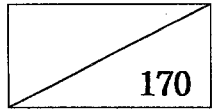


최 종
연구보고서

641.358

GA0031-0971

42931



19904307

수출용 송이의 선도유지 기술개발

Development of Freshness Prolongation Technology
for Export Pinemushroom

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “수출용 송이의 선도유지기술 개발”의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 10.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 정 문 철

연 구 원 : 남 궁 배

연 구 원 : 이 호 준

연 구 원 : 정 태 연

연 구 원 : 조 용 진

연 구 원 : 안 병 학

연 구 원 : 김 동 철

연 구 원 : 이 세 은

연 구 원 : 김 의 응

연 구 원 : 류 수 진

여 백

요 약 문

I. 제 목

수출용 송이의 선도유지기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

년간 5,000만불 이상 수출되어온 고소득 임산자원 중의 하나인 송이버섯은 생체상태에서 신선도를 유지할 수 있는 저장·유통기술이 개발되어 있지 않는 관계로, 채취된 송이버섯은 채취 즉시 일본으로 수출되고 있는 실정이며 또한 국내 송이버섯의 시장가격은 일본의 수출시장에 의하여 결정되고 있는 관계로 kg당 가격이 3만원~70만원(1등급 송이버섯 기준)으로 매우 높은 격차를 나타내고 있음. 따라서 본 연구에서는 수출용 송이의 신선도를 유지할 수 있는 전처리 및 저장·유통기술을 개발함으로써 한국산 송이의 대외경쟁력을 제고시키고 동시에 출하조절을 통한 채취농가의 소득증대에 기여하고자 함.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 송이버섯의 신선도를 연장할 수 있는 기술을 개발하기 위하여 초기 품질유지를 위한 산지 유통단계에서 실시할 수 있는 채취 및 저장 전처리 기술과 수출업체나 향후 임협 등의 유통업체에서 실시될 수 있는 저장기술로 구분하여 적용하였음. 전처리 기술로서는 채취 단계에서 품질손실을 방지하기 위한 채취기술과 송이의 저장성을 증진하기 위한 진공예냉 등 저장 전처리기술을 적용하여 보았으며 저장기술로서는 MA, CA, 빙결점 근접저장 기술

을 적용하여 송이버섯의 신선도를 최대로 유지할 수 있는 저장유통기술을 개발하고자 하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

- 송이버섯의 채취용기 개발로 인하여 현재 산지채취 후 임협공판장까지의 유통중 약 14%의 중량감소율을 1% 미만으로 억제할 수 있게 됨. 따라서 현재 채취 및 출하단계에서 기존 방법으로 채취한 송이에서 발생하는 kg당 26,000~52,000만원 정도의 경제적 손실(입찰가;20~40만원/kg 기준 : 중량손실율 ; 재래식 14%, 본 개발용기 1% 기준)을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 선택, 향기 등의 품질이 우수하게 유지되며 산악지역에서도 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 효과를 제공하고 있다.

- 현재 송이수출업체에서 송이의 상품성을 유지하면서 저장할 수 있는 한계가 약 14일 정도 점에 비추어 보면 본 연구에서는 현 연구시점에서 송이버섯 고유위 특성을 보유하면서 42일 동안 저장이 가능한 기술을 개발하였음. 특히 일본에서는 우리나라 보다 1개월 정도 늦게 수확되고 있는데, 일본산 송이가 출하되는 시점에서 가장 높은 시장가격이 형성되는 특성을 고려하면 본 연구 개발기술은 국내산 송이의 출하물량을 조절하여 일본산 송이 출하시기에 수출할 경우 수출시장에서 높은 가격형성을 보장받을 수 있을 뿐만 아니라 안정된 가격과 채취 농가의 높은 소득이 보장할 수 있는 성공적인 기술로 여겨진다.

- 이와 같이 개발된 기술은 생산자 및 수출업자 등의 송이버섯 관련 종사자들을 대상으로 한 세미나를 11월~12월 중에 실시하여 동 기술을 보급할 수 있도록 산림청 임업 유통과와 협의 중에 있음

SUMMARY

(영문요약문)

This study was carried out to develop the technologies to prolong the freshness of pine mushroom which was known not to be stored. It was divided to develop the prestorage stage just after picking the mushroom and the stage storing the mushroom shipped on the basis of investigating the current distribution system and quality characteristics

Prestorage treatments were applied to picking box and precoolings to decrease the respiration rate rapidly, to maintain the its freshness just after picking. Developed picking box could decrease 14% weight loss of mushroom to less than 1%, represented the efficiency of preventing economic loss of farmers, approximatly 26,000~52,000₩ on the basis of current market price, 200,000~400,000₩/kg.

Precooling treatments such as vacuum cooling and pressure cooling was also examined to the effect on freshness of pine mushroom. Vacuum cooling was the most effective to maintain the freshness among precooling methods investigated, resulted in prolonging the 7days and longer than other methods

Near freezing point storage combined with MAP was the most effective method, being covered with experiment of MAP, CAP and near freezing point storage as technologies of storage and technology. Pine mushroom was dip in sorbitol solution for 30 min., wrapped individually with water absorbent sheet and LDPE film to store at -1°C . It could prolong the shelf-life of mushroom from current 14 days to 42days with maintaining the chatacteristic flavour of mushroom.

여 백

CONTENTS

(영문목차)

I. Introduction	11
II. Material and Methods	19
1. Materials	19
2. Prestorage Treatments and Storage Methods	19
3. Analysis of Physico-chemical Quality	22
III. Distribution and Quality changes of Pine mushroom	33
i. Review	33
ii. Results and Discussions	35
1. Distribution of Pine mushroom	35
2. Quality Changes during Distribution of Pine mushroom	56
IV. Quality Characteristics of Pine mushroom	69
i. Review	69
ii. Results and Discussions	71
1. Physiological Properties	71
2. Quality Properties	75
V. Development of Prestorage Treatments for Pine mushroom	89
i. Review	89
ii. Results and Discussions	91

1. Picking Boxes	91
2. Active MAP	97
3. Precooling Technology	100
VI. Development of Technology for Storage and	121
Distribution of Pine mushroom	121
1. MA Storage of Pine mushroom	144
2. CA Storage of Pine mushroom	159
3. Near to freezing point Storage of Pine mushroom	177
VII. Development of Transporting Boxes for Pine mushroom	177
1. Review	
2. Preparation of Transporting Box	177
3. Heat Characteristics of Transporting Boxes	180
4. Quality change during Transportation with Developed Box	182
References	185

목 차

제 1 장 서 론	11
제 2 장 재료 및 방법	19
1. 재 료	19
2. 전처리 및 저장방법	19
3. 이화학적 품질평가	22
제 3 장 송이버섯의 유통실태 및 유통 중 품질변화	33
제 1 절 서 설	33
제 2 절 결과 및 고찰	35
1. 유통현황	35
2. 산지유통중 품질변화	56
제 4 장 송이버섯의 품질특성	69
제 1 절 서 설	69
제 2 절 결과 및 고찰	71
1. 생리적 특성	71
2. 품질특성	75
제 5 장 전처리 기술 개발	89
제 1 절 서 설	89
제 2 절 결과 및 고찰	91
1. 채취용기의 개발	91

2. 탄산가스 밀봉 처리	97
3. 예냉처리 기술 개발	100
제 6 장 송이버섯의 저장·유통 기술 개발	121
1. MA 저장기술 개발	121
2. CA 저장기술 개발	144
3. 빙결점 근접저장기술 개발	159
제 7 장 송이버섯의 수송용기 개발	177
1. 서설	177
2. 수출용기의 제조	177
3. 수출용기의 열특성	180
4. 개발용기에 의한 수송중 감모율의 변화	182
참고문헌	185

제 1 장 서 론

송이버섯(*Tricholoma matsutake* Sing.)는 맛과 향기가 뛰어난 전통적인 고급기호식품으로써 1960년대 말부터는 일본에 다량 수출되어 농가소득 증대와 외화획득에 크게 기여하는 임산물 중의 하나이다(1).

송이버섯은 우리 나라 뿐만 아니고 일본, 중국 동북구, 대만 등에서도 발생되고 있는 데, 일본의 송이버섯과 이들 아세아 지역의 송이버섯은 거의 비슷하기 때문에 아세아 그룹에 속하며, *Tricholoma matsutake*(Ito et Imai) Sing.로 분류되고 있다(2).

송이버섯은 소나무, 눈잣나무, 솔소나무, 가문비 나무 등 칩엽수의 세근에 균근을 형성하는 다년생 균근균으로 알려져 있으나(3) 국내에서는 아직까지 적송림의 소나무 숲에서만 발견되고 있으며 수령이 15~20년이 될 때부터 생산되기 시작하여 40~50년까지 지속된다고 한다(4). 국내 송이버섯 산지는 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 분포하고 년 평균 20m/t 이상의 주산지는 양양, 강릉, 울진, 영덕 및 봉화 등이 있으며, 연간 생산량은 1992년 이후 약 137~773M/T에서 153~515억 원정도의 시장규모(5)를 형성하고 있다.

이와 같이 연간 생산량의 격차가 큰 이유는 송이버섯이 인공재배가 되지 않고 자연적인 조건에서 발생하는 특성에 기인하는데 즉, 지온이 19℃이하로 떨어지는 날로부터 10일 전후, 발생시기 전후의 발생지 강우량이 100mm이상이어야 송이버섯이 발생하기 시작하는 데(4), 이 시점의 강우량이 많을수록 송이버섯의 발생량이 많아지는 등의 기후조건에 의존하고 있기 때문이다. 따라서 지금까지의 송이버섯에 대한 연구도 송이버섯의 생산과 증수를 위한 연구가 주류를 이루며 1970년 산림청 임업시험장과 1971년 농촌진흥청을 중심으로 조직적으로 진행되어 왔다(6).

또한 출하가격의 진폭율이 높게 나타나는 것은 한국, 북한, 중국 등 주요 3

국과 송이버섯 유사품종 생산국인 캐나다, 미국, 멕시코 등 전 세계 약 13국에서 생산된 송이버섯을 수입하고 있는 일본 시장경제의 원칙에 따라 결정되고 있기 때문이다(7). 한 예로서 773M/T이 생산된 1992년의 총 생산액이 515억 원을 나타낸 반면 1993년의 137M/T 으로 생산량이 감소하였음에도 불구하고 출하가격은 153억 원으로 동반 감소하는 특징을 나타내고 있는 데, 이와 같이 송이버섯의 출하가격이 국내 생산량과 관계가 없이 형성되는 것이 일반 농산물과 다른 특징을 보여주고 있다.

따라서 국내산 송이버섯의 출하가격을 안정적으로 유도하기 위해서는 계획적인 출하조절을 통하여 높은 가격 진폭을 극복하는 방법뿐이다. 그러나 송이버섯은 계절성과 지역성이 심한 품목중의 하나일 뿐만 아니라 특별한 선도 유지기술도 개발되어 있지 않은 관계로 채취시기의 지연이나 채취 후 2~3일만 지나도 중량감소, 변색, 향기소실 및 개산, 개열 등의 형태적 변화가 초래되어 가격이 급락하는 것을 보면 선도유지기술의 개발에 대한 필요성은 말할 나위가 없으며 이는 송이버섯에 대한 제 2의 증수를 가져오는 효과를 확보할 수 있다.

버섯은 일반 청과물과 같이 수확한 후에도 생명현상을 유지하기 위하여 호흡작용을 지속하고 있다. 일반적으로 호흡작용은 유리산소의 존재 하에서 자체 성분, 특히 당이나 유기산을 분해하여 CO₂와 물, 에너지, 유기 휘발산을 방출하고 있으며, 생성된 탄산가스 1g에 대하여 약 2.5kcal의 열을 발생시킴과 동시에 약 0.4g의 물을 증산하고 있다(8) 청과물의 호흡작용은 온도, 습도, 가스환경, 미생물, 광선 등과 같은 환경요인에 좌우되지만 이 중에서도 온도의 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다. 온도와 호흡작용의 관계에 대해서는 온도가 상승하면 호흡속도는 지수함수적으로 상승하여, 청과물의 종류에 따라 차이는 있으나 대개 온도가 10℃ 상승할 때마다 호흡속도는 2~4배 증가한다(9). 이상과 같이 호흡작용은 그 자체의 온도에 의존하고 있는 동시에 발열작

용이기 때문에 호흡이 왕성한 청과물을 그대로 보존하면 호흡열에 의하여 청과물의 품온이 상승하여 호흡속도가 빨라지게 되고 호흡속도의 증가는 호흡열의 축적을 야기시켜 다시 품온을 상승시키는 악순환 관계를 유지하게 됨으로써, 그 결과 조직내 성분의 분해가 가속화되고 수분의 증산도 증대되어 결국에는 청과물의 품질을 현저히 저하시키는 작용을 한다. 따라서 수확한 청과물의 선도를 유지하기 위해서는 수확 직후 가능한 한 빨리 품온을 저하시켜 호흡을 억제할 필요가 있다. 특히 버섯은 호흡작용이 왕성한 작물로서 호흡량이 다른 원예작물보다 상당히 높은 수준이어서 버섯의 저장수명은 상대적으로 매우 짧은 특성을 지니고 있다.

특히 적송림의 척박한 토양에서 생육하는 송이버섯은 성장속도가 매우 빨라 지상에서 발생된 후 4-5일이 지나면 갓이 급격히 자라서 변색과 더불어 개산되기 시작하며, 정상적인 송이버섯을 채취한 경우에도 수확 직후부터 맛과 향의 소실뿐만 아니라 수분증산, 영양성분의 감소, 색의 변화 등 선도저하와 함께 높은 품온 상승으로 인한 결로(땀맺힘 현상), 짓무름 등의 형태적 변화가 일어나게 되며 결국에는 노화, 위조, 및 미생물에 의한 부패 등으로 상품성을 소실하게 된다. 특히 송이버섯은 채취에서 수출상사 도착 시까지의 1일 동안 15-20%의 중량감소를 일으키고 있으며 상온에서 5일정도 지나면 완전히 개산되어 특유의 형태까지도 변하게 되는 생리작용이 매우 빠른 특성을 지니고 있다. 이와 같이 송이버섯의 왕성한 생리작용은 생명현상을 지속하기 위한 호흡작용에 기인하고 있으며, 호흡작용은 주변온도가 높을수록 촉진되는 하나의 발열반응으로서, 호흡작용에 의한 호흡열 발생, 품온 상승과 품질열화로 이어지는 악순환 관계를 가지므로 버섯류의 선도유지를 위해서는 초기 온도관리가 매우 중요한 것을 알 수 있다.

그러나 채취장소가 깊은 산간지역이라고 하는 지리적인 한계로 인하여 송이버섯의 경우에는 어떠한 선도유지 기술이 적용되지 않고 있어 채취단계에서

중량감소등 품질손실이 많아 농가소득 손실이 높을 뿐만 아니라 초기 품질유지가 안된 상태에서는 중간단계에서 어떠한 기술을 적용하더라도 송이버섯 특유의 향과 신선도를 유지할 수 없기 때문에 최종 소비자의 불만을 야기하고 있다.

신선한 버섯의 저장수명(Shelf life)을 연장시키기 위해서는 수확 후 버섯의 생리에 관해 이해하는 것이 매우 중요한데, 수확 후 버섯의 생리는 신선한 상태의 포자의 화학조성과 대사작용에 의해 영향을 받으며 수확한 버섯은 수확기에 관계없이 자실체를 형성하기 위해 집합된 균사체 덩어리가 갓과 자루로 분화된 것으로 다른 미생물처럼 버섯도 호흡, 생장 그리고 노화하게 되며 이 현상이 진행되는 상태에 따라 품질에 영향을 받게 된다. 일반적으로 저장 중에 버섯에서 일어나는 변화로는 수분 손실, 수축현상, 갈변, 갓(Pileus)의 개열 및 자루(Stipe)의 신장, 호흡 속도의 감소, 버섯 성분 중 mannitol 함량의 감소, 총 유리 아미노산 함량의 증가, 맛과 향의 손실 등을 들 수 있으며, 버섯 변질의 주요 요인은 갓의 개열과 갈변이라고 보고되고 있다(10~11). 따라서 버섯의 노화 정도와 신선도를 나타내는 표면색, 강도, 갓과 자루의 성장단계가 버섯의 품질에 관여하며 이들 요소들이 재배방법, 수확 및 유통 과정에 큰 영향을 미치게 된다.

수확 후 버섯의 품질변화 중 표면색은 품질과 관련된 중요한 요소이며 저장기간이 경과됨에 따라 노화된 버섯은 점차 갈색으로 변하게 된다. 버섯의 균사는 실질적으로 백색이며 이 균사들은 어떤 환경 조건하에서 착색화합물을 형성키 위해 세포 내용물에 있는 기질과 반응하는 효소를 갖고 있으며 버섯이 성장하는 동안 이 효소와 기질은 세포내의 세포막 경계층에 의해 격리되어 있는 것으로 추측된다. 따라서 버섯은 자연적으로 노화되거나 수확 후 서로 반응하여 활성화되며 배출된 내용물은 산소와 결합하여 quinones을 형성하고 이것이 결국 버섯을 갈변화시킨다(12). 식품의 갈변은 효소적 반응과 비효소적

반응에 의해 식품의 가공 및 저장 중에 일어나며 대부분 식품의 품질 및 외관에 바람직하지 않은 영향을 미치기 때문에 중요한 특성으로 다루지고 있다. 버섯의 갈변은 주로 polyphenol oxidase(PPO)에 의한 효소적 갈변에 기인된 것이며 그 형태는 분홍색, 갈색, 흑색, 회색, 자주색 등 다양하게 나타난다(13).

버섯은 고등식물처럼 외피에 납질 층이 없기 때문에 수분증발을 억제할 생리구조를 가지고 있지 않아 버섯 내부조직으로부터 공기 중으로 수분증발이 자유롭게 진행되며 버섯으로부터의 수분증발에 의해 갓과 자루가 수축되고 단단해지며 형태가 변하게 되는데, 이와 같은 현상을 건조증상이라 하며 이런 증상을 막고 보수성을 증진시키기 위해 polyphosphate를 사용하기도 한다(14).

수확 후 생화학적 변화를 유발하는 호흡변화는 수확 시 버섯의 성숙도에 따라 달라지는데, 저장기간 중 자실체와 균사의 호흡에 기질로 사용되는 주요 가용성 탄수화물은 mannitol과 trehalose이며(15), 또한 지방산은 버섯이 부패됨에 따라 변화를 일으킬 수 있는 세포액에 쌓여있기 때문에 저장 중 중요한 역할을 한다(12).

버섯의 저장에 관한 연구로는 Minamide 등(11)이 수확 후 버섯의 선도유지에 미치는 저장온도의 영향에 대하여 보고한 바, 버섯의 일반적인 shelf-life는 1°C에서 14~20일, 6°C에서 2~3일로서 저장온도가 낮을수록 버섯의 self-life는 연장되었고, 저장 중 갈변도, PPO활성, 총 유리 아미노산 함량 등의 변화를 나타내었으며, 팽이버섯의 경우 갓이 개열되고 자루가 신장하거나 부패가 자루 내부에 약간이라도 나타난 시점을 상품성의 한계로 보았다. 백색느타리 버섯의 저장실험에서는 25 μ m 두께의 PE bag에 포장하여 냉장 저장할 경우는 6일까지 저장 가능하였으나 한쪽 면에 하나의 pin-hole이 있는 같은 두께의 PE bag에 포장할 경우 자실체 내부가 더 눅눅해지고 급속한 호흡률 때문에 결로발생 증가와 함께 급속한 품질저하가 일어나 실온인 22~28°C에서 24시간 밖에 저장되지 못하였다(16). 저장 중 버섯의 선도연장을 위한 방법으로 감마

선 조사를 이용한 경우 조사된 버섯이 대조구에 비해 3배의 선도연장 결과를 보였는데, 맛의 개열 및 자루의 신장이 지연되고 갈변도 덜 발생하였으며 수분 증발도 느리게 일어나는 것으로 보고되었다(17). 저장수명 연장을 위해 감마선에 조사된 느타리버섯의 gill을 SEM, TEM을 사용하여 관찰한 결과, 포자 생성의 저해는 정상포자 성장의 억제에 의한 것이라기보다는 basidia의 파괴에 의한 것으로 판명되었다(18). Gormley는 chill storage가 버섯의 백색도에 미치는 영향을 연구하여 수확된 버섯이 2시간 이내에 1°C에서 냉장될 경우 self-life가 연장됨을 보고하였으며 냉장 상태에서 실온으로 옮길 경우의 변패율이 냉장되지 않은 버섯의 변패율과 거의 유사하다고 하였다(19). 냉장 하에서 신선한 버섯의 self-life가 연장된 것은 대사작용 억제에 미치는 저온저장의 중요성과 역할을 잘 설명해 주며(20), 저장온도와 더불어 포장의 역할이 부각되었는데(21), 신선한 느타리버섯이 17°C에서는 1~2일, 2°C에서는 3~4일간의 저장수명을 나타내었고 PE 혹은 PVC film으로 포장할 경우는 17°C에서 2~3일, 2°C에서 8~10일로 저장수명이 연장되는 효과를 보였다. 또한 느타리버섯의 저장한계요인은 자실체 뒷면의 흰 부분에 균사가 발생하는 것으로 그 자체로 해롭지는 않지만 소비자가 관능적으로 받아들이기 불가능하게 된다. 표면의 균사는 일반적으로 포장하지 않을 경우, 17°C에서 1~2일, 2°C에서 6~8일 후에 발생하는 것으로 알려져 있다. 저장 시 포장밀도 또한 저장 중 버섯의 품질에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되었는데(16) 낮은 포장밀도로 포장했을 경우와 비교했을 때 포장밀도를 증가시킬수록 CO₂축적이 더 많았고 표면색, 경도, 조직, 일반적 외관 등 품질에 더 유리한 효과를 보였는데, 이 결과는 축적된 CO₂ 농도가 변색정도에 미치는 간접적인 관계를 나타내주는 것으로 갈변효소인 PPO의 활성화에 요구되는 산소가 고갈되기 때문인 것으로 여겨진다.

버섯의 갈변 억제방법에 관해서는 Jeffery 등이 갈변 저해제인 citric acid를

사용하여 가공 버섯의 PPO 파괴에 작용하는 mechanism을 설명하였고, ascorbic acid 유도체가 버섯 PPO 활성을 억제한다고 보고하였으며 sulfites 및 항산화제의 갈변 억제 효과에 대한 연구에서는 sulfites가 저장 중 버섯의 색과 조직을 가장 좋은 상태로 유지할 수는 있으나 안전성 및 건강에 미치는 영향 때문에 사용이 제한됨을 보고하였다(22~24). 또한, succinic acid-2,2-dimethyl hydrazide를 사용한 갈변 억제에 관한 연구(14)와 위생상 문제없이 갈변효소를 파괴시키기 때문에 신선한 버섯 고유의 색을 유지할 수 있는 방법으로 blanching방법이 제시되었으며, 그밖에 L-cysteine, sodium diethyldithiocarbamate, thiourea등도 PPO의 저해제로 알려져 있다.

버섯류는 과거 통조림 위주로 소비되었으나 현재에는 생 버섯을 크게 선호하는 경향이 있으며 생 버섯의 선도유지 및 보존기간 연장이 주요한 과제로 부각되고 있다. 또한 인공재배 방법에 의해 대량 생산 및 연중 재배가 가능하며 계절에 관계없이 항상 식용할 수 있게 되었으나 팽이버섯은 수분이 많고 조직이 연하여 저장 및 유통 중 품질저하가 일어나기 쉽기 때문에 shelf-life가 짧은 것이 큰 문제점으로 지적되고 있으며 또한 수확 후 호흡작용이 왕성하고 조직이 쉽게 손상을 받기 때문에 생체 상태로서는 유통에 많은 제약이 있어 현재 대부분 PP film으로 진공포장하여 유통되고 있으나 신선한 상태로의 장기 저장은 불가능한 실정이다. 이런 문제점을 해결하고자 버섯의 유통기한을 연장시키기 위한 여러 가지 저장방법이 모색되어 왔는데, 그 중 CA(Controlled atmosphere)저장(25~26), MA(Modified atmosphere)저장(27~29)이 제시되었으며, 감마선 조사에 의한 버섯의 선도 연장법(17)에 관한 연구도 보고된바 있다. 신선한 버섯의 shelf-life를 연장시키기 위해서는 수분손실을 최대한 억제해야 하고 호흡률을 감소시키고 대기산소에 직접 노출되지 않도록 하며 유통 중 물리적 손상을 피하고 PPO활성을 억제하며 melanins 색소를 형성하는 quinones의 중합을 억제하는 적절한 방법이 채택되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 송이버섯의 품질특성을 조사하여 생리적 특성을 파악한 후 현행 유통실태 조사를 통하여 품질변화가 심하게 발생하는 단계와 초기 품질변화를 억제할 수 있는 전처리 기술을 개발하고자 하였으며, 더불어 송이버섯의 선도 연장을 위한 저장유통기술을 개발하고자 하였다.

