및 모의 수출반응

저온성 표고버섯을 본 연구에서 개발한 동결저장을 실시하여 모의 수출 및 판매과정을 부여한 결과 상품화율이 국내 시장에서는 92%이상이었고 모의 선적과정을 거친 버섯의 상품화율은 상온에서 84%, 10℃에서 94%로 나타나 실용적 가치가 우수한 것으로 나타났다.

## 나. 연구결과의 활용에 대한 건의

- 1) 정확한 표고버섯의 냉각을 위한 예냉 설비의 냉각용량에 대한 자료를 활용하여 버섯의 예냉 조건을 갖추는 것이 필요할 것으로 판단된다. 기존에 농가에 지원한 저장고를 활용한 냉각은 냉각물량을 감소할 때만 활용 가능성이 있어 시설을 보완하고자 할 때는 다른 여건을 제외하고도 표고버섯의 호흡열 제거에 필요한 냉각용량은 저온성은 품온 20℃를 기준으로 신선표고 톤당 시간당 0.3마력의 냉각 톤수가 소요되고 고온성 표고버섯은 25℃ 기준으로 2배정도의 냉각 톤수가 요구될 것으로 밝혀지므로 표고버섯 저장고 또는 예냉기 제작에 적용할 필요가

있다.

- 2) 저온성 표고의 동결저장으로 저장기간을 관행대비 최대 3배 이상 증진시킬 수 있으나 함수율이 높은 버섯과 고온성 버섯의 동결저장 반응은 우수하지 못하여 저장온도 관리에 세심함 주의가 요구된다. 따라서 수확당시 외관을 살펴 함수율이 80% 정도의 버섯을 선별하여 장기저장을 실시하는 것이 필요하다.
  
- 3) 본 연구에서 얻어진 표고버섯의 동결저장을 현장에서 적용하여 우수한 효과를 얻었으므로 금후 표고 재배농가에 대한 표고버섯의 수확 후 관리 기술지원과 교육에 활용할 계획이다.

## SUMMARY

### I. Title

Improvement of fresh shiitake storage under freezing temperature and marketing.

### II. Objectives and importance

Shiitake has been considered as an important edible mushroom in Korea and produced all over the country. Recently shiitake mushroom was confirmed to have an excellent value as functional food for health and even anti-cancer agent. Shiitake mushrooms also contain plenty of fibers, minerals, vitamin D, and various amino acids.

Shiitake mushrooms are usually dried immediately after harvest because the shelf-life of fresh shiitake is extremely short like other edible mushrooms. However, dried shiitake is uncomfortable to cook and the edible quality is generally decreased due to the loss of flavor, texture, and taste. Thus, there is a tendency that consumers prefer fresh shiitake than dried ones. In Japan, there is no increase of dried shiitake consumption but the import of fresh shiitake from Korea and China has been increasing.

The effect of plastic film package, CA storage, and the application of edible coating materials were examined to increase the shelf-life of fresh mushrooms. However, no trials have been conducted to develop a storage methods under freezing temperature. Because shiitake mushrooms often grow in winter season when young mushrooms were developed early in the winter. This suggested a potential of freezing storage of fresh shiitake mushroom.

The production of shiitake in Korea is still dependant on oak logs, thus, the mass production is seasonally limited to spring(March to May) and fall(October to November). Due to short shelf-life, most shiitake mushrooms after harvest are

immediately sent to the market. This is one of the reason of great price difference of fresh shitake between production season and off-season.

Even the export of fresh shiitake to Japan has been increasing since 1993, quality loss of exported shiitake is often occurred due to the unfavorable management during shipment to Japan.

The purpose of this experiment was aimed to develop a postharvest management methods of fresh shiitake including cooling and extending storage duration.

### III. Contents and scope

#### Precooling of fresh shiitake

- 1) The amount of respiration and vital heat production was determined to calculate the required refrigeration tons for adequate cooling.
- 2) The half-cooling time was determined between low and high temperature adapted shiitake mushrooms.

#### 2. Optimal conditions for the long term storage of fresh shiitake

- 1) Anatomical analysis and membrane leakage under freezing temperature

To determine an optimal freezing temperature without deterioration of fresh quality, fresh shiitake mushrooms were stored at -10, -5, -3, 0, 10°C for 3 days, and then frozen shiitake were thawed at 10°C for 1 days. Membrane leakage and structural changes of pileus were examined.

- 2) Water content of fresh shiitake between harvest seasons and external appearances was examined to provide a sorting guide for long-term storage under freezing condition.

### 3. Change of shiitake quality during freezing storage

#### 1) Changes of quality during storage

Changes of respiration, firmness, soluble sugars, and phenolics were examined.

The quality of thawed shiitake was examined along with the storage durations.

#### 2) Other factors associated with the occurrence of physiological disorders were also determined.

### 4. Occurrence of physiological disorders and quality loss

#### 1) Disorders found in stored shiitake were examined.

#### 2) Quality loss due to the occurrence of disorder

Compositional changes between sound and disordered shiitake were examined to understand the physiological changes induced by the occurrence of disorder.

### 5. Effect of oxygen scrubbing under freezing temperature

The effect of oxygen removal in storage atmosphere on the browning disorder was examined.

### 6. Thawing of frozen shiitake

#### 1) Thawing condition of frozen shiitake

#### 2) Changes of sensory quality and fresh weight were determined between thawing environments

### 7. Quality changes during simulated marketing

The marketing duration of stored shiitake were examined under different

marketing conditions.

#### 8. Pilot storage of low temperature adapted shiitake and simulated export

- 1) The potential of fresh shiitake storage under freezing temperature were evaluated at pilot and commercial level.
- 2) A potential of export of stored shiitake was examined.

### IV. Results and proposals for practical use

#### 1. Cooling of fresh shiitake

The rate of respiration of fresh shiitake was extremely high. When cooling of harvested shiitake was delayed, the opening of pileus was occurred and the growth of mushroom resulted in the sensory quality loss. Forced air cooling was effective and the half-cooling time of shiitake was ranged between 1 to 1.5 hours depending on shiitake cultivars.

#### 2. Optimal temperature for fresh shiitake storage and extending storage duration under freezing condition

The storage duration of low temperature adapted fresh shiitake was increased under freezing temperature(-3°C) up to 60 days without severe quality loss. However, there was a great loss of fresh weight due to the moisture loss under freezing environment. The application of moisture barrier like plastic film has a significant benefit to reduce the weight loss. In high temperature adapted shiitake, freezing storage was not available because of the high moisture content and weak structure of pileus.



Fresh shiitake was adversely affected when storage temperature was reduced below  $-5^{\circ}\text{C}$ . Mycelium of pileus tissue seemed to be physically destroyed by the ice flakes formed during storage at below  $-5^{\circ}\text{C}$  resulting in the loss of membrane integrity. This symptom was more severe in high temperature adapted ones.

There were differences in moisture contents between harvest seasons, the stages of mushroom development at harvest. Hyangsin, which pileus was fully opened, contained less moisture than those with unopened pileus(donggo, hyanggo). However, there was no difference in moisture contents in stipe regardless developmental stages of pileus. Shiitake mushrooms with dry appearance at harvest contained less amount of moisture than those of wet appearance. Freezing storage of fresh shiitake has more benefit for those about 80% of moisture contents at harvest. Those pileus color are usually light brown in fall or cracked in spring season.

### 3. Quality changes of fresh shiitake during storage

Starch was a major component of shiitake and starch content was consistently decreased during storage, even at freezing temperature. A high respiration was also observed even under freezing temperature. There was a tendency of a decrease of total soluble sugars but reducing sugars were increased at the early stage of storage. There was no significant changes of phenolics. Firmness was decreased along with the increase of storage duration. However, firmness was higher in mushrooms with severe moisture loss during storage.

### 4. Quality changes associated with physiological disorder

Disorders found in harvested mushrooms included the occurrence of small brown specks on gill, deterioration of outside pileus resulting in decay. Disordered

mushrooms contained less amount of total sugars, reducing sugars, and starch. Also, firmness was significantly decreased. However, the activity of PPO from disordered mushrooms was much higher than that of sound ones. The level of phenolics was lower in disordered mushrooms. Results indicated the association of polyphenol oxidation with the occurrence of browning disorder.

#### 5. Effect of oxygen scrubber on the freezing storage of fresh shiitake

The application of oxygen scrubber did not clearly affect the occurrence of browning disorder. But, there was an advantage of air tight environment for the application of oxygen scrubber on the inhibition of the weight loss.

#### 6. Thawing of freezing shiitake

Shiitake mushroom were frozen when stored at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Thus, mushrooms were required to be thawed prior to marketing. Slow thawing of frozen mushroom at  $10^{\circ}\text{C}$  was more effective than higher temperature ( $15^{\circ}\text{C}$ ) on external appearance. When thawed mushrooms were exposed to ambient temperature, the temperature of outside thin pileus rapidly increased and slowly changed in the central portion of pileus where stipe is attached. After thawing, humidification with water vapor showed a positive effect on the recovery of fresh weight in part. However, excess humidification during thawing was not desirable due to condensation of water vapors on the mushroom surface resulting in the decrease of sensory quality because of wet appearance.

#### 7. Changes of mushroom quality during marketing

Shiitake mushrooms stored at freezing temperature maintained market quality for

8 days at 10°C and only 4 days at ambient temperature in low temperature adapted ones. High temperature adapted shiitake mushrooms remained market quality for 4 days at 10°C when wrapped with plastic films but the external quality was reduced in general. The major reason of market quality loss was resulted from the dehydration and the occurrence of browning specks on gill. And part of mushrooms showed water soaked disorder, especially when excess humidification was done during thawing.

#### 8. Pilot storage of low temperature adapted shiitake mushroom at freezing temperature and simulated export

A potential of freezing storage of low temperature adapted shiitake mushroom for 2 months was studied at pilot and commercial level. The percentage of marketable shiitake at the retail stage reached to 92% in simulated domestic marketing, and 84% at ambient temperature and 94% at 10°C in simulated export condition. Results indicated that freezing storage has a strong potential to extend the shelf-life of low temperature adapted fresh shiitake mushroom.

Proposals for practical use are followed :

- 1) The requirement of vital heat removal of low temperature adapted shiitake is approximately 0.3 hp/hr at 20°C. Also, approximately 2 times of refrigeration tons are required for high temperature adapted shiitake mushrooms.
- 2) Freezing storage of low temperature shiitake has a potential to increase the shelf-life up to 3 times compared to traditional storage at 0°C. However, more precise temperature management is required for the mushroom containing high moisture contents at harvest. Mushrooms of about 80% water contents at

harvest have a stronger potential for freezing storage. However, this storage technique is not recommended for high temperature adapted shiitake mushrooms.

- 3) Results obtained from this experiment will be used for the education and technical supports for the shiitake producers, handlers, and exporters.

# 여 백

# CONTENTS

<b>I. Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>II. Materials and methods</b> .....	<b>4</b>
<b>III. Results and discussion</b> .....	<b>8</b>
1. Cooling of fresh shiitake mushroom .....	8
1) Comparison of respiration between temperature regimes .....	8
2) Changes of commodity temperature during cooling .....	11
2. Optimal freezing temperature of low temperature adapted shiitake and storage duration .....	14
1) Water contents of harvested shiitake between external appearance .....	14
2) Determination of optimal freezing temperature for long term storage .....	17
3) Frozen storage of low temperature adapted shiitake .....	21
(1) Effect of frozen storage on the weight loss and firmness .....	21
(2) Effect of frozen storage on the quality .....	24
(3) Developmental stages and storage response .....	33
(4) Quality changes during simulated marketing .....	39
4) Effect of oxygen scrubber on the storage of shiitake under frozen temperature .....	43
3. Potential of frozen storage of high temperature adapted shiitake .....	47

1) Storage response of high temperature adapted shiitake under freezing .....	47
2) Effect of plastic film on the storage and marketing of high temperature adapted shiitake .....	51
4. Storage disorders and quality loss .....	55
5. Thawing of frozen shiitake .....	56
6. Pilot storage of low temperature adapted shiitake .....	60
<b>Literature cited .....</b>	<b>66</b>

# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
제 2 장 재료 및 방법 .....	4
제 3 장 결과 및 고찰 .....	8
1. 표고버섯의 예냉 조건 구명 .....	8
가. 표고버섯의 온도 조건에 따른 호흡을 비교 .....	8
나. 표고버섯의 예냉에 따른 품온 변화 .....	11
2. 표고버섯 저장온도 및 최대저장기간 구명 .....	14
가. 수확시 외적 성상에 따른 함수율 비교 .....	14
나. 적정 저장온도 구명 .....	17
다. 저온성 표고의 빙점하 저장 반응 .....	21
1) 저온성 표고의 빙점하 저장환경이 감량과 조직경도에 미치는 영향 .....	21
2) 저온성 표고의 빙점 하 저장환경이 품질에 미치는 영향 .....	24
3) 표고의 생육단계가 저장력에 미치는 영향 .....	33
4) 저장후 처리가 모의 유통중 버섯의 품질에 미치는 영향 .....	39
라. 탈산소제 처리가 저온성 표고의 저장성에 미치는 영향 .....	43
3. 고온성 표고의 빙점 하 저장 반응 .....	47



가. 고온성 표고의 빙점하 저장환경 반응 .....	47
나. 플라스틱 필름 포장이 고온성 표고의 저장과 유통에 미치는 영향 .....	51
4. 저장 장애에 따른 표고의 품질 비교 .....	55
5. 표고버섯 해동조건 구명 .....	56
6. 저온성 표고의 pilot 저장 반응 .....	60
인용문헌 .....	66

## 제 1 장 서 론

표고버섯은 송이균목 송이버섯과에 속하는 담자균의 일종으로 오래 전부터 중요한 임산물의 하나로 간주되어 왔으며 현재도 많은 양을 생산하여 소비하고 있다. 표고버섯은 섬유소, 무기질, 비타민 특히 Vitamin D를 많이 함유하고 있으며 이밖에도 다양한 아미노산도 함유하고 있다. 근래에는 표고버섯의 약리 작용에 관한 연구가 진행되어 항암(Thimmel과 Kluthe, 1988; 무 등, 1995; Mattila 등, 2000), 지질의 과산화 방지(최 등, 1998) 등 건강보조식품으로 그 효능이 밝혀지고 있어 소비도 증가하고 있다. 국내의 재배면적은 최근까지도 지속적으로 증가하고 있으며 미국, 유럽 등지에서도 재배가능성을 검토하고 있어 앞으로 세계적으로도 생산량이 증가할 가능성이 크다(Jong, 1992; Chang, 1996; Campbell과 Racjan, 1999).

현재까지 표고버섯은 신선도 유지 기간이 짧아 주로 건조하여 이용하고 있는데 지금도 많은 양의 표고버섯을 건조하여 유통하고 있다. 그러나 건조한 버섯은 조리하기가 불편하고 맛과 향이 신선표고보다 떨어지기 때문에 최근 국내는 물론이고 해외시장에서도 신선 표고버섯의 소비가 증가하는 추세를 보이고 있다. 특히 우리나라의 주 수출국인 일본의 경우 식단의 서구화로 건조표고 버섯의 소비는 늘지 않고 있으나 대신 신선표고의 수입이 증가하고 있어(Kira, 1988) 일본에서도 신선표고의 소비가 증가하고 있음을 반영한다.

표고버섯을 주로 재배하는 나라는 우리나라를 비롯하여 관한 중국, 일본 등인데 일본의 경우 원목 재배에 의한 생산은 정체된 상태이며 톱밥을 이용한 배지 재배가 늘고 있다(Furutsuka와 Nishokori, 1995). 원목 재배한 표고와 톱밥 재배한 표고버섯의 품질에 관한 연구도 수행되었는데 원목 재배한 표고는 탄수화물과 회분 중 Ca, Cu, Mn 등이 많은 반면 배지 재배한 표고는 함유율이 높고 단백질, K, P, Zn 등이 높다고 하여(Aoyagi 등, 1993) 재배조건에 따라 품질의 차이가 있다. 그러나 일본의 경우 원목 재배에 의한 표고 버섯 생산량이 제한적이고 해외로부터 원목 재배한 신선 표고의 수입이 증가하고 있는 점을 고려하면 일본의 소비자도 톱밥 재배한 표고보다는 원목 재배한 것을 선호하는 것으로 추정된다.

지금까지의 신선 표고버섯은 수확 후에도 대사작용이 왕성하게 진행되므로 저장기

간이 짧아 건조표고를 주로 이용하여 왔으므로 표고버섯의 건조조건에 관한 연구는 많이 수행되어 왔다(최 등, 1997). 그러나 신선표고의 수확 후 관리에 관한 연구는 짧은 유통기간을 다소 연장시키기 위한 연구가 주로 수행되어 MA저장(안과 신, 1991; Gong 등, 1993; Lui 등, 1989), 식용 코팅제 처리(Nussinovich와 Kampf, 1993), CA저장(Yamashita, 1994; Yamashita와 Thompson, 1997) 등의 효과가 검토되어 있다.

일본은 많은 양의 표고버섯을 수입하고 있는데 근래에 들어 신선표고의 수입이 증가하고 있으며 우리나라도 '93년 이후 계속 대일본 신선 표고버섯의 수출량이 증가하고 있다(충청남도, 1997). 일본시장에 대한 표고버섯의 가장 큰 수출국은 중국이지만 장기 수송 중 선도 유지를 위한 수확 후 관리기술이 낮아 수출표고의 품질이 떨어져 상품가치가 낮게 평가되고 있다. 반면에 국내산 표고버섯은 중국산에 비하여 품질이 우수한 것으로 평가되어 수출 유망 작목으로 선정된 바 있다(농수산물 유통공사, 1994). 일본에 대한 신선표고 수출량은 매년 증가하는 추세로 집계가 시작된 '93년의 15,581톤에서 '95년에는 26,308톤을 수출하고 있으며(충청남도, 1997) 반면에 건조표고는 중국산과의 가격 경쟁력 상실로 수출량이 감소하고 있다. 그러나 신선 표고버섯 수출은 수출에 소요되는 기간이 비교적 길고 수확 후 관리 체계가 미흡하여 현재도 항공수송을 하는 경우가 많아 경제성이 떨어진다. 따라서 냉장 콘테이너를 활용한 선박수송이 바람직하지만 소규모로 수송할 경우 품질이 낮아지는 경우가 종종 발생한다. 국내 표고버섯의 생산량이 계속 증가하는 추세를 보이고 있어 앞으로도 과잉생산의 우려가 있으며 따라서 생산량 증가에 따른 가격 안정화를 위하여서는 지속적인 수출이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

버섯은 진균의 일종으로 호흡이 매우 높은 특성을 보여주는데 종류에 따라 호흡율이 20℃ 기준으로 214-316 mg CO<sub>2</sub>/kg/hr로 다른 원예작물에 비하여 월등히 높으며(Hardenburg 등, 1986) 수확한 다음에도 조건에 따라 생장을 지속하여 갓이 전개되거나 변색되는 등 생리적 변화가 빠르게 진행되는데 특히 대보다 갓의 수분함량이 높기 때문에 수확 후에도 갓의 발육이 진행되어 품질이 떨어지는 경우가 흔하다(Donker와 Van As, 1999). 표고버섯은 일반적인 원예산물과 달리 에틸렌 발생량도 관찰되지 않고(이 등, 1977) 에틸렌에 대한 반응도 뚜렷하지 않아 노화에 따른 대사작용이 일반 원예산물과 차이가 있으며 저장 중 항암효과가 있는 polysaccharide의 변화는 발생한

다(Minato 등, 1999). 그러나 호흡 등 대사작용과 내적 저장산물의 변화에 대한 연구는 제한적이었다. 전술한 바와 같이 표고버섯은 대사작용이 왕성하므로 수송 또는 저장 중 감모량이 많은 경향을 나타낸다. 특히 장기수송을 요구하는 수출에서는 증산에 의한 생체중 감소, 부패 및 호흡에 의한 저장물질의 소모로 인하여 품질이 악화되는 등의 불리한 생리적 현상이 관찰되는 경우가 많다. 지금까지 밝혀진 양송이의 유통기간은 0°C에서도 5일 이내이며(Hardenburg, 1986) 표고버섯의 경우 기능성 필름으로 포장한 경우일지라도 생육상태에 따라 동고는 15일, 화고는 28일에 불과한 것으로 보고되어 있다(안과 신, 1991). 이러한 생리적 특성을 지니고 있기 때문에 버섯은 수확 즉시 예냉을 실시하여 품온을 낮추는 것이 유통성 증진에 필수적이며 표고의 경우도 예냉의 효과가 확인되어 있다(남 등, 1995).

신선 표고버섯의 국내 가격 동향은 출하성기와 단경기의 가격 차이가 많은 것으로 조사되고 있는데 이는 원목 재배하는 표고버섯의 생산이 일정 시기에 집중되어 있기 때문이며, 또한 수확 후 관리 및 장기저장이 어려워 대부분 홍수출하기를 피하지 못하고 집중적으로 출하할 수밖에 없기 때문이다. 따라서, 해외 시장으로의 수출도 홍수출하기에 집중되며 장기간에 걸쳐 안정적으로 수출을 이루기에는 많은 어려움이 있다. 이러한 여건에서 표고버섯의 수확 후 관리기술의 개선은 가격 안정화를 통한 생산성 증대와 지속적인 표고버섯 수출에도 많은 기여를 할 수 있을 것으로 예상되고 아울러 생산농가의 소득증대에도 큰 기여를 할 것으로 판단된다. 그러나 재배농가에서는 수확한 표고의 예냉설비가 도입되어 있지 못하고 예냉에 관한 기술적 자료가 부족하여 일반 저온실 냉각을 주로 실시하는데 냉각물량에 따른 냉각용량에 대한 이해가 부족하여 예냉의 효과가 떨어지거나 지나치게 오랫동안 환경이 불량한 저온실에 보관하여 부패하거나 변질되는 사례가 많다.

본 연구는 표고의 수확 후 대사생리를 밝히고 아울러 수확한 표고의 품질변화를 최소화할 수 있는 예냉 및 저장 조건을 구명하여 신선 표고의 수확 후 관리에 대한 전반적인 기술을 개선하고자 하였다.

## 제 2 장 재료 및 방법

버섯 재료 : 충남 부여군 지역의 하우스에서 원목 재배한 표고버섯을 농가에서 수확하여 선별한 다음 시험에 사용하였다. 표고 품종은 생육온도에 따라 저온성, 중온성 및 고온성으로 구분하여 각 생산시기에 수확한 버섯을 실험에 이용하였다. 버섯 생장 상태가 같은 시기에 수확하였을지라도 버섯의 성상에 차이를 보였으므로 버섯의 외관을 관찰하여 버섯 성상이 비교적 건조하고 열은 갈색이며 갓표면이 갈라진 것과 그렇지 않은 것을 구분하여 비교하였고 또한 생육상태에 따라 갓의 전개정도가 다르기 때문에 갓이 펼쳐지지 않은 동고와 갓이 70~80%정도 펼쳐진 향고를 구분하여 비교하였다.

저온성 표고의 예냉실험은 수송한 표고의 품온을 측정된 다음 교내 저온실에서 차압식 공기 순환 장치를 설치하여 실시하였으며 현장에서는 재배농가의 저온실을 활용하여 예냉 중 품온의 변화를 조사하였다. 고온성 표고는 농가에서 수확 당일에 품온을 조사한 다음 농가에 설치된 강제통풍식 예냉실을 이용하여 예냉효과를 검토하였다.

예냉처리 : 수확한 신선표고를 저온실에 적재하고 차압식 예냉의 경우 강제적으로 공기를 순환시켜 품온의 변화를 조사하였다. 저온실 냉각의 경우 농가의 저장고를 이용하여 예냉을 실시하였다. 예냉을 실시할 때 설정온도는 예비실험 결과 0℃보다는 -3℃에서 냉각효율이 높고 품질이 우수하였으므로 예냉실의 온도는 모두 -3℃로 결정하였다. 예냉하는 동안 품온의 변화는 data logger를 이용하여 기록하였다.

저 장 : 적정 저장조건을 구명하기 위하여 일단 예냉을 마친 표고버섯을 선별하여 플라스틱 상자(12kg)에 적재한 다음, 지속적으로 관찰할 시료는 통기가 되는 작은 플라스틱상자에 담아 -3~0℃ 범위에서 저장하였다. 탈산소제 처리의 경우 전술한 저장 온도(-3℃)에 품온이 도달한 다음 350L의 밀폐 챔버에 넣어 저장하였다. 탈산소제는 탈산큐(S-200, 대한 제당)를 챔버 부피를 계산하여 적정량을 투입하고 챔버내의 산소와 이산화탄소의 변화를 조사하였다. 고온성 표고는 4종류의 플라스틱 필름을 선정하여 완전히 밀폐하거나 표본을 필름으로 덮어 저장하였다. 경시적으로 버섯의 외관을 조사하였으며 저온성 표고의 경우 최대 105일까지 고온성은 품질변화가 심하였던 점

을 고려하여 20일까지 저장하였다. 빙점하 저장한 신선표고를 주기적으로 출고하여 해동을 실시하고 외관 등 품질을 조사한 다음 모의 유통 조건을 부여하였다.

2차 년도의 pilot저장은 농가와 대학실험용 저장고에서 동시에 실시하였다. 농가에서는 저장에 적합한 표고를 선별하여 전술한 바와 마찬가지로 예냉하여 품온을 저하시킨 다음 2일간  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 저장을 실시하여 품온이 저장적온에 도달한 것을 확인하고 저장 중 건조를 막기 위하여 30um 저밀도 플라스틱 필름으로 버섯상자를 감싸주었다. Pilot 저장은 대학연구용 저장실(3.5평)에는 30X35X 55cm의 플라스틱 상자에 선별하여 예냉한 표고를 담아 2일간 냉각시켜 품온을 조절한 다음 전술한 plastic film으로 6상자를 한 단위로 포장하였다. 고온성 표고에 대한 기능성 포장소재의 경우 상자 1개를 한 단위로 포장하여 저장을 실시하였다. 저장을 마친 버섯은 해동 후 일본 수출과정과 유사한 환경을 조성하여 모의 수출과정을 부여하였고 소매단계에서는 PVC 랩으로 소포장하여 상온과  $10^{\circ}\text{C}$  환경에서 노출하여주었다. 농가에서 저장한 표고는 출하 전에 선별하여 상품가치가 적은 것으로 제외시켜 상품화율을 조사하였다.

해동조건 : 동결된 표고의 해동은 약 500L 크기의 저온실에서 수행하였는데 해동온도는 예비실험결과  $15^{\circ}\text{C}$ 보다는  $10^{\circ}\text{C}$ 가 유리하였으므로 본 연구에서는  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 해동을 실시하였다. 해동 후반기에 가습하여 저장 중 감모된 생체중을 회복시켜 주었다. 또한 해동을 마친 버섯의 표면 온도를 관찰하여 부위별 온도변화를 조사하였다.

모의유통 : 출고한 신선표고는 해동을 실시한 후  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ , 상온에서 최대 10일까지 노출시키는 모의 유통 조건을 부여하였고 출고 직후, 해동 후 및 유통후의 가가 단계별로 품질 변화를 조사하였다. 해동단계에서 버섯의 품온을 조사하였는데 이 경우 적외선 온도측정기로 버섯의 조직부위에 따른 온도 분포를 살폈다.

품질조사 : 외관품질은 육안으로 관찰하여 갓 표면과 이면의 갈변 정도, 이취 발생, 갓의 크기 변화 등 전반적인 품질을 조사하였다. 건물중은 수확한 신선표고 또는 저장을 마친 표고를 채취하여  $70^{\circ}\text{C}$  건조기에서 24시간 건조시킨 후 조사하였다. 감량은 초기 신선중을 기준으로 그 변화량을 백분율로 표기하였다. 경도는 rheometer( $\varnothing 5\text{mm}$ , COMPAC-100, Sun Scientific Co. LTD, Japan)을 이용하였는데 갓은 사방 1.5cm의 블록을 만들어 측정하였고, 대는 1cm 두께로 잘라 각각 3mm. 깊이까지 probe를 침투시켰을 때 측정되는 최대하중을 조사하여 비교하였다.

총당은 생체조직 5g을 채취하여 에탄올(80%) 20ml 가하여 최대 속도로 1분간 마쇄 (Fisher Homegenizer)한 후 마쇄물은 끓는 수조 상에서 10분간 끓인 다음, 원심분리 (15,000rpm, 10분)하였으며 이 과정을 2회 반복하였다. 원심분리 후 상정액을 모아 총당, 환원당, 페놀분석 시료로 사용하였다. 총당은 phenol-sulfuric acid 법으로, 환원당은 2-cyanoacetamide법으로, 페놀은 phenol reagent법으로 각각 측정하였다. 총당과 환원당은 무수 glucose로 검량선을 만들어 비교하였으며, 페놀은 catechin을 표준물질로 삼아 검량선을 구하여 비교하였다.

전분은 생체조직 2g을 취하여 DMSO 15 ml을 가하여 전술한 바와 같이 1분간 마쇄한 후 12시간동안 상온에서 교반하여 주고 마쇄물은 원심분리(12,000rpm, 30분)하였으며 동일한 과정을 3회 반복하여 추출하였다. 원심 분리하여 얻은 상정액의 3배에 달하는 에탄올(80%)을 가하여 전분을 침전시키고 이를 원심 분리하여 상정액은 버리고 잔사에 0.1N NaOH 10ml를 첨가하여 전분을 용해시켜 분석시료로 삼았다. 당 분석은 총당 분석과 동일하게 실시하였다.

단백질 추출은 냉동시료 20g에 불용성 PVP 10g을 가하고 이를 차가운 100 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5) 100ml를 가하여 마쇄한 후 원심 분리하여 상정액을 모아 PPO 분석을 위한 조효소액으로 삼았다. 단백질 분석은 bicinchoninic acid법으로 분석하였다. PPO활성은 전술한 buffer에 용해시킨 1.25% pyrogallol을 기질로 삼아 5분간 30°C에서 반응시킨 후 450nm에서 흡광도 변화를 조사하여 측정하였다.

호흡률은 신선표고 500g내지 1,000g을 3.5L 또는 10L 밀폐용기에 담아 가스를 포집하였으며 포집된 가스는 현장에서는 휴대용 CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 측정기(Oxycarb 4, IsoCell, Italy)로, 실험실에서는 GC(TCD, GC14B, Shimazu)를 이용하여 분석하였다.

저장온도에 따른 버섯조직의 해부학적 변화와 세포막의 기능을 검토하기 위하여 0, -3, -5, -10°C 조건에서 저장을 실시한 다음 해동을 시킨 조직을 취하여 분석시료로 삼았다. 막 투과성은 갓 내부조직을 취하여 일정한 크기(5X5X2mm)로 절편을 준비한 다음 생체중 0.5g씩 deionized water 25ml에 넣어 전해질 누출량을 조사하였다. 전해질 유출량은 EC meter(CM-40V, TAO Science Ltd, Japan)로 조사하였으며 마지막으로 조직을 마쇄하여 autoclave한 다음 총 전해질의 상대적 비를 결정하여 막투과성 변화 정도를 나타내었다.

조직학적 관찰을 위하여 갓 표피조직을 5X5X5mm로 절단하여 2.5% Glutaraldehyde(50mM phosphate buffer pH7 : 25% GA용액 = 9 : 1)를 1.5ml을 첨가하여 4℃에서 2시간동안 고정한 다음 phosphate buffer로 고정액을 2분씩 3회 세척하고 알콜 25, 50, 80, 90, 99%에 차례로 12시간씩 침지하여 탈수한 후 최종적으로 100% 알콜에 12시간동안 2회 탈수하였다. 탈수를 마친 시료는 50% isoamyl acetate(isoamyl acetate : alcohol = 1 : 1)로 10분간 침지 후 다시 100% isoamyl acetate에 5분간 침지한 다음 critical point dryer(CPD 030)를 이용하여 임계점 건조를 실시하였다. 임계점 건조 후 Sputter Coater(SCD 005)를 이용하여 금증착하였고 scanning electron microscope(XL 30 ESEM, Philips)를 이용하여 1.5kv 조건에서 갓 표피조직의 상태를 관찰하였다.



## 제 3 장 결과 및 고찰

### 1. 표고버섯의 예냉 조건 구명

#### 가. 표고버섯의 온도 조건에 따른 호흡을 비교

표고는 진균의 일종으로 다른 버섯과 마찬가지로 성장속도가 빠르고 대사작용이 왕성한 특성을 지니고 있다(Hardenburg, 1986). 따라서 수확한 표고의 신선도는 수확 직후 품온 관리와 매우 밀접한 관련이 있는데 수확시기가 고온기일 경우 수확한 다음 품온이 빠르게 상승하여 좋은 품질을 유지하기 어려운 문제가 있다. 비록 수확시기가 저온기일지라도 외기온에 노출된 채로 적재하여 둘 경우 내부에 적재된 표고의 품온이 지속적으로 상승하므로 수확한 표고의 선도유지를 위한 적정 예냉 조건을 찾고자 다음 실험을 실시하였다.

1999년 2월 상순에 수확한 저온성 표고를 즉시 실험실로 수송한 다음, 갓이 전개한 정도에 따라 동고와 향고로 구분하였으며 각각의 온도조건에 1일간 두어 품온을 조절하고 호흡을 측정하였다(그림 1). 본 연구에 사용한 표고는 건조한 저온기에 성장한 것으로 실험당시의 건물중은 20.2%로 비교적 수분함량이 낮은 상태이었다.

버섯은 균사체로 성장속도와 대사작용이 빠른 것으로 알려져 있듯이 비교적 0℃의 낮은 온도에서도 비교적 높은 호흡율을 보여주었다. 또한 빙점하 기온인 -3℃에서도 호흡이 비교적 높게 유지되었다. -3℃의 온도에서 표고버섯 조직의 외형은 비록 부분적으로 동결된 상태를 보여주었지만 호흡을 비롯한 대사작용이 지속적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 호흡에 따른 vital heat 발생량 또한 일반적인 원예산물에 비하여 현저히 높았고 비록 빙점하의 온도에서도 내부조직은 동결에 의한 장해를 받지 않을 것으로 예상되었다.

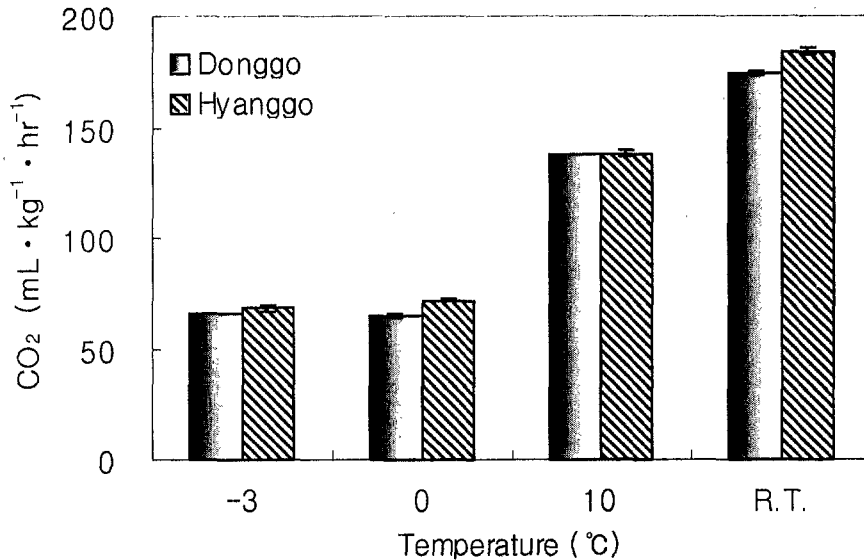


Fig. 1. Comparison of respiration in low temperature adapted fresh shiitake mushroom between temperature regimes. Shiitake mushrooms were classified by the degree of pileus opening(Donggo; unopened, Hyanggo; 70-80% opened)

본 연구에서 얻어진 결과에 의하면 저온성 표고의 경우, 10°C에서 톤당 1일 호흡에 의한 발열량은 15,540kcal이었으나 조직이 동결된 -3°C에서는 7,770kcal로 약 절반으로 호흡열량이 감소되었다. 버섯생장 상태에 따라 갓이 펼쳐지기 전의 동고와 일부 펼쳐지기 시작한 향고 사이의 호흡율은 대체적으로 향고의 호흡이 동고보다 다소 높게 나타났으나 통계적 차이는 없었다. 이러한 결과는 비록 발육 단계에 따른 호흡률 차이가 크지는 않았지만 동고보다 향고의 예냉에 더욱 많은 냉각용량이 소요될 것으로 예상된다. 이와 같이 신선 표고의 호흡율은 양송이보다 월등히 높은 수준이었으며 국내에서 많이 생산되는 느타리보다는 다소 낮았다(자료미제시).

1999년 7월 상순에 수확한 고온성 표고의 품온을 조사하였을 때 외기온과 같은 25°C이었으며 이 때 호흡율은 730mL CO<sub>2</sub>/kg/hr으로 1일 톤당 호흡열량은 95,726kcal이었다. 따라서 전술한 저온성 표고에 비하여 월등히 높은 호흡열이 발생하고 있어

적절한 수확후 처리가 수반되지 않을 경우 짧은 시간에 품온 상승에 따른 품질 변화가 심하게 발생할 것으로 예상된다. 예냉을 실시하여 품온을 0℃로 낮추었을 때 호흡율은 25℃의 11%에 불과한 95mL CO<sub>2</sub>/kg/hr으로 크게 감소하였다.

호흡열을 제거하지 못할 경우 고온에 의한 생장이 지속적으로 이루어져 갓이 전개되거나(Donker와 Van As, 1999) 조직의 갈변이 우려된다. 이러한 품질저하를 억제하기 위해서는 저장 중에도 호흡에 의해 발생하는 많은 열을 지속적으로 제거할 필요가 있다.

본 연구에서 얻어진 호흡열을 기준으로 할 때 표고의 냉각에 소요되는 냉각열량은 다음 표 1에 제시된 바와 같다. 연구 수행 중 농가 현장을 방문하여 관찰한 바로는 충분한 냉각이 이루어지지 않은 표고를 저장할 경우 조직의 품온이 저장 중에도 낮아지지 않아 변색되거나 부패하는 경우가 관찰되었으며 일반 원예산물을 저장할 목적으로 건립된 저장고에서의 표고버섯 저장기간은 탐문조사결과 대체적으로 1주일 이내에 불과하였다. 따라서 표고의 냉각 및 저장고를 설계할 때에는 표 1에 제시한 바와 같이 신선표고의 높은 호흡열을 제거할 수 있는 충분한 냉각용량이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

Table 1. Estimated respirational heat evolution of fresh shiitake mushroom

Type	Temperature (°C)	Respiration (mLCO <sub>2</sub> · kg <sup>-1</sup> · hr <sup>-1</sup> )	Heat production (kcal · ton <sup>-1</sup> · hr <sup>-1</sup> )	Required refrigeration (hp · hr <sup>-1</sup> )
Low temp. adapted	0	57~70	357	0.11
	10	135~145	740	0.23
	20	180~195	990	0.30
High temp. adapted	0	95~100	510	0.20
	10	-	-	-
	25	730~740	3774	1.30

나. 표고버섯의 예냉에 따른 품온 변화

1999년 3월 저온기에 수확한 표고를 대상으로 강제통풍식 예냉에 의한 품온 변화를 조사한 결과(그림 2), 예냉을 시작하기 전의 품온이 15°C이었는데 예냉 1.5시간에 7.8°C로 낮아져 1/2 cooling time은 1.5시간 정도이었다. 예냉에 따른 생체중 감소가 예상되었지만(Thomas 등, 1991) 연구 수행 중에 실시한 단시간 예냉 처리에 따른 생체중 감소는 1%미만으로 감량에 따른 품질저하는 확인되지 않았다. 이러한 원인은 예냉 과정에서 가습하여 공기 습도를 98%이상으로 유지하였기 때문으로 추정된다.

고온성 표고를 수확즉시 농가 소유의 저온실을 활용하여 예냉을 실시한 결과 예냉 전 품온 25°C에서 10°C까지 낮아지는데 약 1시간이 소요되어(그림 3) 품종간 half-cooling time에 차이를 보여 주었는데 이는 저온성 표고의 경우 실험실 예냉고를 이용한 반면 고온성 표고는 농가의 예냉실을 이용하였기 때문에 냉각용량 대비 예냉 물량의 차이가 있어 얻어진 결과일 가능성이 있다. 또한 적재한 위치에 따른 품온 변화를 조사하였지만 그 차이가 현저하지 않아 본 보고서에는 이들의 평균값을 제시하였다.

예냉 지연이 고온성 신선 표고의 저장성과 품질에 미치는 영향을 살피기 위하여 수확한 저온성 표고의 일부는 당일 예냉을 실시하였고, 일부는 1일 후 예냉을 실시한 다음 품질을 비교하였다(표 2). 수확후 예냉을 1일간 지연하였을 때 당일 수확한 표고보다 호흡율이 다소 높았으나 현저한 차이가 없었고(미발표 자료) 반면에 경도는 예냉을 지연시킨 표고에서 약 9% 높은 결과를 보여주었다. 또한 수분함량은 예냉이 지연된 표고에서 5.5%가 적었는데 예냉이 지연된 1일 사이에 건조한 환경에 노출된 표고로부터 발생한 증산에 따른 감량이 많았기 때문으로 보이며 경도도 다소 높았다. 이와 같은 결과는 수분감량에 따른 것으로 조직이 건조해짐에 따라 단단해져 얻어진 결과로 이해되었다.

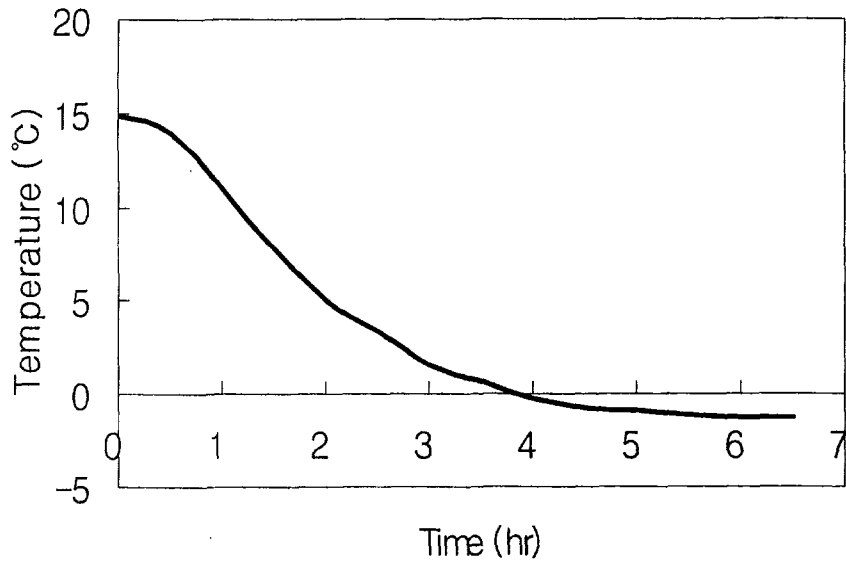


Fig. 2. Effect of forced air cooling on the changes of low temperature adapted fresh shiitake mushroom. Temperature of cooling room was set at  $-3^{\circ}\text{C}$ .

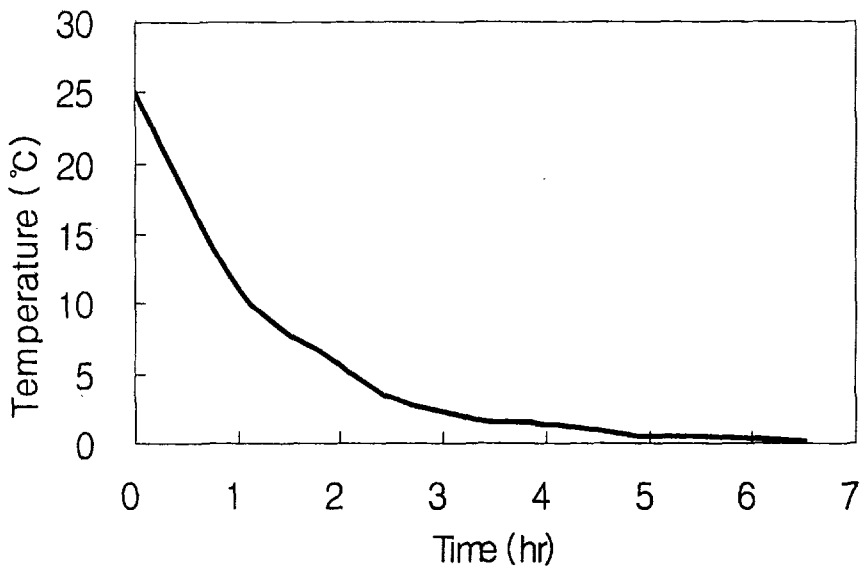


Fig. 3. Changes of high temperature adapted fresh shiitake mushroom during room cooling treatment. Temperature of cooling room was set at  $-3^{\circ}\text{C}$ .

일부 표고를 냉각을 실시하지 않고 상온에 두었을 경우 2일 이내에 갓이 완전히 전개되어 품질이 크게 저하되었다(자료미세기). 이러한 결과는 버섯은 수확한 이후에도 습도와 온도환경이 적합할 경우 생장이 재개되기 때문에 판단되는데(Donker와 Van As, 1999), 특히 버섯의 갓은 함수율이 높고 대기중의 수분을 흡수하여 성장을 지속하는 것으로 보인다.

Table 2. Effect of delay cooling on the quality of low temperature adapted fresh shiitake mushroom.

Quality index	Immediate cooling	Delay cooling
Dry matter (%)	22.75	28.29
Water content (%)	77.25	71.71
Firmness (kg · cm <sup>-2</sup> )	0.75	0.78
Total sugar (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	7.04	7.62
Reducing sugar (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	2.53	3.70
Phenolics (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	0.17	0.38
Starch (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	11.8	9.14

내적 품질을 비교한 결과 총당, 환원당 및 페놀함량은 예냉을 지연하였을 때 즉시 냉각한 것보다 다소 높았고 전분은 낮게 측정되었는데 이는 예냉지연으로 생체중이 감소한 만큼 단위 생체중 당 소요되는 신선조직의 양이 많았기 때문으로 추정된다. 비록 수확 후 1일간의 변화이었지만 품질 구성 요인에서 차이가 발생한 것을 고려할 때 수확한 버섯의 신속한 예냉이 감량 감소 및 기타의 품질 유지에 매우 중요하며 특히 고온기에 수확한 표고의 경우 신속한 냉각에 의한 품질 관리가 더욱 필요할 것으로 판단된다.

본 연구 수행 중 표고 산지의 예냉 실태, 문제점 및 개선 방안을 모색하기 위하여 충남, 충북, 전북 등지의 표고 생산농가를 방문하였는데 적극적인 예냉을 실시하는 곳은 없었다. 수집 중에 있는 수송용 냉장차량에 적재한 표고를 살펴 보았을 때 품질이 충분히 낮아지지 않은 상태이었다. 일부 단위농협 또는 농가에서는 저온실 냉각을 실

시하고 있었지만 표고버섯의 품온에 따른 정확한 냉각용량을 설정하여 냉각시키는 사례는 없었다. 따라서 기온이 낮은 시기에 수확한 표고는 저온실 냉각으로도 품온 상승을 억제할 수 있었으나 외기온이 높아지는 시기에는 저온실에 둔 표고에서도 2~3일 이후 갓 이면의 주름조직에 갈변반점이 나타나는 등의 장애가 관찰되었다.

이러한 원인은 표고의 수확 후 관리에 사용되는 관행적인 용기(16kg)가 지나치게 커 저온실 안에서 냉각시킬 때 냉매의 순환이 적극적으로 이루어지지 못하기 때문으로 예상되는데 찬공기와 직접 접촉하는 상단부와 중간에 적재한 버섯사이의 품온이 3℃ 정도 차이가 나는 경우도 있었다. 따라서 기존 저온실을 활용하여 냉각하고자 할 때에는 입고량을 줄이거나 수확 용기에 담은 양을 줄여 냉기의 순환이 원활하게 이루어지도록 조절할 필요가 있었다.

본 연구에 참여한 농가의 기존 저온실을 변경하여 예냉실을 만들어 활용한 결과 표고의 냉각이 원활하게 이루어지는 것을 확인할 수 있어 농가단위에서 적극적인 예냉기 도입은 어려울지라도 저온실의 일부를 냉각과 저장을 위한 시설로 변경하는 것은 적은 예산으로 표고의 냉각 효과를 높일 수 있으므로 선도 유지와 관행적인 저장에도 유리할 것으로 판단되었다. 또한 수확 후 냉각시킨 표고를 일반저장고에 입고하여 저장할 경우도 품온 관리에 유리할 것으로 예상된다.