제 2 장. 재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 재료는 Table 1과 같이 실험목적에 따라 구분하여 구입한 후 산지 처리 및 냉장 수송한 후 당 연구원에서 선별, 정선한 후 실험에 사용하였다.

Table 1. 송이의 실험특성별 시료확보 방법

구 분	채취시기	구매단계	채 취 및 구 매 장 소
유통 중 품질손실을 조사	1996. 9.	채취단계	경북 봉화군 물야면 경북 울진군 울진읍 신림리
품질특성	1996. 9.	임협집하	경북 봉화군 임협협동조합
전처리 기술 개발	1996. 10.	산지집산장 임협집하시	경북 울진군 울진읍 신림리 경북 울진군 임업협동조합
MA 저장기술개발	1997. 10.	임협집하	경북 울진군 임업협동조합
CA 저장기술개발	1997. 10.	임협집하	경북 울진군 임업협동조합
빙결점근접저장기술개발	1997. 10.	임협집하	경북 울진군 임업협동조합
빙결점근접저장기술개발 수출용기개발	1998. 10.	수출업체	경북 영천시 금호읍 대성물산(주)

2. 전처리 및 저장방법

가. 산지유통실험

송이버섯의 산지 유통 중 품질손실률을 측정하기 위하여 현재 농가에서 채취용기로서 많이 이용되고 있는 하이킹용 배낭(PE소재)과 PVC 단열 소재로 구성된 보냉박스를 이용하여 실제 송이 산에서 채취 직후의 송이버섯을 일정량 넣은 다음 일정 시간 간격별로 품질손실률을 측정하였다. 이 때 사용한 보냉

용기의 열전도율은 40℃에서 126.2K이었으며, 옆면 두께가 2.2mm, 밑면 두께가 2.8mm의 용기였다. 측정항목으로서는 선택한 중량변화는 송이 산에서 일정량을 정량한 후 전자식 디지털 저울(Portable balance, CT6000-K, OHAUS, U.S.A)을 사용하여 측정하였으며, 측정치는 산악지대와 도심지역간의 고도차이에 의한 중량 값을 보정하여 나타내었다. 송이버섯의 품온변화는 평균 크기의 송이를 선별한 다음 잣과 줄기 중심부위를 thermocouple로 potable data logger(Temperature meter, KM1242, Swallowfields, Britain)에 연결하여 30분 간격으로 측정하였으며, 용기내의 온·습도는 온·습도센서(TempRecord™, Scientific multi-trip, Monitor Co., U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 표면색의 변화는 송이버섯의 잣과 줄기 중심 부위에 선택 측정 부위를 고정한 다음 Cromameter(Hunter Lab., Model CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 2시간 간격으로 표면색의 L, a, b값을 측정하였다. 이때 사용한 white standard plate의 L, a, b값은 95.28, -0.97 및 0.28이었다. 산지 유통중 호흡율의 변화를 조사하기 위하여 측정한 호흡속도는 아크릴로 제작된 밀폐용기에서 일정량의 송이버섯을 넣고 2시간 단위로 potable gas analyzer(DK-2860SOBORG, TEMAC, DENMARK)를 이용하여 측정하였다.

나. 전처리 방법

1) 차압예냉

실험장치로 1900×1700×780mm(H×L×W)규모의 차압예냉시스템을 제작하여 사용하였다. 차압예냉시스템은 냉각시스템과 차압발생시스템으로 구성되어 있다.

냉각시스템은 콘덴싱유니트와 유니트쿨러로 구성되어 있으며, 압축기는 증발온도 및 고내 온도차 10℃, 응축온도 54.4℃에서 냉각능력 3/4HP Hermetic type R-22을 콘덴싱 유니트 형태로 제작하여 사용하였다. 또한 유니트 쿨러

는 전열면적 33.67m², 팬 및 모터 200 ϕ X 0.5kW X 6p인 7,500kcal/h 용 2대를 사용하였으며 냉매는 R-22 용 사용하였다. 차압발생 시스템은 차압실, 차압팬, 차압시트로 구성되어 있으며, 차압실의 크기는 1000 \times 1100 \times 600mm(H \times L \times W)로서 75mm 우레탄 폼 패널로 제작하고, 1300 X 460mm(H X W)크기의 흡기구를 부착하였다. 차압팬은 변속모터가 부착된 축류송풍기를, 차압시트는 두께 0.3mm 방수코팅된 천막지를 사용하였다.

송이버섯의 차압예냉은 통기공을 뚫은 15kg용 빈 사과상자(310 \times 235 \times 265mm, L \times W \times H)에 송이버섯을 넣고 실시하였다. 통기공은 中馬등의 결과와 국내 콜판지 상자의 현황 등을 고려하여 약 3%가 되도록 하였으며, 통기공은 사과상자의 형태를 고려하여 직경 28mm의 통기공을 장변 6개, 단변 3개를 뚫어 사용하였다. 이 때 상자 사이는 폴리프로필렌 접착 테이프로 밀봉하여 상자 사이의 간극을 통항 영향을 제거하였으며, 적재된 박스는 차압시트로 덮어 가속냉각을 행하였으며 박스 전후의 정압은 7.23mmAq, 송풍량은 36.3m³/hr이었다.

2) 진공예냉

송이버섯을 콜판지 박스에 담겨진 상태로 한 batch에 30kg씩을 진공예냉장치를 이용하여 표면온도 3 $^{\circ}$ C 까지 냉각하였다. 사용된 진공예냉장치의 진공조는 가로 720mm, 길이 530mm, 높이 1,050mm이고 진공펌프의 배기량은 350 l/min, 콜드트랩의 표면온도는 -6 $^{\circ}$ C, 냉동능력은 2마력이었으며, 1batch에 30kg을 처리할 수 있는 규모였다.

다. 저장방법

1) MA 저장

송이버섯을 개체 크기에 적합하도록 사전 제작한 보습씨이트 봉지에 개체

포장한 후 일반 채취농가에서도 경제적이면서 편리하게 이용할 수 있는 LDPE(Low Density Polyethylene Film)을 이용하여 일정량씩 0.02~0.10mm의 필름 두께별로 밀봉하여 $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 저온저장고에 저장하였다.

2) CA 저장

송이버섯을 3%, 5%의 산소농도 및 15%, 20%, 25%의 탄산가스 농도로 조정된 CA chamber(Napco, Model 7100, Napco Scientific Co., U.S.A.)에 넣고 $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 저장하였다.

3) 빙결점근접저장

송이버섯을 30%의 sorbitol용액에 30분간 침지한 다음 표면 물기를 제거한 후 보습씨트에 개체포장한 것을 0.06mm 두께의 LDPE(low density polyethylene) 필름에 포장하여 -1°C 에 저장하였다.

3. 이화학적 품질평가

1) 일반성분(30)

송이버섯의 일반성분(30)으로서는 수분은 105°C 건조법, 조지방은 soxhlet추출법, 회분은 회화정량법, 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조섬유는 Weende법을 이용하였다.

2) Polyphenol

시료 일정량에 증류수 300ml를 넣고 2시간동안 가열 추출한 다음 500ml로 정용여과한 시료액에 Folin-Denis 시약 5ml, Na_2CO_3 10ml 및 증류수 75ml를

100ml 메스플라스크에 가하여 정용한 다음 760nm에서 비색측정하였으며, 표준물질로는 liquid tannic acid를 사용하였다.

3) 표면색도와 갈변도

표면색은 Chroma meter(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 잣과 즐기 중심부의 L, a, b값을 측정하였다. 이때 사용한 white standard plate의 L, a, b값은 95.28, -0.97 및 0.28이었다.

갈변도(31)는 송이버섯을 분말화하여 10%용액으로 제조한 다음 7,000x g에서 20분간 원심분리한 후 여액의 흡광도를 420nm에서 측정하여 optical density (O.D.)로 나타내었다.

4) 부피

송이의 부피는 부피측정용 용기에 송이 일정량과 차조를 표선까지 채운 다음 용기 전체 부피에서 차조의 부피 차이로 구하였다.

5) 호흡율

송이버섯의 호흡속도는 Couture와 Makhlouf의 방법(32)을 이용하여 측정하였다. 즉, 아크릴로 제작된 밀폐용기에서 일정량의 송이버섯을 넣고 경과 시간에 따라 포집된 가스를 Table 2와 같은 조건으로 GC를 이용하여 측정하였다.

6) 빙결점

송이버섯의 잣과 즐기의 중심부위에 thermocouple을 연결한 다음 측정 셀의 온도가 -10°C 로 조정된 냉동고에서 시료의 온도 변화를 1분 간격으로 측정하여 과냉각현상 다음의 peak point를 빙결점으로 해석하는 Beckman방법(33)

Table 2. Operating conditions of GC for respiration rate analysis

Instrument	Hewlett Packard 5890A
Column	Carbosieve S-II (80~100mesh)
Carrier gas	Helium(30ml/min)
Injector Temp.	230°C
Detector Temp.	250°C
Oven Temp.	35°C/6min — 32°C/min — 225°C(6min)
Detector	TCD

에 의하여 빙결점을 결정하였다.

7) 유리당 및 당알콜

유리당의 분석은 Labaneiah 등의 방법(34)에 따라 분말 송이 약 5g에 80% 에칠알콜 300ml로 환류냉각키면서 85°C에서 2시간 가온추출한 뒤 9,000 rpm에서 20분동안 원심분리하고 농축한 알콜 추출물을 25ml로 정용한 다음 0.20 μ m millipore membrane filter로 여과한 후 20 μ l를 취하여 아래와 같은 조건하에서 HPLC(Waters Associate Model 244)로 분석하였다. 분석칼럼은 YMC-pack ODS-A, 용매는 acetonitrile : water = 80:20, flow rate는 1.0ml/min이었다.

8) 유리 아미노산

버섯의 분말 1g을 75% ethanol 100ml에 넣고 30분간 진탕한 후 7000 \times g에

서 15분간 원심분리하여 상정액을 취하였다. 남은 잔사에 다시 2회에 걸쳐 75% ethanol 50ml를 넣고 원심분리하여 상정액을 취하였다. 상정액을 모두 합하여 45°C 이하의 온도에서 감압건조한 후 증류수로 10ml가 되도록 정용하고 이를 membrane filter(pore size 0.2 μ m)로 여과하였다. 여액 10 μ l를 취해 건조 튜우브에 넣고 유도체 시약 (methanol : water : triethylamine : phenylisothiocyanate = 7 : 1 : 1 : 1 혼합시약, V/V) 30 μ l를 첨가하여 유도체화하고 이를 감압건조하였다. 건조물을 시료 희석제(Waters, P/N 88119, U.S.A) 2ml에 용해한 후 10 μ l를 취하여 Table 3과 같은 조건에 따라 HPLC로 분석하였다.

9) 지방산

버섯의 분말 약 3g에 물 15ml를 가하고 chloroform : methanol이 동량 혼합되어 있는 용액 40ml를 가한 후 분액 깔때기에서 liquid-liquid fraction 방법에

Table 3. Operating conditions of HPLC for amino acid analysis

Instrument	Jasco HPLC System(PU-980, Jasco, Japan)
Column	Pico - Tag(3.9 \times 150mm, 4 μ m)
Column temp.	40°C
Eluent	Pico Tag Eluent A, B
Flow rate	1.0 ml/min
Chart speed	1.0 cm/min
Detector	UV (254nm)
Injection volume	10 μ l

Table 4. Operating conditions of GC for fatty acid analysis

Instrument	Hewlett Packard 5890A
Column	Supelcowax 10 capillary column(30m X 0.32mm)
Carrier gas	Helium(30ml/min)
Injector Temp.	250°C
Detector Temp.	270°C
Oven Temp.	180°C(1min)—— 2°C/min —— 220°C(5min)
Detector	FID

따라 지질을 chloroform층으로 이행시킨 조작을 2회 반복처리하여 얻은 chloroform층에 소량의 anhydrous sodium sulfate로써 수분을 제거한 후 여과하고 그 여액을 40°C에서 감압 농축하였다. 농축된 지용성 성분 약 0.5g에 3 ml의 benzene과 7.5ml의 0.5 N NaOH/methanol을 가하여 30분간 반응시켜 methyl ester를 제조하였다. 지방산 분석을 위한 GC의 조건은 Table 4와 같다.

10) 무기질

송이 분말 0.2g을 회화용 도가니에 취하여 500°C에서 2시간 회화시켜 냉각한 후 이에 탈이온 증류수 10여 방울과 질산용액 (HNO₃ : H₂O = 1 : 1 희석액) 3ml를 조심스럽게 가하고 100°C의 열판에서 과량의 질산을 제거하였다. 이를 다시 500°C회화로에서 1시간 동안 회화시킨 다음 염산용액 (HCl : H₂O = 1 : 1 희석액)으로 50ml가 되게 정용하여 시료로 사용하였다. 시료 중의 무기질분석은 Table 5와 같은 조건의 발광 플라즈마 분석기 (Inductively Coupled

Table 5. Operating conditions of ICP for inorganic compounds analysis

Instrument	Jovin Yvon 38 plus 1m Czerny-Turner monochromator Grating ; 2,400 grooves/mm Reciprocal linear dispersion : 0.33 nm/mm Slit width : entrance 20 μ m, exit 40 μ m
Nebulizer	Glass concentric
Frequency	40.68 MHz
Power	1.2 KW
Plasma gas (Ar)	12 L/min
Carrier gas (Ar)	0.3 L/min
Auxiliary gas (Ar)	0.3 L/min
Observation height	10mm

Plasma Atomic Emission Spectrometer, Jovin Yvon JY38 Plus, France)를 이용하였다.

11) 향기성분

가) 향기성분의 포집 과 분석

향기성분의 포집은 dynamic headspace법에 따라 Purge and Trap system 인 Tekmar LSC 2000 (Tekmer, U.S.A)을 사용하였다. 시료 0.5g과 내부표준 물질용액 25mg을 시료병(55mm O.D.×120mm)에 취하여 질소로 purging하면

서 향기성분을 추출하였고, 이때 mount, bottom, valve 와 line 등 각 부분의 온도는 100℃로 고정하였으며 stand-by temperature를 30℃이하로 하였다. Purge gas는 질소를 사용하였고 purging은 30psi의 질소를 분당 100ml속도로 30분간 실시하여 60~80mesh의 Tenax GC (polymer of 2,6-diphenyl- ρ -phenyl oxide)가 충전된 흡착관(12" × 1/8" stainless steel)에 향기 성분을 흡착시켰다. 흡착 후 수분을 제거하기 위하여 dry purge를 3분간 실시하였다. 흡착된 향기성분을 탈착시키기 위하여 흡착관을 50℃로 예비가열하고 180℃에서 3분간 가열 탈착을 실시하였다. Purge가 완료된 후 trap 내부에 남아 있는 비흡착 물질을 제거하기 위하여 250℃에서 30분간 conditioning시켰다. 또한 휘발성 성분들의 잔류 가능성을 방지하기 위하여 시료가 주입된 시료병은 완

Table 6. Operating conditions of GC for flavor analysis

Instrument	Hewlett - Packard 5890
Column	DB-5 fused silica capillary coloumn (60m × 0.32mm I.D.)
Oven temp.	40℃(3min) ————— 220℃(10min) 2.0℃/min
Injector temp.	180℃
Detector temp.	250℃
Detector	FID
Carrier gas	1.2ml He / min
Split ratio	1 : 20
Make-up gas	He, 25ml/min

전 세척 후 120℃의 건조기에서 2시간 정도 건조시켜 잔여 향기성분이 없음을 관능적으로 확인한 후 사용하였다.

Dynamic headspace법으로 추출된 송이버섯의 휘발성 향기성분은 Table 6과 같은 조건의 GC를 이용하여 분석하였다. 향기성분의 양적인 변화 비교는 GC검출기로 사용된 FID의 response(area count)를 자동적분기(HP3396A, Hewlett-Packard, USA)로 측정하여 내부표준 물질의 피크면적을 일정하게 하였을 때의 상대적인 값으로 나타내었다. 자동적분기의 조작조건은 zero =5, attenuation = 7, chart speed = 0.5 cm/min, area rejection = 50,000, threshold=5, peak width = 0.04 로 하였다.

Table 7. Operating conditions of mass spectrometer used for the identification of flavor compounds

-
1. Instrument : HP 5972 mass selective detector
 2. Setup source
 - 1) Electron voltage : 70 eV
 - 2) Resolution : 0.05amu
 3. Setup scan
 - 1) Mass range : 50 - 300 m/e
 - 2) Scan speed : 1 second per decade
 4. Data handling system
 - 1) Computer system : Sun operating system Ver. 3.60
 - 2) Library : Wileylnbs(National Bureau of Standard, USA)
-

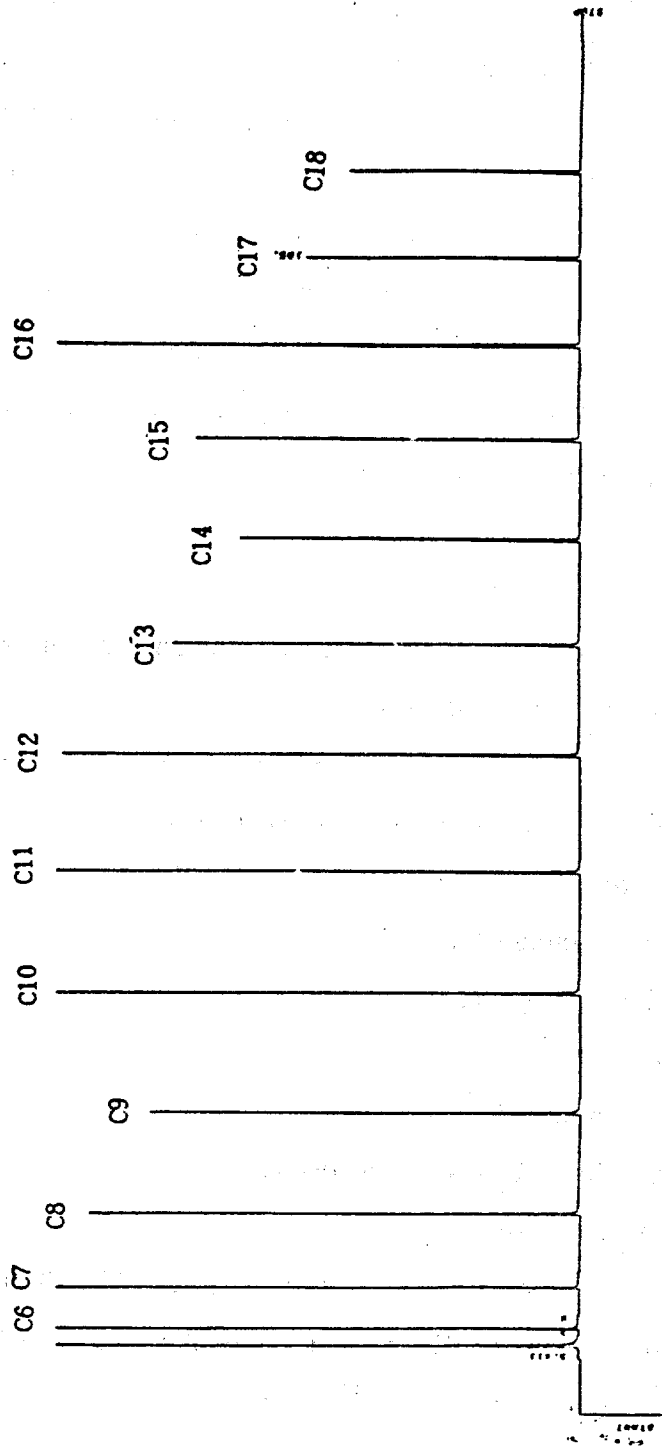


Fig. 1. Gas chromatogram of n-alkanes

나) 향기성분의 동정

Dynamic headspace법으로 포집한 향기성분을 동정하기 위하여 gas chromatograph/mass spectrometer(GC/MS)를 사용하여 분석하였다. GC에서 mass spectrometer(MS)로 시료를 도입하기 위한 interface온도는 200℃로 하였고 이때 사용한 MS의 조작조건(35)은 Table 7과 같다. GC검출기로 사용한 FID에서 얻어진 chromatogram과 MS에서 얻어진 total ion chromatogram (TIC)를 상호 비교하기 위한 표준 index물질로서 n-alkane을 사용하였다. 먼저 n-alkane을 GC에 주입하여 얻어지는 chromatogram으로 부터 각각의 n-alkane의 머무름 시간을 구하였고(Fig. 1), 또 이를 GC-MS system에 주입하여 얻어지는 TIC로 부터 각각의 n-alkane의 머무름 시간을 상호 비교하여 각 향기성분의 상대적인 머무름 시간을 구하였다. 머무름 시간에 따라 GC와 MS chromatogram 상의 향기성분 피크를 각각 구별하였으며, 향기성분의 동정은 Wiley library의 spectrum과 비교하여 확인하였다.

여 백

제 3 장. 송이의 유통실태 및 유통중 품질변화

제 1절. 서 설

송이(*Tricholoma matsutake* Sing.)는 맛과 향기가 뛰어난 전통적인 고급기호식품으로써 1960년대 말부터는 일본에 다량 수출되어 농가소득 증대와 외화 획득에 크게 기여하는 임산물 중의 하나이다(1).

적송림의 척박한 토양에서 생육하는 송이는 생장속도가 매우 빨라 지상에서 발생된 후 4-5일이 지나면 갓이 급격히 자라서 변색과 더불어 개산되기 시작하며, 정상적인 송이를 채취한 경우에도 수확 직후부터 맛과 향의 소실뿐만 아니라 수분증산, 영양성분의 감소, 색의 변화 등 선도저하와 함께 높은 품온 상승으로 인한 결로(땀맺힘 현상), 짓무름 등의 형태적 변화가 일어나게 되며 결국에는 노화, 위조, 및 미생물에 의한 부패 등으로 상품성을 소실하게 된다. 특히 송이버섯은 채취에서 수출상사 도착 시까지의 1일 동안 15-20%의 중량 감소율이 일어나고 있으며 상온에서 5일정도 지나면 완전히 개산되어 특유의 형태까지도 변하게 되는 생리작용이 매우 빠른 특성을 지니고 있다.

이와 같이 송이버섯의 왕성한 생리작용은 생명현상을 지속하기 위한 호흡작용에 기인하고 있으며, 호흡작용은 주변온도가 높을수록 촉진되는 하나의 발열반응으로서, 호흡작용에 의한 호흡열 발생, 품온 상승과 품질열화로 이어지는 악순환 관계를 가지므로 버섯류의 선도유지를 위해서는 초기 온도관리가 매우 중요한 것을 알 수 있다.

그러나 채취장소가 깊은 산간지역이라고 하는 지리적인 한계로 인하여 송이버섯의 경우에는 어떠한 선도유지 기술이 적용되지 않고 있어 채취단계에서 중량감소등 품질손실이 많아 농가소득 손실이 높을 뿐만 아니라 초기 품질유지가 안된 상태에서는 중간단계에서 어떠한 기술을 적용하더라도 송이버섯 특

유의 향과 신선도를 유지할 수 없기 때문에 최종 소비자의 불만을 야기하고 있다.

따라서 본 장에서는 송이버섯의 선도유지를 위하여 실제 유통구조하에서 품질저하가 극심히 발생하는 유통단계를 구명함과 동시에 현장에서 이용가능한 저장유통기술을 모색하고자, 송이버섯의 채취 직후부터 최종 소비자에 도착시점까지의 유통실태를 조사하였으며 또한 콜드체인 시스템의 도입이 어려운 산지 유통단계를 중점으로 하여 단계별로 품질변화 정도를 측정하였다.

제 2절 결과 및 고찰

1. 유통현황

가. 채취현황

송이의 생산시기는 외기 온도에 의해 좌우되므로 지역별 채취시기는 중부 지방에서 먼저 시작하여 대부분이 8월말이나 9월초순경부터 시작하여 9월말이나 10월 초순까지 채취하고 있어, 일반적인 채취기간은 약 40일에서 45일경에 이르고 있다.

현재 산지에서 실시하고 있는 송이버섯의 채취현황을 살펴보면 새벽 4시경이나 해가 뜬 무렵 보통 채취하기 시작하여 12~1시경 작업을 완료하고 있으며, 송이버섯이 본격 출하되는 성수기때에는 하루 종일 작업하기도 한다.

송이버섯 채취방법으로는 Fig. 2와 같이 한 손으로 뿌리부위를 잡고 다른 손으로 가볍게 돌리면서 채취하고 있으며, 채취용기로는 싸리나무나 대나무 바구니, 광목자루, PP마대등이 이용되고 있으나, 대부분의 채취인들은 농가에서 간편하게 채취할 수 있는 광목자루나 PP마대를 주로 사용하고 있다(Fig. 3 참조).