## 2. 표고버섯 저장온도 및 최대저장기간 구명

### 가. 수확시 외적 성상에 따른 함수율 비교

표고는 수확당시의 성상에 따라 많은 형태적 차이를 나타내는데 대체적으로 농가에서는 건조한 시기에 수확한 표고는 건물함량이 많으며 이러한 성상의 표고버섯은 관행적으로 마른 표고로 분류하며 다습한 조건에서 자란 경우 수분함량이 높아 젖은 표고(물표고)로 분류한다. 또한 이른봄에 수확하는 저온성 표고가 건조한 환경에서 생장할 경우 자실체 표면이 갈라지는 경우가 흔한데(화고) 이러한 버섯은 육질이 단단하고 저장성도 우수하여 품질이 높은 것으로 분류된다. 따라서 저장조건을 구명하기 위하여 수확한 표고를 성상에 따라 분류하여 저장반응을 살폈다.

수확즉시 버섯의 외관을 살펴 건조한 것과 다습한 것으로 구분하여 건물중을 조사한 결과 저온성의 건조한 표고는 16.8%, 다습한 것은 11.5%, 중온성 표고는 11.8%로 건조한 환경에서 자란 표고의 건물중이 명확히 높았으며 다습한 환경과 중온성 표고 사이의 차이는 관찰되지 않았다. 기존의 보고에서도 수확 당시 버섯의 외적 성상의 차이에 따라 단위 생체중당 건물 건물함량에 많은 편차를 나타내었다고 하여(이 등, 1997) 버섯이 발이하여 생장하는 재배 환경에 따라 조직의 성상에 차이를 나타내며 이러한 성상의 차이를 보이는 표고 사이에는 수확 후 관리에서도 차이를 두어야 할 것으로 예상되었다.

따라서 생산시기별로 수확한 저온성 표고의 건물중과 수분함량을 조사한 결과(표 3, 4) 가을철에 수확한 표고는 갓의 표면이 갈라지는 화고가 거의 관찰되지 않았지만 표면이 마른 듯한 성상을 지닌 표고의 건물중은 22.1%이었던 것에 비하여 습한 것은 16.3%를 나타내었다. 그러나 봄철에 수확한 화고는 건물중이 26.9%로 가을에 수확한 건조한 상태의 것보다 높았으나 반면에 다습한 외형을 지닌 것은 10.5%로 가을철의 습한 표고버섯보다도 낮았다.

또한 표고의 갓이 전개된 정도에 따라 관행적으로 구분하는 바와 같이 향신, 향고, 및 동고로 구분하여 건물중을 조사하였는데 갓 조직과 대의 건물함량에는 버섯의 발육단계에 관계없이 명확한 차이를 보여주어 향신의 건물 함량이 높고 향고와 동고의 건물 함량에는 차이를 보이지 않았다(표 4). 표고버섯의 수분함량을 조사한 기존의 보고(Manzi 등, 1999)에서 표고의 수분함량이 85.2~94.7%를 나타내었다고 하였는데 본 연구에서 같은 시기에 수확한 버섯일지라도 외적 성상에 따라 건물중과 수분함량에 차이를 나타낸 것은 재배조건에 따른 차이일 가능성이 있다. 그러나 버섯의 성상에 따른 대의 건물함량은 큰 차이를 나타내지 않았다.

Donker와 Van As(1999)는 갓의 수분 함량이 대보다 높으며 수분 상실율은 갓보다 대에서 크다고 하였으며 습도가 높은 환경에서 갓은 수확 후에도 생장을 지속하여 전개된다고 하여 조직의 성상에 따라 수확 후의 생리적 변화도 다를 것으로 예상되었다. 본 연구에서도 대의 수분함량은 생장정도에 따른 차이가 관찰되지 않았으나 갓은 갓이 전개된 향신의 수분함량이 갓이 덜 전개된 향고와 동고에 비하여 상대적으로 낮



Table. 3. Comparison of water contents and dry matter of low temperature adapted shiitake mushroom between harvest seasons

Harvest season	Appearance	Sampling tissue	Dry matter(%)	Water contents(%)
Fall (Oct. 26)	Dry (not cracked)	whole	22.1±0.3	77.9
	Wet (not cracked)	whole	16.3±1.5	83.7
Spring (Apr. 30)	Dry (cracked)	whole	25.2±1.8	74.8
	Wet (not cracked)	whole	10.6±0.6	89.4

Table 4. Comparison of water contents and dry matter of low temperature adapted shiitake mushroom between mushroom tissue.

Pileus appearance	Tissue type	Dry matter (%)	Water content (%)
Opened (Hyangsin)	Pileus	16.3±1.8	83.7
	Stipe	22.1±1.6	77.9
Partially opened (Hyanggo)	Pileus	11.6±0.6	88.4
	Stipe	21.4±1.2	78.6
Unopened (Donggo)	Pileus	11.6±0.4	88.4
	Stipe	18.9±0.6	81.4

은 것으로 조사되었다(표 4).

Tsujiyama (1999)도 표고버섯의 부위별 조직학적 조사에서 갓과 대는 화학적 성분의 차이는 뚜렷하지 않지만 밀도의 차이를 나타낸다고 하였는데 갓과 대의 건물 차이는 주로 조직의 밀도에 따른 차이로 판단된다. 따라서 성장 중 갓은 더욱 많은 수분을 흡수하여 빠르게 성장하며 조직의 밀도도 낮아 부드러운 성상으로 자라는 것으로 추정된다. 부패하는 양상을 살필 때 대보다는 갓의 부패와 생리적 변화가 훨씬 커 수확당시의 버섯의 성상 자체가 저장성에 영향을 미칠 것으로 추정되었다.

#### 나. 적정 저장온도 구명

표고버섯의 적정 저장온도에 관한 기존의 연구에서 빙점이하의 온도를 고려한 사례는 찾아볼 수 없었다. 그러나 시설 재배한 표고는 기온이 매우 낮고 주야간 온도교차가 큰 겨울철에도 발이되어 있는 어린 버섯이 생장하는 경우가있어 빙점하의 온도 환경에도 적응할 수 있을 것으로 예상되었다. 따라서 본 실험에서는 표고버섯의 저장한계온도를 구명하기 위하여 1998년 11월 상순에 수확한저온성 표고를 육질이 단단하고 표피가 마른 듯한 건조한 상태의 것과 육질이 부드럽고 다습해 보이는 습한 것으로 구분하였으며, 중온성 표고는 이러한 차이를 나타내지 않았으므로 구분없이 수확한 버섯을  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$  및  $10^{\circ}\text{C}$ 에 각각 저장한 다음 3일 이후 빙점 하에 보관한 것은 해동과정을 거치고  $10^{\circ}\text{C}$ 의 것은 그대로 표본을 취하여 전해질 유출량과 미세구조를 주사전자현미경으로 관찰하였다.

해동한 조직을 취하여 전해질 유출량을 비교하였을 때, 저온에 전혀 노출하지 않은 표고와  $0^{\circ}\text{C}$  및  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 표고 사이에는 전해질 유출속도에 차이가 없었고  $-5^{\circ}\text{C}$ 의 버섯은 전술한 조건의 것보다 전해질 유출속도가 다소 증가하였으며  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 표고는 2시간 이후에 80%이상의 전해질이 유출되어 조직이 동결되면서 심각한 물리적 손상을 입은 것으로 확인되었다(그림 4). 또한 전체 전해질 유출속도에 있어 버섯 성상에 따른 차이가 확인되었는데 건조한 것의 전해질 유출속도가 가장 낮았고 다습한 저온성과 중온성 표고의 전해질 유출속도와 최종 5시간 이후의 전해질 유출량에도 차이를 보여주었다(그림 4). 또한 저장온도에 따른 전해질 유출경향은 버섯 성상에 따른 차이가 관찰되지 않았다.

전자현미경으로 관찰한 버섯의 미세구조에도 차이를 나타내었는데 동결되지 않은 버섯은 균사가 비교적 건전한 모습을 보여준 데 반하여  $-3^{\circ}\text{C}$ 의 것은 부분적으로 손상을 받은 균사가 관찰되었으나 전반적으로 건전한 모습이었고 반면에  $-5^{\circ}\text{C}$ 와  $-10^{\circ}\text{C}$ 의 버섯은 온도가 낮을수록 파괴되거나 변형된 균사체가 시료 전반에서 관찰되었다(그림 5). 조직이 손상된 정도는  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서  $-5^{\circ}\text{C}$ 보다 더욱 심하게 나타나 저장온도별 조사한 전해질 유출 경향과 일치되는 결과이었다. 특징적으로 파괴된 균사 주위의 조직은 비교적 건전한 모습을 나타내는 경우도 관찰되어 비록 빙점하의 낮은 온도일지라도

모든 세포가 균일하게 파괴되는 것은 아니고 부분적으로 손상을 받는 것으로 판단된다. 이러한 모습은  $-5^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 시료에서 더욱 명확하였다. 한편 Evered 등(1995)은 비록 동결상태의 조직 붕괴를 관찰한 것은 아니지만 양송이의 수확 후 조직이 붕괴되는 상태를 조사한 연구에서 조직의 붕괴는 국소적이며 개별적인 세포단위에서 발생한다고 하였다.

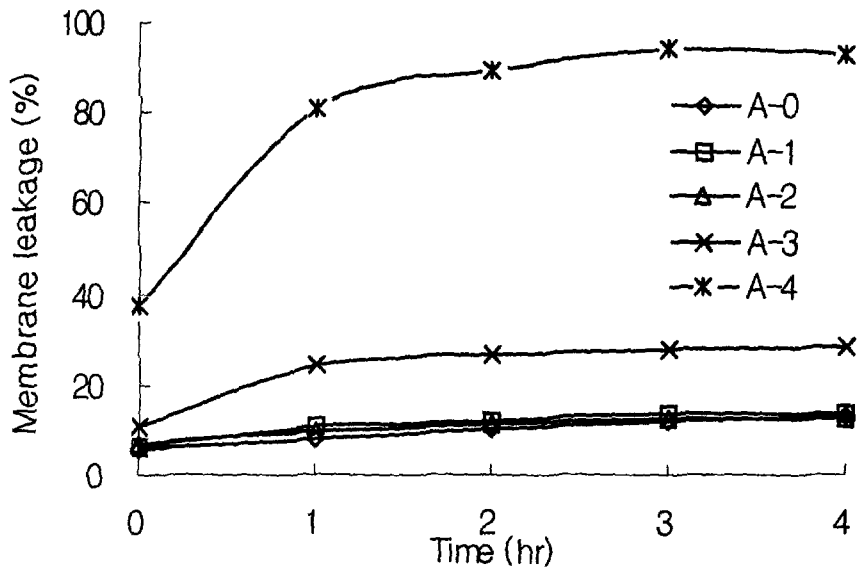


Fig. 4. Comparison of electrolytes leakage of shiitake mushrooms between storage temperatures. A; dry shiitake-low temperature adapted cultivar, B; wet shiitake-low temperature adapted cultivar, C; medium temperature adapted cultivar. Number of each treatment indicated the storage temperature ( 0 ; prior to storage, 1 ;  $10^{\circ}\text{C}$ , 2 ;  $-3^{\circ}\text{C}$ , 3 ;  $-5^{\circ}\text{C}$ , 4 ;  $-10^{\circ}\text{C}$ ).

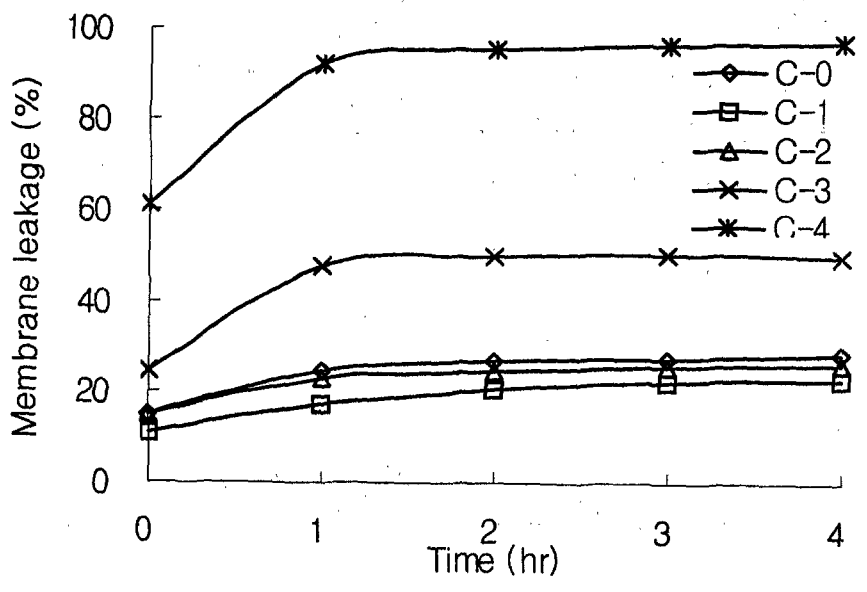
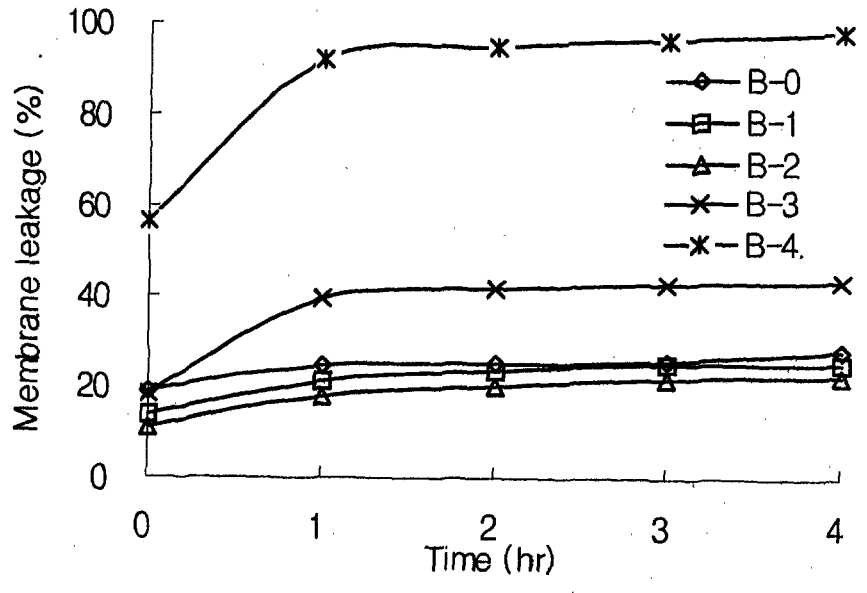


Fig. 4. Continued

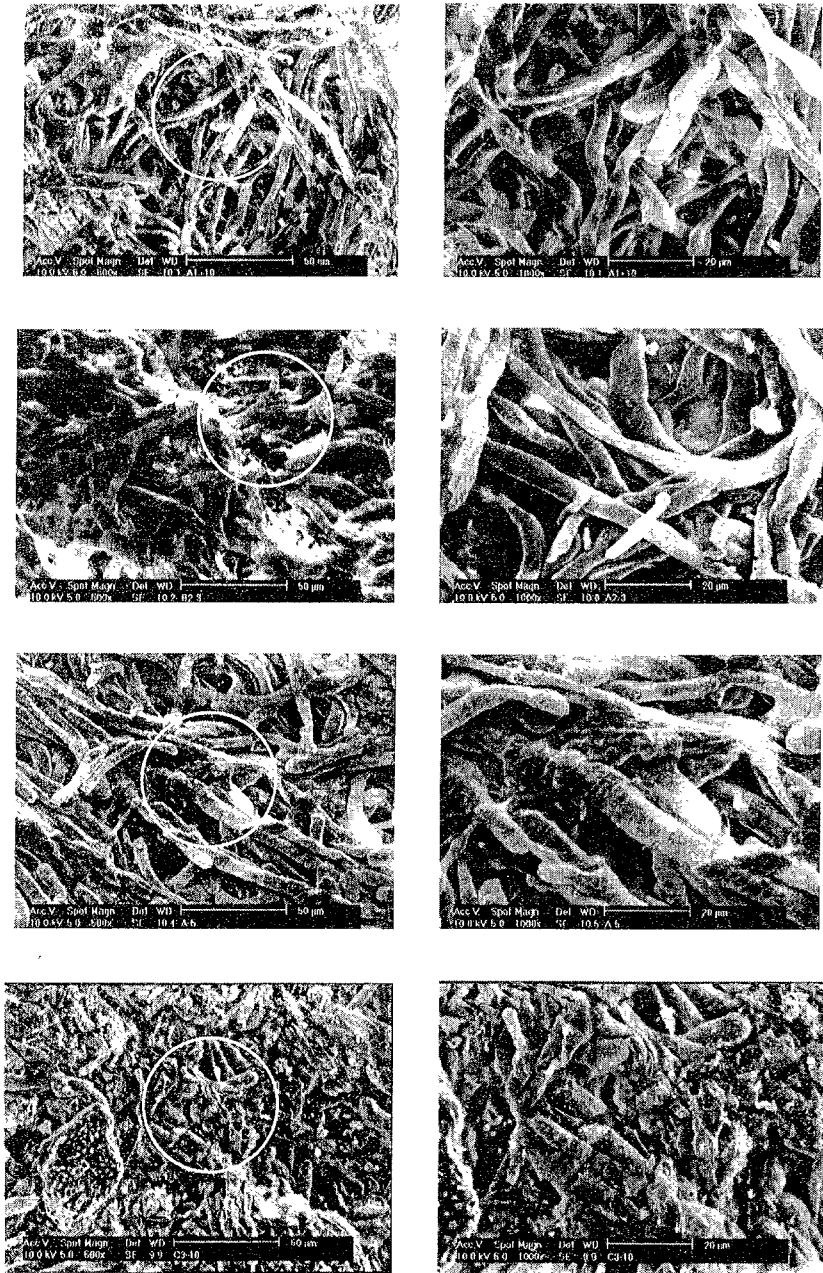


Fig. 5. Comparison of SEM images of low temperature adapted shiitake mushrooms between storage temperature. Storage temperatures from top to bottom were 0°C, -3°C, -5°C, and -10°C(left : X500, right : X1,000)

이러한 결과로 미루어 볼 때 표고버섯의 저장 한계온도는  $-3^{\circ}\text{C}$ 로 입증되었고 그 이하의 온도에서는 세포의 손상과 더불어 조직의 파괴가 수반되기 때문에 적합하지 않았다. 또한 조직이 부분적으로 손상을 받는 것은 버섯이 비록 자실체이지만 균사로 구성되어 있고 스폰지 상태로 탄력이 있어 동결될 때 조직의 손상 정도가 서로 다를 것으로 추정되었다. 또한  $-3^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 표고버섯은 외관상 동결된 상태를 보여주었는데도 조직이 손상을 받지 않았으므로 빙점하 온도에서 동결되는 현상은 스폰지상의 구조를 지닌 균사간의 넓은 세포간극에서 응축한 수증기가 결빙되는 것으로 보인다.

본 연구 결과를 살펴볼 때 저온성 표고일지라도 수확당시에 젖은 듯한 모습의 함유율이 높은 버섯, 중온성 또는 고온성 버섯은 빙점 하 저장을 실시할 때에는 온도관리에 많은 주의가 요구될 것으로 판단되며 특히 중온성과 고온성의 경우 빙점하 저장을 실시한다고 하여도  $-3^{\circ}\text{C}$ 보다는 다소 높은 온도 조건이 바람직할 것으로 추정된다. 이러한 원인은 중온성 또는 다습한 표고는 수분을 많이 함유하고 있어 빙점 하 환경에서 수증기가 응축되어 동결할 때 얼음입자가 커져 물리적으로 조직에 직접적인 손상을 가하는 것으로 판단되며 대보다 갓 조직의 수분함량이 높아(표 4) 동결시 얼음조각에 의한 피해를 더욱 크게 받을 우려가 있다.

#### 다. 저온성 표고의 빙점하 저장 반응

##### 1) 저온성 표고의 빙점하 저장환경이 감량과 조직경도에 미치는 영향

저온성 표고의 경우, 전술한 바와 같이 다습한 환경에서 자란 표고(동고)는 수확 시 갓의 표면에 균열이 없어 매끄러운 성상을 나타내며 조직은 촉촉한 느낌을 주지만 건조한 환경에서 자란 표고(화고)는 갓의 표면에 균열이 발생하며 수분함량에도 현저한 차이를 보이는 것으로 밝혀져 있어(표 4) 본 연구에서는 버섯의 성장상태에 따라 다습하게 자란 그룹과 건조하게 자란 그룹으로 구분하여 저장을 실시하였다. 또한 빙점하에서는 저장고의 습도관리가 어렵기 때문에 저장방식에 따라 plastic film( $30\mu\text{m}$ )포장과 나출하여 저장한 것을 대조구로 삼아 비교하였으며 저장온도는  $-3^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였다.

저장 60일까지 감량을 비교한 결과, 나출하여 포장한 버섯의 감량은 저장 10일에 5% 이상의 무게 감량이 발생하였고 저장 60일의 감량은 24% 정도에 달하였다. 반면에 PE포장의 경우 60일까지의 감량은 6%이하로 유지되어 증산에 의한 감량이 현저히 방지되었다(그림 6). 대체적으로 건조한 화고의 감량이 나출한 경우 더욱 빠르게 일어났고 동고는 저장 30일까지는 감량이 적었는데 이는 조직 자체의 함수율 차이 때문으로 판단된다. 즉, 화고의 함수율은 수확당시부터 낮기 때문에 건조가 더욱 빠르게 진행된 것으로 판단된다. 이렇게 수분 감량이 심하였던 것은 저장고 온도가 빙점 하로 유지되었으므로 창고 내의 수증기가 증발기에 응축되어 배출되기 때문에 고내가 건조하게 유지되므로 증산에 의한 수분 상실이 심하게 발생한 것으로 판단된다. 따라서 빙점 하 저장에서는 증산을 억제할 수 있는 효과적인 moisture barrier를 도입하는 것이 중요할 것으로 판단되었다. Moisture barrier를 도입할 때는 전술한 바와 같이 빙점 하에서도 호흡 등의 대사작용이 발생하기 때문에 지나친 이산화탄소 축적 또는 산소결핍에 따른 생리적 장애가 발생할 우려가 예상되므로 이를 방지할 수 있는 방안을 모색하여야 할 것으로 보인다.

저장한 표고버섯을 해동할 때 가습할 경우 화고는 저장 30일까지 생체중 감소를 줄이 수 있었으나 저장 60일에는 효과가 적었다. 반면에 동고는 저장 60일에도 나출하여 저장한 표고의 생체중 회복효과가 뚜렷하지 않았다. 이러한 결과는 비록 해동할 때 가습하여도 저장 중 건조가 심하였던 조직은 흡수가 적기 때문으로 추정되는데 해동조건에 관한 연구 결과는 후술하기로 한다.

이러한 결과를 살펴볼 때 버섯의 생육 상태(화고, 동고)에 따른 차이는 명확하지 않았으나 수확당시 건조하였던 버섯의 생체중 감소가 다습한 조건에서 자란 버섯에 비하여 상대적으로 높았다. 그러나 또한 저장 후 해동한 버섯에서도 유사한 경향이 관찰되었다.

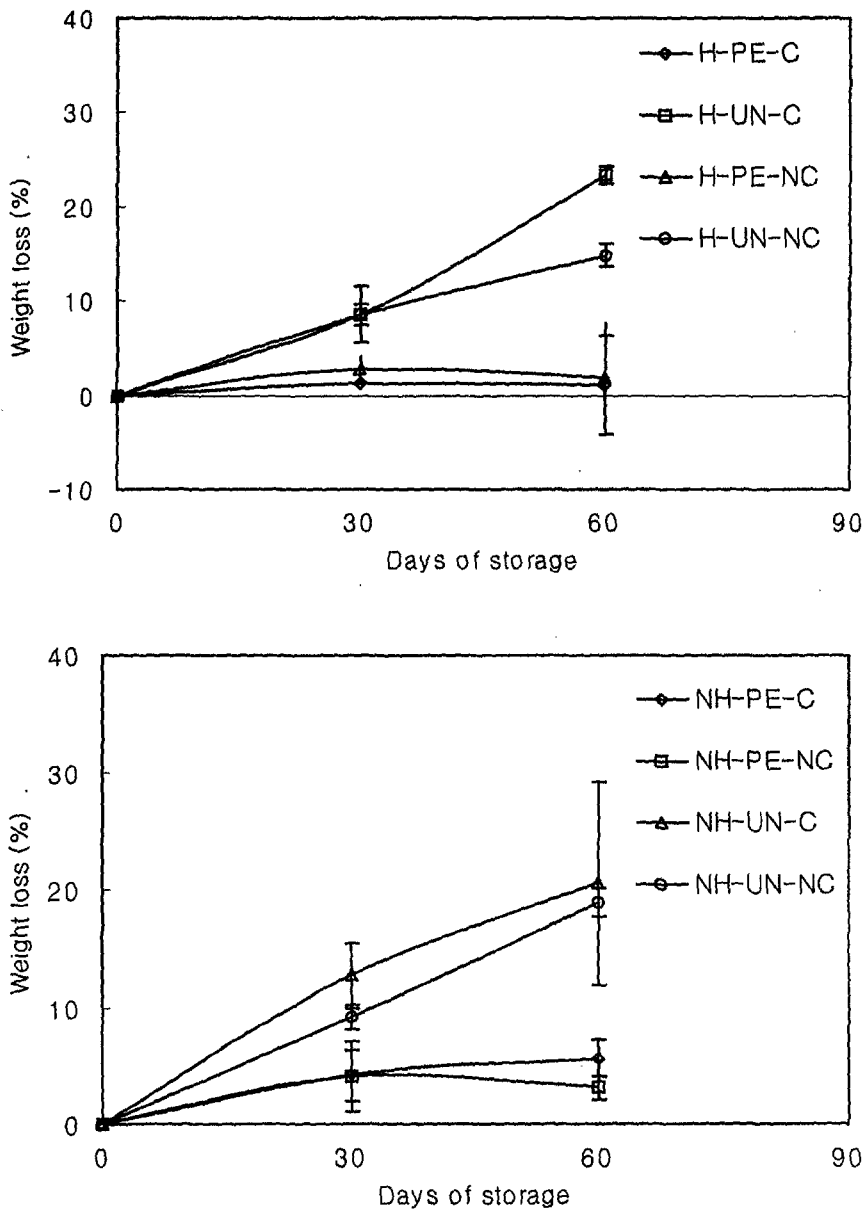


Fig. 6. Changes of weight loss in low temperature adapted shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film(30um) wrapped, UN; unwrapped.



버섯 갓 조직의 경도는 대체적으로 수확당시의 버섯상태에 따라 현저한 차이를 보여 건조하게 자란 버섯은 다습한 조건에서 생장한 버섯에 비하여 저장 초기의 경도가 현저히 높았으며 저장 30일까지의 경도도 비교적 높게 유지되었다. 그러나 다습한 표고의 경도는 저장기간이 길어짐에 따라 다소 증가하는 경향을 보여 버섯 성상에 따른 차이를 나타내었다(그림 7). 이러한 결과는 다습하게 자란 표고는 저장 중 증산에 의하여 수분이 상실된 만큼 조직이 말라 상대적으로 단단해지기 때문으로 추정된다. 그러나 화고의 경우 조직이 단단하게 자랐으므로 저장 중 수분손실이 발생하여도 경도 변화는 적은 것으로 추정된다.

PE 포장한 버섯과 나출한 버섯 사이의 경도는 화고와 동고에 관계없이 필름 포장한 것의 경도가 낮았다. 이러한 원인은 전술한 바와 같이 조직이 지나치게 건조함으로써 얻어진 결과로 보인다. 그러나 개체간 편차도 비교적 큰 것으로 관찰되었다.

## 2) 저온성 표고의 빙점 하 저장환경이 품질에 미치는 영향

저장한 표고를 주기적으로 꺼내어 해동을 시킨 후 20℃에 1일간 두어 품온을 조절한 다음 호흡률을 조사하였다. 호흡률 변화는 그림 8과 같이 저장 후의 호흡이 저장 전(그림 1)에 비하여 다소 높았는데 이러한 경향은 건조하게 자란 화고에서 더욱 뚜렷하였다. 또한 버섯 상태에 따라 차이를 보여 건조한 표고의 호흡률이 다습하게 자란 것보다 저장 초기에는 다소 높은 경향을 보여주었으나 저장 60일 후의 호흡률은 버섯 성상에 따른 차이가 명확하지 않았으며 전반적으로 저장일수가 경과할수록 호흡이 감소하는 경향이 있었지만 30일 이후에는 큰 변화가 없었다.

처리간에는 PE포장과 해동 시 가습을 하지 않은 버섯의 호흡률이 버섯 유형에 관계없이 높았는데 이는 생체중 감소가 컸으므로 단위 중량당 더 많은 생체량이 요구되기 때문에 상대적으로 호흡률이 높게 산출된 결과로 판단된다.

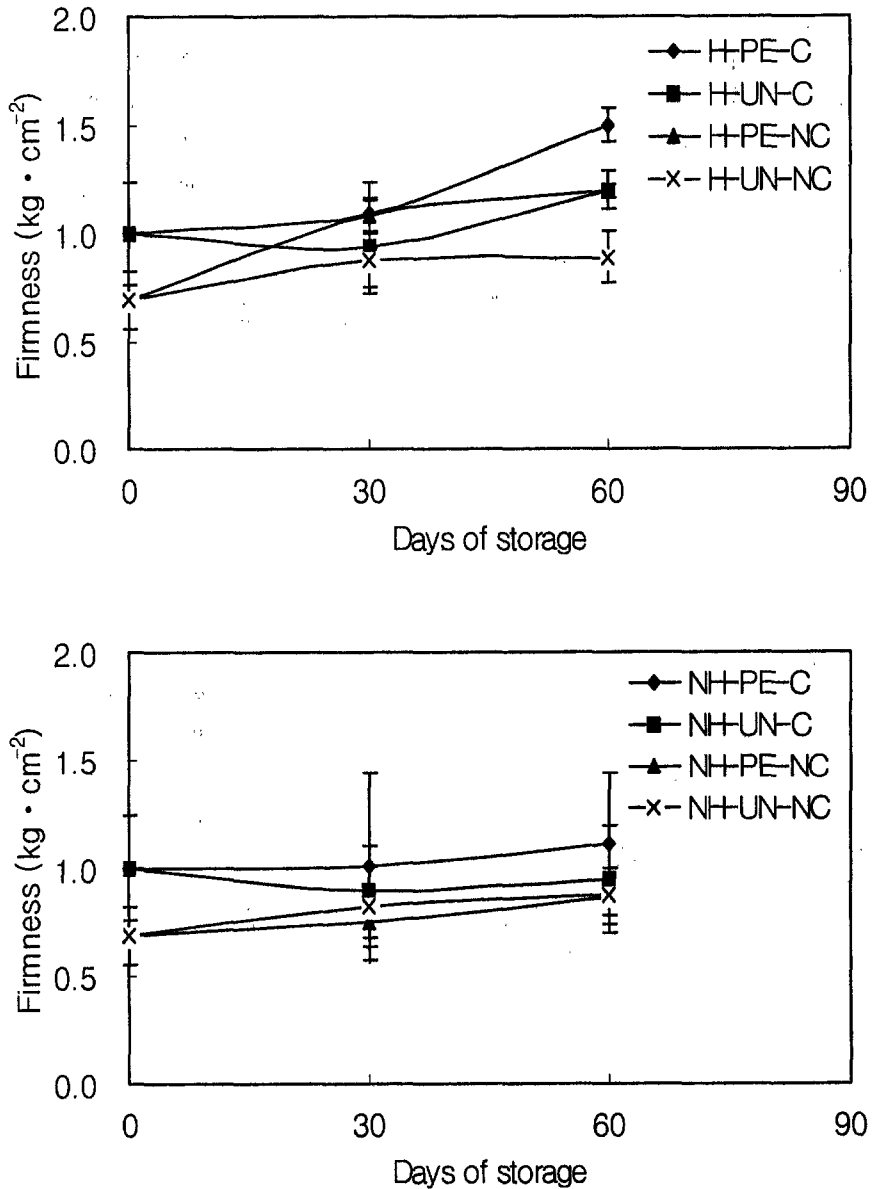


Fig. 7. Changes of firmness of pileus tissue in low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked (NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film(30um) wrapped, UN; unwrapped.

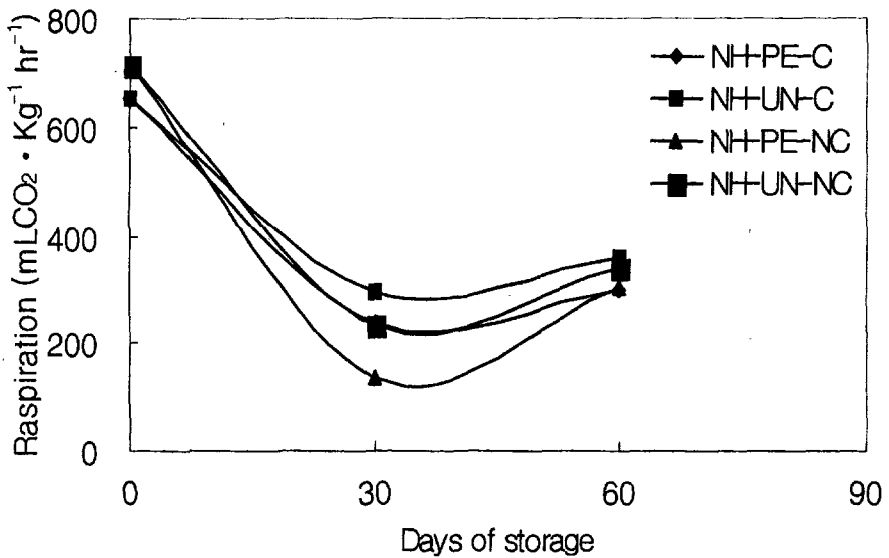
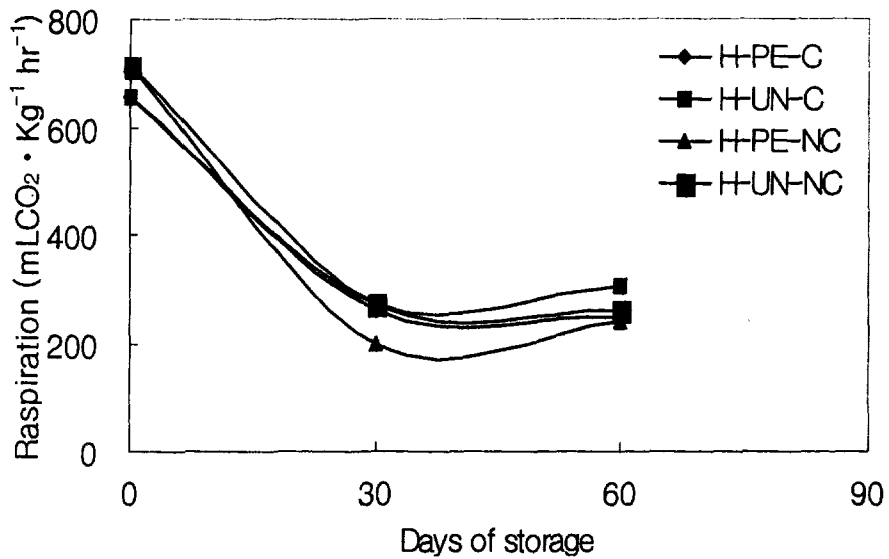


Fig. 8. Changes of respiration of low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film(30um) wrapped, UN; unwrapped.

즉, 버섯성상에 따른 호흡율 비교에서 건조한 환경에서 자란 표고버섯의 호흡율이 다습하게 자란 것에 비하여 현저히 높다고 보고된 바 있다(이 등, 1997).

버섯 성상에 따른 총당의 차이는 현저하지 않았으며 저장 중에도 유사한 변화 양상을 보여주었다. 따라서 총당 변화는 저장기간에 따른 명확한 차이를 보여주지 않았으나 전반적으로 저장 30일까지 다소 증가하였으나 그 이후 뚜렷이 감소하는 경향이 있었다(그림 9). 반면에 환원당은 다습하게 자란 표고의 초기 수준이 다소 높았다. 그러나 모든 처리에서 총당이 증가한 30일에는 감소하였고 총당이 증가하기 전인 저장 10일에 가장 높은 수준으로 조사되었으며 최종 조사일인 저장 60일에는 다시 증가하는 경향이 있었다(그림 10).

버섯의 품질은 재배과정에서 질소를 많이 공급하였을 때 탄수화물 함량이 낮아져 품질이 저하된다고 하였으며(Fujuhara 등, 2000), 표고버섯의 저장 탄수화물을 조사한 연구에서 표고버섯은 mannitol 함량이 높으며(Tan과 Moor, 1994) 유리당 중 6탄당인 fructose, glucose, rhamnose의 변화가 심하다고 하였으며 또한 sucrose는 저장 40일까지 증가하지만 그 이후 감소하였다고 하였다(이 등, 1998). 본 연구에서도 비환원당은 저장 30일까지 상대적으로 많아진 것으로 나타났다.

특징적으로 버섯의 성장상태에 따른 당의 변화에서 명확한 차이는 보여주지 않았는데 전술한 결과(그림 1)에서 살펴보았듯이 표고는 빙점하의 온도환경에서도 비교적 높은 호흡율을 보이고 있어 고분자 저장 탄수화물이 지속적으로 분해되어 호흡기질로 활용되므로 저장산물의 소모가 일정한 수준으로 지속되고 있는 것으로 나타났다.

저장초기 건조한 표고의 전분함량은 다습한 것에 비하여 현저히 낮았는데 실험이 종료되는 시점에서는 차이가 명확하지 않았다. 전반적인 전분의 변화 양상은 저장 전에 비하여 저장 10일에는 증가하였으나 이후 계속하여 감소하는 추세를 보여주었다. 본 연구에서 조사한 탄수화물 중 주된 저장탄수화물은 전분이었는데 저장기간이 길어질수록 호흡에 의한 소모에 의하여 전분이 지속적으로 감소하였다(그림 11). 따라서 전분은 대부분 호흡기질로 전환되어 소모된 것으로 판단할 때 호흡율이 높았던 건조한 표고의 전분 감소량이 다습한 것에 비하여 높았던 원인으로 판단된다. 그러나 저장말기에는 오히려 건조한 표고의 전분함량이 높게 조사되었는데 이 경우 생체중 감소가 심하였던 처리에서 더욱 높아 생체중 감소가 20%이상으로 증가한 경우 버섯 조

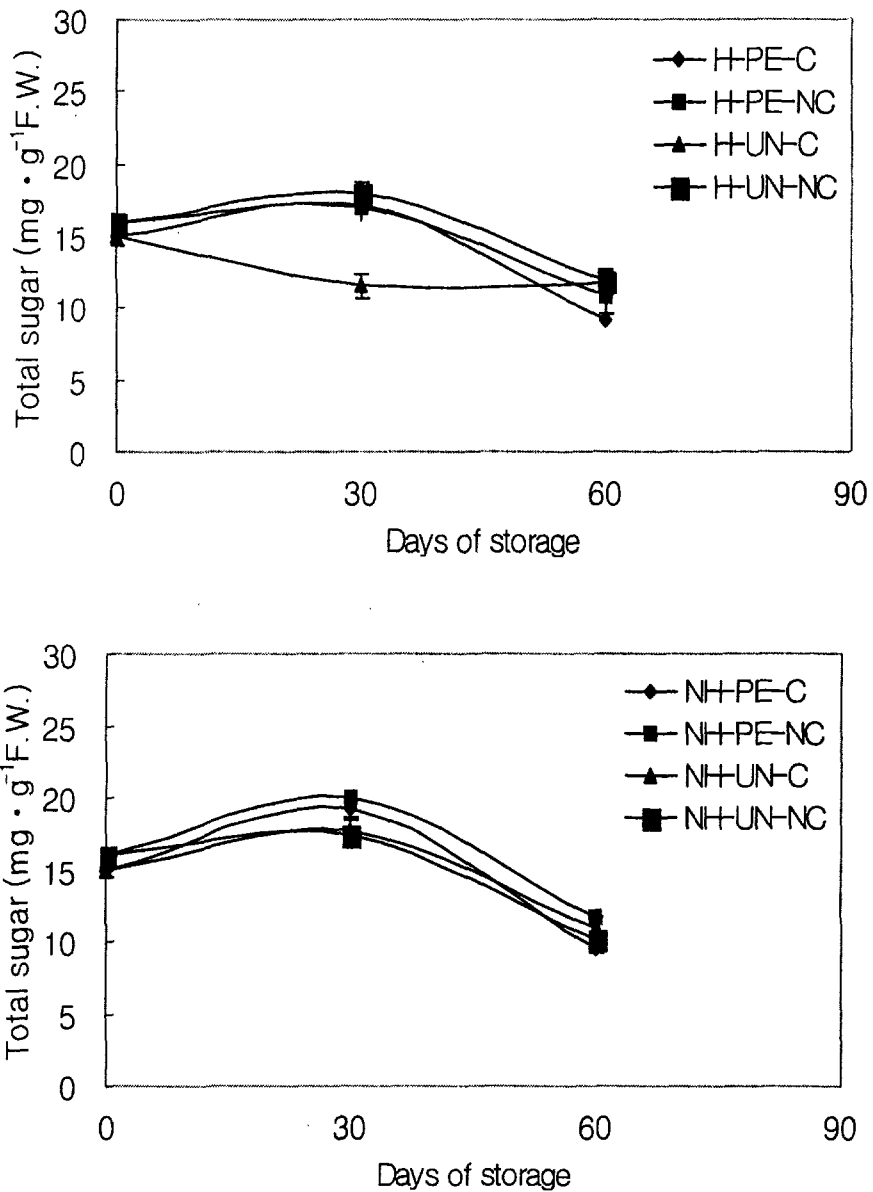


Fig. 9. Changes of total soluble sugars of low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film (30um) wrapped, UN; unwrapped.

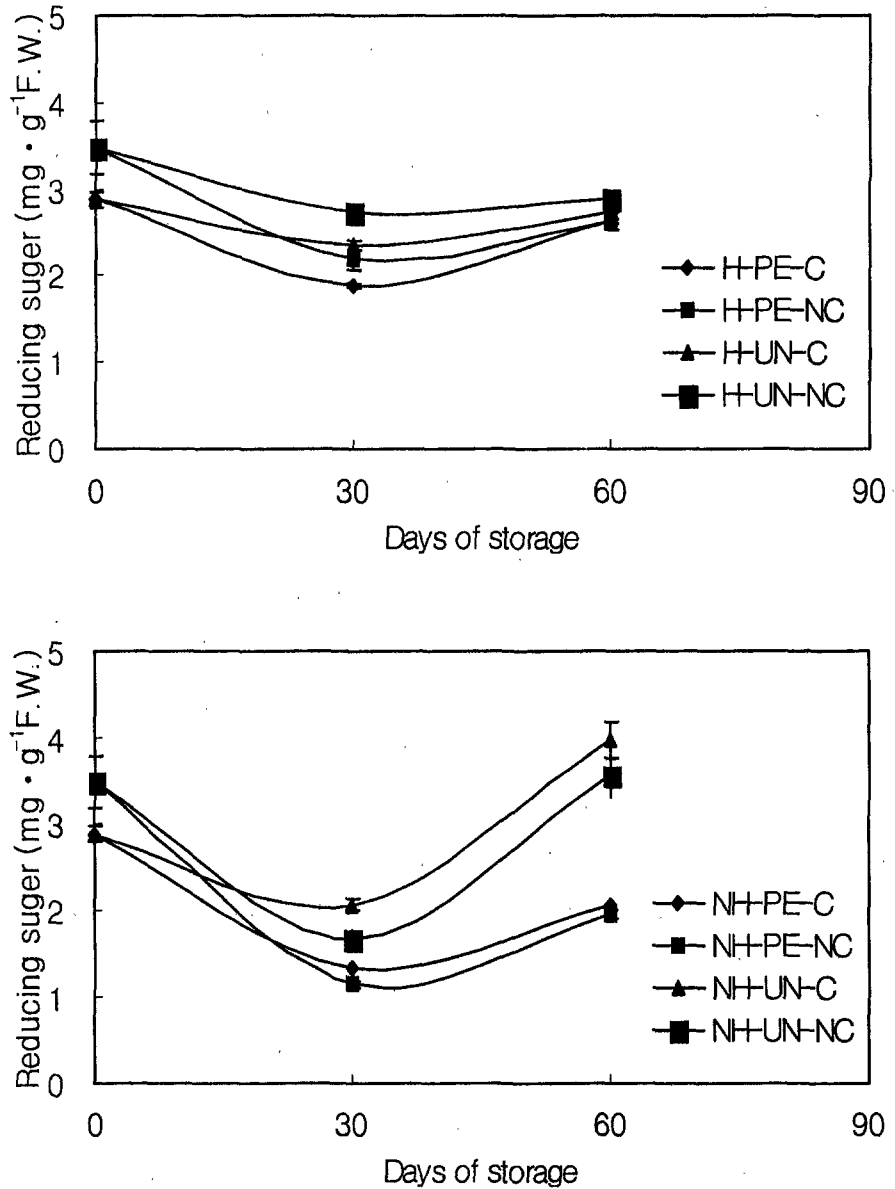


Fig. 10. Changes of reducing sugars of low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film (30um) wrapped, UN; unwrapped.

직 중 건조에 의하여 더 이상의 대사작용이 원활히 이루어지지 않기 때문에 추정된다. 기존의 연구에서는 당알콜의 변화를 주로 조사하여 Donker와 Braaksma (1997)는 양송이는 1°C 온도에서 발육이 중단하지만 조직의 mannitol 함량은 감소한다고 하였다. 이러한 당알콜이 호흡기질로 주로 이용되고 있는지 여부는 알 수 없었으나 전자현미경으로 관찰한 수확한 버섯 자실체에는 균사와 포자가 혼재한 양상을 보이며 균사의 성장정도도 균일하지 않은 경우가 관찰된 바 있어(자료미제시) 수확한 버섯의 자실체를 구성하는 개별적인 균사의 생육단계가 서로 다를 가능성이 있다. 따라서 대사작용의 변화도 자실체를 구성한 개별적인 균사의 성장 차이의 영향을 받을 가능성이 있다.

표고버섯은 저장 중 갖의 이면 조직이 갈변되거나 갖의 표피가 붕괴되며 이러한 증상이 진전될 때 자실체가 부패하여 상품가치를 상실하게 되는데 이러한 갈변현상은 많은 식물에서 페놀화합물의 산화에 의한 것으로 알려져 있다. 즉, 조직의 페놀화합물이 polyphenol oxidase의 영향을 받아 산화되고 그 결과로 갈색의 색소물질이 형성되어 장해를 일으키는 것으로 밝혀져 있다. 갈변이 심하게 발생하는 양송이에서도 PPO 활성 증가와 갈변에 의한 품질저하의 상관관계를 검토하였으며(Burton 등, 1993; Rateliffe 등, 1994) Gong 등(1993)은 조직에 축적된 알콜과 갈변은 부의 상관관계를 보이며 따라서 알콜 혼증은 갈변억제에 효과적이라고 하였다.

본 연구에서 갖 이면조직의 갈변과 페놀화합물 사이의 관계를 살펴보기 위하여 저장 표고의 페놀화합물 변화를 조사하였다(그림 12). 대체적으로 건조하게 자란 표고의 페놀화합물의 수준이 다소 높았으나 현저한 차이는 없었고 화고의 페놀함량은 비교적 일정하게 유지된 반면 다습하게 자란 동고는 다소 증가하는 것으로 나타나 저장 중 페놀물질의 산화에 의한 급격한 변화는 관찰되지 않았다.

이러한 차이는 표고버섯의 갖 표면에는 성장 중 갈색 계통의 색소가 많이 축적되기 때문에 양송이 등과 다른 양상을 보이는 것으로 추정된다. 그러나 표고버섯에서 갈변이 발생하는 양상을 살펴보면 갖 이면의 유백색 주름에 작은 갈색 반점이 형성되고 이것이 점차 확대되며 갖 외각 조직이 물러지며 붕괴되는 증상을 보이는데 Gong 등(1993)은 고농도의 이산화탄소 또는 저산소 조건에서 내부조직의 알콜이 급증하며 조직의 갈변을 일으킨다고 하였다.