싸리나무나 대나무바구니의 경우는 호흡작용에 의한 호흡열을 외부로 발산할 수 있는 잇점이 있기 때문에 입업협동조합에서 사용을 권장하고 있는 채취용기이나, 이들은 높은 외기온도(약 20℃)와 일사광선에 노출되어 있고, 바구니내에 적재된 상태에서 나타나는 품온 상승효과를 억제할 수 없어 갈변, 향기 소실 및 감모율이 다량 발생할 뿐만 아니라 송이와 송이간의 충격에 의한 형태의 파손(갓, 몸체)이 일어날 수도 있다. 또한 광목자루나 PP마대의 경우에는 송이버섯의 호흡열 발산이 곤란하여 품질손실이 더욱 가속화될 뿐 아니라 외기온도가 낮을 경우에는 송이버섯에 결로 현상까지도 발생할 수도 있어, 송

이 채취 용기가 상품성 저하에 의한 경제적 손실을 야기하는 주요 원인이 되고 있다.

이와 같이 채취된 송이버섯은 Fig. 4와 같이 자가용이나 버스를 이용하여 오후 5시까지 인근 임협공판장으로 운반되며 공판장에서는 체도 및 선별(Fig. 5 참조)한 후 5시 55분 경 Fig. 6과 같이 입찰하여 수출상사에게 공동 판매하게 된다.

그러나 일부 채취시간이 늦어 규정된 시간내에 공판장에 납입하지 못하였을 경우 농가에서 하룻밤 정도 보관을 하게 되는데, 그 방법으로는 냉장고에 넣는 경우가 허다하였고 거창지역에서는 항아리에 모래를 일정량 채운 후 송이와 솔잎을 한겹씩 교대로 넣고 저장하거나 울진 및 봉화지역의 경우에는 Fig. 7과 같이 산간지역의 경사진 부분에 겨우 주먹하나 들어갈 정도로 만든 토굴에 송이를 넣고 입구를 소나무 가지로 막아 하루 정도 저장하기도 한다. 냉장고에 보관한 경우는 임협 선별과정에서 송이의 표면온도 차이와 조직에 형성된 결로로 인하여 제 값을 받을 수 없으나 이상과 같은 방법으로 저장된 송이는 선별과정에서 품질차이를 판별할 수 없다고 한다. 또한 채취한 송이의 높은 수취가격을 보장받기 위해 새벽 이슬 맞은 송이를 비닐로 덮어 무게를 증가시키거나 아예 채취량을 조절하기도 하는 적극적인 자세를 보이기도 한다.

보통 산지에서 공급소까지의 운반방법은 공동출하할 경우에는 임협수매 플라스틱 바구니를 이용하기도 하나 대부분이 운반 중 감모율을 억제하기 위하여 Fig. 8과 같이 골판지 박스에 나일론 포를 씌우거나 비닐용기에 담아 운반하고 있었으며, 경우에 따라서는 시장바구니, 배낭 등에 담아 운반하기도 하였다. 보통 공급소까지 소요되는 시간은 1시간 이내이고 장거리일 경우 2시간 정도 소요되고 있었으며, 2내지 3등급의 경우에는 운반시 갖의 파손등 형태적 품질손상이 많이 일어나고 있었다.

산지에서 공급소까지의 채취단계에서 일어날 수 있는 품질 손실율은 보통 1



그림 2. 송이버섯의 채취모습



그림 3. 송이버섯 채취용기

여 백



그림 4. 채취인들의 송이버섯 운반방법

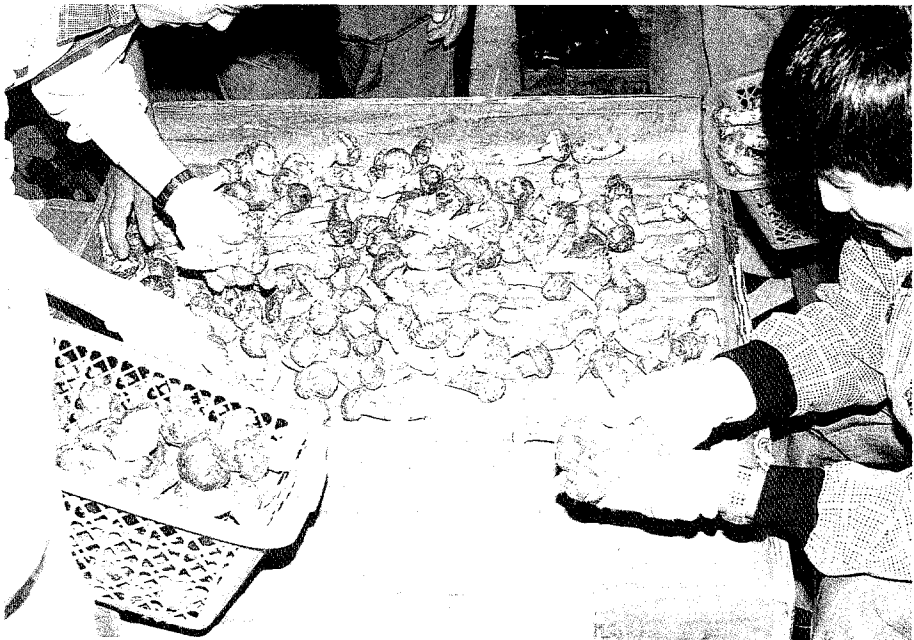


그림 5. 송이버섯의 인력선별

여 백



그림 6. 송이버섯의 입찰 모습



그림 7. 채취인들의 목송이 보관방법

여 백



그림 8. 송이 공급소 출하를 위한 채취인들의 포장방법

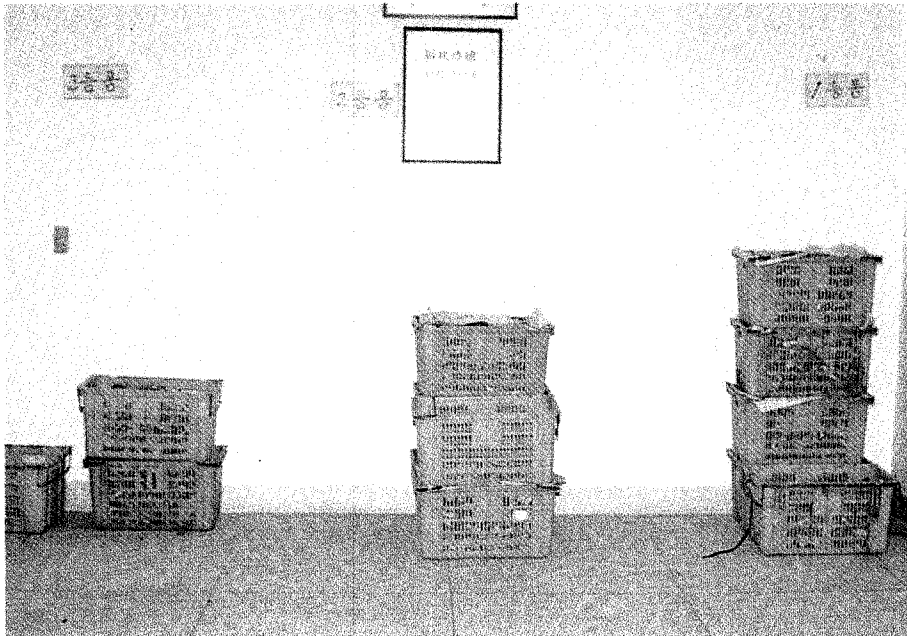


그림 9. 송이 공급소내 송이버섯 보관용기

여 백

%, 최고 2-3% 정도의 감모율이 발생할 것이라고 추측하고 있었으나, 채취후 임협공판장 도착시 송이의 색택이 검게 변색되는 것으로 보아 호흡특성 등 생리적 작용이 매우 왕성한 것으로 유추할 수 있고 또한 어떠한 선도유지방법을 적용하지 않은 채 밀폐용기에 넣어 이동되고 있는 관계로 중량감소율은 이보다 더 높을 것으로 간주된다.

나. 집하 및 공판 단계

1994년도 전국 송이 공급조합 및 공급소는 40개의 임업협동조합 및 44개 산하 공급소로 운영되고 있다. 이 공급소에서는 채취인이 출하한 송이를 체토, 정선과 동시에 선별하고 무게를 측정한 후 Fig. 9와 같은 PVC 콘테이너 용기 (15~16kg용, 52.5 x 31.5 x 30cm)에 담아 일정 장소에 보관하게 된다.

당일 중 채취인의 출하시간은 오전 9시부터 입찰시간 2시간 전인 15시 30분까지로 되어 있으나 대부분이 17시까지 허용하여 채취인의 편의를 제공하고 있다. 그러나 출하량과 출하인이 많아 입찰시간 이후 출하하는 송이는 비선별 품목으로 규정하여 혼합품으로 처리함으로써 채취인의 수취가격이 떨어지게 되며, 이로 인해 채취인들은 경험적으로 축적된 독특한 방법으로 1일정도 저장한 묵송이의 형태로써 익일 출하하게 된다.

선별은 송이버섯의 길이, 개산여부, 생장여부 및 형태 등에 따라 4등급 5종류로 규정된 표 8과 같은 기준에 따라 해당 임협직원으로 구성된 인력선별 (Fig. 5 참조)에 의존하고 있어, 선별로 인한 생산자, 수출업체간의 마찰 발생 소지가 많은 실정이다.

또 하나의 채취인과 수출업체간 이해관계가 얽힌 중요한 선별 항목으로는 1일 이상 저장된 묵송이의 경우 품질여부와 관계없이 등외 처리하는 규정이다. 실제적으로 임협 선별인들은 이러한 마찰 소지를 해소하기 위해 1등급품 묵송이를 대부분이 등외처리하지 않고 2~3등급으로 관행처리하고는 있다. 묵송이

Table 8. Standard for sorting *T. matsutake*

등급별	기준	비고
1 등 품	길이 8cm 이상	○갓이 절대로 퍼지지 않은 정상품(자루 굽기가 불균형하게 가는 것은 제외함)
2 등 품	약간의 개산품과 길이 6cm이상 8cm 미만	○갓이 1/3이내 퍼진 것 ○1등품에서 제외된 자루굽기가 불균형 하게 가는 것
3 등 품	생장정지품	○길이 6cm 미만의 생장정지품
	개 산 품	○갓이 1/3이상 퍼진 것
등 외 품	1~3등 이외의 것	○기형품과 파손품, 벌레먹은 것 ○물에 젖은 완전개산품 포함
혼 합 품	1등품과 2등품의 혼합품	○선별시간이 없거나 출하자가 혼합품으 로 잘 선별하여 출하할 것

의 판별기준은 향기, 색택, 조직감, 응축수 등으로 판명하고 있으나 실제적으로
는 향기 차이로는 식별이 불가능한 것이 사실이다.

채취인들이 행하고 있는 저장방법은 앞서 서술한 바와 같이 냉장보관이나
채래식 방법으로 1일 정도 보관하고 있는 데, 냉장보관품의 경우 표면온도차
이, 점질물 발생, 조직감등으로 식별가능하나 채래식인 보관방법으로 저장된
송이의 경우에는 1일 정도에서는 식별이 불가능하다고 한다.

이상과 같이 선별이 완료된 송이는 공급소에서 보관하게 된다. 공급소는 생
리작용이 왕성한 송이의 호흡작용을 억제하기 위하여 공급소의 바닥, 벽, 지붕
등에 스티로폴등 단열재를 사용하여 외부와의 온도를 차단하면서 통풍시설 및
냉방기기를 가동하여 일정 온도를 유지할 것을 지침상으로 권고하고 있으나
실제적으로 이와 같은 환경으로 조성된 공급소는 발견할 수 없었다. 조사된

주요 임협 의 공급소는 콘크리트로 축조된 일반창고(Fig. 10)를 활용하고 있었으며, 임협별로 공급소 보관중 품질손실을 억제하기 위한 단편적인 방책을 실시하고 있는 실정에 불과하였다. 즉, 공판장 주변에 살수하여 호흡열을 간접 억제하거나 컨테이너 박스의 적재 단수를 3단 정도로 낮게하여 품온 상승효과를 간접 억제하고자 하는 아주 미진한 수준이었으며, 에어컨을 가동하고 있는 공급소는 1군데 뿐이고 단열재를 사용한 곳은 전무하였다.

따라서 임협 공급소에서 다량의 품질 손실이 일어날 것으로 판단할 수 있는데, 규정상으로는 감량기준율을 0.5% 동일 적용하여 생산자가 부담하는 것으로 되어 있으나, 조사된 임협별로는 1%에서 5.8%에 이른다고 주장하였다. 이와 같이 임협별로 감모율이 차이가 나는 것은 당시의 외기 상태, 적재방법, 적재량등에 따라 상당한 차이가 있을 수 있기 때문이다.

입찰은 수출입찰과 내수입찰로 구분되며, 조합장이 입찰을 총괄하며 상무나 과장이 입찰을 집행하고 있다. 입찰시간은 매일 17시 30분 입찰 개시하여 17시 50분 전국동시 개찰하며 입찰에 소요되는 시간은 10여분의 단시간에 완료된다. 입찰시 최저기준가격 이하로 입찰이 성립되지 않을 때에는 임협 중앙회에서 최저 기준 가격으로 책임 인수하여 직수출하도록 되어 있다.

입찰과 관련된 수수료는 수출입찰의 경우에는 수요업체가 0.9%, 출하위탁자 2.0%로 총 2.9%의 수수료가 징수되며 내수입찰시에는 수요업체 2.0%, 출하위탁자 2.0%로 총 4.0%의 수수료가 부과된다. 이 공급조합의 수수료는 해당 조합과 임협 중앙회에서 일정 비율에 따라 분배하고 있어 송이 공급 수수료는 임업협동조합의 주요 소득원으로 작용하고 있다.

다. 출 하 단 계

출하방법은 송이 공급계약업체와의 입찰에 의한 공급, 조합에서의 직거래, 임산물 직매장에서의 공급 및 CIQ내 송이 판매의 형태로 출하하고 있도록 규

정하고 있으나, 조합의 직거래나 임산물 직매장에서 공급하고 있는 것은 볼 수 없었으며 대부분이 송이 공급계약업체와의 입찰에 의한 출하가 주를 이루었고 일부만이 CIQ내에서 송이가 판매되고 있었다.

조합의 직거래 및 임산물 직매장에서의 공급형태는 외국인 여행자가 생산지 조합의 공급소 또는 임산물 직매장에서 직공급을 원할 경우 가급적 2등급품을 대나무 상자나 플라스틱 바구니에 1kg단위로 포장하여 휴대반출용 송이공급 확인증을 부착하여 판매하는 것으로써, 가격 설정은 당일 입찰가에 공급수수료, 포장자재 등의 부대경비에 15%내의 소매경비를 부가하여 판매하고 있다. 또한 CIQ 내에서의 송이 판매는 송이 수출업체가 국제공항 및 부관 페리호 보세구역내 토산품 판매권자와 판매계약을 체결하여 외국인에게 판매하는 형태로써, 주로 대나무 등 목상자에 소나무 잎 등을 깔고 송이를 500g 정도의 소량 충전한 고급제품으로 해당되고 있다.

임협외 송이 주요 출하대상자인 송이 공급계약업체 즉, 수출업체를 통한 출하가 주류를 이루고 있다. 1994년 송이 수출업체는 전국 58개사가 등록되어 있었으며, 서울, 부산, 대구등 대도시에서 집중하고 있었다. 이들 중 70~80%는 년중 송이만 전담하는 영세업체로 구성되어 있고 또한 대부분이 저장고를 보유하고 있지 못하였다.

입찰이 완료된 송이는 냉장차를 이용하기도 하나 대부분이 용달차 및 상온 트럭에 container box를 2~3단 적재한 후 신문지를 한층 덮고 비닐을 덮어서 (Fig. 11, 12 참조) 2~4시간 정도, 길게는 6~7시간 정도에 걸쳐 수출상사로 야간 수송하게 된다. 이 때 도착된 송이에서는 송이의 호흡열로 인하여 김이 날 정도이며 3~5% 정도의 중량감소가 일어난다고 하였다.

수출상사에서는 산지에 관계없이 수송되어온 송이를 냉장실 통로에 늘어놓아 수송 중 형성된 물기를 Fig. 13와 같이 말린 다음, 저온 저장하거나 일부는 선별, 정선, 포장하여 익일 아침 비행기로 일본에 수출하게 된다.



그림 10. 송이공급소내의 보관창고

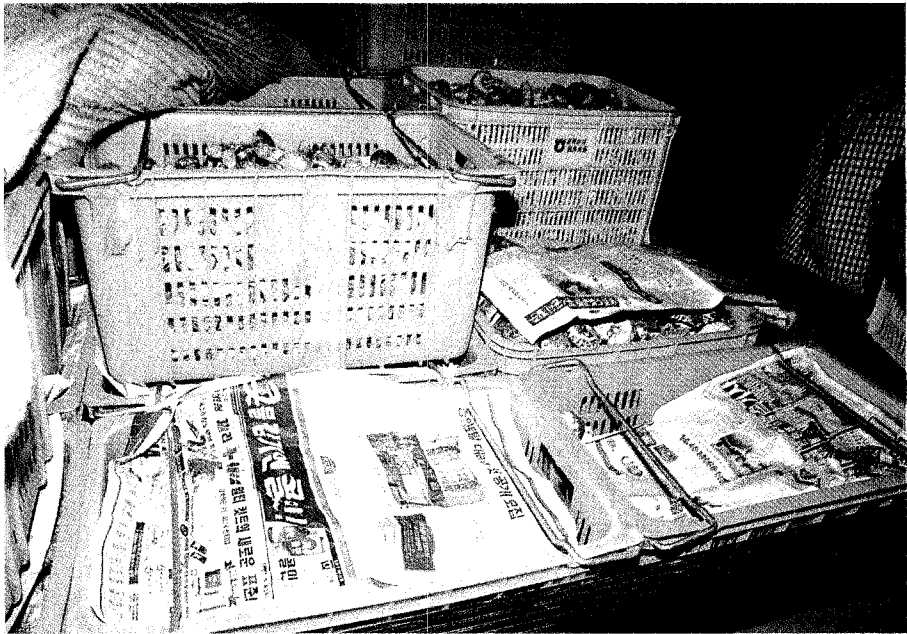


그림 11. 입찰 완료된 송이버섯의 트럭 적재방법

여 백



그림 12. 송이버섯의 적재완료된 상온트럭의 모습



그림 13. 수출상사 도착 직후의 송이버섯 표면물기 제거작업

여 백

업체에서의 저장은 그들 나름대로의 경험으로 축적된 기술로 실시하고 있는데, 산지에서 1일정도 저장된 목송이의 경우 제값을 인정하지 않고 또한 수출 대상국인 일본에서 저온저장품을 환영하지 않는 분위기로 인하여 대부분이 비밀스러운 작업에 해당한다. 그러나 가격 등락폭이 하루 사이에도 높은 송이의 특성상 저온저장은 가격 조정을 위하여 대부분이 행하고 있었다. 업체에서 행하는 저온저장방법은 대부분이 공개를 꺼려하는 기밀사항이나, 양파 저장고에 양파와 동시 저장하는 방법과 스티로폼 상자에 송이와 축냉제를 넣고 밀봉한 상태에서 -2°C 의 저온저장고에 저장하고 있었다.

수출상사에서의 선별은 임협이 4등급 선별을 일본 규격을 토대로 재선별하고 있는데, 선별은 표 9와 같이 8~12등급으로 세분하여 인력선별하고 있었으며, 선별인들은 다 경험의 주부 여성을 축으로 하여 일반 가정 주부여성들로 점조직 구성되어 있었다.

포장은 polystyrene foam 박스에 송이를 넣고 윗부분에 축냉제(ice pack)를 넣어 저온으로 수송할 수 있도록 하였으며 단위 내용량은 보통 1kg 단위를 사

Table 9. Standard for sorting T. matsutake in export company

규격	통수	단위	수량	단가	금액
2L					
L					
M					
S					
2S					
HAA					
HA					
HB					
TOTAL	C/T		KGS		US\$

용하고 있었다. Polystyrene foam 박스는 값이 싸고 단열성이 우수하여 송이 수출시 경제적인 가치는 있으나 작업공간 및 시간, 수송용적 및 무게증가에 따른 부대경비가 많이 소요되고 작업불편이 초래될 뿐만 아니라 환경공해적인 문제가 발생함으로써 개선이 요구되고 있었다.

라. 수출단계

우리나라에서 생산된 송이는 일부 내수 시장에 판매되는 것을 제외하고는 대부분이 일본으로 전량 수출되고 있으며, 실제 국내 송이 입찰가는 일본 시장에 따라 결정되고 있다. 일본의 주요 송이 시장은 생산 및 도매기능을 가진 오오사카와 주요 소비시장인 동경으로써, 한국, 북한, 중국등 주요 3국과 송이 유사품종 생산국인 캐나다, 미국, 멕시코등 전 세계 약 13국에서 생산된 송이를 수입하고 있다. 국내산 송이는 '95년도 전체 일본 시장에서 양적인 측면에서는 약 20%, 가격적인 측면으로서는 약 36%의 높은 시장 점유율을 갖고 있어 일인에게는 한국산 송이가 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

이는 송이의 수확후 생리작용이 매우 왕성하여 채취후 비행기 선적까지의 유통중 품질손상이 매우 큰 반면 송이 저장·유통방법이 개발되어 있지 않고 또한 송이의 독특한 향과 저작감을 가장 중요시 하는 일본인들의 저장송이의 기피현상이 매우 강하기 때문에 일본에서 가장 가까운 지리적 잇점을 보고 있는 것이다.

즉, 일본 소비자까지 도달시간이 일본산의 경우가 2일 정도인 반면 우리나라에서 채취된 송이는 3일정도에 가능하기 때문에 도로사정 및 유통망이 신속하지 못한 중국, 북한에 비하여 비교적 높은 수취가가 보장되기 때문이다. 특히 우수한 품질의 한국산 송이는 일본산과 가격차이가 없을 뿐만 아니라 아예 일본산으로 둔갑하여 판매되는 경우도 많다고 하였다.

그러나 최근 북한 평양과 일본 나고야간 직통항공 개설로 인하여 북한산 송

표 10. 연도별 주요 송이 수출국간 대일 수출현황

(단위 : kg, ₩)

년도	한 국		북 한		중 국	
	수 량	금 액	수 량	금 액	수 량	금 액
1991	304,565	7,697,729	301,418	2,580,444	412,764	2,440,410
1992	748,914	10,510,669	569,647	2,761,867	453,277	2,932,623
1993	131,175	2,321,059	382,820	2,291,501	1,064,112	5,494,333
1994	139,040	2,653,303	1,760,996	6,928,429	1,126,543	5,746,351
1995	632,927	6,718,648	1,141,071	4,073,704	1,191,078	5,248,731

이도 채취 후 3일 정도에 일본내 판매가 가능하게 되고 북일간 송이 전문가들의 교환 연수도 이루어지고 있는 등 여러 관점에서 볼 때 농촌 노동력 감소와 인건비가 비싼 한국산 송이는 보다 노동력이 풍부한 북한산 송이에 대해 시장 경쟁력이 떨어질 우려가 크다고 할 수 있다.

우리나라에서 수출한 송이를 일본내 소비절차를 살펴보면 국내 수출업체에서는 새벽 1~2시경부터 채선별과 포장 작업을 완료한 후 오전 10시경 비행기로 수출한다. 일본에서는 오후 3시경 공항에 도착한 송이를 통관 절차를 거쳐 오후 6~7시경 청과시장에 도착하게 된다. 이 곳에서는 냉방장치를 가동하여 실내온도를 15~20℃로 조정한 작업실에서 오후 8시부터 익일 새벽 6~7시까지 polystyrene foam박스를 해체하여 일본인의 적정 구매량인 200g, 또는 400g으로 재포장하며, 작업이 거의 완료되는 오전 5시에서 7시경 까지 입찰을 완료하여 소비하고 있다.

일본내에서 이용되고 있는 포장용기로는 plastic, 스티로폼, 목상자, 대나무 바구니가 대부분이었고 포장용기 하단에 솔잎이나 형짚 등을 깔고 포장하고 있었다. 대나무 바구니의 경우는 개구부에 wrapping하기도 하나 기타 포장용기의 경우는 두경을 하지 않고 내용물이 보인 채로 상온 유통하고 있었다.

2. 산지 유통중 품질변화

가. 재래식 채취용기 내부 온도변화

송이버섯을 산지에서 07:20분부터 채취하기 시작한 송이버섯을 재래식 PE마대에 넣고 08시 5분부터 thermometer로 측정한 채취용기 내부의 온도변화는 다음 Fig. 14와 같다. 송이 산에서는 채취용기의 내부온도가 $17\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도범위를 나타내고 있었으나, 임협 공판장으로 수송하기 위하여 채취된 송이버섯을 일반 골판지 박스에 옮긴 다음 승용차의 트렁크에 싣고 이동하였을 때 용기의 내부온도는 26.34°C 까지 급격하게 상승하고 있었다. 이와 같이 품온이 급격히 상승된 송이는 12시 45분 임협의 송이공급소에 도착한 직후부터 다시 저하하여 $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ 의 온도범위로 유지되고 있었다. 18시 입찰이 완료된 송이버섯은 콘테이너 박스로 일반트럭에 3단 높이로 적재한 다음 20시경부터 익일 새벽 1시까지의 수출상사로 수송하는 중에는 외기 온도 및 바람의 영향으로 급속히 감소하는 경향을 보였다가 수출업체 도착시점에서는 외기온도인 $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 정지되는 상태를 보이고 있었다. 이와 같은 온도분포도로부터 송이버섯의 산지 유통 중 품질 저하가 심각히 고려될 수 있는 단계는 온도분포가 높게 나타난 산지에서 임협 공급소로 이송하는 단계와 임협의 송이공급소내의 보관단계에서 송이버섯의 품질저하가 많이 일어날 것으로 예상된다.