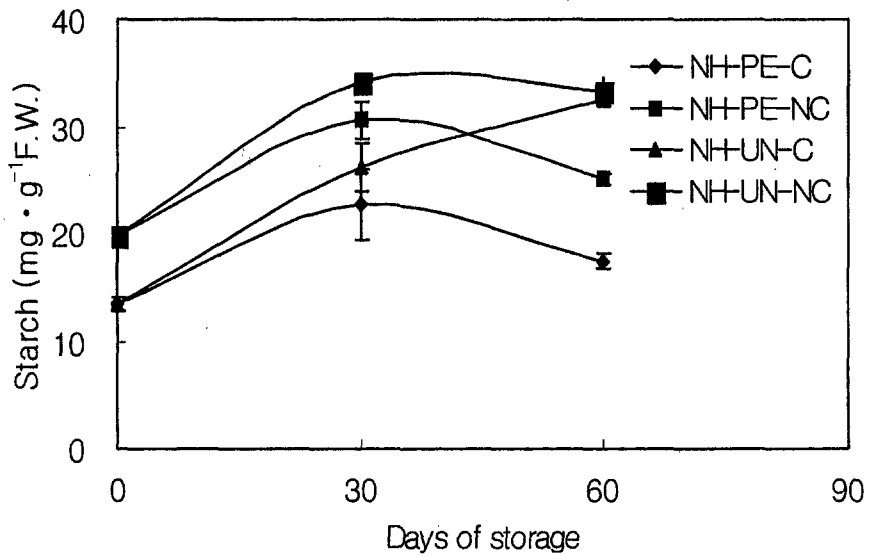
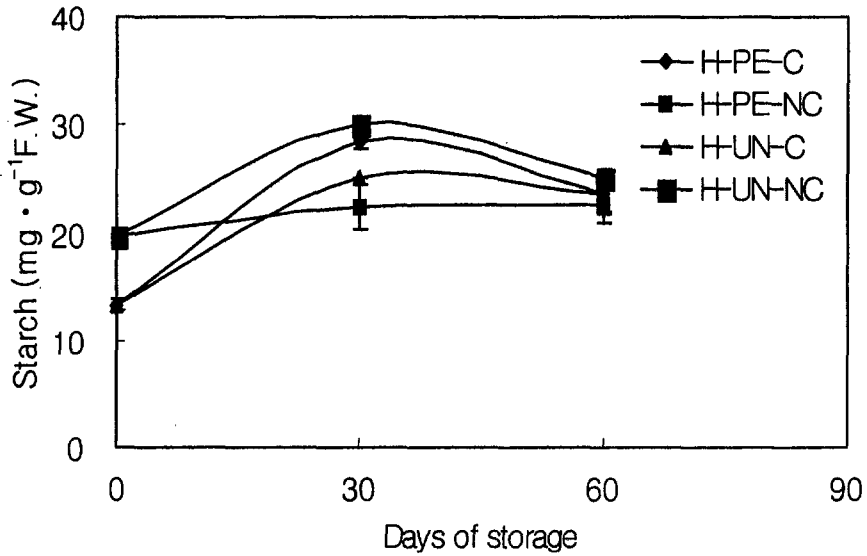


Fig. 11. Changes of starch contents of low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film (30 $\mu\text{m}$ ) wrapped, UN; unwrapped.



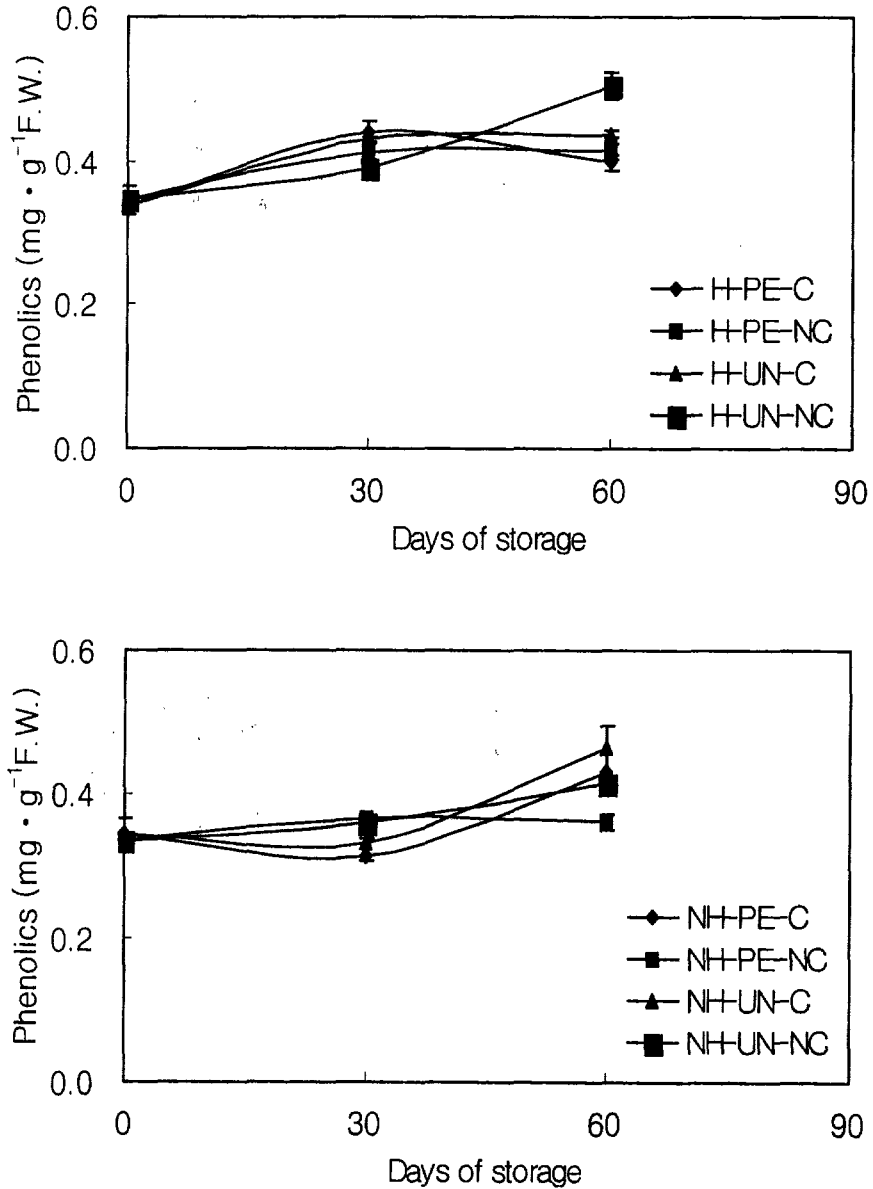


Fig. 12. Changes of phenolics of low temperature adapted fresh shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ . Cracked(C) and uncracked(NC) indicated the appearance of mushroom at harvest(cracked; hwago, noncracked; donggo). H; humidified during thawing, NH; unhumidified. PE; low density plastic film (30um) wrapped, UN; unwrapped.

따라서 표고의 갈변은 폐놀의 산화 이외에 다른 기작이 관여되어 있을 가능성을 배제할 수 없다.

본 연구 결과를 살펴볼 때 저온성 표고는 빙점이하의 온도에서 저장이 가능하며 저장기간은 2개월 정도일 것으로 추정된다. 그러나 빙점이하의 온도환경에서 버섯의 생체중 감모량이 지나치게 많기 때문에 이를 방지하기 위한 moisture barrier에 대한 보다 구체적인 검토가 필요하였다.

### 3) 표고의 생육단계가 저장력에 미치는 영향

1차 년도 2차 실험에서는 수확한 저온성 버섯을 생육단계, 즉 갓의 전개정도에 따라 두 그룹(동고, 향고)으로 구분하여 저장을 실시하였고 전술한 실험 결과에 의하여 저장온도는  $-3^{\circ}\text{C}$ 로 결정하였다. 또한 저장 중 지나친 감량을 방지하기 위하여 예냉 처리를 마친 버섯은 플라스틱 상자에 적재하고 전체를 저밀도플라스틱 필름( $30\mu\text{m}$ )으로 포장하였다. 저장직후에는 조직이 동결되어 있는 상태이었으므로 전술한 실험과 마찬가지로  $10^{\circ}\text{C}$  조건에서 해동을 실시하고 조사하였다.

생체중 변화는 생육단계에 따라 상이한 경향으로 나타났는데 대체적으로 어린 동고에서 향고보다 생체중 감모율이 높았으며 그 차이는 저장기간이 길어질수록 심해지는 경향이였다(그림 13). 해동할 때 가습할 경우 생체중 감모량이 줄어 든 것으로 나타났는데 이는 가습할 때 조직이 부분적으로 수분을 흡수하여 생체중이 어느 정도 회복되기 때문으로 보인다. 반면에 건물중은 동고에서 오히려 높게 나타났는데 이는 생체조직의 수분 상실량 차이에 의하여 얻어진 것으로 판단된다.

또한 해동할 때 가습할 경우 가습하지 않을 경우보다 무게감량이 현저히 낮아 해동환경이 생체중 변화에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향은 동고와 향고 사이에 차이 없이 동일하였다. 버섯의 생체중 변화는 주로 갓보다는 대에서 발생하는 것으로 알려져 있는데(Donker와 Van As, 1999) 대를 구성한 조직은 치밀한 반면 갓 부위의 조직은 비교적 느슨한 스폰지상을 지니므로 증산에 의하여 감량이 발생하였을지라도 습도가 높은 조건에서 갓 조직은 수분을 다시 획득하기 때문인 것으로 추정된다.

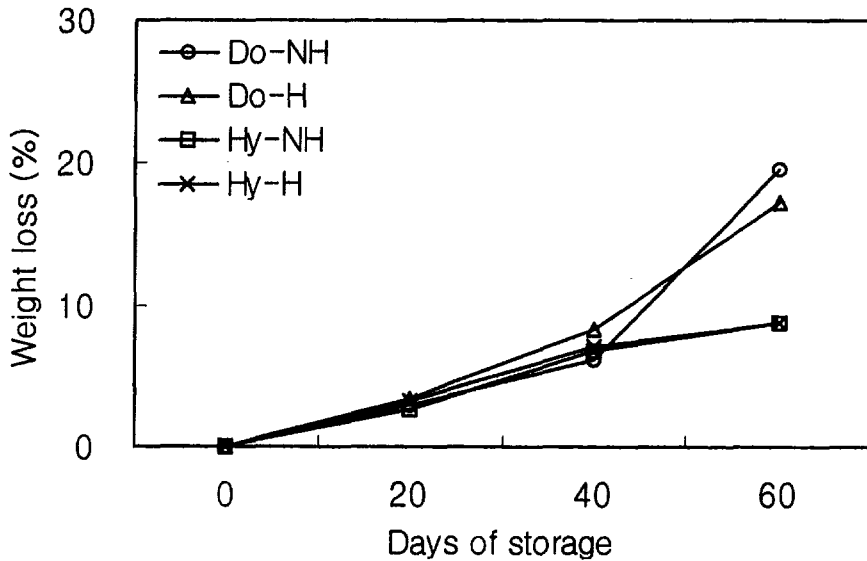


Fig. 13. Changes of weight loss in stored shiitake mushroom between developmental stages. Fresh mushroom were stored at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (Do : donggo-pileus unopened shiitake, Hy : hyanggo-pileus 80% opened shiitake, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

동고의 경도는 저장 초기부터 향고보다 높았으며 이러한 경향은 저장기간이 길어져도 유사하였다.

경도 변화는 저장기간에 따라 편차가 심하였는데 무게감량이 심하게 발생한 저장 40일에 경도 증가가 뚜렷하였으며 그 이후에도 다소간 증가하였다(그림 14). 이러한 경도의 차이는 개체간의 편차에서 기인될 수도 있으나 해동할 때 가습 정도에 따라 해동을 마친 이후의 조직 함수율이 달라질 것으로 예상되어 개체간 편차가 커진 것으로 판단된다. 또한 해동할 때 가습하지 않은 동고는 생체중 감모량이 많았으므로 조직이 더욱 건조한 상태이었기 때문에 경도가 높게 측정된 것으로 추정된다. 버섯의 갓을 부위별로 조사한 연구에서 갓의 표면보다 측면의 조직이 연화가 빠르다고 하였는데(Rama 등, 1995) 전술한 바와 같이 조직이 얇은 갓 주변부는 중앙부에 비하여 가습 또는 건조환경에서 함수율 변화가 더욱 클 것으로 예상되므로 경도 측정을 위한 절편을 취한 부위에 따른 경도 차이가 있었을 것으로 추정된다.

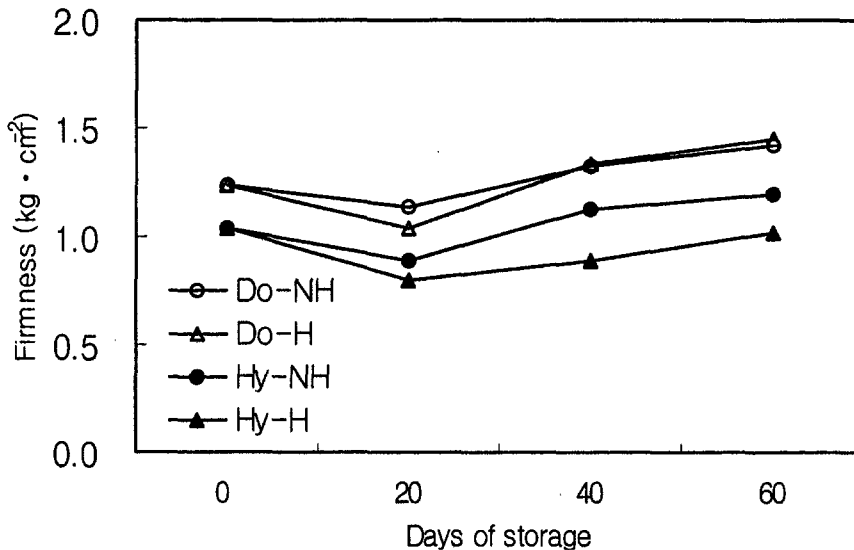


Fig. 14. Changes of firmness in stored shiitake mushroom between developmental stages. Fresh mushroom were stored at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (Do : donggo-pileus unopened shiitake, Hy : hyanggo-pileus 80% opened shiitake, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

조직의 호흡율은 대체적으로 저장 20일까지는 변화가 크지 않았으나 저장 40일에는 증가하였고 그 이후 감소하는 경향이었으며(그림 15), 저장 60일에는 버섯성상에 따른 차이를 확인할 수 없었다. 그러나 저장전에 비하여서는 대체적으로 호흡이 다소 높아진 결과이었다. 총당의 변화는 버섯유형에 따른 차이를 저장 40일까지는 보여주지 않았고 저장기간이 증가함에 따라 증가하였으나 향고의 경우 최종 조사일인 60일에는 다시 감소하였다(그림 16). 환원당은 총당과 달리 버섯 생육단계에 관계없이 저장 60일까지 증가하였으나(그림 16) 전분은 동고에서는 저장 40일까지 감소하였고 그 후 다시 증가하였는데 향고는 지속적으로 감소하였다(그림 16). 또한 폐놀은 두 종류 모두 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보여주었다(그림 16). 이러한 변화가 생장단계에 따른 변화인지 또는 버섯 발육단계에 따른 저장 중 대사작용의 변화에 따른 결과인지는 명확하지 않았다.

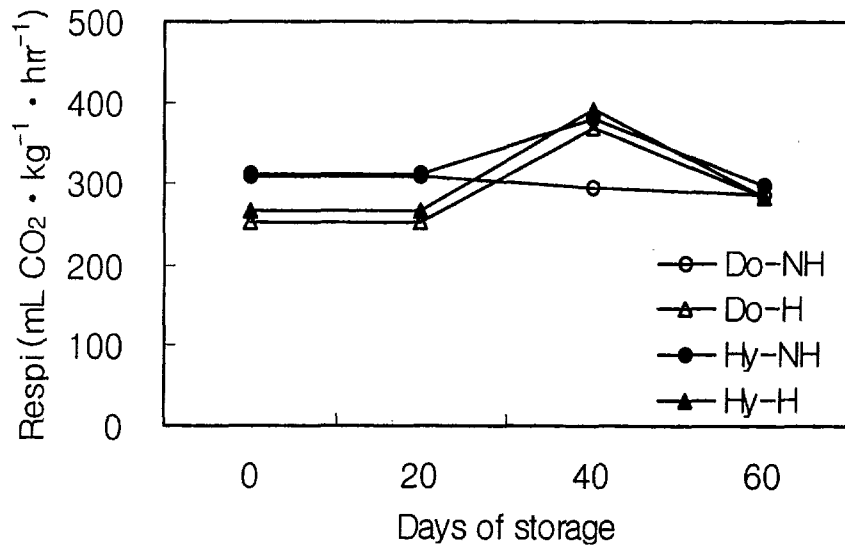


Fig. 15. Changes of respiration in stored shiitake mushroom between developmental stages. Fresh mushroom were stored at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (Do : donggo-pileus unopened shiitake, Hy : hyanggo-pileus opened shiitake, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing).

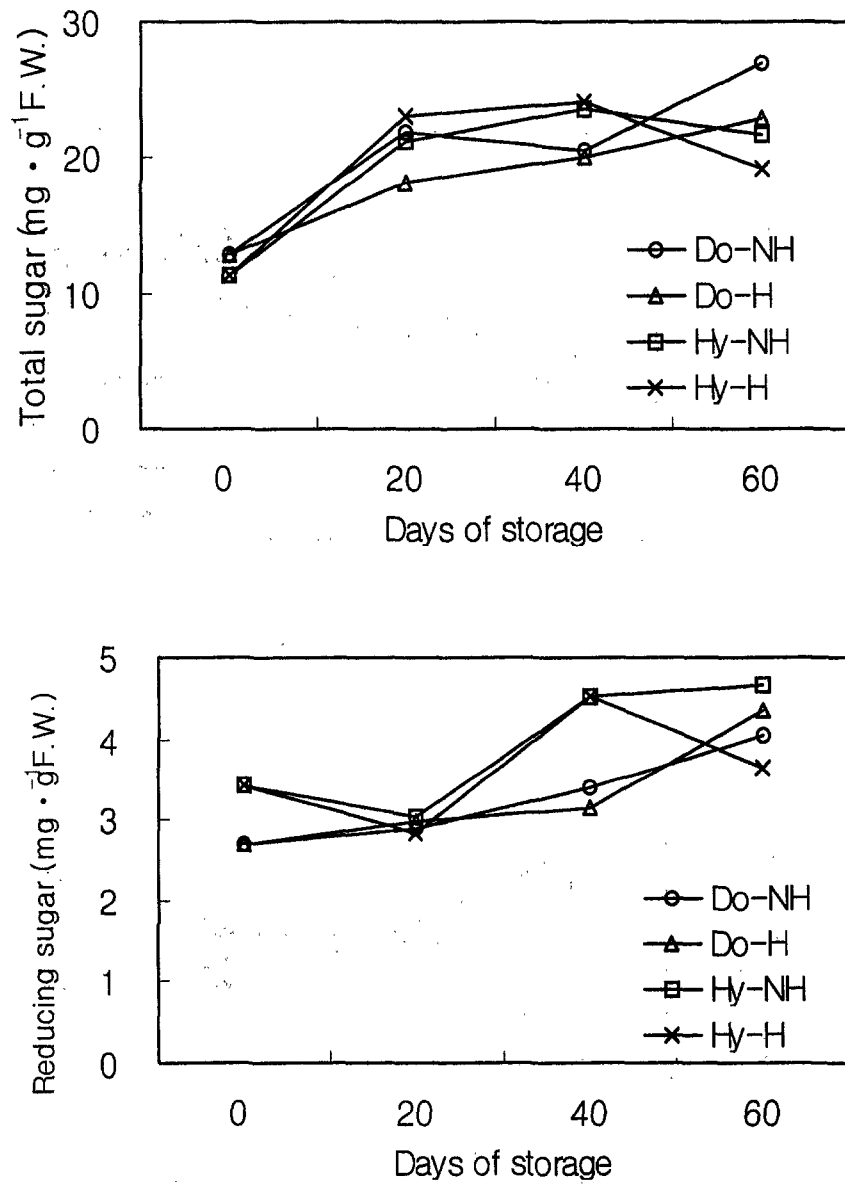


Fig. 16. Compositional changes of stored shiitake mushroom between developmental stages at harvest. Fresh mushroom were stored at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (Do : donggo-pileus unopened shiitake, Hy : hyanggo-pileus opened shiitake, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

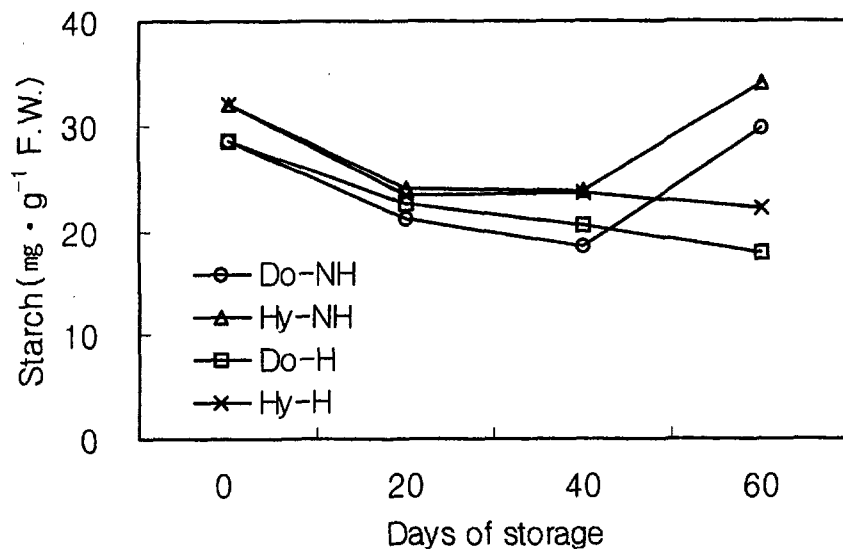
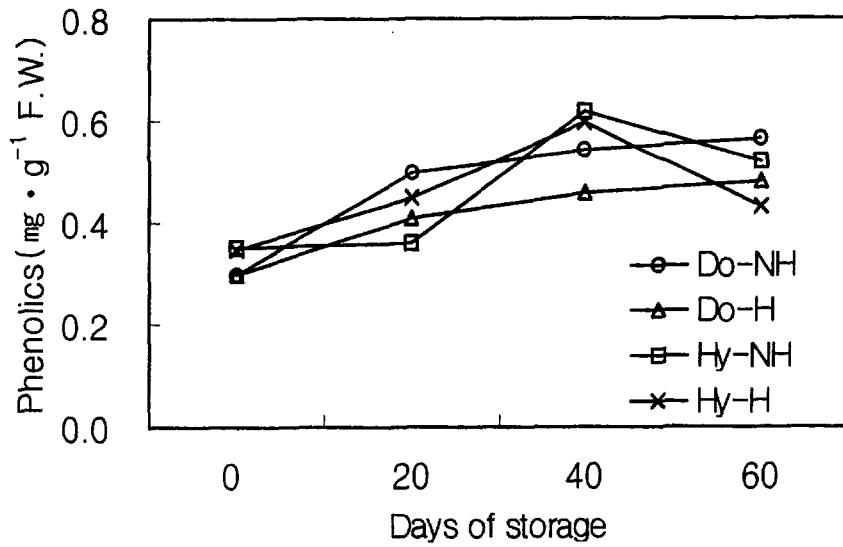


Fig. 16. Continued

#### 4) 저장후 처리가 모의 유통중 버섯의 품질에 미치는 영향

전술한 바와 같이 재배환경이 다른 표고를 대상으로 동결 조직을 해동한 다음 상온 유통조건을 부여하고 품질의 변화를 조사하였다. 경도는 처리간 또는 해동 조건에 따른 차이가 명확하지 않았고 또한 건조상태에 따른 차이도 명확하지 않아 본 보고서에서는 동고의 결과만 제시하였다(그림 17). 호흡율은 상온에 노출한 일수가 길어질수록 감소하는 경향을 보여주었는데 버섯성상에 따른 차이는 없었다(그림 18). 총당과 환원당은 유통기간 중 꾸준히 증가하였고 반면에 전분합량은 급격히 감소하는 경향을 보여주었다(그림 19). 페놀의 변화는 다소 증가하였으나 상온 노출 5일까지 버섯의 갓이면에 갈변증상은 관찰되지 않았다. 그러나 저장직후에 비하여 버섯의 갓이 전개되는 등 저장이후 상온 노출기간이 길어질수록 버섯의 생장이 재개되는 양상을 보여주었으며 버섯의 갓 표면 색택도 옅은 갈색으로 변화하여 외관 품질이 오히려 증가한 결과를 보여주었다. 그러나 무게감량 또한 증가하므로 이를 방지하기 위한 방안이 모색되어야 할 것이다.

처리간 내적 성분의 변화에 다소간 차이가 있었으나 외관을 비롯한 관능적인 품질은 버섯 생육상태에 따른 차이를 확인할 수 없어 수확기의 생육단계에 따른 저장성의 차이는 크지 않을 것으로 판단된다.



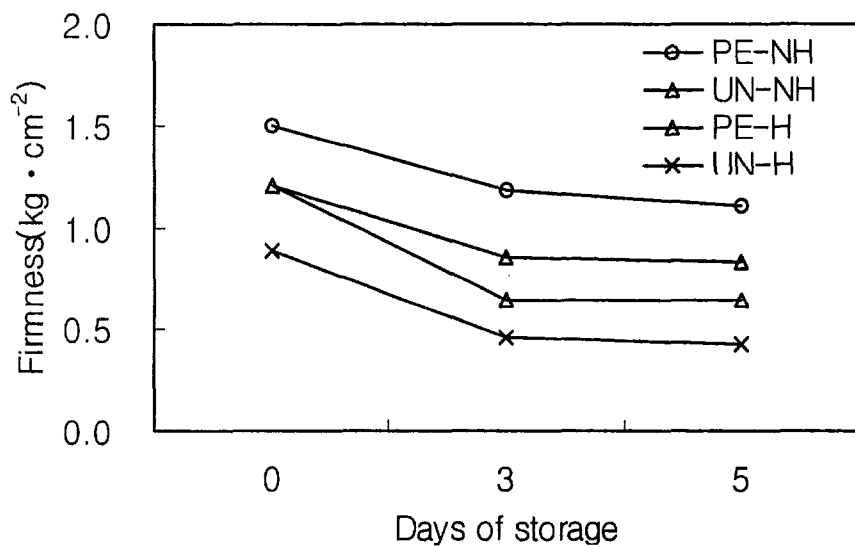


Fig. 17. Changes of firmness of shitake mushroom during simulated marketing at ambient temperature. Fresh mushroom were stored for 2 months at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (PE : polyethylene film wrapped, UN : unwrapped, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

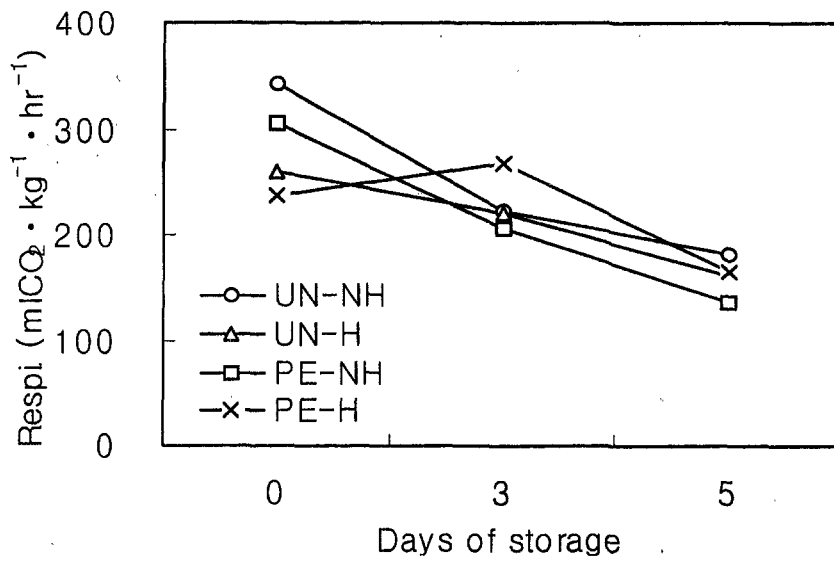


Fig. 18. Changes of respiration of shitake mushroom during simulated marketing at ambient temperature. Fresh mushroom were stored for 2 months at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (PE : polyethylene film wrapped, UN : unwrapped, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

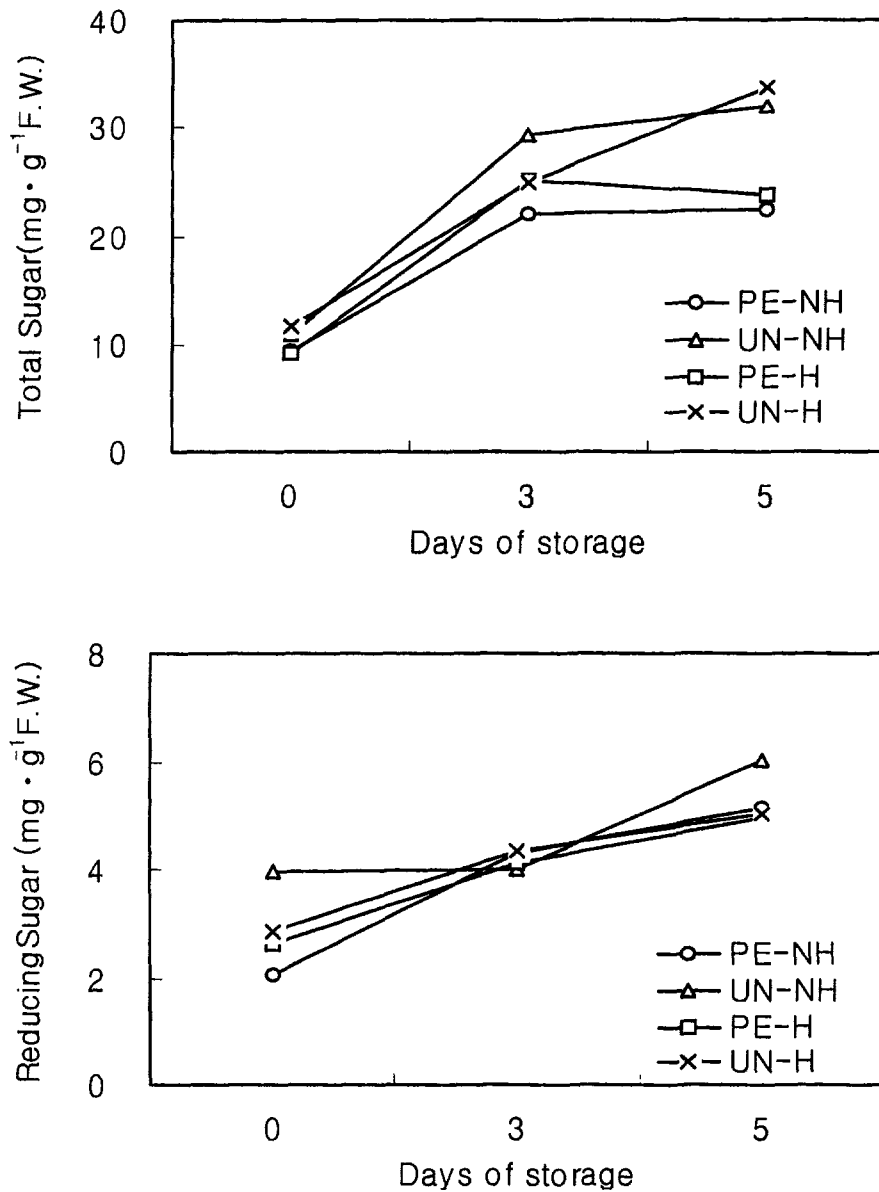


Fig. 19. Changes of sugar contents of stored shiitake mushroom during simulated marketing at ambient temperature. Fresh mushroom were stored for 2 months at  $-3^{\circ}\text{C}$ . (PE : polyethylene film wrapped, UN : unwrapped, NH : non-humidified during thawing, H : humidified during thawing)

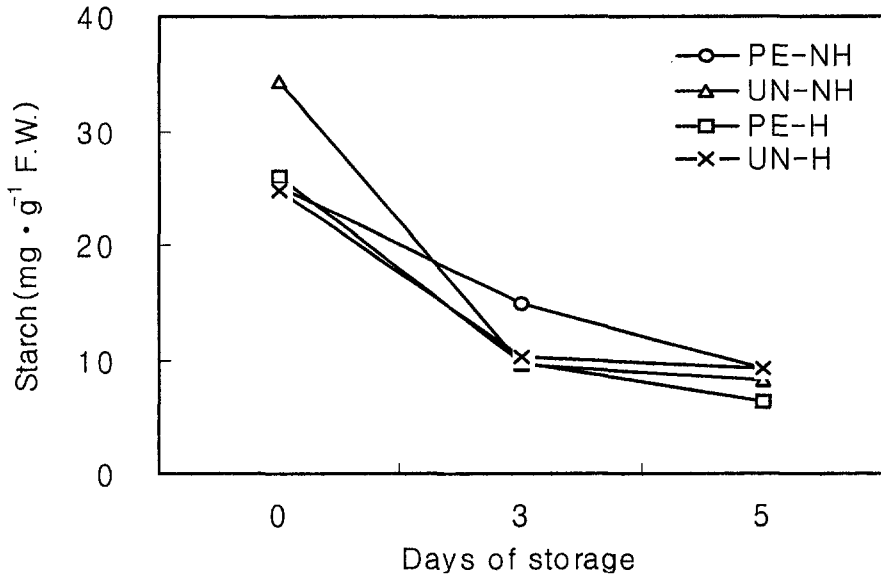


Fig. 19. Continued

라. 탈산소제 처리가 저온성 표고의 저장성에 미치는 영향

버섯을 저장할 때 발생하는 생리적 장애의 하나는 조직의 갈변에 의한 품질 저하이다. 많은 경우 식물 조직의 갈변은 polyphenol oxidase(PPO)에 의한 페놀 화합물의 산화에 따른  $\alpha$ -farnesene 생성 및 이들의 중합 반응에 의한 색소의 형성에서 비롯된 것으로 널리 알려져 있는데(Burton 등, 1993) PPO의 작용은 산소를 필요로 한다. 따라서 본 연구는 페놀 화합물의 산화에 직접적인 영향을 가하는 PPO의 활성을 제어하기 위하여 저산소 조건에서 표고를 저장함으로써 저장성을 향상시킬 수 있는 가능성을 살펴보고자 하였다.

1999년 3월 초순에 저온성 표고를 수확하여 예냉을 마친 표고버섯을 아크릴로 제작한 350L용기에 넣고 탈산소제를 처리한 다음 -3℃에 저장하였다. 저장 중 버섯의 성상을 육안으로 관찰한 다음 저장 90일과 105일에 출고하여 품질을 비교하였다.

저장용기 안의 가스 농도를 조사한 결과, 산소의 최저 농도는 0.1%, 최고 농도는 19.8%이었고, 이산화탄소는 최저 0.5%, 최고 17.1%로 내부 공기 조성의 변화가 조사 시기에 따라 심한 차이를 보여주었다. 따라서 저장 중 산소농도를 조사하여 4회에 걸

쳐 탈산소제를 교체하여 주었는데 내부 공기 조성이 일정하게 유지되지 않았다. 그러한 원인은 저장용기의 밀폐도가 낮았기 때문으로 보인다.

비록 밀폐도가 낮았을지라도 용기 속의 습도환경은 일반 저장 환경에 월등히 우수하였을 것으로 예상되는데 무게감량을 조사한 결과, 전술한 일반 저장에 비하여 90일에 4%, 105일에 4.7%에 불과하여(그림 20) PE 필름을 적용하지 않은 빙점 하 저장 60일 후의 24%보다(그림 6) 현저히 낮았다.

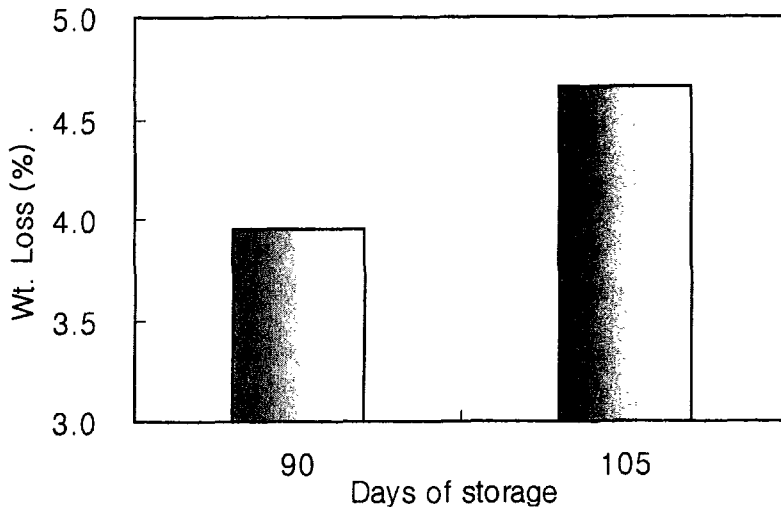


Fig. 20. Effect of oxygen scrubber on the weight loss of low temperature adapted shiitake mushroom during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ .

건물중 또한 저장 초기에 비하여 크게 변화하지 않았으며 총당은 90일에 감소하였지만 환원당은 저장 전에 비하여 약 2배 증가하여(표 5) 전술한 결과와 유사하였다. 또한 전분은 저장 초기에 비하여 크게 감소하지 않았지만, 폐놀은 약 2배 증가하였다. 따라서 밀폐도를 높인 저장 환경은 일반 빙점 하 저장에 비하여 감량을 방지하고 품

질을 유지하는데 크게 기여하는 것으로 확인되었다. 이렇게 저장한 표고를 해동하여 유통 조건을 부여하였을 경우 5일정도 유통 온도 환경에 관계없이 전반적인 관능품질을 유지하였다(그림 21). 그러나 상온보다는 10℃ 환경이 전반적인 버섯의 관능적 품질이 우수하였다. 따라서 본 연구에서 얻어진 결과를 검토할 때, 신선표고의 장기 저장을 위해서는 증산에 의한 감량이 품질 저하에 가장 큰 원인인 것으로 판단되었지만 탈산소제의 효과는 명확하지 않았다.

Table 5. Effect of oxygen scrubber on the quality of shiitake mushroom during storage at -3℃.

Quality index	Storage duration (days)			
	90	90+5 <sup>z</sup>	105	105+5
Dry matter (%)	24.84	35.62	25.65	18.14
Firmness (g · cm <sup>-2</sup> )	1.09	0.96	1.12	0.86
Total sugar (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	4.61	13.37	11.3	10.1
Reducing sugar (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	5.98	4.91	4.57	7.98
Phenolics (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	0.60	0.71	0.58	0.83
Starch (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	5.86	8.95	13.83	6.34

<sup>z</sup>Data were collected immediately after thawing or after exposure to 10℃ for 5 days, respectively.

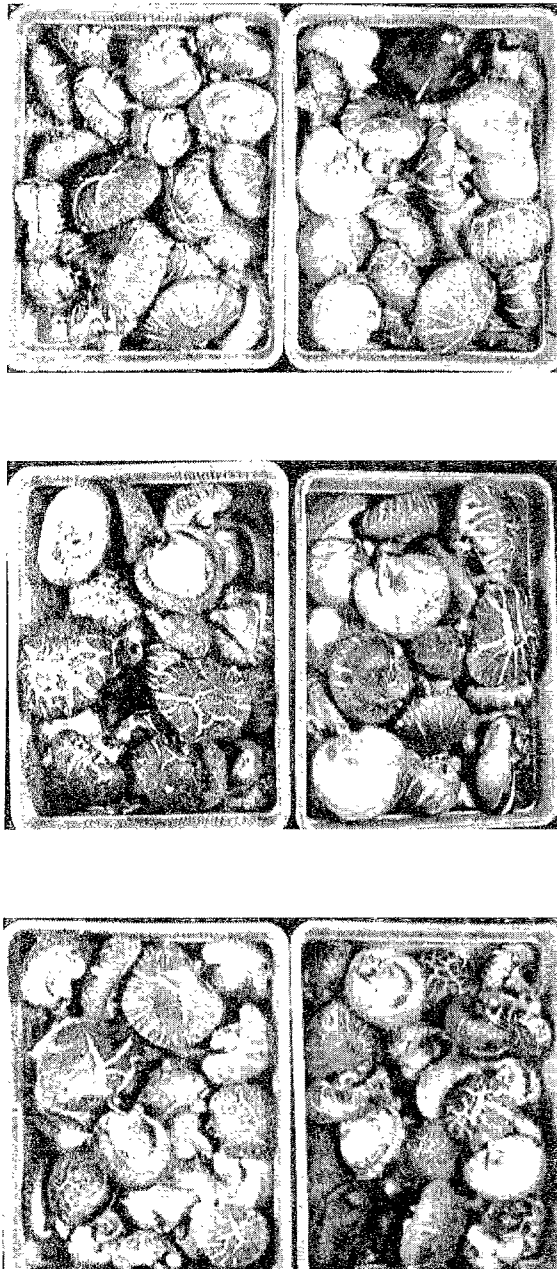


Fig. 21. Appearance of stored shiitake mushroom after thawing and simulated marketing. Top ; just after thawing, middle ; 5 days after exposure to 5°C, bottom ; 5 days after exposure to 10°C

### 3. 고온성 표고의 빙점 하 저장 반응

#### 가. 고온성 표고의 빙점 하 저장환경 반응

고온성 표고는 대체적으로 생육이 빠르게 진행되므로 저온성 표고와 달리 수확당시 이미 갓이 거의 전개된 경우가 많고 육질이 약한 특성을 나타낸다. 고온성 표고의 이러한 특성 때문에 수확 후 대사작용에도 많은 차이를 보일 것으로 예상되므로 저온성 표고와 다른 저장조건이 필요할 것으로 예상된다.

관행적인 고온성 표고의 유통은 대체적으로 저장이나 냉각처리를 하지 않고 시장출하를 하고 있다. 본 연구에 사용한 버섯은 수확당시 갓의 크기에 많은 편차가 있어 버섯 크기에 따른 차이가 있을 것으로 예상되어 이를 구분하였다. 1998년 6월 24일에 수확하여 갓 크기에 따라 갓의 크기가 6cm이상인 것과 그 이하의 두 그룹으로 구분하여 실험을 수행하였는데 저장 온도 조건을 검토하기 위하여 0~-1℃, -2~-3℃, 10℃, 20℃에 각각 저장하고 품질을 비교하였다.

저장 4일 후 20℃에서는 부패한 버섯이 관찰되었는데 버섯 크기에 따른 부패율 차이는 없었다. 갓의 크기를 조사하였을 때, 20℃에서는 수확 시 생장정도에 관계없이 모두 갓의 크기가 감소되었는데 이러한 원인은 조직이 부패하기 시작하면서 붕괴되었기 때문으로 나타났다(그림 22). 따라서 고온성 표고는 생산시기에 기온이 높기 때문에 관행적으로 상온에서 그대로 유통할 경우 유통기간이 매우 짧아 4일 이내에 상품성을 상실하는 것으로 판단되었다. 10℃에 저장한 버섯을 저장 4일후 조사한 결과 저장당시의 버섯크기에 관계없이 갓의 크기가 다소 증가하였는데 이는 비교적 저장 온도 환경이 높아 수확 후에도 생장을 지속하였기 때문으로 판단된다. 그러나 빙점이하의 저장조건에서는 수확당시 규격이 큰 버섯의 경우 저장 10일 후 해동한 다음 갓의 크기가 증가하였지만 수확당시 크기가 작은 버섯은 오히려 저장 후 크기가 더욱 작아진 결과를 보였다. 또한 감소된 정도는 -1℃보다 -3℃에서 더욱 심하였다.

전술한 적정저장온도 실험에서(그림 4, 5) 중온성과 저온성 표고버섯 중 다습한 상태의 버섯은 -3℃의 온도환경에서 조직이 부분적으로 손상받은 것으로 나타나 -3℃ 온도환경은 고온성 표고버섯의 저장온도로 적합하지 않았다. 이러한 원인은 함수율이



높아 동결조건에서 결빙된 얼음조각의 크기가 커져 갓 조직이 파괴되었을 가능성이 있다. 표 4에서 살펴보았듯이 갓이 완전히 전개된 향신의 수분함량이 생장정도가 어린 동고나 향고보다 낮았다. 따라서 어린 버섯은 빙점하 환경에서 얼음조각이 더욱 크게 자랐을 가능성이 높아 조직의 손상이 더욱 컸을 것으로 추정된다.

이러한 원인이 수확당시의 버섯 크기에 따라 호흡 등 생리적 상태가 달라 얻어진 결과인지 또는 저온에 의한 장해를 받은 결과인지 명확하지 않았으나 전술한 결과를 고려할 때  $-3^{\circ}\text{C}$  환경에서는 조직이 부분적으로 손상을 받았을 가능성이 있다.

저장 중 무게 감량은  $20^{\circ}\text{C}$ 에서 4일 후 13.2%이었는데  $10^{\circ}\text{C}$ 에서는 4일 후 5%로 현저히 낮았다(그림 23). 또한 빙점 하에서는  $-1^{\circ}\text{C}$ 에서 2.3%,  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 1.2%로 저장온도가 낮을수록 감량이 적은 결과였다.

저장을 마치고 상온에 노출시켰을 때  $20^{\circ}\text{C}$ 에 두었던 것은 2일 후 부패하거나 표피가 갈변하는 등 장해가 심하게 발생하여 상품가치를 거의 상실하였으며,  $10^{\circ}\text{C}$ 에 4일간 저장하였던 버섯도 상온에 노출시킨 3일 후에는 부패율이 47.2%에 달하였고 빙점 하에서 저장한 표고도 상온노출 후  $20^{\circ}\text{C}$  혹은  $10^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 것에 비하여 외관상 상태는 좋았으나 전반적인 관능품질은 크게 저하된 것으로 나타났다(자료미제시).

이러한 문제점을 보완하기 위하여 2차 실험에서는 예냉과 선별을 마친 버섯을 PVC 랩으로 소포장하여 10일간 저장을 실시하였으며 1차 실험 결과 빙점 하 환경이 유리하였으므로 저장온도는  $-1^{\circ}\text{C}$ 와  $-3^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였다. 저장을 마친 표고는  $10^{\circ}\text{C}$ 의 온도 조건에 5일간 노출시키며 품질 변화를 관찰하였다. 상온에 노출시킬 때 포장을 하지 않은 버섯과  $-1^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 버섯은 4일 후 83.3~86.2%가 물러지거나 부패하여 상품가치를 상실하였는데 반하여  $-3^{\circ}\text{C}$ 에 저장한 버섯은 부패율이 16.7%로 낮았지만 외적 품질은 일정하지 못하여 개체간에 많은 차이를 보였고 전반적인 관능품질은 매우 낮아진 상태이었다(표 6).

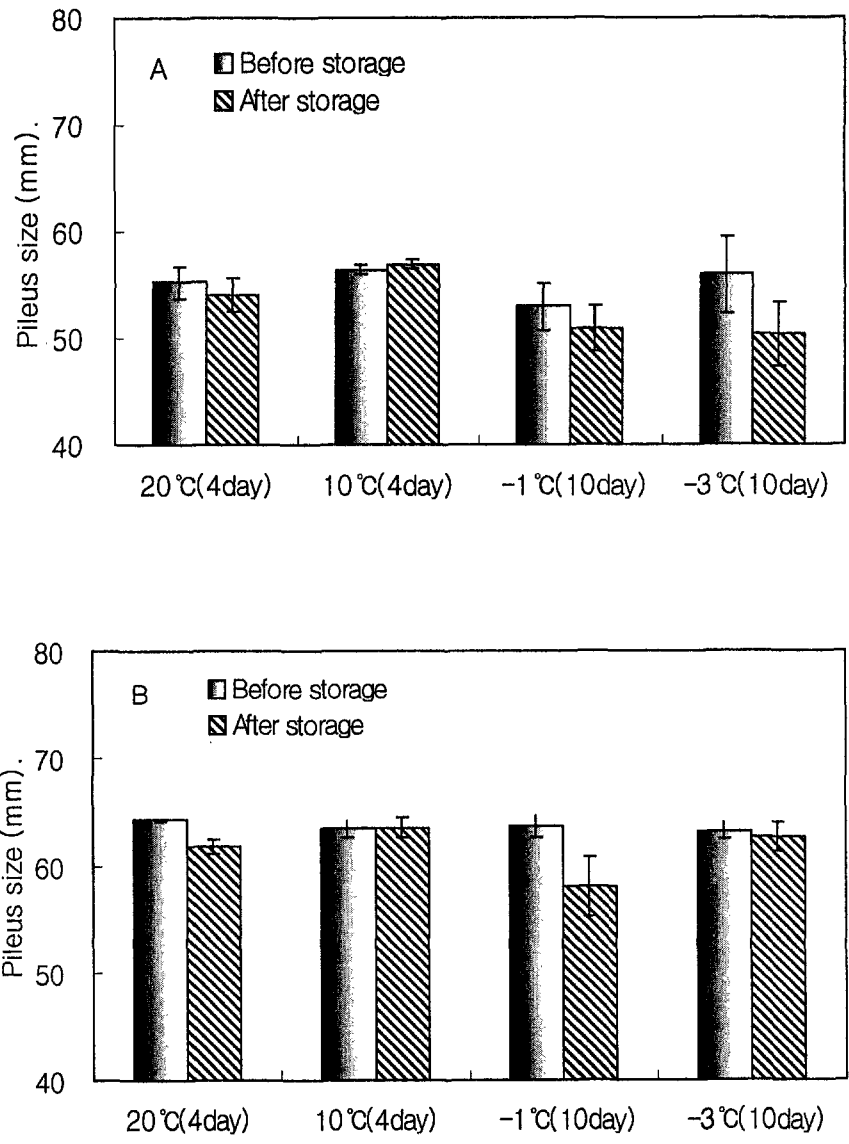


Fig. 22. Effect of mushroom size at harvest on the changes of pileus size during storage at indicated temperature(A : below 60mm, B : above 60mm).