나. 송이 공급소내 적재된 송이주변 온도의 변화

임협의 송이공급소에서는 입하된 송이를 콘테이너 박스에 다량 적재하여 상온보관하고 있는데, 송이에서 발산되는 호흡열이 피부로 느낄 정도이어서 임협의 송이공급소 내에서도 다량의 품질저하가 예상되고 있다. 따라서 송이 공급소 내에 5단 적재된 콘테이너 박스를 상단, 중단, 하단에 thermometer를 장착하여 송이버섯이 들어있는 콘테이너 박스의 주변 온도변화를 Fig. 15~16과

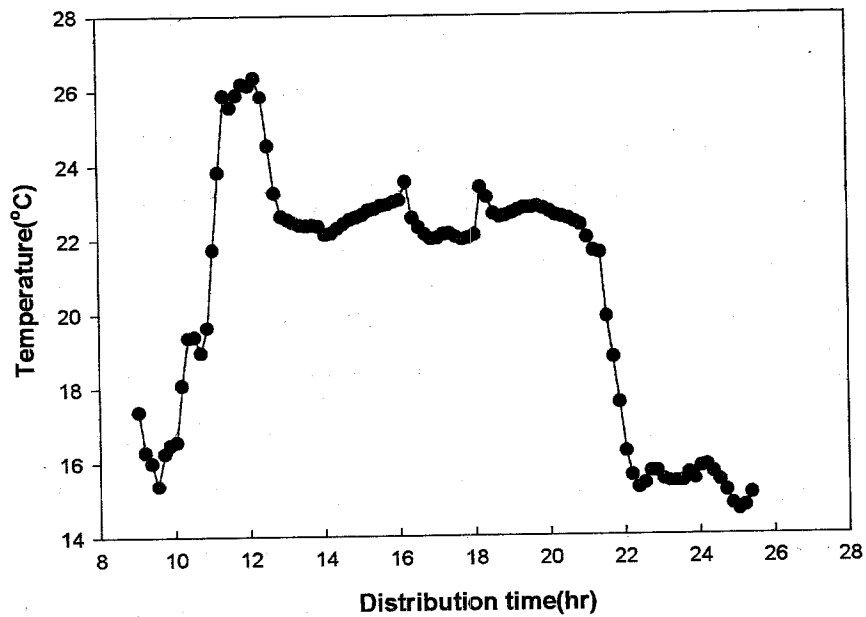


Fig. 14. Temperature changes in mushroom-collecting boxes during distribution at producing district

같이 조사하였다.

Fig. 15는 봉화 임협의 송이버섯 공급소 내에서 보관하고 있는 컨테이너 박스의 주변온도 분포도로서, 13시 03분부터 입찰 완료 후 수출상사로 출발하기 직전인 20시까지 측정된 결과이다. 공급소 도착 직후부터 집하량이 적었던 오후 3시까지는 21.2~22.7℃의 에서 19.3~20.8℃로 감소하였으나 집하량이 본격적으로 증가하기 시작한 오후 3시 이후 부터는 송이의 호흡열 및 품온상승으로 인하여 주변온도도 증가하기 시작하여, 출하직전인 오후 8시경에는 20.2~21.4℃로 다시 초기상태를 유지하고 있었다. 그러나 측정 시점에서 집하량이 비교적 적었던 Fig. 16의 울진 공급소 내에서는 상단부에 적재된 컨테이너 박스 주변온도만이 감소하는 경향을 나타내고 있었다.

또한 출하가 완료된 송이버섯을 상온트럭에 3단 적재한 후 수출상사 도착 시점까지의 수송 중 온도변화를 적재 단수별로 조사한 결과를 Fig. 17에 나타내었다. 송이버섯의 수송 중 바람의 영향으로 외기와의 노출이 심한 상단 및 중단 컨테이너 박스내 송이에서는 온도감소가 높게 나타난 반면 하단에 적재한 송이에서는 오히려 적재시점의 초기온도보다 증가하는 경향을 나타내다가 최종적으로 서서히 감소하는 경향이였다. 그러나 상온트럭으로 수송시 야간의 낮은 외기온도와 바람의 영향으로 송이버섯의 주변 온도가 많이 저하될 것으로 추측하였으나 실제적으로는 수출업체에서 감모율의 저하를억제하기 위하여 컨테이너 박스 외부에 비닐덮개를 한 관계로 주변 온도의 감소폭이 1.4~4.8℃로 크게 나타나지 않았다. 그러나 이와 같은 방법으로 송이버섯을 수송할 경우에는 송이의 품온과 외기와의 온도차이에 따라 송이버섯의 주변에 상당량의 결로가 형성될 가능성이 높으며, 이로 인하여 송이버섯에는 갈변이 상당량 진행됨과 동시에 품질손실의 우려가 크다. 특히 수출업체에서는 입하된 송이를 최종적으로는 표면의 물기를 제거하여야 하며, 표면 건조시 중량감소가 상당량 발생할 뿐만 아니라 저장 시에는 송이의 저장성을 저하시키는 원인이 될

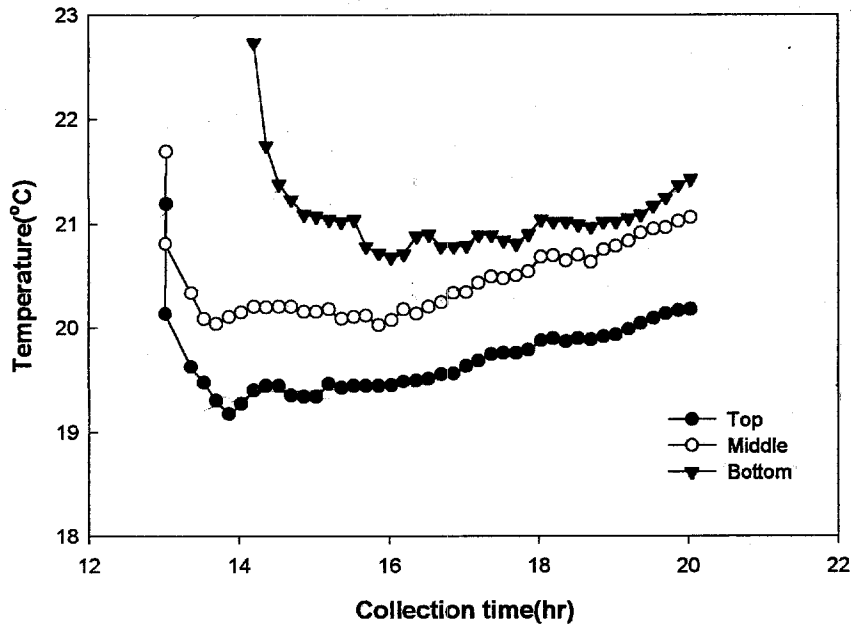


Fig. 15. Temperature changes in Bonghwa-jointmarket during collection of T.matsutake

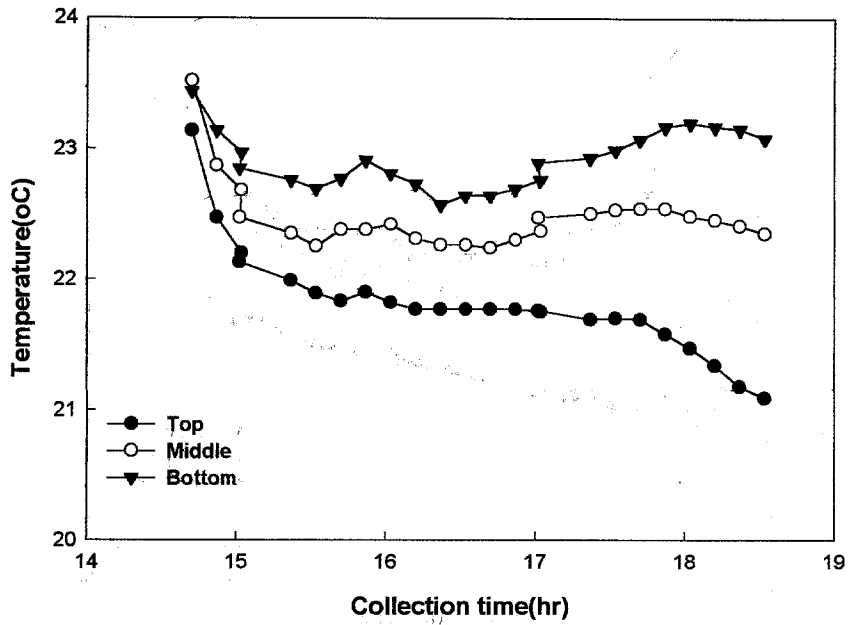


Fig. 16. Temperature changes in Wuljin-jointmarket during collection of *T. matsutake*

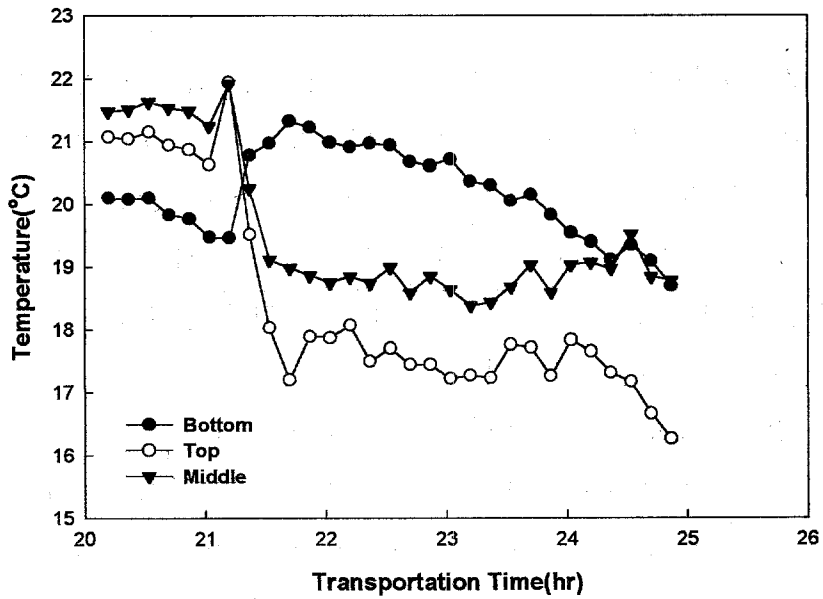


Fig. 17. Temperature changes of *T. matsutake* during transportation from jointmarket to export co.

수도 있다.

다. 산지 유통중 송이의 품온 변화

봉화지역과 울진지역에서 7시 경부터 채취한 송이를 PE용기에 넣고 09시부터 data logger로 측정한 송이의 잣과 조직내 품온 변화는 Fig. 18~19와 같다.

Fig. 18은 봉화지역에서 측정한 결과로서, 측정 초기의 송이버섯의 잣이 24.9℃로서 줄기의 24.5℃보다 높은 결과를 보였으며 특히 송이의 품온이 외기 온도 23℃보다 높은 결과를 보이고 있었다. 이러한 현상은 송이를 임협 공급소로 이동중인 11시 30분경 부터 용기내의 온도와 송이 조직간의 온도가 거의 평형상태에 도달한 다음 입찰 완료 후인 18시 30분 경부터 외기 온도가 송이의 품온을 초과하는 현상을 보이고 있었다.

Fig. 19의 울진지역에서 채취한 송이는 측정 초기의 외기 온도가 20℃로서, 잣의 17.2℃, 줄기의 18.7℃보다 높은 현상을 나타내었는데, 이송 1시간 후인 오전 10시경부터는 송이의 품온이 외기 온도보다 증가하기 시작하였으며 특히 송이공급소에서는 외기온도와 4℃정도나 차이가 날 정도로 임협 보관소에서 절정에 달한 다음 서서히 감소하는 경향을 나타내고 있었다.

이와 같이 측정 초기에 송이의 품온과 외기 온도의 차이가 나는 경향이 지역별로 달랐던 원인은 봉화지역에서 채취한 양과 채취에 소요되는 시간이 울진 지역에서 보다 많고 길었기 때문에 봉화산 송이의 품온이 외기 온도보다 높았던 것으로 판단된다.

또한 채취한 송이의 이동 및 보관 시 소요되는 1일 동안의 산지 유통 중 송이의 품온은 20~24℃정도로 매우 높은 온도에 방치되는 현상을 보이고 있었는데, 특히 송이의 품온이 Fig. 19의 송이 공급소에서 최대치로 상승하는 경향을 나타내었다. 품온의 상승은 송이의 호흡작용을 촉진하는 결과로 연결되며,

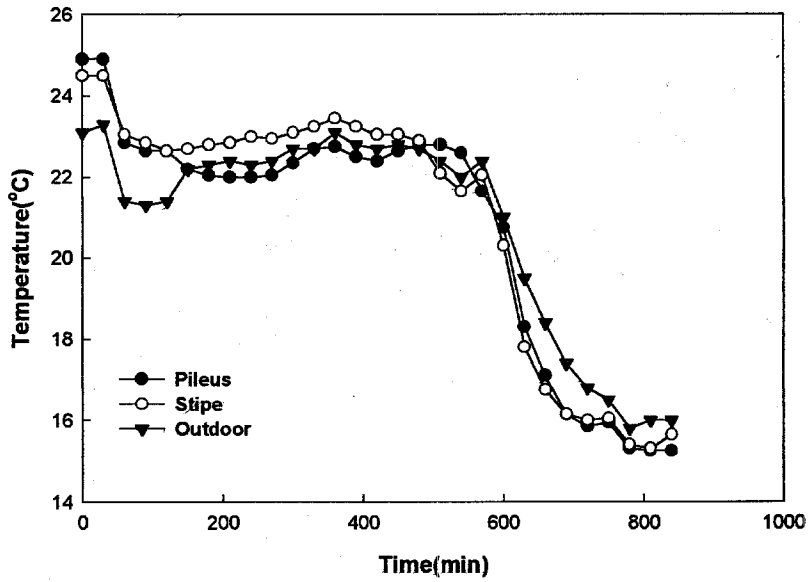


Fig. 18. Temperature changes inside *T. matsutake* during distribution at Bonghwa producing districts

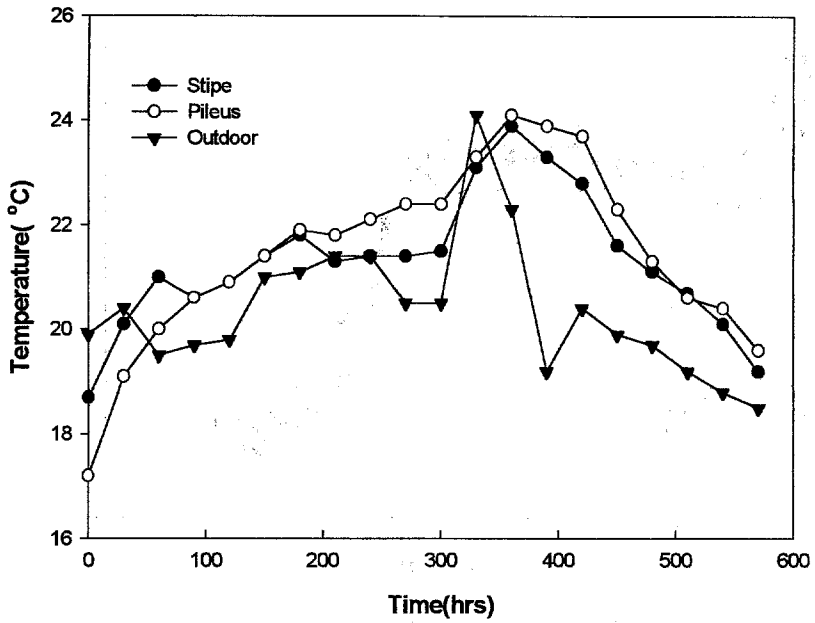


Fig. 19. Changes of inner temperature of T.Matsutake during distribution at Wuljin producing districts

수확된 상태에서의 송이의 호흡작용은 자체 성분의 분해결과로서 야기됨으로써, 결국에는 품질저하와 더불어 감모율이 다량 발생하여 채취인들 뿐만 아니라 국가적인 경제적 손실을 야기시키고 있다. 따라서 값비싼 송이의 감모율을 억제하고 품질(신선도)을 유지하기 위한 첫 단계로서는 공급소 내의 보관창고를 저온저장시스템으로 긴급히 전환시켜야만 할 것이다.

라. 산지 유통 중 감모율의 변화

송이 산에서 버섯을 채취한 직후부터 수출업체 도착 시까지의 산지 유통 중 발생하는 감모율은 채취용기의 종류, 채취량, 외기 온도 등 여러 요인에 의하여 결정된다. 본 실험에서는 일반적으로 채취인들이 송이버섯의 운반 수단으로서 가장 많이 이용되고 있는 PE 필름을 사용하여 채취에서부터 수출상사 도착 시까지 감모율의 변화를 Fig. 20과 같이 조사하였다. 봉화지역(최고온도 21.4℃)에서는 새벽에 채취한 송이를 9시부터 중량을 측정 후 PE 필름에 넣고 실제 유통하는 방법으로 조사한 바, 송이 공급소 도착시점인 오후 1시경에는 약 3%의 감모율이 발생하였고, 대부분의 채취인들이 가장 많이 집하하는 시점인 오후 2시경에는 9.3%의 높은 중량 손실율이 나타났다. 공급소에서 선별, 입고한 후 입찰 완료시점인 18시에는 12.6%로 나타나, 일반 상온창고에서 송이버섯을 보관하고 있는 공급소 내에서 약 3.3%의 중량손실이 나타나고 있었다. 이와 같이 산지 유통 중 발생하는 송이버섯의 중량 손실율은 전체적으로 약 13.98%로 매우 높은 실정이었다고, 특히 채취인들이 입협 공급소로 운반 중과 공급소내의 보관창고에서 가장 높은 감모율이 발생하는 것으로 나타나, 이에 대한 대책이 요구되었다.

마. 색택변화

산지에서 채취 직후부터 수출상사 선적시까지 송이버섯의 갓과 줄기부위의

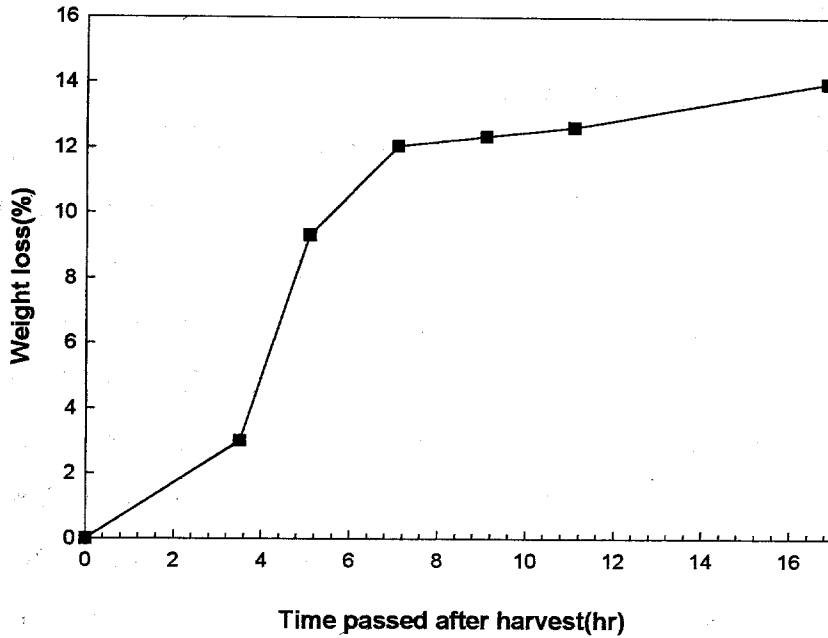


Fig. 20. Weight changes of *T. matsutake* after harvest to arrival of export co.

Table. 11. Surface color changes of *T. matsutake* during distribution in producing districts

Time (o'clock)	Pileus			Stipe		
	L	a	b	L	a	b
09	43.5	9.5	20.5	78.9	1.2	18.2
13	41.0	10.3	19.0	78.2	1.2	20.0
16	41.4	9.5	18.0	78.5	1.0	20.3
18	40.2	9.1	16.9	77.6	1.3	21.8

Hunter color의 변화를 Fig. 11과 같이 조사한 결과, 오후 1시경부터 갓의 밝기(Lightness)와 적색도(a-value)가 감소하는 경향인 반면, 줄기에서는 L-value가 입찰완료시점인 18:00에 약간 감소할 뿐 두드러진 갈변효과는 없었다. 따라서 송이버섯의 산지 유통 중 색의 변화가 우려되는 부분은 줄기보다 갓 부분이 심각하게 나타났으며, 그 변화정도는 오후 1시경으로 주변온도 및 송이의 품온이 증가하고 감모율이 급속히 증가하는 시점과 일치하는 결과를 보였다.

여 백

제 4 장. 송이버섯의 품질특성

제 1절 서설

현재 송이는 산지에서 채취한 후 임협에서 인력선별로 등급화하여 수출상사에 공판하고 있다. 송이의 등급기준은 송이의 길이와 갓의 형태에 따라 분류하고 있는데, 1등급은 길이가 8cm이상이고 갓이 전혀 퍼지지 않은 상태의 송이를, 2등급은 1등과 동일한 크기의 것으로서 갓이 1/3이내 퍼진 상태를, 3등급은 길이가 6cm미만으로 크기가 특히 작고 품질이 양호한 생장 정지품과 갓이 1/3이상 퍼진 개산품을 함께 분류하고 있으며, 더불어 형태가 기형이거나 파손된 것 또는 벌레먹은 것을 등외품으로 규정하고 있다. 이와 같은 등급규격은 송이의 품질적 차이라기보다 채취시의 생장정도 즉, 크기 및 형태에 기초한 것이나, 등급 구분에 따른 송이버섯의 품질차이에 대한 조사보고는 지금까지 거위 실시되지 않고 있는 실정이다. 따라서 현재 소비자에 각인되어 있는 송이버섯은 주로 1~2등급에 한정되어 있으며, 생장정지품이나 개산품과 같은 3등급의 송이버섯에 대한 형태적 특성은 무시되고 있는 실정이다. 이와 같은 경향은 송이버섯의 등급별 가격차이를 심화시키는 결과로 연결될 수도 있다. 현재 송이버섯의 등급별 가격차이는 1등급 기준으로 2등급이 약 65%, 3등급 생장정지품이 약 30%, 개산품이 18%수준으로 등급별 가격차이가 매우 심한 특성을 지니고 있다. 따라서 채취인이 송이버섯을 적기에 채취하지 못할 경우 농민의 소득 손실이 크게 야기될 뿐만 아니라 3등급 이하의 저등급의 송이에는 입찰 가격이 매우 낮게 책정되는 경향으로 인하여 채취인들의 취업 부주의를 야기시켜 운반 중 갓의 파손 등 품질 손상을 더욱 심화시킬 수 있으며 또한 송이 가공제품의 생산이 산업화되어 있지 않는 관계로 채취단계에서 단

순 소비되어 버리는 경향도 있다.

따라서 본 장에서는 지금까지 실시된 적이 없는 송이버섯의 등급별 품질차이를 조사하고자 하였으며, 이 결과는 현행 송이버섯의 등급구분을 위한 기초자료로서 이용함과 아울러 저등급 송이버섯의 활용성 증대와 가공제품 개발을 위한 기초자료로서 활용할 수 있을 것이다.

제 2절 결과 및 고찰

1. 생리적 특성

가. 호흡특성

송이버섯을 여러 온도에서 저장하면서 시간의 경과에 따른 호흡량을 측정 한 다음 각 온도에서의 호흡속도를 산출한 결과는 Fig. 21과 같다. 각 온도에서의 호흡속도는 1°C에서 $48.58\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$, 5°C $53.30\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$, 15°C에서 $102.09\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$, 20°C에서 $149.11\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 로 측정되었으며, 산지에서 직접 채취하여 입찰완료시점까지 실제 유통 중 송이의 호흡속도는 $164.11\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 으로서 20°C보다 약간 상회하는 수준이었다.

일반적인 유통온도대인 20°C에서 양송이의 $256.4\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$, 표고버섯의 $915\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$, 느타리의 $490.4\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 로 보통 버섯의 호흡속도(11)가 200~500 $\text{ml} \cdot \text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 임을 고려하여 보면 송이버섯의 호흡속도는 비교적 낮은 경향을 보여 산지에서 선도유지기술만 접목할 수 있으면 일반 버섯류보다 저장성을 더욱 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

또한 송이버섯의 유통온도에 따른 호흡속도는 20°C가 1°C의 약 3.1배, 15°C가 5°C의 1.9배로, 온도가 증가할수록 호흡속도는 증가하는 것으로 조사되었으나, 5°C와 1°C사이에서는 호흡속도의 차이가 10%정도로 거의 없는 것으로 나타나, 가급적 저온으로 유지하는 것이 호흡속도 증가에 따른 선도저하를 억제할 수 있음을 알 수 있다.

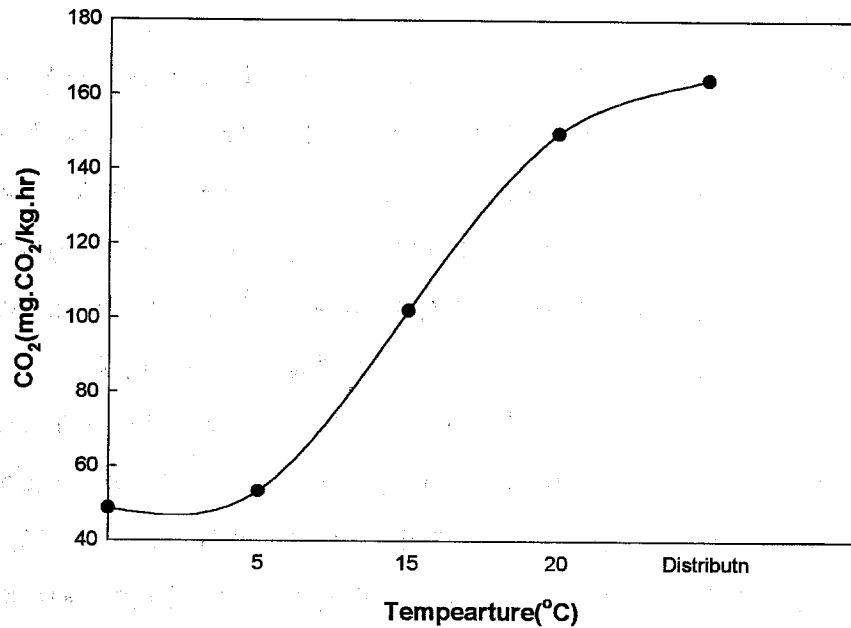


Fig. 21. Respiration rate of *T. matsutake* at different distribution temperatures.

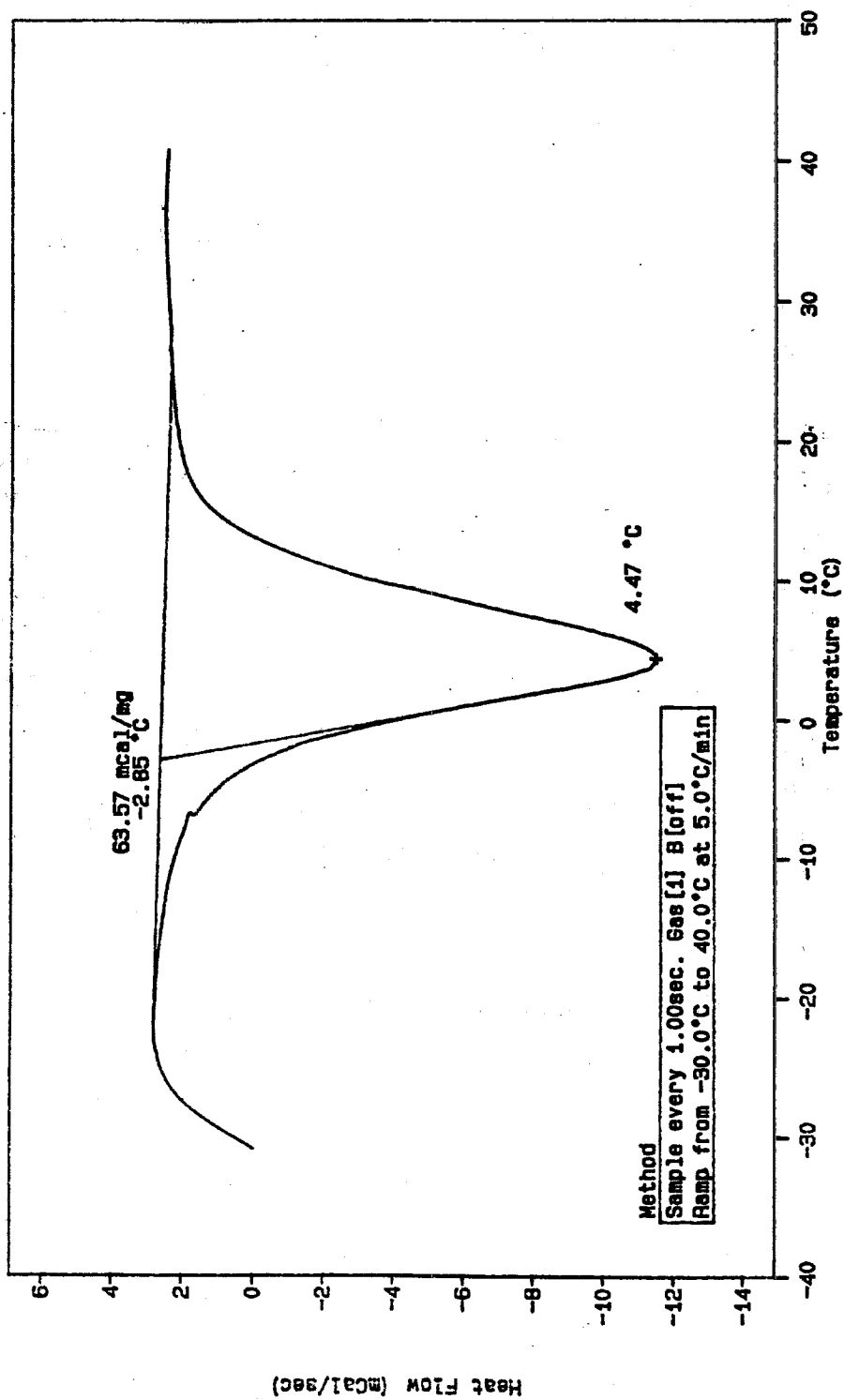


Fig. 22. Cooling curve of *T. matsutake* by DSC method

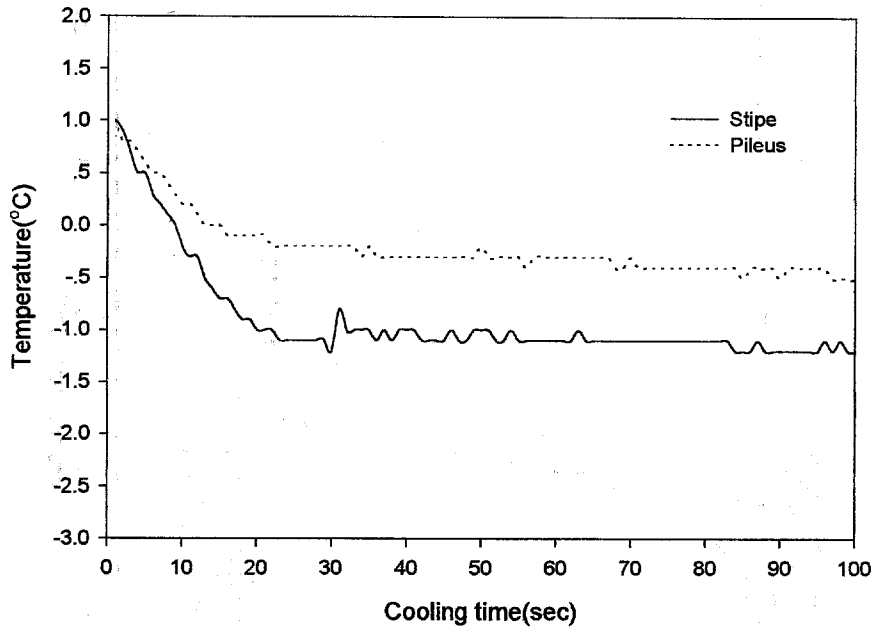


Fig. 23. Cooling curve of *T. matsutake*

나. 빙결특성

송이버섯의 빙결점은 DSC method와 Backman method(33)에 의하여 측정 한 다음 실제 송이버섯을 각각의 방법에 따라 결정된 온도에 저장하면서 빙결 상태를 조사하여 결정하였다. 먼저 Fig. 22의 DSC method에서는 냉동된 송이절편을 5°C/min의 속도로 가열하였을 때의 상 변화가 일어나는 용융점을 열량으로 측정하여 환산한 관계로 빙결점이 -2.85~-4.09°C로 폭 넓게 나타난 반면 송이버섯의 조직 내에 thermocouple을 연결하여 시료의 온도를 1분 간격으로 저하시키면서 Backman method로 측정한 경우는 Fig. 23과 같이 -0.4~-0.9°C로 조사되었었다. 또한 송이버섯을 -1°C의 저장고에 실제 방치한 결과 부분 동결 현상이 일어나는 것으로 조사되어 송이버섯의 저온 저장시에는 저장고의 온도편차를 고려하여 저장고의 온도 최저치가 -1°C를 초과하지 않도록 하여야 할 것이다.

2. 품질특성

가. 일반성분

송이의 등급별 일반성분을 조사한 결과는 Table 12와 같다. 수분 함량은 전체적으로 87.5% 정도의 수준이었으나 등급별로는 채취 당시 품질이 가장 양호한 1등급이 88.0%로서 가장 높았고 등급이 낮아질수록 수분 함량은 감소 되는 경향이였다. 이와 같은 결과는 현재 송이의 등급이 채취시의 성장상태에 따라 분류되어 있어, 저등급 일수록 햇빛에 노출된 시간이 길어지기 때문에 자연적인 건조 효과에 기인한다고 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 조지방 및 조회분의 경우에도 나타나는 데, 생육이 불충분한 성장정지품을 제외하고서는 등급이 낮을수록 이들 함량이 높아지는 결과를 보이고 있었다. 이는 수분

의 경우와 같이 일건되는 과정에서 수분과 함께 가용성 성분의 증발에 따라 지방 및 조회분이 약간씩 증가하는 것으로 해석 될 수 있는데, 조지방은 약 0.5% 및 1%의 등급별 차이를 나타내었으나 회분은 전체적으로는 평균 8.4%로서 거의 고른 분포를 보이고 있었다.

조단백질 함량은 평균 18.834%로서 등급과 상관되는 경향은 나타나지 않았으며, 2등급이 17.6%로 가장 낮았고 생장정지품이 20.1%로서 가장 높은 수준을 보이고 있었는데, 이는 등급별 차이라기 보다는 송이의 개체차이라고 할 수 있다.

또한 조섬유의 경우에는 1등급이 6.244%로서 가장 높은 반면 2등급이 5.686%, 3등급이 5.734%로서 등급이 낮을수록 그 함량도 낮게 나타나고 있었는데, 이는 저등급일수록 숙성도가 높은 점을 고려하면, 이러한 결과는 수분의

Table 12. Proximate compositions by grade of T. matsutakes
(unit :%)

Grade	First	Second	Third	
			개산품	생장정지품
Moisture	88.0	87.9	87.0	87.1
Crude Protein*	19.0	17.5	18.7	20.1
Crude Fat*	2.2	2.7	3.7	2.5
Crude Ash*	8.0	8.3	8.8	8.7
Crude Fiber*	6.2	5.7	5.7	5.2
Polyphenol*	1.1	1.2	1.4	1.4
Browning index	17.1	18.8	28.3	15.4

* dry weight basis

증산과 달리 조직 자체내에 함유되어 있는 pectinase와 같은 각종 섬유질 분해효소의 작용에 의한 결과로 유추할 수 있다.

따라서 Table 12와 같은 결과에서 송이의 등급별 품질차이는 채취시기의 지연과정에 동반하는 결과로 볼 수 있으며, 외기노출 시간이 장기화된 저등급일 수록 수분 및 각종 가용성 성분의 증발과 섬유소의 감소현상이 심화되는 것을 알 수 있다.

나. 송이의 조직특성

Table 13은 송이의 갓과 줄기에 대하여 texture analyzer로 조사한 결과로써, 송이의 품미성분과 더불어 중요한 기호성분의 하나인 조직감의 차이를 등급별로 살펴보고자 하였다.

갓의 경우에는 1등급이 549.2kg으로 생장정지품의 536.3kg과 유사한 정도를 나타낸 반면 2등급에서는 622.9kg으로 가장 단단한 상태를 보이고 있었고 개산품이 438.8kg으로 가장 연약한 상태를 보여주고 있었다. 이와 같은 결과로 볼 때 송이가 지상에서 돌출할 당시에는 갓의 조직이 부드러운 상태에서 2등급 상태로 시간이 경과함에 따라 어느 정도의 건조과정으로 표면의 수분증발로 표면경화 현상에 의해 조직이 단단해진 반면 3등급의 개산품으로 열화됨에

Table. 13. Texture properties by grade of *T. matsudakes*
(unit : kg)

Grade	First	Second	Third	
			개산품	생장정지품
Pileus	549.2±144.5	622.9±149.5	438.8± 64.8	536.3±145.0
Stipe	615.5±101.8	625.2±152.2	533.8±103.2	461.4± 32.5

따라 조직의 결합력이 매우 낮아지는 결과로 유추된다.

즐기의 경우에도 갓의 경도와 등급별로 유사한 경향을 보여주고 있으나 생장정지품을 제외하고는 등급에 관계없이 갓의 경도보다 더 단단한 상태를 나타내고 있었다. 생장정지품에서는 갓의 경도는 1등급과 유사한 상태였으나 즐기에서는 가장 낮은 461.4kg을 보여주고 있었는데, 이러한 생장정지품의 조직감 측정 결과는 3등급의 개산품의 것과 달리 성장과정에서 조직의 노화현상에 기인되는 것이 아닌 조직 자체의 부드러운 상태에 기인하는 것이 아닌가 생각된다.

다. 송이의 가밀도

송이버섯의 등급에 따른 부피변화를 조사하기 위하여 단위 중량당 부피변화를 가밀도의 방법으로 측정한 결과는 Table 14와 같다. 등급별로는 1등급 및 2등급 송이가 가장 높게 나타난 반면 생장정지품은 0.76ml/g로 가장 낮게 나타났다. 그러나 송이버섯의 적재시 공간 점유율이 가장 높은 개산품의 경우에는 0.93ml/g으로 1~2등급 송이보다 오히려 낮게 나타나고 있었는데, 이는 측정방법에서 실제 송이버섯이 차지하는 부피만을 이용한 결과에 기인하는 것으로 판단된다.

Table 14. Density changes by grade of *T. matsutakes* (ml/g)

First	Second	Third	
		개산품	생장정지품
1.01	1.09	0.93	0.76

라. 송이의 유리당 및 당알콜 함량

일반적으로 버섯에는 trehalose, mannitol, arabitol, glucose와 fructose 등의 탄수화물이 함유되어 있으며, 특히 trehalose, arabitol, mannitol이 주요 구성당류로서 각 탄수화물의 함량은 성장 기간동안 변화되고 갓과 자루 간에도 뚜렷한 차이를 나타내는 것으로 보고되고 있다(36). 송이버섯의 경우에는 HPLC로 분석한 결과 Table 15에서 보는 바와 같이 trehalose와 mannitol만이 검출되어졌는데, 총 함량에 있어서는 1등급이 가장 많이 함유된 반면 등급이 낮아질수록 유리당 및 당알콜의 함량 또한 낮아지는 경향이였다. 이와 같은 결과는 황등(37)이 팽이버섯을 대상으로 하여 조사한 결과에 따르면 mannitol은 버섯의 성장 중인 포자내에서는 호흡기질로 작용하지 않는 것으로 검토한 바 있어, 송이버섯의 유리당 및 당알콜이 등급별로 차이가 나는 것은 확실하지 않으며, 향후 버섯의 성장 중과 수확 후의 변화양상을 검토하여 결정할 필요가 있다.

마. 유리 아미노산 함량

버섯의 유리아미노산은 nucleotides와 함께 구수한 맛에 관여하는 풍미성분

Table 15. Free sugar and sugar alcohol by grade of T. matsutakes
(unit :%, dry basis)

Sugar & alcohol	First	Second	Third(H)	Third(K)
Mannitol	3.96	3.95	3.74	4.01
Trehalose	6.33	6.14	5.84	5.09
Total	10.29	10.09	9.58	9.10

의 하나로서, 영양적이면서도 약리적인 의의를 가진다. 국내에서 조사된 식용 버섯들 중에서 송이버섯의 유리아미노산(38)은 솜떡물버섯, 양송이버섯, 들버섯, 느타리버섯 다음으로 많이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 송이버섯의 유리아미노산의 조성 및 함량을 등급별로 조사한 바, 그 결과는 Table 16과 같다. 송이버섯의 유리 아미노산의 함량은 등급별로 1등급의 $2327.81\mu\text{g/g}$ 에서 3등급의 생장정지품의 $1192.98\mu\text{g/g}$ 의 범위에 있었으며, 1등급에서 저등급으로 갈수록 총 유리아미노산의 함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 송이버섯의 유리 아미노산의 조성을 등급별 살펴보면 1등급의 경우에는 arginine, alanine, glycine, glutamic acid의 함유량이 많았던 반면, 2등급에서는 arginine, alanine, glycine, leucine이, 3등급의 개산품에서는 arginine, alanine, glycine, cystine, 3등급의 생장정지품에서는 arginine, glycine, glutamic acid, aspartic acid가 주요 유리아미노산을 형성하고 있었다. 따라서 송이버섯의 주요 유리아미노산은 생장이 불충분하였거나 생장이 정지된 송이버섯을 제외하고는 arginine, alanine, glycine이 등급에 관계없이 주요 유리아미노산을 구성하고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 버섯의 주요 유리아미노산은 glutamic acid, aspartic acid 및 그외의 amides로 알려져 있는 데(11), 송이버섯의 경우에는 국내에서 표 등(38)의 결과에 따르면 arginine, alanine, glutamic acid와 threonine으로 보고된 바 있으며, 일본에서는 佐藤등(39)이 glutamic acid, glutamin, alanine, arginine이 주요 유리아미노산을 형성한다고 한 바 있다. 이와 같이 동일 종의 송이버섯에서도 유리아미노산의 조성 및 함량이 약간씩 차이가 나는 것은 분석방법이나 시료의 확보방법 및 시기등의 차이에도 기인하나 재배조건, 생육단계, 수확시기 및 수확 후의 취급방법 등에 따라 많은 차이가 있는 것(40)으로 알려져 있다. 또한 버섯의 유리아미노산은 노화과정에서 증가하는 것으로 보고한 南出등(11)의 결과에 따르면 Table 15의 저등급의 송이버섯에서 유리아미노산 함량이 적게 나타난 것은 생육과정에

Table 16. Free amino acids by grade of T. matsutakes

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

Free amino acids	First	Second	Third(H)	Third(K)
Aspartic acid	70.03	48.21	39.79	110.81
Glutamic acid	174.22	115.17	95.22	123.60
Serine	168.98	138.30	102.62	73.42
Glycine	192.66	181.49	137.47	151.10
Histidine	121.76	104.15	82.37	69.60
Arginine	308.45	252.14	207.42	155.08
Threonine	149.03	132.76	109.25	65.19
Alanine	234.56	191.02	159.20	90.76
Proline	95.63	84.68	73.38	46.99
Tyrosine	102.65	81.19	73.39	40.99
Valine	117.75	103.97	86.23	33.48
Methionine	25.44	-	-	18.76
Cystine	31.15	39.78	149.96	14.89
Isoleucine	91.34	80.20	66.95	21.89
Leucine	169.81	148.16	129.40	45.22
Phenylalanine	135.86	119.21	103.68	63.46
Lysine	164.55	116.21	79.80	67.75
Total Amino Acid	2327.81	1936.66	1696.14	1192.98

서의 차이로 판단되며, 품질적인 저급함을 나타내는 것은 아닌 것으로 추측된다.

마. 지방산 함량

Table 17. Free fatty acids by grade of *T. matsudakes*

(unit : %, dry basis)

Fatty acid	First	Second	Third(H)	Third(K)
C15:0	0.028	0.028	0.022	0.028
C16:0	0.211	0.237	0.280	0.222
C18:0	0.236	0.249	0.256	0.255
C18:1	0.323	0.665	2.236	0.352
C18:2	1.933	1.911	1.384	2.044
Total	2.731	3.091	4.177	2.901

송이의 지방산 함량은 Table 17과 같이 조사되었다. 송이의 유리 지방산에는 불포화지방산 함유량이 등급별로 전체 지방산의 82.6~86.7%범위로 매우 높게 존재하고 있어, 저장중 지질 산패의 원인이 되기도 하며, 건강식품으로서 각광을 받고 있는 원인이 되기도 한다. 주요 지방산 성분으로는 pentadecylic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid 등이 검출되어졌다. 등급별로는 송이버섯의 생장시 외기노출시간이 많았던 3등급 개산품이 가장 많이 함유되어 있었고 비교적 부드러운 조직의 1등급과 생장정지품의 경우에는 상대적으로 함유량이 낮게 나타났다.

바. 무기질 함량

송이버섯의 무기질 함량은 일반 버섯류에 비하여 타 버섯류와 비교가 되지 않을 만큼 다량 함유되어 있는 데, 그 중에서도 칼륨(40)은 느타리의 10배, 양송이의 약 40배 정도, 목이버섯의 약 3배정도 다량 함유되어 있었고, 철분 또한 타 버섯류와 10배 정도로 현격한 차이를 보여주고 있었다. 등급별로는 일등급과 생장정지품보다 2등급과 3등급의 개산품에 약간 많이 함유되어 있는

Table 18. Mineral contents by grade of T. matsutakes

(unit : mg%, dry basis)

Mineral	First	Second	Third(H)	Third(K)
Ca	16.31	20.27	18.58	19.49
P	311.19	307.64	337.57	351.40
Fe	48.02	58.65	37.55	61.85
Na	147.35	122.44	347.56	257.96
K	3039.81	3313.01	2986.18	2681.19
Mn	1.24	1.67	1.23	1.76
Total	3564.00	3823.67	3728.66	3373.66

것으로 조사되었다. 특히 일반적인 버섯의 대표적인 무기질인 칼륨의 경우에는 3등급보다 일등급과 2등급의 고품위 송이에 다량 함유되어 있는 것으로 조사되었는데, 칼륨(42)은 버섯중에서 K₂O의 형태로서 존재하고 있는데, 이 칼륨은 혈중의 식염농도를 저하시키는 고혈압 예방작용이 높은 것으로 알려져 있다.