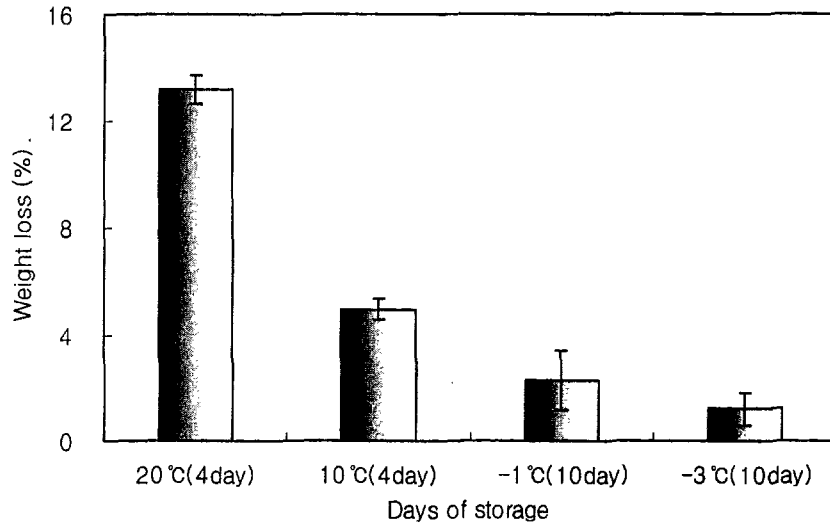


Fig. 23. Comparison of fresh weight changes of shiitake mushroom between different storage temperature.

이러한 결과를 살펴볼 때 전술한 바와 같이 고온성 표고는 조직이 단단하지 못하고 호흡율이 높아 저장기간을 늘리는 것은 바람직하지 않을 것으로 판단되며 단지 예냉을 실시할 경우 유통기간을 다소 연장시킬 수 있을 것으로 예상되었다. 또한 전술한 중온성 표고의 경우도  $-3^{\circ}\text{C}$ 의 저장온도에서 비록 육안으로는 관찰하였을 때 손상을 받은 것을 확인할 수 없었지만 전자현미경 관찰에서 자실체를 구성한 균사가 물리적 손상을 입은 점을 미루어 볼 때 고온성 표고에서도 빙점 이하의 온도환경에서 유사한 장애가 발생하여 상온에 두었을 때 조직이 부패하거나 붕괴되어 상품가치를 상실한 것으로 보인다. 이러한 점을 고려할 때 고온성 표고는 빙점하 환경에 적합하지 않아 다른 저장방법을 모색하여야 할 것으로 판단된다.

Table 6. Effect of storage temperature and wrapping on the decay of shiitake mushroom during simulated marketingz.

Treatment	Storage temp.	
	-1°C	-3°C
Untreated	86.2	83.3
Wrapping	79.2	16.7

<sup>z</sup>High temperature adapted shiitake mushrooms were stored for 10 days at indicated temperature and exposed to 10°C after thawing.

나. 플라스틱 필름 포장의 고온성 표고의 저장과 유통에 미치는 영향

고온성 표고의 저장과 유통성 향상을 위한 조건을 찾기 위하여 1999년 7월 상순 고온성 표고를 수확하여 실험실로 수송한 다음 4종류의 플라스틱 필름을 이용하여 포장한 다음 -2°C에 20일간 저장하였다. 저장 중 필름 내 공기 조성을 저장 5일까지 비교한 결과, 필름 종류간에 이산화탄소 축적량에 차이를 나타내었는데 필름두께가 두꺼울수록 축적량이 많았으며 같은 두께의 필름에서는 저밀도 폴리에틸렌 필름보다 프로필렌계의 필름이 이산화탄소 축적량이 낮았다. 또한 세라믹 필름은 두께가 38 $\mu$ m임에도 비교적 이산화탄소 축적량이 낮았는데 이는 필름의 투과성 차이에 따른 것으로 보인다. 산소는 저장 기간이 길어질수록 점진적으로 감소되었는데 30 $\mu$ m폴리에틸렌 필름에서 가장 낮아 저장 20일에는 1.7%에 불과하였다.

따라서 MA환경에서 가스조성은 필름의 가스투과도에 의하여 결정될 것으로 판단된다.

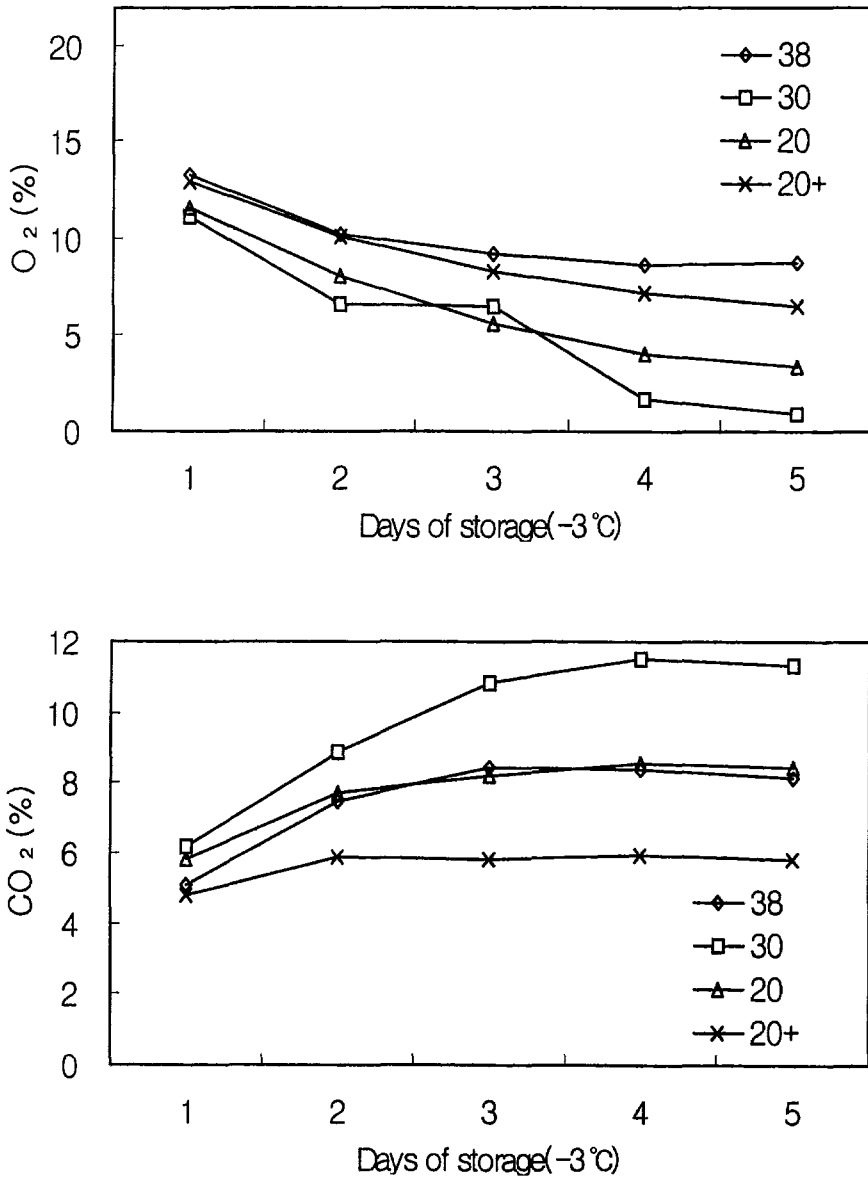


Fig. 24. Effect of plastic film sources on the air composition in bags wrapped for shiitake storage(38 : Ceramic film, 30 : 30µm low density polyethylene film, 20 : 20µm low density polyethylene film, 20+ : 20µm polypropylene film).

저장 20일후 출고하여 필름을 포장을 풀고 전술한 조건에서 해동을 실시한 다음 다시 필름 포장하여 10℃에 노출시켰다(그림 25). 모의 유통 기간 동안 포장대내의 공기 조성을 비교한 결과 이산화탄소는 최대 22.8%까지 증가하였다가 서서히 감소하는 경향을 모두 보여주었는데 세라믹 필름과 30 $\mu$ m두께의 저밀도 폴리에틸렌 필름 포장에서 비교적 높게 유지되어 필름 두께에 따른 차이가 현저하였고, 폴리프로필렌 20 $\mu$ m필름 포장에서 이산화탄소의 축적이 가장 낮게 유지되었다. 이산화탄소에 비해 산소의 농도는 시기에 따라 일정하지 않았으며 처리간에도 일정한 경향을 보여주지 않았다.

모의 유통 4일까지는 처리간에 부패한 버섯이 관찰되지 않았으나 5일 후부터는 부패하기 시작하였는데 부패한 정도는 이산화탄소가 높게 유지되었던 처리에서 비교적 낮은 것으로 확인되어 세라믹 필름의 경우 11.4%에 불과하였으나 20 $\mu$ m의 폴리프로필렌 필름 포장은 약 80%의 버섯이 부패하였거나 질게 갈변되는 등 수침증상의 장애를 일으켜 상품가치를 상실하였다. 10일 후에는 모든 처리에서 70%이상의 버섯이 부패하거나 장애를 일으켜 처리간의 차이가 없었다(그림 26). 따라서 고온성 표고에서 필름 포장을 통하여 유통할지라도 상품성 유지기간은 5일 이내인 것으로 판단된다.

버섯의 유통성 증진을 위한 MA의 효과는 대체적으로 인정되고 있어 Lui 등(1989)은 종이봉지 또는 저밀도 플라스틱 필름으로 포장할 때 5℃에서 15일 보관이 가능하다고 하였고 PE포장은 양송이의 갈변을 억제하는 효과가 있다고 하였으며(Gong 등, 1993), 안 등(1991)은 0.5℃에서 표고버섯 중 동고는 15일, 화고는 28일까지 저장이 가능하다고 하여 MA저장이 효과적인 것을 입증하였다. 또한 보습제를 처리할 경우 저장성을 증진시키며 특히 보습제 처리는 저온에서 효과적이라고 하였다(Nussinovich와 Kampf, 1993). 한편 Roy 등(1995)은 유통 중 갖의 전개를 억제하기 위해서는 산소농도를 6%이하로 낮출 경우 생장을 억제시킬 수 있다고 하였다. 양송이의 경우 낮은 산소환경에서도 호흡이 억제되지 않기 때문에 MA저장에 의한 호흡제어는 어렵다고 하였으며(Varoquaux 등, 1998) 오히려 고이산화탄소 환경에서 조기의 갈변을 일으킨다고 하여 연구자에 따라 견해차이를 보이고 있다. 본 연구에서 검토한 고온성 표고의 병점하 저장은 저온성 표고버섯과 달리 탁월한 효과를 나타내지 못하였다. 비록 MA저장은 다소 효과적이었지만 전반적인 품질을 살펴보았을 때 고온성 표고의 병점하 저장은 -3℃이상의 온도조건에 대한 보다 구체적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

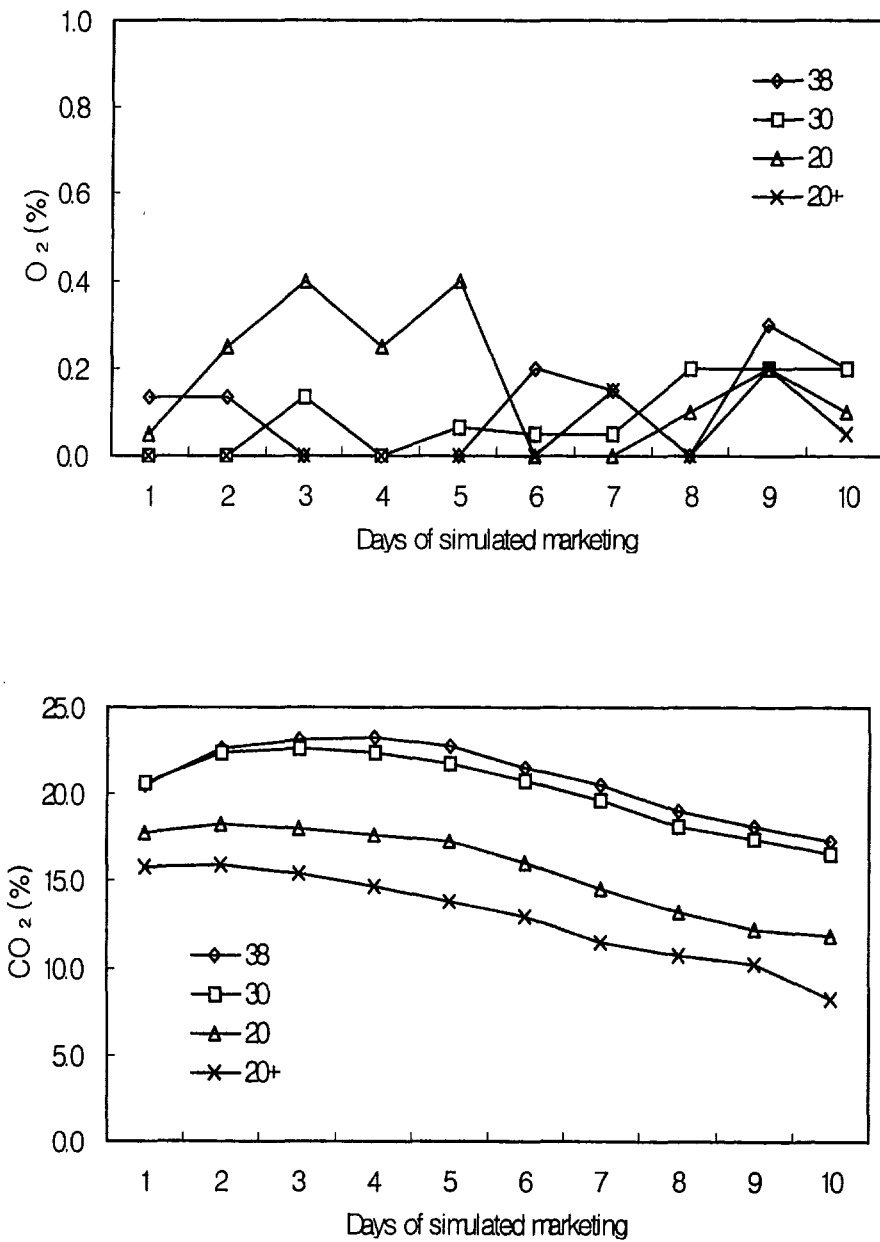


Fig. 25. Effect of plastic film sources on the changes of air composition in plastic bags wrapped for shiitake mushroom during simulated marketing.

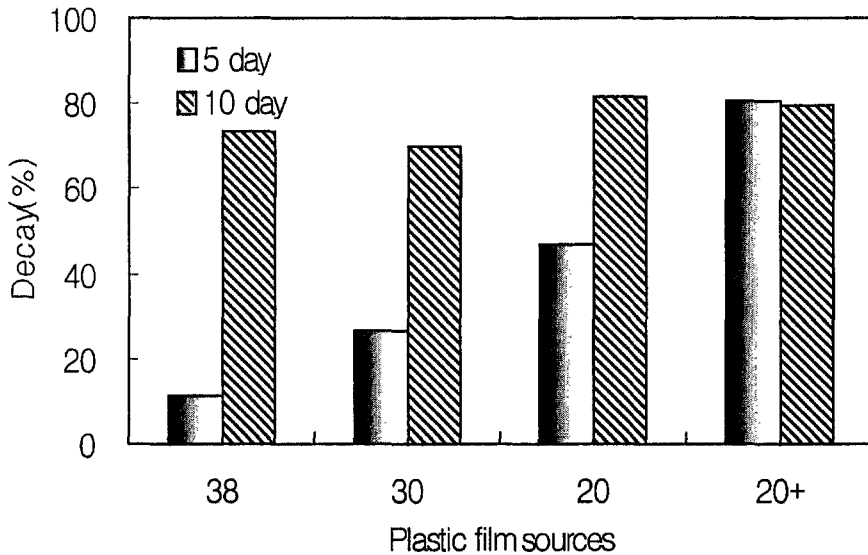


Fig. 26. Effect of plastic film sources on the decay of high temperature adapted shiitake mushroom during simulated marketing.

#### 4. 저장 장해에 따른 표고의 품질 비교

신선 표고의 저장중 발생하는 장해는 저온성의 경우 갓이 펼쳐지면서 갓 표면과 이면이 갈변하고 부분적으로 곰팡이가 발생하였다. 반면에 고온성 버섯의 경우는 저온성보다 조직이 빠르게 갈변하면서 형태를 유지하지 못할 정도로 붕괴되었다. 또한 심한 이취와 함께 훨씬 많은 곰팡이가 발생하였다.

건전한 표고와 장해를 받은 버섯의 생리적 차이를 검토한 결과 건물중은 장해를 받은 조직에서 다소 높게 측정되었는데, 이러한 차이는 저온성 표고버섯에서 더 큰 것으로 나타났다(표 7). 감량은 두 종류 모두 장해를 받은 버섯에서 뚜렷이 증가하였고 경도는 장해를 받은 버섯에서 정상버섯의 절반 이하로 감소되었다. 총당과 환원당 및 전분은 장해 조직에서 모두 높게 측정되었으며, 단백질은 장해를 받은 버섯에서 낮았다.

특히, PPO활성은 정상 버섯보다 장해를 입은 버섯에서 저온성 표고의 경우 2.4배, 고온성 표고는 3.4배 높게 측정되어 장해 발생에 따른 조직의 갈변은 페놀 화합물의



산화와 관련이 있을 것으로 추정되었다. 갈변 조직에서 추출한  $\alpha$ -farnesene와 중합체는 상대적으로 높았으나 다른 조직과 달리 hexane 추출물의 흡광도 peak는 269nm에서 하나만 관찰되어 차이를 보여주었지만 편차가 심하였다(자료미제시).

Table 7. Comparisons of physiological parameters between sound and disordered shiitake mushroom.

Quality index	Low temperature adapted shiitake mushroom		High temperature adapted shiitake mushroom	
	Sound	Disordered	Sound	Disordered
Dry matter (%)	24.84	35.32	12.29	13.49
Wt. Loss (%)	6.4	13.7	2.0	2.4
Firmness ( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	1.087	0.562	0.766	0.312
Total sugar ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{F.W.}$ )	4.61	16.63	4.39	5.07
Reducing sugar ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{F.W.}$ )	5.98	8.77	2.92	5.46
Phenolics ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{F.W.}$ )	0.60	0.59	0.55	0.87
Starch ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{F.W.}$ )	5.86	10.98	3.34	6.57
Protein ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{F.W.}$ )	0.66	0.55	0.65	0.55
PPO Activity (unit)	0.86	2.10	0.39	1.31

## 5. 표고버섯 해동조건 구명

냉동 저장한 표고는 냉동상태로 출하할 수 없기 때문에 출하 전에 동결된 조직을 해동시키는 과정이 필요하다. 이 과정은 신선 버섯의 품질을 회복하는데 매우 중요한 요인이다. 따라서 해동조건에 따른 신선도의 변화와 조직의 회복상태 및 관능적 품질 변화 정도를 살펴보았다.

해동 4시간이후 버섯의 표면 온도 분포를 적외선 온도 감지 장치를 이용하여 조사한 결과 그림 27과 같이 품온의 변화는 육질이 얇은 갓 외곽부터 빠르게 상승하기 시작하였고, 대가 위치한 갓 중앙 부위의 온도 상승은 완만하게 이루어지는 것으로 확인되었다. 따라서 품온 변화가 빠르게 진행되는 갓 외곽 조직의 변화가 심할 것으로 추정되었다. 생리적 장애를 일으킨 신선 표고를 관찰한 결과 조직의 갈변 또는 붕괴는 갓 이면의 주름부터 발생하였는데, 장애가 점차 진전된 이후에는 온도의 변화가

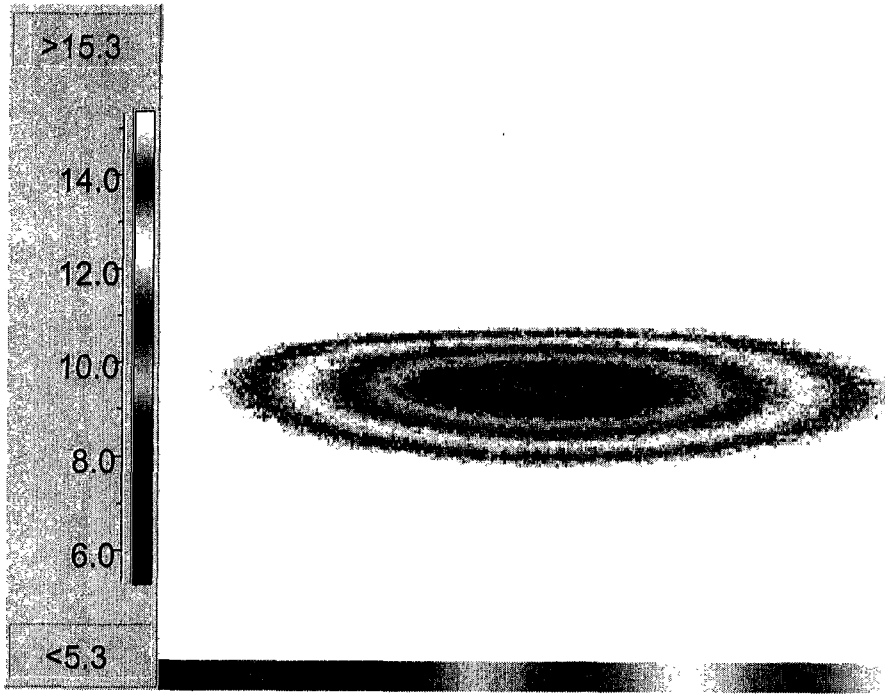


Fig. 27. The distribution of surface temperature of stored low temperature adapted shiitake after thawing and exposed to ambient temperature. Shiitake mushrooms were stored at  $-3^{\circ}\text{C}$  for 60 days prior to examination.

심한 표면 또는 갓 외곽의 얇은 조직부터 장해가 발생하는 것으로 확인되었다.

빙점 하에서 저장한 표고의 적절한 해동 조건을 살피기 위하여 본 연구에서 처리한 여러 경우의 버섯을 비교하였다. 그 결과 저장 조건, 생육 단계, 수확 시 버섯의 성상, 저온성과 고온성 표고 사이에 차이가 현저하지 않아 본 보고서에는 하나의 자료만 수록하였다.

저장온도가 지나치게 낮았을 경우( $-5^{\circ}\text{C}$  이하)에는 해동과정 중에는 외관상 조직의 이상을 발견할 수 없었으나 해동 후 빠르게 조직이 붕괴되었다. 반면에 저온성 표고를  $-3^{\circ}\text{C}$  이상의 온도에 저장한 경우에는 이러한 현상이 관찰되지 않았다. 또한 저장기간

에 따른 해동반응을 살피기 위하여 60일까지 -3℃에서 저장을 실시한 다음 생체중 변화를 조사하였다(표 8).

저장기간에 따른 해동후의 감량은 증가하는 경향을 보여주었는데 다습하게 성장한 버섯의 경우 감량이 더욱 큰 경향이였다. 또한 해동 직후 가습하였을 때 생체중이 오히려 저장직후에 비하여 증가하는 경향이 저장 30일부터 관찰되었으며 그 효과는 저장 중 감량이 많이 발생하였던 60일 저장에서 더욱 현저하였고 버섯상태에 따라서는 비교적 다습하게 자란 버섯의 생체중 증가가 더욱 뚜렷하였던 것으로 나타났다. 따라서 빙점하 저장을 실시한 표고버섯의 경우 해동 또는 해동이후 가습에 의하여 어느 정도 생체중을 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

Table 8. Effect of thawing condition on the fresh weight changes(%) of frozen shiitake mushroom during storage

Status	Thawing condition <sup>z</sup>	Storage duration(days)		
		10	30	60
Cracked	Untreated(RH 60~75%)	-1.2	-2.3	-3.7
	Humidified(RH 100%)	-0.6	+0.9	+1.4
Non-cracked	Untreated(RH 60~75%)	-0.7	-2.9	-3.8
	Humidified(RH 100%)	-1.0	+1.0	+2.5

<sup>z</sup>Temperature of thawing chamber was kept at 10℃ and mushroom were placed for 4 hrs.