사. 송이의 향기성분

송이버섯의 등급별로 형태적 차이가 크게 나타나는 일등급 송이버섯과 개산품 및 생장정지품을 대상으로 하여 향기성분을 GC-MS로 측정된 결과는 Fig. 24-26와 같으며, 이 결과를 Table 19와 같이 성분별로 정리하였다. 송이버섯의 향기성분은 87개의 peak가 검출되어 졌으며 이중에서 총 18개의 성분을 library를 통하여 동정할 수 있었다. 송이버섯의 주요 향기성분들은 등급 및 형태에 따라 약간의 차이가 있었는데, 일등급의 경우에는 RT 7.96분의 3-octen-ol, 33.61분의 Morphine silyliert, 44.92분의 N,N- bis-benzamide,

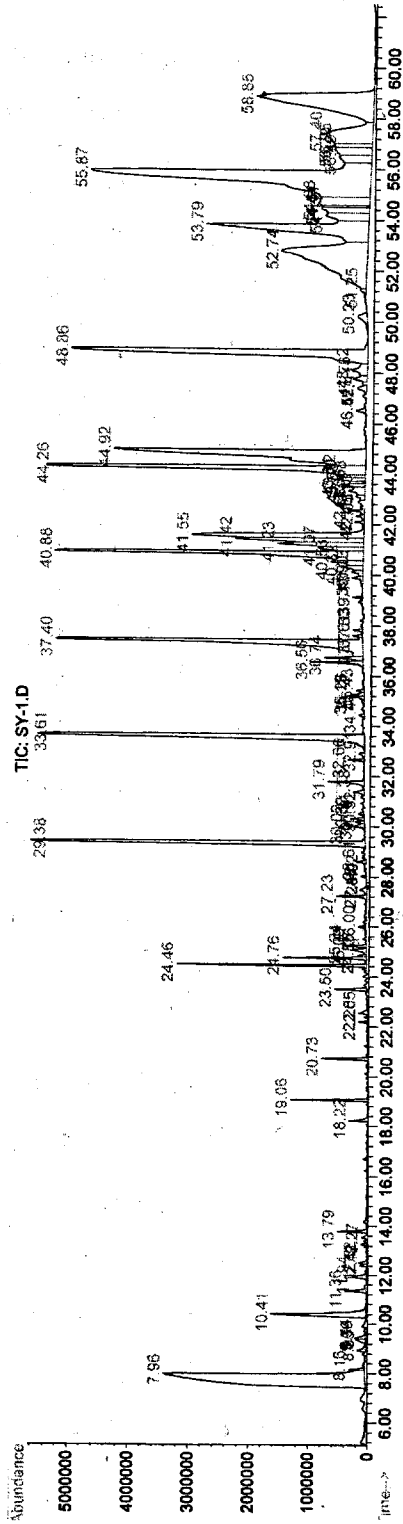


Fig. 24. Chromatogram of flavour compounds of first-grade in T. matsutake

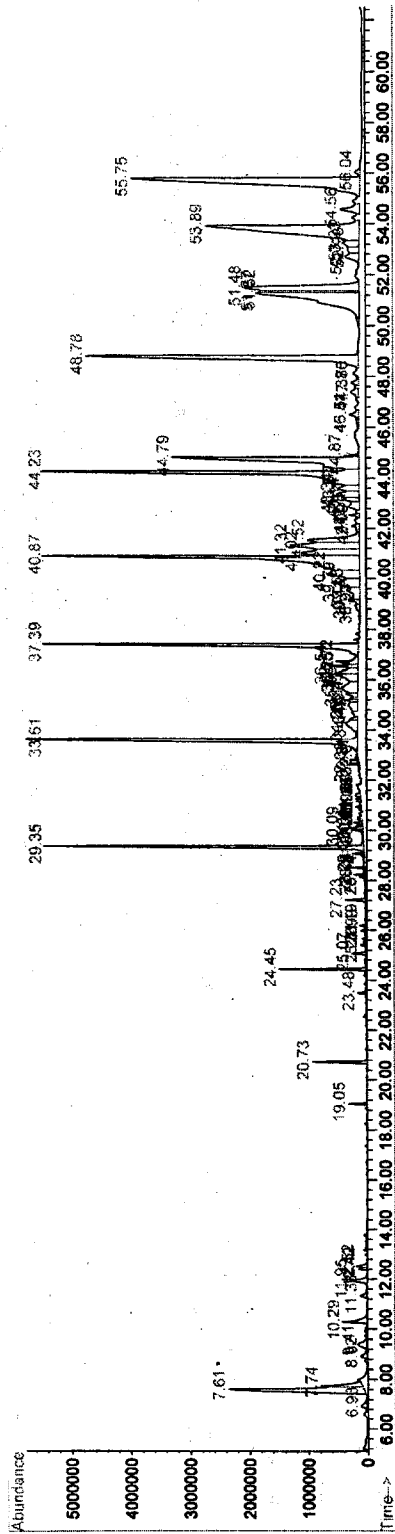


Fig. 25. Chromatogram of flavour compounds of Hirake in *T. matsutake*

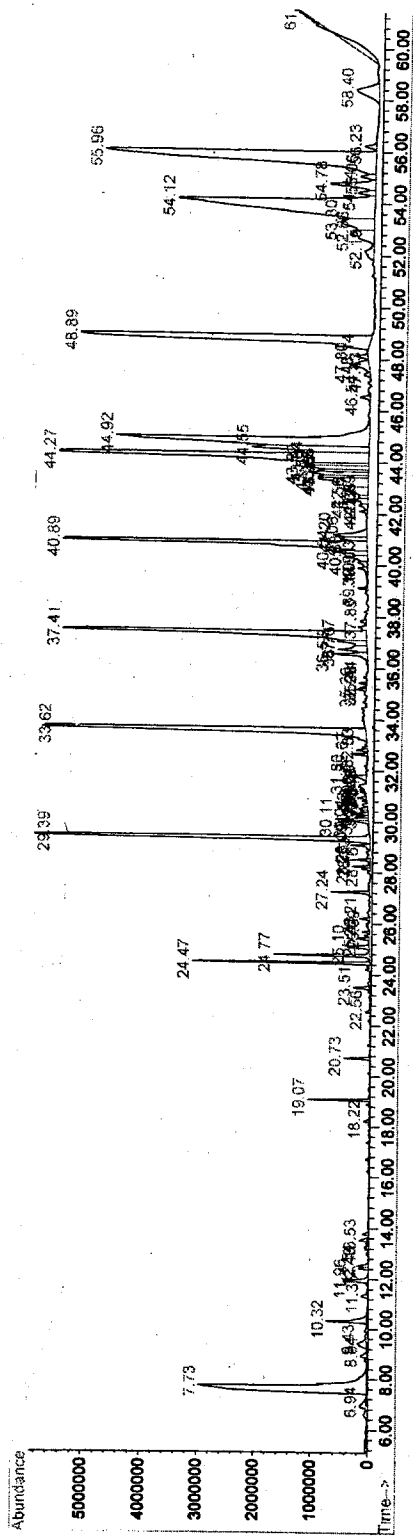


Fig. 26. Chromatogram of flavour compounds of Kora in *T. matsutake*

Table 19. Flavor characteristics by grade of T. matsutake

No	RT	Name	Grade(area%)		
			First	Hirake	Kora
1	6.94	Cyclohexane	-	0.16	0.14
2	7.96	1-Octen-3-ol	7.74	3.34	5.64
3	7.61	3-Octanone	-	0.64	-
4	10.41	2-Octen-1-ol	1.12	0.39	0.49
5	11.36	Linalool	0.13	0.12	0.08
6	13.79	5-decanone	0.16	-	-
7	18.22	N,N-dibutyl-formamide	0.12	-	0.05
8	19.06	dodecamethyl-cyclohexasiloxane	0.35	0.14	0.35
9	20.73	methyl-3-phenyl-2-propenoic acid	0.25	0.49	0.18
10	23.50	unknown	0.94	0.09	0.14
11	24.46	tetradecamethylcycloheptasiloxane	0.94	0.67	1.12
12	24.76	2,6-bis-phenol	0.43	-	0.67
13	27.23	2-methyl-propanoic acid	0.17	0.20	0.28
14	29.38	1,3,5,7-tetraethyl-1-ethylbutoxysi	3.75	4.10	4.91
15	31.79	BHT-aldehyde	0.25	-	0.21
16	33.61	Morphine silyliert	5.02	5.98	6.53
17	35.19	Nonadecane	0.13	-	0.08
18	36.56	unknown	-	0.38	0.43
19	36.73	1,2-Benzenedicarboxylic acid	0.29	0.42	0.50
20	37.40	Eicosamethylcyclodecasiloxane	4.83	5.24	5.84
21	40.88	Tetracosamethylcyclododecasiloxane	4.16	8.28	5.35
22	44.26	octadecamethylcyclonasiloxane	4.78	7.46	7.75
23	44.92	2-chloro-1-ethanone	6.53	5.52	7.78
24	48.86	7-bromomethylcarbamaeseroline	6.08	6.99	8.02

eseroline등이 각각 전체 peak area의 7.7%, 5.0%, 6.3%, 6.1%로 가장 높은 함유율을 차지하고 있었다. 古間등이 송이버섯의 주요 향기성분으로 보고한 1-octen-3-ol은 본 연구에서도 일등급 송이버섯의 경우 가장 많이 함유된 향기성분으로 나타났으나, 개산품과 생장 정지품에서는 그 함량이 낮게 나타나고 있었다. 특히 개산품의 경우에는 일등급과 생장 정지품에 검출되지 않았던 3-octanone 등의 성분이 검출된 것으로 미루어 1-octen-3-ol이 일등급에서 개산품으로 생장함에 따라 자연적인 분해가 일어난 것으로 추측되어졌다.

제 5 장 전처리 기술 개발

제 1 절 서설

버섯은 일반 청과물과 같이 수확한 후에도 생명현상을 유지하기 위하여 호흡작용을 지속하고 있다. 일반적으로 호흡작용은 유리산소의 존재 하에서 자체 성분, 특히 당이나 유기산을 분해하여 CO₂와 물, 에너지, 유기 휘발산을 방출하고 있으며, 생성된 탄산가스 1g에 대하여 약 2.5kcal의 열을 발생시킴과 동시에 약 0.4g의 물을 증산하고 있다(21)

청과물의 호흡작용은 온도, 습도, 가스환경, 미생물, 광선 등과 같은 환경요인에 좌우되지만 이 중에서도 온도의 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다. 온도와 호흡작용의 관계에 대해서는 온도가 상승하면 호흡속도는 지수함수적으로 상승하여, 청과물의 종류에 따라 차이는 있으나 대개 온도가 10℃ 상승할 때마다 호흡속도는 2~4배 증가한다(22). 이상과 같이 호흡작용은 그 자체의 온도에 의존하고 있는 동시에 발열작용이기 때문에 호흡이 왕성한 청과물을 그대로 보존하면 호흡열에 의하여 청과물의 품온이 상승하여 호흡속도가 빨라지게 되고 호흡속도의 증가는 호흡열의 축적을 야기시켜 다시 품온을 상승시키는 악순환 관계를 유지하게 됨으로써, 그 결과 조직내 성분의 분해가 가속화되고 수분의 증산도 증대되어 결국에는 청과물의 품질을 현저히 저하시키는 작용을 한다. 따라서 수확한 청과물의 선도를 유지하기 위해서는 수확 직후 가능한 한 빨리 품온을 저하시켜 호흡을 억제할 필요가 있다.

특히 버섯은 호흡작용이 왕성한 작물로서 호흡량이 다른 원예작물보다 상당히 높은 수준이어서 버섯의 저장수명은 상대적으로 매우 짧은 특성을 지니고 있다. 송이버섯의 경우에도 왕성한 호흡작용으로 인하여 1일 동안의 채취단계

에서도 중량감소율이 15~20% 정도로 매우 높게 발생하고 있을 뿐만 아니라 맛과 향의 소실, 수분증산, 색의 변화 등의 선도저하와 높은 품온 상승으로 인한 결로(땀맺힘 현상), 짓무름 등의 형태적 변화가 일어나게 되며 결국에는 노화, 위조 및 미생물에 의한 부패등으로 상품성을 소실하게 된다

따라서 본 장에서는 송이버섯의 선도연장을 위해서는 수확 직후의 호흡율을 억제할 수 있는 전처리 기술이 필요하였으며, 특히 송이버섯의 유통과정에서 품질손실이 많이 나타나는 채취 단계와 임협 송이공급소에서의 보관단계를 구분하여 전처리 기술을 적용하고자 하였다. 채취단계에서는 호흡작용을 억제하기 위해서는 산악지역에서 손쉽게 적용될 수 있는 빙냉(氷冷)처리에 의한 선도유지기술과 인위적인 환경가스를 조절하는 Active MAP방법을 적용하였으며, 송이공급소에서 적용할 수 있는 전처리 기술로는 차압예냉과 진공예냉 방식에 의한 예냉처리방법을 적용하여 각각의 예냉처리 효과에 따른 적정 예냉처리방법을 선정하고자 하였다.

제 2 절 결과 및 고찰

1. 채취용기의 개발

가. 채취용기의 제작

깊은 산간지역에서 채취되고 있는 송이버섯은 지형적인 한계로 인하여 선도유지 기술이 적용되기 어려운 실정에 있다. 그러나 채취 직후에 품질유지가 제대로 안된 상태에서는 중간단계에서 어떠한 기술을 적용하더라도 송이버섯의 향과 신선도를 유지할 수 없기 때문에 최종 소비자의 불만을 야기할 뿐만 아니라 채취 농가의 경제적 손실을 크게 발생시키고 있다.

현재 산지에서 실시되고 있는 송이버섯의 채취용기로서는 싸리나무나 대나무바구니, 광목자루 및 PE 및 PP비닐봉지 등이 이용되고 있다. 싸리나무나 대나무바구니의 경우는 호흡작용에 의한 호흡열을 외부로 발산할 수 있는 잇점은 있으나 높은 외기온도(약 20℃)와 일사광선에 노출되어 있고, 바구니내에 적재된 상태에서 나타나는 품은 상승효과를 억제할 수 없어 갈변, 향기 소실 및 감모율이 다량 발생할 뿐만 아니라 송이와 송이간의 부딪힘에 의한 형태의 파손(갓, 몸체)이 일어나고 있다. 또한 광목자루나 비닐봉지 등의 사용시에는 밀폐된 상태에서 송이버섯의 호흡열이 용기내에 축적되어 품질손실이 더욱 가속화 될 뿐만 아니라 외기온도가 낮을 경우에는 송이버섯에 결로현상까지 발생하므로, 송이채취 용기가 송이버섯의 상품성 저하를 초래하는 주요 원인이 되고 있다.

따라서 이상과 같이 품질 저하속도가 매우 빠른 특성을 지닌 송이버섯은 채취 직후부터 선도 유지를 위한 실용적인 기술 적용을 필요로 하고 있으며, 특히 현재 산지에서 상품성 저하 원인으로 되고 있는 채취용기를 대상으로 하여 산악지역에서 채취인 들의 이용 편의성을 부여함과 동시에 용기의 구조적

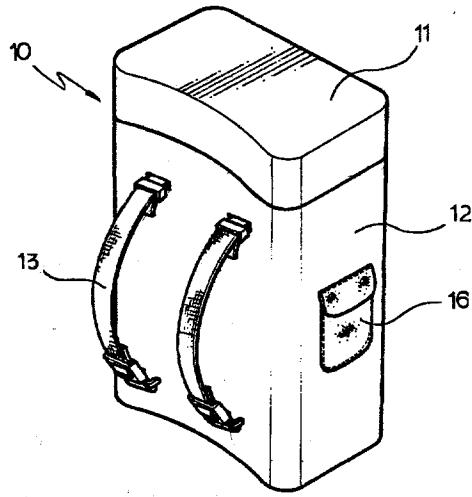


그림. 27. 채취용기의 사시도

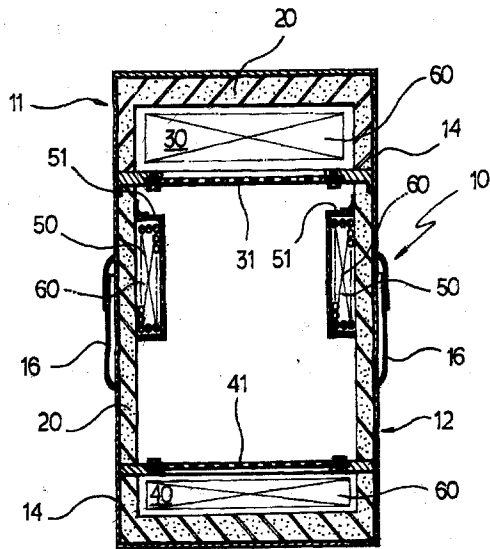


그림 28. 채취용기의 A-A선 단면도

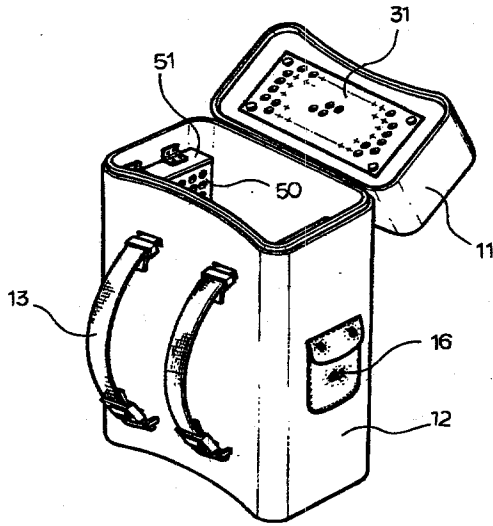


그림 29. 채취용기의 덮개를 연 상태의 사시도

및 기능적 개선을 통한 선도유지기술의 개발이 절실히 대상으로 하여 산악지역에서 채취인들의 이용 편의성을 부여함과 동시에 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 송이버섯의 채취 시 왕성한 호흡작용을 초기에 억제하기 위해서는 산악지역에서 손쉽게 적용될 수 있는 예냉방법 중 빙냉(氷冷) 처리에 의한 선도유지기술이 적절한 것으로 판단하고, 실제 산지 실증실험을 거쳐 본 발명을 완성하였다.

채취용기는 Fig. 27~29와 같이 감축이 부드러운 신축성 피복재로 피복되고 또 덮개와 몸체로 형성된 함체를 구비하고 이 함체의 내부에는 내·외부 열을 차단할 수 있는 단열재를 개재하는 한편, 함체내의 덮개 및 측면 그리고 바닥면에는 축냉제(蓄冷劑)를 수용할 수 있는 포켓을 구성하여 축냉제의 냉기에 의해 함체 내부가 저온으로 유지되면서 송이버섯의 호흡작용 및 품질변화속도를 억제하도록 한 구조이다. 또한 산악지역에서의 이동성 및 작업성을 고려하여 함체전면에 멜빵을 장착하여 배낭형태로 제작하는 한편, 기타 작업 용품들을 편리하게 보관할 수 있는 주머니를 함체 외부의 양측면에 구성하여 작업의 편의성도 감안하고 있다.

나. 채취용기의 선도유지 효과

1) 중량감소율 억제효과

송이 산에서 채취 직후 일정량을 정량하여 관행적인 방법과 본 연구팀이 개발한 방법으로 Fig. 30과 같이 비교 실험한 바, 재래식 방법은 보통 임협의 송이 공급소 도착시간인 오후 4시경 12%의 높은 중량 감소율을 나타낸 반면 발명 용기에 채취한 송이는 0.7% 정도의 감소율을 보이고 있었고, 입찰완료 시점인 오후 6시경에는 재래식 방법이 12.6%, 개발 용기가 0.96%로써 두 방법 간 현격한 차이가 있었다. 또한 재래식 방법은 트럭 적재 후 수출업체 도착완료 시점에서는 14% 정도의 중량이 감소하고 있었으며 또한 송이버섯에 결로

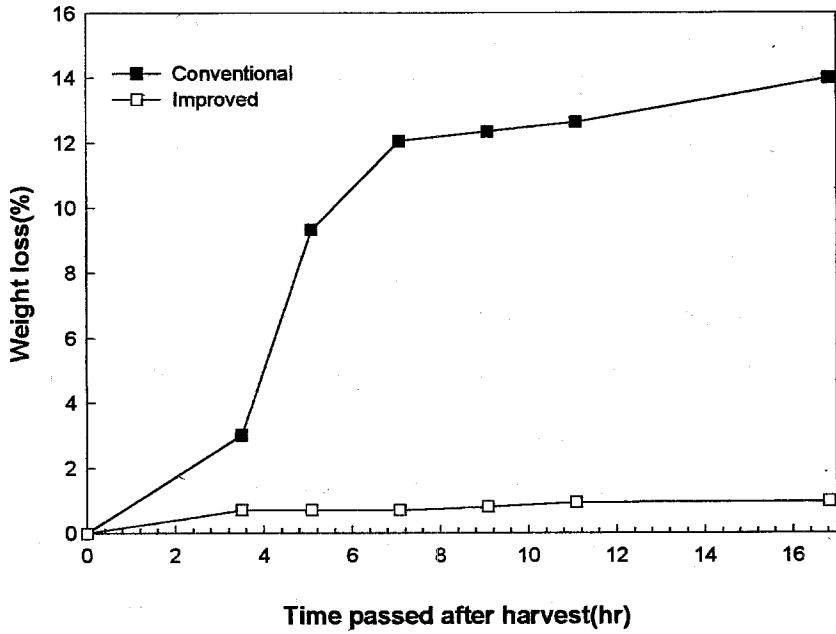


Fig. 30. Changes in weight loss of T.matsutake after harvest to arrival of export company

현상까지 생겨 상품성이 많이 소실되고 있는 데 반해, 본 개발 용기에 채취된 송이버섯은 익일 아침까지 어떠한 결로 현상도 발견되지 않아 본 용기 상태로 수출업체까지 수송할 경우에는 선도를 기존 방법보다 더욱 증진시킬 수 있었다.

이와 같은 결과는 재래식 방법의 경우 외기 온도와 송이의 품온에 의하여 증량 감소율이 크게 영향을 받고 있으며, 개발 용기에 채취한 송이는 채취 직후 송이버섯의 품온과 용기 내부온도가 평형상태에 도달할 때까지 약간 영향을 보인 반면 그 이후에는 거의 변화를 나타내지 않음을 알 수 있었다.

2) 갈변억제 효과

또한 호흡작용에 의한 품질 변화 외에 효소 등 생리적 변화에 의한 품질변화를 조사하기 위하여 송이버섯의 채취 및 운반 중 색의 변화(Lightness)를 조사하여 비교 분석한 결과를 Table 20에 나타내었다. 표에서와 같이 줄기부 위에서는 채취 시점인 오전 9시부터 입찰완료시점인 오후 6시까지 채취용기에 관계없이 초기의 상태를 거의 유지하는 경향이였다. 그러나 갓 부위에서는 방법간의 갈변도 차이가 크게 나타났는데, 재래식 방법의 경우에는 오후 1시부터 갈변이 일어나기 시작하여 표면색이 짙게 변화하기 시작하였으나 발명 용기의 송이버섯은 오후 6시까지 색의 변화가 전혀 일어나지 않으면서 채취 직후의 상태로 우수하게 품질을 유지하고 있었다.

이상과 같이 본 발명을 이용하여 송이버섯을 채취하여 보관할 경우 증량감소율 및 색의 변화를 억제시킬 수 있다는 것은 송이버섯의 호흡작용과 효소 등 생리적 작용이 억제된 결과로 판정되므로, 증량감소율, 표면색 뿐만 아니라 송이버섯 특유의 향기 등 품질을 재래식인 방법보다 잘 보존할 수 있다고 판명된다.

Table. 20 Surface color changes of *T. Matsutake* during distribution in producing districts

Holding time after harvest (hrs)	Measuring time (o'clock)	Conventional		Developed	
		Pileus	Stipe	Pileus	Stipe
0	9	48.2±0.3	78.9±0.3	48.2±0.3	78.9±0.3
4	13	45.4±0.5	78.5±0.4	48.1±0.4	78.5±0.5
7	16	41.0±0.2	78.2±0.7	47.8±0.3	78.7±0.4
9	18	40.2±0.4	78.2±0.4	48.3±0.3	78.3±0.2

2. 탄산가스 밀봉처리

청과물은 수확 후에도 호흡작용을 영위하기 때문에 대기중의 O₂를 흡수하고 CO₂를 방출하며, 그 때의 산화작용에 의한 energy를 발산하게 된다. 그러므로 청과물의 생리작용이 크면 클수록 청과물의 에너지 소모량도 극심하게 되어 저장기간도 단축되게 된다.

청과물의 생리작용을 가능한 한 억제하기 위하여 산소 20.8%, 탄산가스 0.03%, 기타 질소 등의 가스로 조성된 대기조성과 차별화시켜 청과물의 호흡작용에 필요한 산소가스의 농도를 줄이고 탄산가스 농도를 높여서 저장하는 방법을 CA(Controlled atmosphere)저장이라고 한다. 또한 밀폐된 용기내에 청과물을 두면 자체의 생리작용에 의해 산소가스가 감소하고 탄산가스의 농도가 증대되게 되는 데, 이러한 원리를 이용하여 저장하는 방법을 MA(Modified atmosphere)저장이라고 한다.

특히 송이의 경우에는 채취시부터 높은 호흡작용에 의해 산지에서 임협 공

판장까지의 운반과정에서 10~15%의 높은 중량감소율을 나타내고 있다. 이러한 중량감소율을 억제하기 위한 적극적인 방법으로써, '96년 10월 3일 채취직 후의 울진군 송이를 산지 집하장에서 polyethylene film에 넣고 탄산가스를 10~70%의 여러 농도별로 주입하여 필름내 송이의 호흡에 필요한 산소를 제거시킨 후 시간별 감모율 변화를 조사하고 그 결과를 비교하기 위하여 관행적인 유통방법과 보냉용기를 이용한 방법을 대조구로 하여 Fig. 31과 같이 비교하였으며, 탄산가스 농도에 따른 품질변화 작용을 개봉시의 필름내 가스조성을 Table 21과 같이 분석하였다. 송이의 수확단계에서 탄산가스로 필름내 산소를 치환함으로써 감모율의 억제효과는 운반 5.5 시간까지는 탄산가스 농도별로 0.38~0.52%의 중량감소율을 나타내어 처리구별로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 탄산가스 치환포장에 의한 중량감소율 억제 효과는 관행적인 방법에 의한 2.05% 보다 약 4~5배정도 효과적인 것으로 나타났으나, 0.27%의 보냉용기를 이용한 방법보다는 약 1.3~2배 정도로서 중량감소율이 유사하거나 약간 높게 나타나고 있었다. 포장후 2시간 30분경에는 필름내에 응축수가 발생하였으며, 송이의 갓과 줄기의 접합지점에 물기가 형성되는 소위 netto현상이 발생하기 시작하였으며 또한 송이의 품온도 상승하기 시작하였다.

특히 4시간 30분 경과 후에는 이와 같은 현상이 증가함과 아울러 탄산가스 농도 70% 구에서는 탄산가스 취와 유사한 이취가 발생하기 시작하였는데 이는 4.5시간 경과 후 산소농도가 0.2%인 결과로 볼 때 혐기적 호흡작용에 의한 영향으로 간주되었다. 이는 Kader와 Moris(23)가 버섯류의 정상적인 호기호흡을 유지하는데 필요한 최저 산소농도는 1.0~1.3%라고 보고한 결과에서 판단할 수 있으며, 산소 0.2%농도에서는 송이의 에너지 획득 경로가 Krebs cycle에서 glycolytic pathway로 전환되고 이때 아세트 알데히드와 이산화탄소, 궁극적으로 알코올이 생성되어 이취가 발생한 것이 아닌가 추측된다. 일반적으로 식물체의 호흡속도는 산소농도에 비례한다는 점(24)을 고려하면 이는 버섯의

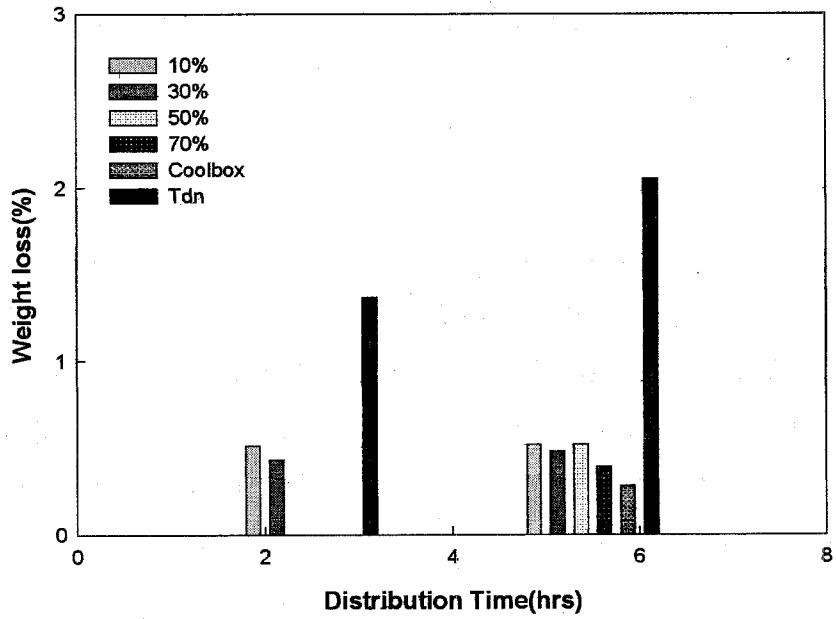


Fig. 31. Weight loss during distribution of *T. matsutake* by CO₂ gas treatments

Table 21. CO₂ gas inside film of T. matsutake packaged with different CO₂ conc.

Time after treatment(hr)	Gas conc.	CO ₂ additions(%)			
		10	30	50	70
2.5	CO ₂	10.0	22.4	33.7	43.5
	O ₂	10.3	6.2	4.7	2.8
4.5	CO ₂	11.3	23.7	32.5	45.6
	O ₂	7.9	6.5	3.7	0.2

호흡속도를 상당히 둔화시켜 유통중의 중량감소가 거의 일어나지 않으면서 효과적으로 유통시킬 수 있을 것으로 판단된다

또한 필름내 응축수의 발생은 송이의 초기 호흡작용에 의해 필름내 상대습도가 증대된 결과로 판단되며, 이러한 높은 상대습도에서 송이의 저장시에는 송이의 갓과 줄기의 접합부분에 물기가 생기는 소위 netto현상이 발생하게 되는 것은 주지의 사실이다. 따라서 송이의 MA 포장시에는 필름에 pin hole을 형성시키거나 수분 조절제를 동봉하면 이와 같은 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다..

3. 예냉처리 기술 개발

가. 예냉 중 품질변화

예냉이란 청과물의 품질을 유지하기 위하여 수확 후 신속히 품온을 낮추어 호흡작용을 억제하기 위한 냉각작용의 하나로서 저장이나 수송 등에 앞서 행해지는 전처리 공정의 하나이다. 현재 보편적으로 많이 이용되고 있는 예냉방법으로는 공기방식의 강제통풍예냉, 압력을 이용한 진공예냉, 차압예냉, 냉수예냉등이 있다. 이들 방법 중에서 강제통풍예냉은 냉각시간이 10~15시간으로

장시간 요하고 냉기의 흐름에 대한 냉각불균일 현상이 초래될 가능성이 높은 단점이 있고, 냉수냉각은 냉수와 산물간의 열전달에 의하여 냉각하는 방법으로서 냉수 침지법, 냉수 분무법 등이 있으나, 송이버섯이 물과 접촉하면 갓 부분에서 심한 흑변이 일어날 우려가 높은 단점이 있다. 따라서 본 실험에서는 진공예냉방법과 차압예냉방법을 이용하여 송이버섯을 각각 처리한 후 예냉방법에 따른 예냉효과를 살펴보고자 하였다.

진공예냉은 주위의 압력이 낮아지면 물의 비등점이 동시에 낮아지게 되며 이때 증발한 수증기에 의해 빼앗긴 잠열에 상당하는 만큼의 온도강하가 일어나 냉각이 이루어지는 방식으로 냉각시간이 다른 방식보다 극히 짧아 신속 처리가 가능하며 또한 예냉과정 중의 표면수분의 손실에 따라 외부조직이 단단해지는 효과 외에 비를 맞거나 결로가 많이 형성된 청과물의 선도보존에 유효한 방식이라 할 수 있으나, 적용품목에 제한이 있고 설치비가 비싼 단점도 있다. 또한 차압예냉은 차압 팬, 차압 씨이트등 이용하여 실내에서 청과물의 층전층 사이로 유입되는 유효 공기량을 일반 냉각방식이나 강제통풍냉각방식보다 증대시켜 청과물과 냉기와의 접촉면적을 크게하므로써 냉각속도를 증대시키고 그 편차를 감소시키는 방식이다. 이 방법은 진공예냉보다 냉각시간이 많이 소요되어 신속처리에는 부적합한 단점이 있으나 설치비가 적고 단정기에는 저온저장고로 활용가능성이 높아 이용율이 증대될 가능성이 크다.

본 실험에서는 진공예냉 및 차압예냉장치를 이용하여 송이버섯을 실험한 결과 Fig. 32~33과 같이 초기 품온 25℃에서 최종온도 3℃까지 냉각시킨 결과 진공예냉은 14분, 차압예냉은 63분이 소요되었으며 이 과정에서의 품질손실은 중량감소율 기준으로 차압예냉이 3.3%, 진공예냉이 2.4%로써, 진공예냉이 우수하였다. 또한 냉기와의 접촉에 의해 발생할 수 있는 표면색의 변화는 비교적 예냉시간이 오래 소요되는 차압예냉이 무처리구보다 변색정도가 약간 높게 발생하고 있었다.

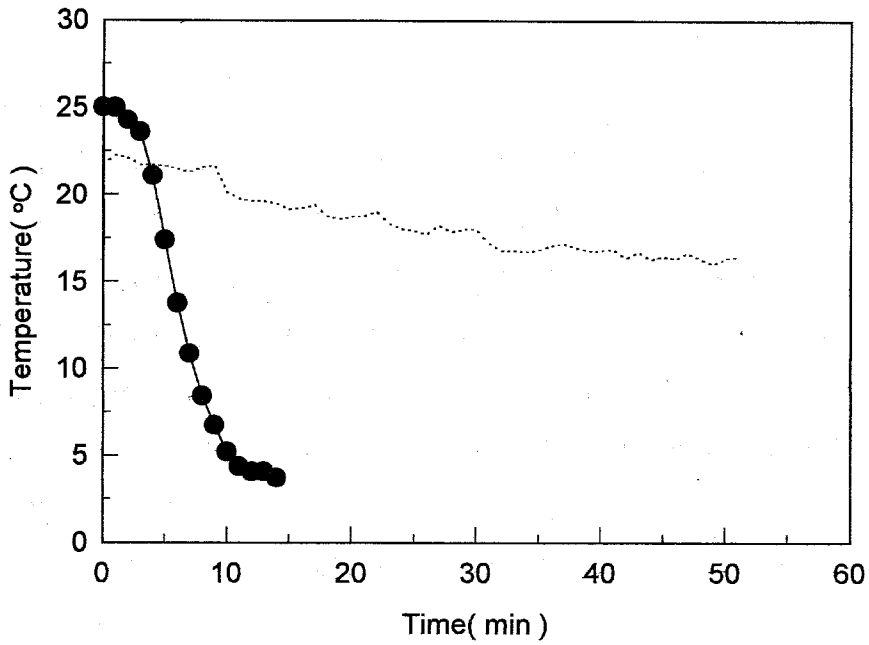


Fig. 32. Temperature profile of T.matsutake during vacuum cooling

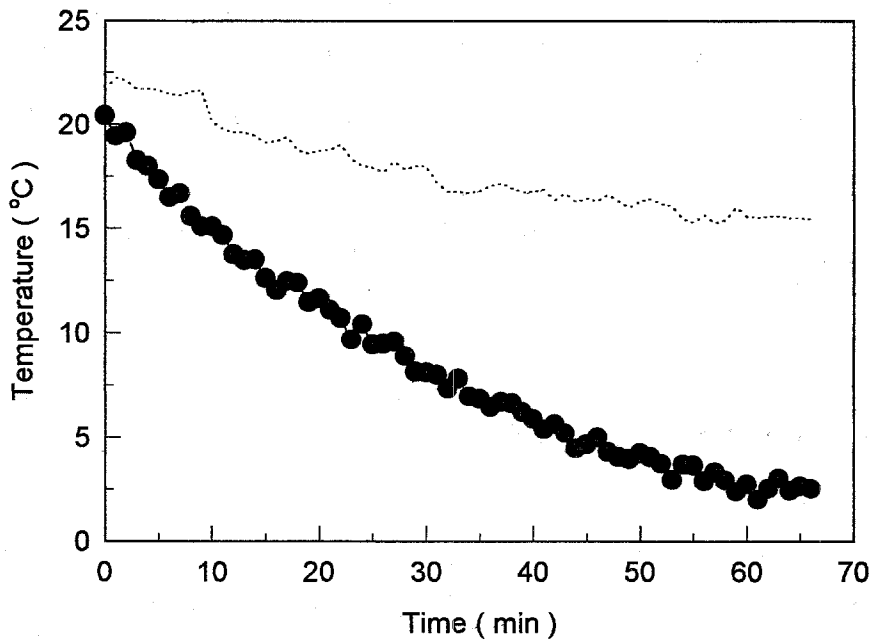


Fig. 33. Temperature profile of *T. matsutake* during pressure cooling

Table 22. Changes in weight and color of T. Matsutake during vacuum and pressure precoolings

Color & Weight		Vacuum Cooling						Pressure Cooling					
		Pileus			Stipe			Pileus			Stipe		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Color	Before	49.2	10.9	22.6	79.7	1.9	21.8	51.6	8.3	24.1	63.8	5.9	25.9
	After	49.1	10.7	22.9	77.1	2.4	25.3	53.4	7.8	24.0	65.4	6.3	28.3
Weight Loss(%)		2.40						3.34					
Time for precooling(3℃)		15min						63min					

나. 예냉처리에 의한 저장성 평가

1) 감모율의 변화

저장 중인 식물체의 중량감소는 판매가능한 물량의 감소라는 손실이외에도 수축으로 인한 외관의 변형 또는 조직감 변화에 따른 상품가치 하락과 영양분의 감소 때문에 품질이 열악해지는 커다란 원인이 되고 있다. 특히 생체의 중량감소는 버섯의 저장 중에 일어나는 가장 중요한 변화의 하나로서, 증산작용에 의한 수분 손실, 호흡작용에 의한 탄수화물의 분해, 대사에 의한 비구조 다당류의 감소 등에 의한 것(25)이며, Braaksma 등(26)은 다른 고등식물과는 대조적으로 버섯의 노화는 세포막의 특이 지질 성분의 분해에 좌우되는 것으로 추측한 바 있다.

따라서 송이버섯을 1℃ 및 실온에 저장하면서 저장 중 중량감소율에 대한 예냉방법별 억제효과를 조사한 바 그 결과는 Fig. 34와 같다. 실온 저장시에는 3일째에 중량감소율이 12~14%로서 상품성을 소실하기 시작하였으며 저장 7

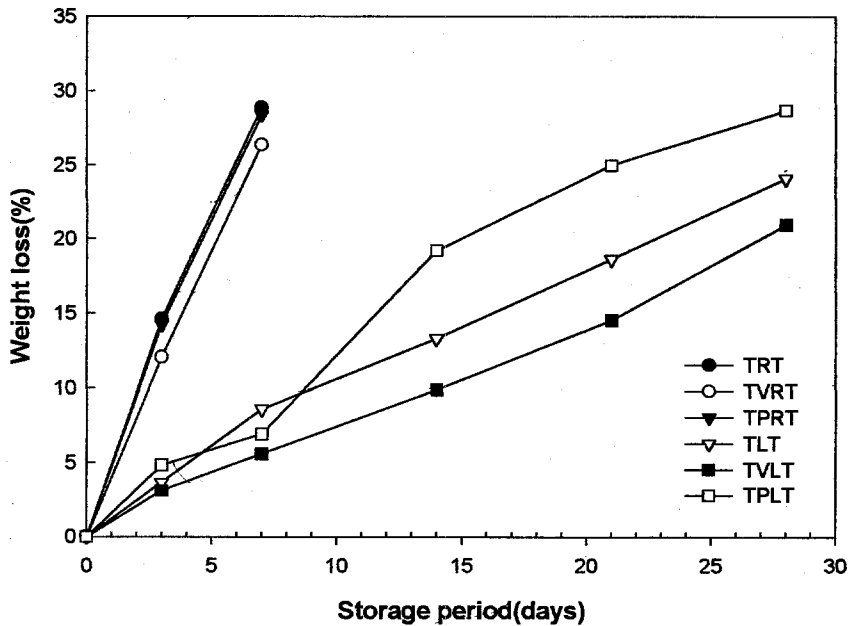


Fig. 34. Weight loss during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods TRT : *T. matsutake* stored at room temp. after nontreatment. TVRT : at room temp. after vacuum precooling, TPRT : at room temp. after pressure precooling, TLT : at 1°C after nontreatment, TVLT : at 1°C after vacuum precooling, TPLT : at 1°C after pressure precooling

일제에는 곰팡이 번식, 개산, 개열등 상품성이 완전히 소실하였다. 예냉방법별로는 진공예냉한 송이버섯이 무처리구와 차압예냉한 경우보다 다소 억제되는 효과를 나타내고 있었다. 또한 저온 저장한 경우에는 송이의 향기가 쉽게 인식될 수 있었던 저장 14일까지는 예냉처리한 송이가 예냉하지 않은 송이보다 중량감소율이 억제되는 효과를 나타내었으나 저장 14일 이후에는 진공예냉한 송이버섯에서 중량감소율이 가장 억제된 반면 차압예냉한 송이버섯에서는 무처리구보다 오히려 증가하는 경향이였다.

이와 같이 예냉방법별 중량감소율의 차이가 크게 나타난 것은 진공예냉방법에서의 품온강하는 수분 증발시 빼앗기는 증발잠열에 상당하는 만큼의 온도강하가 일어나게 되며, 심부에서의 온도강하는 표면으로부터의 열 전도에 의해서만 가능한 반면, 차압예냉에서는 예냉고 내부의 냉기를 송풍 및 배풍시의 압력차이에 의하여 순화시키면서 산물과 냉기를 직접 접촉시켜 품온을 강하시키는 방법에 기인하는 것으로 추산된다. 즉, 진공예냉에서는 수분의 증발이 표면에서 이루어지는 반면 차압예냉에는 냉기가 다공질의 버섯조직내부까지 침투·통과함으로써 산소와의 접촉 및 반응이 용이해지기 때문에, 일반 저장한 경우보다 이화학적 대사작용이 촉진된 것이 아닌가 추측하였다. 따라서 차압예냉에 의하여 송이버섯을 예냉할 경우에는 품질특성과 관련하여 냉기의 유량, 냉각방법등에 대한 세세한 주의를 요하는 것을 알 수 있다.

2) 조직감의 변화

버섯은 수확 초기에는 조직이 단단하며 탄력이 좋으나 기간이 지남에 따라 수분 감소와 함께 경도와 탄성이 줄어들게 된다. Fig. 35는 송이버섯의 저장 중 경도의 변화를 나타낸 것이다. 송이버섯을 실온이나 저온저장하면 경도가 전반적으로 증가하는 경향이였으며, 진공예냉이 가장 부드러운 조직을 유지하

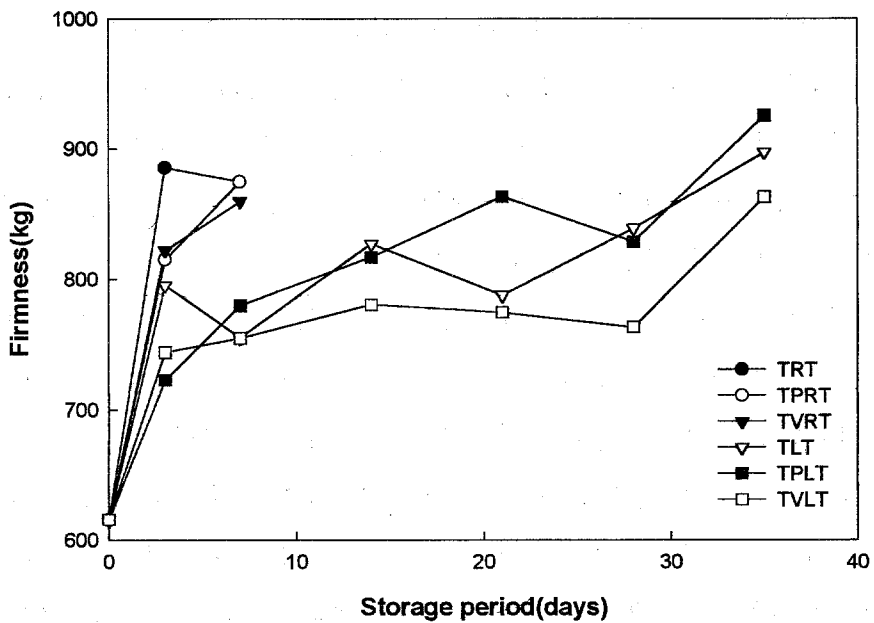


Fig. 35. Changes in firmness during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods. TRT : *T. matsutake* stored at room temp. after nontreatment. TVRT : at room temp. after vacuum precooling, TPRT : at room temp. after pressure precooling, TLT : at 1°C after nontreatment, TVLT : at 1°C after vacuum precooling, TPLT : at 1°C after pressure precooling

고 있는 반면 차압예냉은 무처리구와 유사한 수준이었다. 일반적으로 버섯의 저장 중 나타나는 경도의 변화는 호흡에 기인한 이화작용에 의하여 연화되는 현상과 수분증발에 따른 조직 경화현상이 복합적으로 나타나는 데, 본 실험에 이용한 송이버섯의 경도변화는 호흡작용에 기인한 성분의 분해보다는 증산작용에 의하여 일어나는 수분증발현상에 좌우되는 것을 알 수 있다. 일반적으로 버섯의 경도는 저장환경이나 포장상태 및 방법등에 따라 동일 종에서도 변화 경향은 다르게 나타나는 데, 표고버섯(27), 팽이버섯(15), 느타리버섯(24), 양송이버섯(29) 등에서는 저장기간의 경과에 따라 경도는 감소하는 경향이었으나, 한등(24)은 표고버섯의 경우 저장 10일 이후부터는 표면수분의 증발로 인하여 조직경화현상이 나타나 경도가 증가한다고 하였다. 그러나 본 실험에 사용한 송이버섯의 경우에는 저장 초기부터 경도의 증가현상이 나타나기 시작하였는데, 이는 저장환경의 차이에 따른 것으로 생각된다. 즉, 일반 버섯 실험에서는 플라스틱 필름을 사용하여 밀봉저장하기 때문에 송이의 호흡작용에 의한 결로 현상으로 과습한 환경이 유지되는 반면 본 실험에서는 송이버섯을 보습 씨트로 감싼 다음 MAP를 하지 않은 채로 저온 저장고에 입고한 결과, 저장고 내에서 송풍팬의 작용에 의하여 버섯의 표면 수분 증발현상이 매우 강하게 나타나서 경도가 저장 초기부터 증가한 것으로 해석될 수 있다.

3) 수분의 변화

청과물이 수분을 상실하는 것은 세포 사이의 자유수가 손실되는 것으로써 그 결과 팽윤성을 잃게되어 외관적으로 위조현상을 나타내어, 중량감소율이 높아지고 조직감도 저하하게 된다. 따라서 송이의 저장 중 경도의 증가와 중량감소율의 원인은 수분의 증산에 따른 표면건조에 있는 것으로 판단되어 수분의 변화를 Fig. 36과 같이 조사하였다. 대부분 버섯의 수분증산은 주름부분

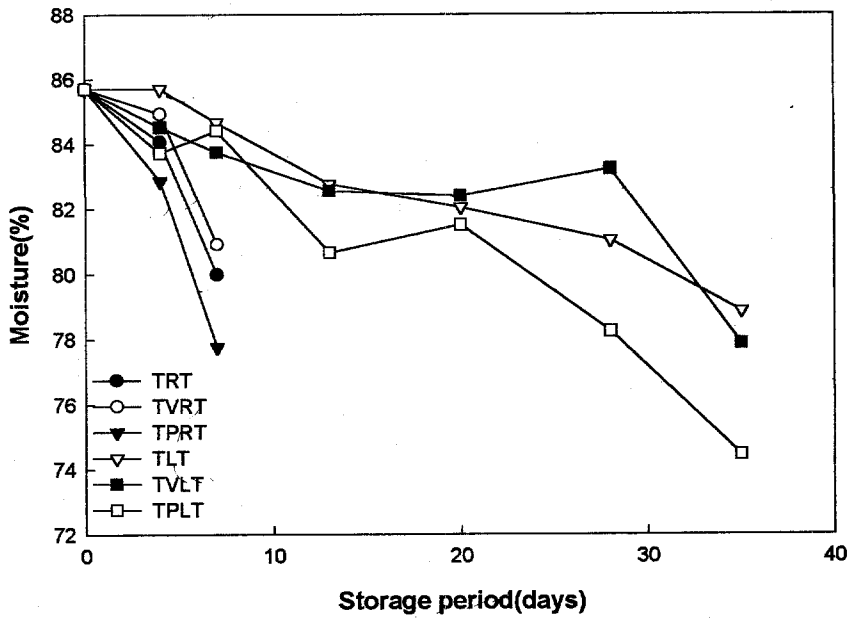


Fig. 36. Changes in moisture during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods. TRT : *T. matsutake* stored at room temp. after nontreatment. TVRT : at room temp. after vacuum precooling, TPRT : at room temp. after pressure precooling, TLT : at 1°C after nontreatment, TVLT : at 1°C after vacuum precooling, TPLT : at 1°C after pressure precooling

에서 행해지고 잣이 개열되는 것이 증산이 활발하나, 송이버섯과 같은 경우는 균산, 균병으로부터도 증산하게 된다. 증산이 진행됨에 따라 버섯은 중량감소가 일어나 외관이 나빠지는데 일반적으로 청과물은 5~10% 수분이 감소하면 시장성이 없는 것으로 보고되고 있다. 표고버섯의 경우 수확후 20℃, 풍량 0m/s(습도 85~90%)에서 약 2주일, 풍속이 5m/s에서는 약 1/2일만에 중량의 5~10%가 저하하는 것으로 보고되고 있다. 그리고 청과물 특히 엽채류에서는 물을 주거나 가습실에 넣으면 소생이 가능하기도 하지만 버섯류는 이러한 처리를 하여도 회복이 되지 않는다. 그러나 90%이상의 고수분의 표고버섯에서는 예조수단으로서 풍건하여 3~5% 정도 감량시키는 쪽이 그 후의 선도유지에 오히려 좋은 결과를 가져오는 것으로 보고(28)되고 있다. 예조에 의한 선도 연장효과는 버섯의 표면수분을 신속히 제거함으로써 형성되는 표면경화 현상으로, 내부의 수분 증산을 억제하는 작용을 하기 때문인데, 진공예냉의 경우에도 저온에 의한 호흡작용을 억제하는 주된 효과 외에도 품온 강하시 표면의 수분이 증발되면서 조직이 치밀해지는 효과가 있으므로 저장 중의 증산작용을 억제하는 효과도 나타낸다. 이러한 작용효과는 Fig. 36의 저장 중 버섯의 수분함량의 변화를 조사한 결과에서도 나타나는데, 송이버섯을 진공예냉한 후 실온이나 저온에 저장한 경우 수분의 보유력은 무처리구나 차압예냉구보다 높은 것으로 나타났으며, 그만큼 선도 유지력이 우수함을 나타내고 있다. 그러나 중량감소율과 경도의 변화가 크게 나타난 차압예냉구의 경우에는 수분함유량에서도 가장 크게 감소하는 경향을 보이고 있었는데, 송이버섯의 차압예냉처리 는 송이의 신속한 품온강하 작용에 의하여 호흡속도를 억제하는 효과가 있음에도 불구하고 증산작용이 더욱 촉진되므로써 선도유지효과가 낮은 것으로 판단된다.