그러나 밀폐된 해동실에서 지나치게 장시간에 걸쳐 가습할 때 수증기가 응축되어 해동버섯의 표면에 물게 되면 버섯 표면이 물에 젖은 듯한 외형을 지니므로 외적 가치가 손상된다(그림 28). 해동실의 온도를 15℃로 설정하였을 경우 해동 시간은 다소 짧았으나 해동 후에 전반적인 외관이 10℃ 해동한 경우보다 관능적인 품질이 불량한 것으로 나타났다.

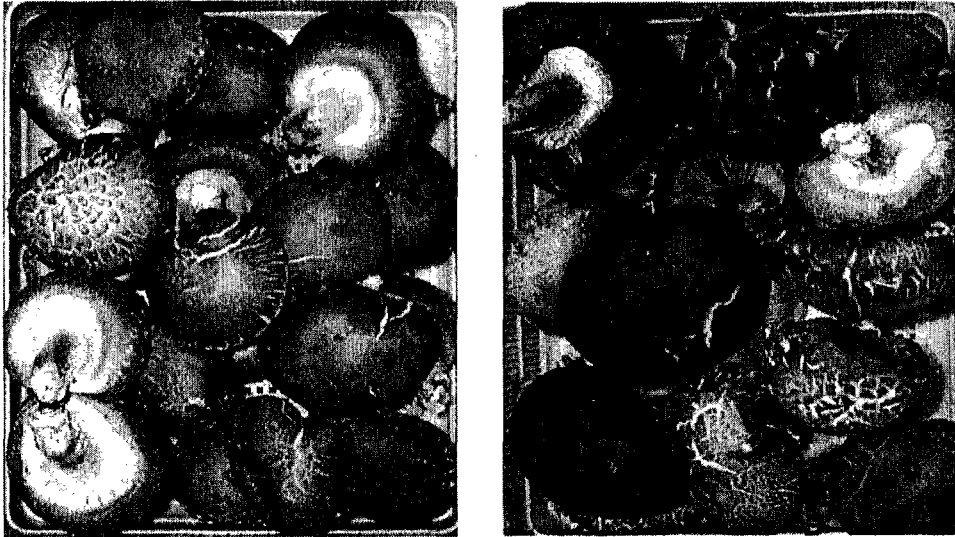


Fig. 28. Appearance of fresh shiitake after thawing(left; sound, right; water-soaked)

15℃에서 해동한 표고의 대체적인 외관은 해동 과정 중 갓이 전개되거나 육질이 보다 연화된 느낌을 주어 10℃ 해동보다는 부적절한 것으로 판단되었다. 이러한 원인은 해동과정에서 급격한 함수율 변화가 버섯조직의 건전성 유지에 불리하게 작용하기 때문으로 추정된다.

해동이후 상온에 노출시켜 모의 판매과정을 부여한 다음 감량을 조사하였다(표 9). 건조한 환경에 노출된 이후 추가적인 감량이 발생하였는데 해동과정에서 가습한 버섯의 최종 감량은 무가습 상태에서 해동한 버섯에 비하여 다소 낮았으나 그 차이는 크지 않았다. 생육 단계를 구분하여 저장한 경우에서도 유사한 결과를 얻었다(자료미제시).

Table 9. Changes of fresh weight changes(%) of thawed shiitake mushroom during simulated marketing<sup>z</sup>

Thawing condition <sup>z</sup>	Days of simulated marketing		
	0	3	5
Untreated(RH 60~75%)	-3.7	-4.7	-5.0
Humidified(RH 100%)	+1.4	-4.4	-4.2

<sup>z</sup>Thawed mushroom were exposed to ambient temperature

이상의 결과를 종합적으로 고려할 때 저온성 표고의 빙점하 저장은 저장력 향상에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 빙점하 저장에서는 저장고내 습도 관리가 매우 어렵기 때문에 증산에 따른 조직의 건조를 방지할 대책 마련이 필요하다. 특히 플라스틱 필름 barrier를 활용할 때 감량의 방지에 크게 기여하였으므로 이러한 처리를 병행한 저장이 바람직 할 것으로 판단된다.

해동할 때의 조건은 10℃ 이하의 온도환경에서 서서히 해동되도록 하는 것이 바람직하며 해동이 진전된 상태에서는 해동실의 습도를 포화상태로 높여주면 정상중 감모된 생체중을 어느 정도 회복시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 가습을 지찬치게 할 경우 해동실 벽면 또는 버섯의 표면에 수증기가 응축되어 결로현상이 발생하므로 수침증상과 유사한 반응을 보이므로 버섯의 외관이 매우 젖은 듯한 느낌을 주어 불리하였다.

## 6. 저온성 표고의 pilot 저장 반응

1차 년도 연구결과를 종합하여 2차 년도에는 pilot 저장을 실시하였고 생산농가 소유의 저장고에서도 유사한 저장환경에서 표고버섯을 저장하였다. 빙점 하 저장 중 건조에 의한 품질 저하가 가장 큰 문제점이었으므로 저밀도 플라스틱 필름으로 6상자 단위로 감싸주었다. 저장온도는 pilot 저장과 농가저장 모두 -3℃로 설정하였다. 저장은 상자 당 약 12kg의 표고버섯을 담아 적재하였다. 저장 2개월에 모의 수출조건을 두어 조사하였다. 버섯은 수송과정에서 생리적 변화를 최소화하기 위하여 수확즉시

농가가 보유하고 있는 냉장용량이 큰 저장고를 이용하여  $-1^{\circ}\text{C}$  이하로 냉장시킨 다음 수송하였으며 실험용 저온실에서 다시 품온을  $-2.5^{\circ}\text{C}$  이하로 냉장시킨 실험에 이용하였다.

본 연구는 11월 말에 수확한 저온성 표고버섯을 대상으로 실시하였는데 수확당시 외관을 관찰하였을 때 다습한 것과 건조한 것이 혼재하였으므로 본 연구에서는 1차년도 결과에서 저장성이 높을 것으로 판단되는 표면이 다소 건조한 버섯을 선별하였는데 실험에 사용한 표고버섯의 수확 당시의 생리적 특성은 표 10과 같다. 선별한 표고의 수분함량이 80%내외이고 건물함량은 20%정도이었으며 잣의 경도는  $0.95\text{kg}$ 으로 부드러운 성상을 지니고 있었다.

Table 10. Physiological characteristics of low temperature adapted shiitake mushrooms at harvest.

Dry matter(%)	Water content(%)	Firmness( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	
		Pileus	Stipe
$20.2 \pm 0.8$	$79.8 \pm 0.8$	$0.95 \pm 0.17$	$1.82 \pm 0.61$

저장 기간에 따른 내부성분의 변화를 1개월 간격으로 조사하였는데 총당은 다소 증가하였으며 환원당은 감소하는 경향이었고 전분은 현저히 감소하여 저장 중 저장물질의 소모가 빠르게 진행되는 것으로 나타났으며 반면에 페놀의 변화는 적은 수준으로 조사되어 전술한 결과와 유사하였다(표 11). 본 연구에서는 저장상자 외부를 저밀도 필름으로 감싸주었기 때문에 수분상실율은 낮아 생체중 감소는 2-4%에 불과하여 외적 품질에 영향을 미치는 정도는 아니었다(표 12). 저장직후에 비하여 해동 후에는 생체중이 1.2 - 0.6% 정도 증가하여 해동 중 생체중이 다소 회복된 상태이었다. 경도는 저장기간이 길어짐에 따라 다소 증가하였는데 이는 저술한 것과 마찬가지로 수분상실에 따라 조직이 건조해져 얻어진 것으로 보인다(그림 29).

저장 2개월에 모든 버섯을 출고하여 모의 수출조건을 부여한 다음 품질의 변화를 살펴보았다. 본 연구에서는 일본 수출에 소요되는 선적기간을 3일로 예측하고 선적기간 동안에는  $3^{\circ}\text{C}$ 에서 관리하였고 일본에서 판매되는 조건을 부여하기 위하여 플라스

틱 트레이에 해동한 버섯을 PVC랩으로 소포장하여 다시 수출용 골판지 상자에 담아 처리하였다. 모의 소매과정은 각각 10℃와 상온(15-25℃)에서 2일간 노출시킨 다음 품질을 비교하였다.

Table 11. Changes of chemical composition during storage of fresh shiitake mushroom at freezing temperature(-3℃)

Chemical components (mg · g <sup>-1</sup> F.W.)	Storage duration (month)		
	0	1	2
Total sugars	8.3±0.3	10.1±0.1	11.7±1.3
Reducing sugars	4.8±0.1	3.8±0.1	3.6±0.4
Starch	30.4±2.1	17.6±0.4	15.5±0.3
Phenolics	0.26	0.27	0.25

Table 12. Changes of dry matter and water contents of fresh shiitake mushroom during pilot storage

Storage duration (month)	Storage duration (month)	
	Dry matter (%)	Water content (%)
0	20.2±1.2	79.8
1	23.3±1.0	76.7
2	22.4±0.9	77.7

선적단계별로 PVC랩포장 용기 속의 이산화탄소 축적량은 모의 선적후 4.3%까지 증가하였으나 소매단계에서도 급격히 증가되지 않았다(그림 30). 각 수출단계별 경도는 큰 변화를 보이지 않았다(그림 31).

최종 소매단계를 거친 버섯의 부패정도는 모의 소매온도에 따라 차이를 나타내었는데 10℃에서 2일 후 각 이면의 주름에서 작은 갈색반점이 형성된 개체가 5.6%의 비율로 관찰되었는데 부패한 개체는 없었다(표 13). 반면에 상온에서는 부패가 시작된 개체의 비율이 10.5%, 갈변은 5.2%로 나타났다. 따라서 외적품질에 하자가 없는 버섯의 비율은 10℃에서 94.4%, 상온에서는 84.3%로 조사되어 장기저장한 표고의 수출이 가

능한 것으로 밝혀졌다. 한편 농가에서 저장한 포고버섯도 상품화율이 92%이상이었는 데 최종소비단계까지 품질 변화를 추적하지 못하였지만 경매단계에서는 상품가치에 손상이 없는 것으로 나타났다.

모의 수출한 버섯 중 소포장한 경우 판매과정에서 물에 젖은 듯한 버섯이 일부 관찰되었는데 이러한 버섯은 해동과정에서 지나치게 과습하였을 경우, 저밀도 필름으로 포장하여 유통한 버섯에서도 유사한 증상이 관찰되었으므로 수침증상의 버섯은 포장 용기 속이 지나치게 과습하여 결로가 발생하므로 이루어지므로 저장 포고의 수출은 bulk 포장으로 실시하고 현지에서 소포장하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

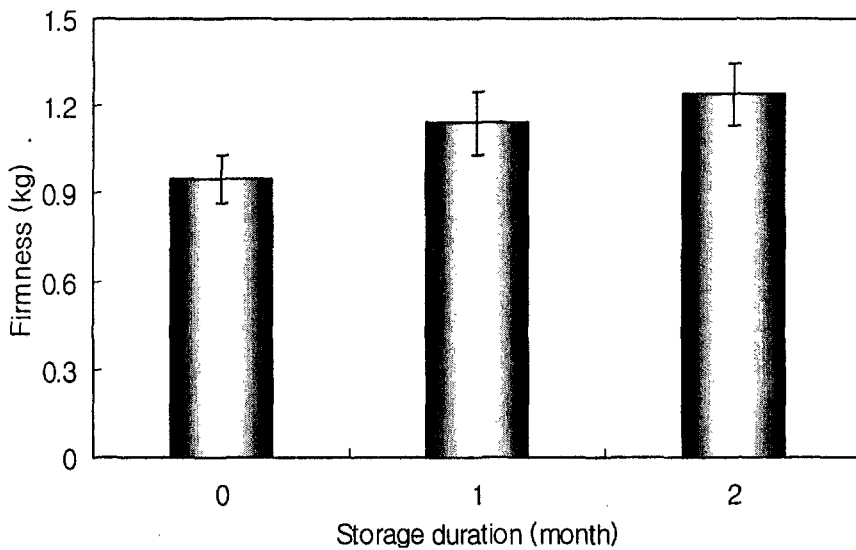


Fig. 29. Changes of firmness of fresh shiitake mushroom during pilot storage



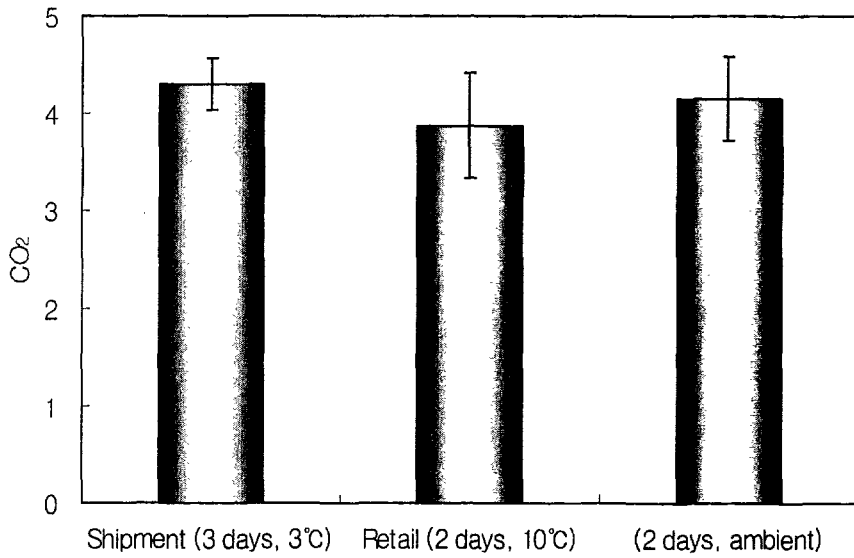


Fig. 30. Changes of CO<sub>2</sub> contents in PVC wraps packaged for fresh shiitake during simulated shipment and retail condition

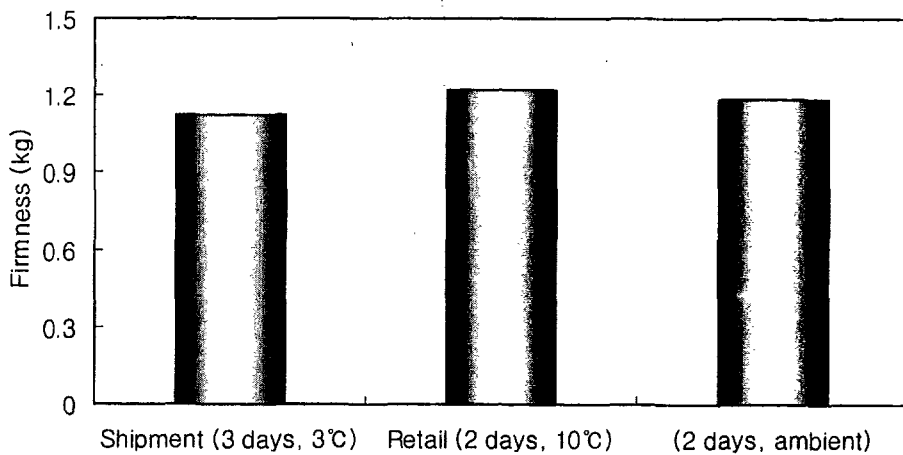


Fig. 31. Changes of firmness of fresh shiitake during simulated shipment and retail condition

Table 13. Comparison of external quality of fresh shiitake during simulated shipment and retail condition

Retail condition	Decay (%)	Browning (%)	Marketable mushroom (%)
10°C (2 days)	0	5.6	94.4
Ambient (2 days)	10.5	5.2	84.3

이상에서 살펴 본 저온성 표고버섯의 빙점하 저장 반응을 살펴보았을 때 저온성 표고는 빙점이하의 온도환경에서 저장이 가능하며 대체적인 저장적온은 -3°C인 것으로 나타났다. 그러나 빙점이하의 온도환경에서는 습도 관리가 어렵기 때문에 지나친 생체중 감모량을 줄이기 위해 플라스틱 필름을 이용하여 감싸주는 것이 바람직하다. 또한 고온성 표고는 육질이 단단하지 못하고 수분함유율이 높아 빙점하 저장보다는 예냉에 의한 품질 변화를 방지하는 것이 필요하며 장기저장은 바람직하지 않을 것으로 판단된다. 저온성 표고버섯 중 건조한 봄철에 생산되는 화고는 저장성이 높으며 가을철에 수확하는 동고는 화고보다는 저장성이 떨어질 것으로 예상된다. 동고 중에도 다습한 조건에서 생산된 버섯은 수분함량이 많아 장기저장에는 바람직하지 않을 것으로 예상된다.

2개월 정도 저장한 표고의 모의 수출환경에서도 생리적 변화 또는 부패에 의한 감모율도 비교적 낮아 금후 수출기간 확대에 적용할 수 있을 것으로 생각되며 국내 유통에서도 본 연구 결과를 활용할 때 출하기간 연장에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 인용문헌

- 안병학, 신현경. 버섯류의 유통기간 연장 및 적정 가공방법에 관한 연구. 1991. 과학기술처연구보고서.
- Aoyagi, Y., A. Kasuga, H. Sasaki, M. Matuzawa, Y. Tsutagawa, H. Kawai. 1993. Chemical compositions of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* Berk.) Sing.) cultivated on logs and sawdust substrate beds and their relations to composition of the substrate. *J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.* 40: 771-775.
- Burton, K.S., M.E. Love, J.F. Smith. 1993. Biochemical changes associated with mushroom quality in *Agaricus* spp. *Enzyme and microbial technology* 15:736-741.
- Campbell, A.C., M. Racjan. 1999. The commercial exploitation of the white rot fungus *Lentinula edodes* (shiitake). *International biodeterioaton and biodegradation.* 43:101-107.
- Chang, R. 1996. Functional properties of edible mushrooms. 1st Int'l. Conference on East-West perspective on functional foods. *Nutrition Rev.* Part 2. 54:S91-93.
- 최미연, 정수자, 임상선. 1998. 표고버섯 열수 추출물이 발암원을 급여한 흰쥐의 간 기능 관련 효소활성에 미치는 영향. *한국식품영양학회지.* 11(1):114-122.
- 최병민, 서재신, 최주호. 1997. 표고버섯의 건조특성 및 주요성분 변화. I. 건조특성 및 건조모델. *한국농산물저장유통학회지* 4(3):271-278.
- 충청남도. 1997. 수출유망농산물 해외시장동향. 충청남도 농정유통과

- Donker, H.C.W., A. Braaksma. 1997. Changes in metabolite concentrations detected by <sup>13</sup>C-NMR in the senescing mushroom (*Agaricus bisporus*). *Postharv. Bio. Tech.* 10:127-134.
- Donker, H.C.W., H. Van As. 1999. Cell water balance of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during its postharvest lifetime studied by quantitative magnetic resonance imaging (abstract). *Biochimica et biophysica Acta* 1427:287-297.
- Evered, C.E., K.S. Burton, T.J. Elliott. 1995. Cry SEM study of changes in tissue anatomy of harvested sporophores of *Agaricus bisporus*. *Proc. of the 14th international congress on the science and cultivation of edible fungi. Mushroom science XIV, Vol. 2:717-721.*
- Fujihara, S., A. Kasuga, T. Sugahara, K. Hashimoto, Y. Kiyomizu, T. Nakazawa, Y. Aoyagi. 2000. Nitrogen content of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* Berk.) cultivated on sawdust medium and dependence on that in the medium. *J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.* 47:191-196.
- Furutsuka, H. and T. Nishikori. 1995. The present situation and managerial problems of fresh shiitake mushrooms. *Bul. of the Fac. of Agri. Tottori Univ.* 48:71-77.
- Gong, Y., K. Abe, K. Chachin. 1993. Relationship between endogenous ethyl alcohol and browning in shiitake (*Lentinus edodes* Sing.) mushroom during storage in polyethylene film bags. *J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.* 40:708-712.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of

fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agricultural handbook No. 66. USDA.

Inaba, A., Y. Kubo, R. Nakamura. 1989. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruits and vegetables with special reference to temperature. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 58:713-718.

Jong, S.C. 1992. Cultivation of shiitake mushroom on synthetic logs in the United States. Mushroom Res. 1:2, 67-71.

Kira, K. 1988. Studies in the management and quality control of dried shiitake mushrooms. Bull. Kyushu University Forests. 59:47-60.

이가순, 이주찬, 한규홍, 송진, 오만진. 1998. 표고버섯 저장 중의 유리당과 당알콜성분의 변화. 한국농산물저장유통학회지. 5(2):154-161.

이가순, 이주찬, 한규홍, 황용수, 송진. 1997. 생표고의 저온 및 냉동저장시 선도유지의 최적화. 한국농산물저장유통학회지 4:115-122.

Lui, R.X., M.Y. Lui, P. Shen, Z.L. Wang, X.R. Gong and F.M. Wang. 1989. Studies on the techniques of keeping shiitake mushroom fresh. (Abstract) Edible Fungi of China. 3:3-5.

Manzi, P., L. Grambelli, S. Marconi, V. Vivanti. 1999. Nutrients in edible mushroom. An inter-species comparative study. Food Chemistry 65:477-482.

Mattila, P., K. Suonp, V. Pironen. 2000. Functional properties of edible mushrooms. Nutrien 16:694-696.

Minato, K.I., M. Mizuno, H. Terai, H. Tsuchida. 1999. Autolysis of lentinan, an antitumor polysaccharide, during storage of *Lentinus edodes*, shiitake mushroom. *J. Agri. Food Chem.* 47:1530-1532.

무익재, 정시련, 전경희. 1995. 표고버섯 렉틴의 림프구 자극 분열 및 암세포 응집효과. *약학회지* 39(3):260-267.

남궁배, 김병삼, 김의웅, 정진웅, 김동철. 1995. 진공예냉처리가 포장 저장 중 표고버섯의 품질에 미치는 영향. *한국농화학회지* 38:345-352.

농수산물유통공사. 1994. '94 군별특화품목의 수출상품화개발사업계획.

Nussinovitch. A. and N. Kampf. 1993. Shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*(Abst) 26:469-475.

Rama, T. K.S. Burton, K.F.V. Vincent, and T.J. Elliott. 1995. Changes of the surface texture of mushrooms during postharvest storage. (In) *Mushroom science XIV*. Vol 2. Pro. of the 14th Inter. Cong. on the science and cultivation of edible fungi. 729-732.

Ratcliffe, B., W.H Flurkey, J. Kuglin, R. Dawley. 1994. Tyrosinase, laccase, and peroxidase in mushrooms (*agaricus*, *crimini*, *oyster* and *shiitake*). *J. Food Sci.* 59: 824-827.

Roy, S., R.C. Anatheswaran, and R.B. Beelman. 1995. Sorbitol increases shelf life of fresh mushrooms stored in conventional packages. *J. Food Sci.* 60:6,

1254-1259.

Tan, Y.H. and D. Moore. 1994. High concentrations of mannitol in the shiitake mushroom *Lentinula edodes*. *Microbios*. 79:31-35.

Tan, Y.H., D. Moore, 1994. High concentrations of mannitol in the shiitake mushroom *Lentinula edodes*. *Microbios*. 79:31-35.

Thimmel, R., R. Kluthe. 1988. A nutritional database for edible mushrooms (abstract). *Ernahrung*. 22:63-65.

Thomas, M., M. Kress, R. Ernst. 1991. Postharvest quality of oyster mushrooms [*Pleurotus*] and shiitake [*Lentinula edodes*] in relation to cold storage - a comparison between dry and moist air cooling. *Champignon*. 355:36-47.

Tsujiyama, S. 1999. Differential scanning calorimetric analysis of fruit-body and mycelium of *Lentinula edodes*. *Mycoscience*. 40:69-72.

Varoquaux, P., B. Gouble, C. Barron, F. Yildiz. Respiratory parameters and sugar catabolism of mushroom (*Agricus bisporus* Lange). *Postharv. Bio. Tech.* 16:51-61.

Yamashita, I. 1994. Development of CA storage facilities for vegetables. *Japan Agri. Research Quarterly*. 28:185-194.

Yamashita, I., J.F. Thompson. 1997. Modified air system CA. 7th international controlled atmosphere research conference. *CA '97*. 15:36-44.