4) 표면색 및 갈변도지수의 변화

호흡작용이 활발한 버섯의 경우 일반적으로 산화가 일어나기 쉬우며 특히 페놀물질의 산화에 의한 갈변이 버섯의 품질저하와 크게 관계가 있는 것으로 보고되고 있다(29~30). 그리고 버섯의 종류에 따라서 페놀산화효소(polyphenoloxidase : PPO)가 강한 것과 약한 것이 있는 데 양송이와 같은 경우는 수확시 압상이나 작은 충격에도 그 부분이 갈변하게 된다(31) 표고버섯의 경우에는 서서히 변화하지만 저장기간이 경과함에 따라 명도가 급격히 감소하여 70이하로 되면 상품성이 없을 정도로 변화한다(32)고 한다. PPO활성은 표고버섯의 수확당일에는 없는 것으로 조사되었으나 갈변이 진행됨에 따라 급격히 증대하는 데, 20℃에 저장할 경우에는 갈변발생 전후에 급격히 증대하다가 감소하는 반면 1℃와 6℃에 저장할 경우에는 저장기간의 경과와 더불어 증대하는 경향을 나타낸다(13)고 하였다.

예냉방법 및 예냉처리 유무에 따른 송이버섯의 저장 중 갈변도 지수의 변화를 Fig. 37과 같이 조사한 바, 송이버섯을 20℃ 부근의 실온에서 저장한 경우 갈변도 지수는 급속히 증가하는 경향을 나타내었는데, 저장 3일경에는 1℃에서 21일째 저장한 송이의 갈변도 지수와 유사한 수준을 나타낼 정도였으며, 저장수명이 완전히 끝난 저장 7일경에는 1℃의 저장 35일째 송이와 유사한 상태였다. 예냉방법에 따른 송이버섯의 갈변도 지수를 살펴보면 상온저장구에서는 차압예냉구와 대조구가 유사한 경향을 나타내면서 진공예냉구보다 갈변속도가 빠르게 진행되고 있었고, 저온저장시에는 무처리구, 진공처리구, 차압처리구 모두 큰 차이 없이 유사한 경향을 보였으나 전반적으로 진공예냉한 송이의 갈변도가 낮게 증가하는 경향이였다. 또한 Table 23은 예냉방법별 송이의 표면색 변화를 살펴보기 위하여 대조구 및 전처리 개시전 크기 및 형태가 유사한 송이를 먼저 선정하여 색택 측정 부위를 표시한 다음 1℃저장고에 저온저장하면서 저장일수별로 측정한 결과이다. 표면색의 밝기(L-value)는 전반적으로 감소하는 경향인 반면, a 및 b-value는 거의 차이가 없었다. 갖과 줄기

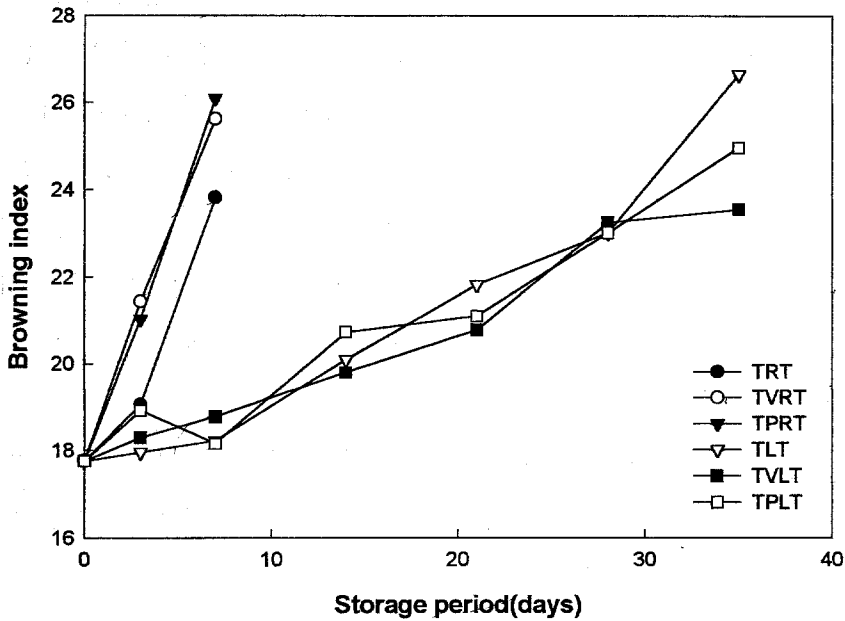


Fig. 37. Browning index changes during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods. TRT : *T. matsutake* stored at room temp. after nontreatment. TVRT : at room temp. after vacuum precooling, TPRT : at room temp. after pressure precooling, TLT : at 1°C after nontreatment, TVLT : at 1°C after vacuum precooling, TPLT : at 1°C after pressure precooling

Table 23. Changes in Hunter color during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods

(Pileus)

Storage Period (Days)	Control			Vacuum Cooling			Pressure Cooling		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	43.23	7.96	18.07	49.00	8.05	22.19	41.00	7.78	16.06
3	44.60	8.07	17.46	48.00	7.54	19.83	38.45	7.37	14.00
7	42.01	7.64	16.51	48.31	7.42	20.24	40.27	6.32	14.6
14	43.21	7.19	16.04	46.94	7.21	18.98	42.31	7.13	16.62
28	41.87	7.46	15.70	44.92	7.18	18.24	45.82	7.44	18.74
35	37.79	7.22	20.08	37.79	7.04	14.24	38.01	6.48	12.90

(Stipe)

Storage Period (Days)	Control			Vacuum Cooling			Pressure Cooling		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	69.14	6.33	28.68	73.77	3.29	22.33	69.29	3.54	22.26
3	68.78	6.64	28.47	72.23	3.44	23.60	66.22	5.30	25.98
7	67.76	6.09	27.54	73.04	3.06	23.02	66.22	4.64	25.74
14	67.70	6.34	28.48	72.38	3.80	24.51	64.92	4.36	24.08
28	66.03	6.71	28.50	70.77	3.15	27.88	66.32	5.14	25.16
35	59.27	6.72	28.29	68.43	3.89	27.23	58.96	5.01	26.37

저장 28일까지는 약간의 감소경향을 보였으나 저장 28일 이후부터는 L-value가 급속히 감소하기 시작하였는데, 특히 줄기부위에서 진공예냉처리구

에서 변색속도가 낮은 반면 차압예냉과 무처리구에서는 비슷한 수준을 보였다.

5) 당 및 당알콜류의 변화

일반적으로 버섯에는 trehalose, mannitol, arabitol, glucose와 fructose 등의 탄수화물이 포함되어 있다. 특히 trehalose, mannitol, arabitol은 버섯의 주요 구성당류로서, 각 탄수화물의 함량은 성장기간 동안 변화되고 잣과 자루간에도 뚜렷한 차이를 보이는 것(14)으로 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 진공예냉과 차압예냉한 송이버섯을 예냉하지 않은 무처리구를 대조구로 하여 예냉처리방법에 따른 유리당 및 당알콜의 변화를 다음 Table 24와 같이 조사하였다. 송이버섯의 저장 중 유리당 및 유리 당알콜의 함량은 저장기간의 경과와 더불어 감소하는 경향이였다. 송이버섯을 예냉방법별로 처리한 후 저온저장한 경우 차압예냉구와 무처리구에서는 당류의 감소율이 유사하게 진행된 반면 진공예냉한 송이에서는 측정 기간간에 증감폭이 다른 처리구와 달리 크게 변화하고 있었으며 저장 35일째 당류의 잔존율은 가장 크게 나타났다. 그러나 저장기간이 짧았던 실온저장구에서는 진공예냉한 송이에서 당류의 감소율이 차압 예냉구나 무처리구에 비하여 억제되는 결과를 나타낸 반면 차압예냉구와 무처리구에서는 감소율의 차이가 거의 없었다. 이상과 같이 버섯의 저장 중 유리당 및 당알콜류들이 감소한 것은 이들 호흡기질로서 이용되어 분해된 결과로써, 특히 수확 후에 있어서는 균병, 균산에 축적된 mannitol, arabitol, trehalose등과 같은 탄수화물이 호흡기질로 사용되어지므로 자체 성분 중 탄수화물의 함량 감소와 함께 품질이 저하하게 된다. 따라서 송이버섯의 유리당 및 당알콜의 분해를 억제하기 위해서는 예냉에 의한 전처리효과가 요구되고 있으며, 예냉방법중에서도 진공예냉방법이 우수한 결과를 나타냄을 알 수 있다.

Table 24. Changes in sugar and sugar alcohol during storage of *T. Matsutake* treated with different precooling methods

(unit : %, dry basis)

Treatment*	Sugar & Sugar-alcohol	Storage period(days)						
		0	3	7	14	21	28	35
PLT**	mannitol	14.02	13.25	12.68	12.25	14.28	13.09	12.83
	Trehalose	21.14	19.09	10.16	15.36	13.78	12.44	11.34
	Total	35.16	32.34	22.84	27.61	28.06	25.53	24.17
VLT	mannitol	14.02	12.48	12.77	10.66	11.46	10.46	11.95
	Trehalose	21.14	21.86	6.31	14.71	15.34	12.08	12.50
	Total	35.16	34.34	19.08	25.37	26.80	22.55	24.45
LT	mannitol	14.02	9.96	14.52	11.00	13.17	11.40	12.02
	Trehalose	21.14	20.03	10.34	15.06	11.69	15.02	10.17
	Total	35.16	29.99	24.86	26.06	24.86	26.42	22.19
VRT	mannitol	14.02	13.82	8.26				
	Trehalose	21.14	11.35	9.47				
	Total	35.16	25.17	17.73				
PRT	mannitol	14.02	8.58	10.12				
	Trehalose	21.14	12.45	6.42				
	Total	35.16	21.03	16.54				
RT	mannitol	14.02	10.75	9.48				
	Trehalose	21.14	11.14	7.26				
	Total	35.16	21.89	16.74				

* P ; Pressure cooling, V ; vacuum cooling, LT ; low temp., RT ; Room temp.

** means mushroom stored at low temperatures after pressure cooling

6) 유리아미노산의 변화

예냉 방법에 따른 송이버섯의 저장 중 유리 아미노산의 변화는 Table 25와 같이 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 증가하는 경향이였다. 상온저장구에서는 저장 3일 이후부터 급격히 증가하는 경향을 나타내었는데, 예냉 처리하지 않은 대조구에서 가장 높은 증가율을 보인 반면, 진공 처리한 송이에서는 증가율이 가장 낮게 나타났다. 또한 예냉 처리 후 저온 저장한 경우에는 차압예냉구, 무처리구, 진공예냉구 순으로 증가율이 억제되고 있었으며, 특히 차압예냉한 송이가 예냉하지 않은 송이보다 유리 아미노산 함유량이 증가하고 있었다.

이와 같이 송이버섯의 저장 중 유리아미노산의 함량이 증가하는 것은 조직 내부의 protease의 활성이 증가되어 조직 단백질이 분해된 것(32)으로 알려져

Table 25. Changes in total free amino acids during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

Storage Period(days)	TRT	TVRT	TPRT	TLT	TVLT	TPLT
0	1583.43	1583.43	1583.43	1583.43	1583.43	1583.43
3	1971.29	1993.63	1641.96	1847.92	1547.44	1724.22
7	2699.10	2483.57	2796.37	1847.92	1547.44	2014.89
14				1701.93	1636.32	2014.89
21				2052.67	1924.35	2281.39
28				2145.57	2069.22	2255.62
35				2421.70	2412.24	2474.70

Table 26. Changes in free amino acids during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

Storage period		3 days			14 days		
Amino acid	Initial	TRT	VRT	PRT	TLT	TVLT	TPLT
ASP	62.56	65.01	53.01	54.56	49.79	64.74	149.56
GLU	212.58	155.31	185.06	129.61	184.59	138.19	180.18
SER	89.76	131.81	129.71	110.79	90.39	81.07	69.00
GLY	188.96	175.96	192.71	122.53	169.04	142.55	214.20
HIS	81.74	82.30	88.31	71.53	89.20	79.35	118.00
ARG	252.28	203.92	294.40	200.85	231.22	264.11	299.94
THR	75.63	112.43	109.15	97.84	101.26	92.92	99.08
ALA	180.24	225.04	226.70	198.11	191.44	175.46	134.08
PRO	58.25	82.45	77.30	66.42	64.07	49.76	55.87
TYR	43.93	72.64	75.40	69.42	65.51	55.88	42.86
VAL	32.45	82.69	83.58	83.82	60.24	48.21	35.65
MET	22.05	15.48	17.17	20.98	21.50	24.02	19.34
CYS	21.52	149.19	17.32	14.94	14.01	104.15	22.68
ILE	22.21	69.12	69.12	65.97	45.25	37.87	22.73
LEU	48.75	136.54	134.83	129.65	106.88	85.57	51.66
PHE	77.15	102.55	105.47	98.24	96.63	87.86	80.65
LYS	113.38	108.84	134.39	106.71	120.90	104.63	128.77
TOTAL	1583.43	1971.29	1993.63	1641.96	1701.93	1636.32	1724.22

있다. 따라서 南出 등(13)은 표고등 5종의 식용버섯에 대한 실험결과 저장 중 유리아미노산의 증가는 줄기와 갓이 노화되는 과정에서 단백질이 분해되어 아미노산이 증가하는 것으로서 버섯류에 있어서 아미노산의 증가는 노화현상에

기인하는 것으로 고찰한 바 있다. 이와 같은 경향은 표고버섯(33), 팽이버섯(15), 나메고(34)등에서도 동일한 경향을 보이고 있었다. 따라서 이와 같은 결과로 근거할 때 송이버섯의 적정 예냉방법은 상온에서나 저온에서 저장할 때 유리아미노산의 증가율이 가장 낮은 진공예냉방법이 적합한 것으로 조사되었으며, 차압예냉한 송이버섯을 저온저장한 경우에는 예냉하지 않은 것보다 오히려 유리아미노산 함량이 높게 나타나고 있어 적절한 방법이 아닌 것으로 유추되어진다.

7) 관능특성의 변화

진공 및 차압예냉한 송이와 처리하지 않은 송이를 콘테이너 박스의 상하, 측면을 보습씨이트로 감싼 후 $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 저온실에 저장하면서 9명의 관능검사 요원으로 하여금 9점대 차이식별검사로 관능검사를 실시하여 본 결과는 Table 27과 같다. 송이버섯의 저장 중 관능적 상품한계치인 5.0을 기준으로 할 때 저장 14일 까지는 상품성을 유지하고 있었으나, 이후부터는 향기, 색택 및

Table 27. Changes in sensory characteristics during storage of *T. matsutake* treated with different precooling methods

Storage days	Control				Vacuum cooling				Pressure cooling			
	Color	Flavor	Texture	Overall	Color	Flavor	Texture	Overall	Color	Flavor	Texture	Overall
0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
3	9.0	8.7	9.0	8.6	9.0	9.0	9.0	9.0	8.7	9.0	9.0	8.8
7	8.8	8.5	8.5	8.5	8.7	8.5	8.9	8.8	8.5	8.6	8.5	8.6
14	8.5	8.1	7.9	8.1	8.5	8.1	8.2	8.5	8.5	8.0	7.3	8.0
28	8.0	5.7	6.0	4.7	7.3	6.7	6.0	6.5	5.7	6.0	5.7	5.5
35	6.5	4.0	5.1	4.3	6.1	4.7	5.5	5.7	5.0	4.3	5.2	5.3

조직감 등의 전 부문에서 상품성을 소실하기 시작하였으나 갖의 개선은 35일 간의 저장기간 동안 전혀 일어나지 않았다. 예냉처리 방법별로는 진공예냉이 조직과 섉택에서 차압예냉보다 두드러지게 우수하였으며 차압예냉은 대조구와 유사한 수준을 보여주었다. 또한 예냉처리 하지 않은 대조구에서는 저장 28일 췌에 곰팡이가 발생하기 시작하였으며, 예냉처리한 송이에서는 저장 35일경에 두 처리구 모두 곰팡이가 생육하기 시작하여, 송이버섯을 예냉처리한 경우 7 일 정도 선도 연장효과를 거둘 수 있는 것으로 나타났다.

여 백

제 6 장. 송이버섯의 저장·유통기술개발

1. MA저장기술 개발

가. 포장방법의 영향

버섯의 자실체는 약 90%에 달하는 높은 수분을 함유하고 있으며 실온에 방치 시 많은 양의 수분이 빠져나가 건조되고 시들게 된다. 수확 후 버섯의 수분 증발 속도는 버섯의 상태, 주위 환경과 습도, 공기 유동과 대기압에 따라 달라지고 표면색의 변화에서처럼 신선도의 손실과 관련이 있으며 저장 중 수분이 계속해서 증발하게 되면 중량감소가 일어나고 버섯의 toughness가 증가되어 관능적으로 나빠지게 된다. 그러나 버섯을 PVC film이나 PE 포장재에 포장할 경우에는 전술한 바와 같이 호흡작용을 억제하고 또한 포장재 내의 상대습도를 높게 유지할 수 있으므로 증산작용을 억제함으로써 중량감소 및 수분 손실 등의 품질저하 현상을 일반 개봉저장보다 연장하는 효과가 있다.

그러나 송이버섯의 경우에는 플라스틱 필름으로 포장하여도 포장지 내에는 0℃에서 2-3일 내에 결로가 형성될 만큼 호흡 및 증산작용이 왕성한 특성을 나타낸다. 포장지 내에 형성된 결로는 호흡작용에 의하여 성분 분해시 발산되는 수분과 다공질의 버섯 조직내의 기공으로부터 발산되는 수분으로 이루어지는 데, 청과물이 수분을 상실하는 것은 세포 사이의 자유수가 손실되는 것으로서 그 결과 팽윤성을 잃게되어 외관적으로 위조현상과 함께 중량감소율이 높아지고 조직감도 저하하게 된다. 대부분 버섯의 수분증산은 주름부분에서 행해지고 갓이 개열되는 것이 증산이 활발하나, 송이버섯과 같은 경우는 균산, 균병으로부터도 증산하게 된다. 이와 같은 증산작용은 송이버섯을 LDPE필름에 일정량을 동시 포장할 경우 증산이 진행됨에 따라 포장지 내의 환경을 과습한 환경으로 변화시킬 뿐만 아니라 버섯 표면에 형성된 수분이 조직의 짓무

림 현상이나 갈변을 촉진시키며, 또한 버섯 상호간의 접촉에 의한 품질저하 현상을 확산시키는 역할을 하고 있다. 따라서 본 실험에서는 송이버섯의 증산 작용에 의하여 형성된 수분을 흡수하고 포장지 내부의 습도조절을 위하여 sodium acryl 계통의 polymer를 충전한 보습시트를 이용한 MAP와 개체간의 접촉을 방지하기 위하여 송이버섯을 개체포장한 MAP결과에 대하여 보습시트를 활용하지 않은 경우를 대조구로 하여 상호비교하였으며, 그 결과는 Fig. 38 및 39와 같다. Fig. 38은 보습시트의 활용여부와 보습시트 포장시 포장물의 량에 따른 저장성 검토를 위하여 송이버섯을 보습시트로 개체포장한 경우, 500g의 송이버섯을 동시 포장한 경우 및 보습시트를 사용하지 않고 방치한 송이버섯을 42일 동안 저장하면서 중량 감소율 변화를 조사한 결과이다. 보습시트를 사용하지 않고 저장한 송이버섯과 송이버섯500g을 하나의 보습시트로 감싼 다음 저장한 경우의 중량감소율은 보습시트를 사용하는 쪽이 사용하지 않은 것보다 저장 28일 까지 약 5~8%의 감모율을 더 억제하는 효과가 있었다. 그러나 송이버섯을 보습시트에 개체 포장하여 저장하면 보습시트를 하지 않은 것보다 저장 14일 동안 약 3배정도, 저장 28일 까지는 약 2배정도의 감모율 발생억제효과가 있었으며, 보습시트에 다량의 송이버섯을 동시 포장한 경우보다는 약 2배의 감모율 억제효과가 있었다. 그러나 실제 송이버섯을 저장하면 Fig. 38의 중량손실 뿐만 아니라 표면건조, 갈변, 위조 등도 동시 발생함으로써, 시각적인 상품성을 손실하게 된다. 이와 같이 포장한 송이버섯을 저장 42일 후의 모습을 사진으로 나타낸 바 그 결과는 Fig. 39와 같다. 보습 시트를 사용하지 않고 개체 저장한 송이에서는 줄기의 상부에 높은 갈변현상과 더불어 위조 및 표면 건조현상이 나타났으며, 일정 개수의 송이버섯을 하나의 보습시트로 포장한 경우에도 버섯의 증산작용으로 형성된 수분에 의한 결로로 인하여 갈변이 더 진행되고 송이버섯간의 접촉에 따라 줄기 부위에서의 짓무름 현상도 나타난 반면 송이버섯을 보습시트로 개체 포장한 경우에는 뛰어난

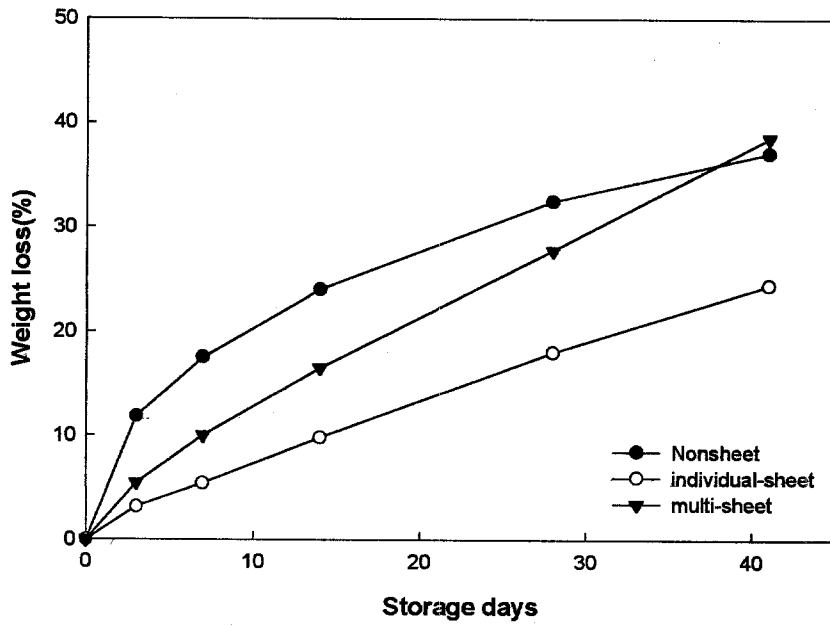


Fig. 38. Changes of weight loss during storage of *T. matsutake* with different wrapping methods

여 백



Fig. 39. Pictures of *T. matsutake* after storage of 42 days with different wrapping methods

여 백

보형성과 함께 특유의 조직감을 잘 유지하는 결과를 얻었다. 따라서 송이버섯을 저장할 경우에는 보습시트로 개체 포장하면 상품성을 더욱 증진시킬 수 있음을 확인하였으며, 또한 보습시트에 개체 포장한 송이버섯을 플라스틱 필름에 포장하여 저장하면 기체투과도 및 수증기 투과도 까지 조절할 수 있는 효과가 있어 단순 저온저장보다 신선 송이버섯의 저장성을 상당한 수준까지 연장할 수 있을 것으로 추측된다.

나. 감모율의 변화

송이버섯의 MAP 저장실험에서는 송이버섯을 보습시트로 개체포장한 후 이를 LDPE필름의 두께별로 저장하였으며, Fig. 40과 같은 중량감소율의 결과를 얻었다. 송이버섯을 LDPE 필름 두께를 0.02~0.10mm의 범위에서 0.02mm간격으로 차이를 두며 조사한 결과 송이의 중량감소율은 저장기간의 경과에 따라 증가하는 경향이었으며, 필름두께에 따른 중량감소율의 차이는 인식할 수 없었다. 특히 저장기간별 중량감소율의 증가경향은 저장 3일까지는 급속히 증가하다가 3일 이후부터는 증가속도가 점진적으로 증가하는 경향이였다. 이와 같은 결과는 송이버섯을 일반 대기조건에서 합기 포장한 결과 저장 3일까지는 포장지 내 기체조성이 송이버섯의 왕성한 호흡작용에 따라 일정한 농도로 급격히 변화되는 시점으로 판단되며, 3일 이후부터는 포장재 내의 가스 조성이 평형상태에 도달한 결과로 유추되나 이후부터 점진적인 중량감소율의 발생한 결과로 볼 때 포장재 내부의 기체조성을 일정하게 유지할 수 있을 만큼 LDPE필름의 기체 투과도가 높지 않음을 알 수 있다. 따라서 송이버섯을 MA 저장한 결과 0.08~0.10mm의 두께의 필름에서는 포장재의 개봉시 알콜취가 인식되기 시작하였으며, 저장 32일 경에는 비교적기체투과도가 높은 0.02~0.04mm의 필름을 제외하고는 모든 저장구에서 이취를 분명히 인식할 수 있었다.

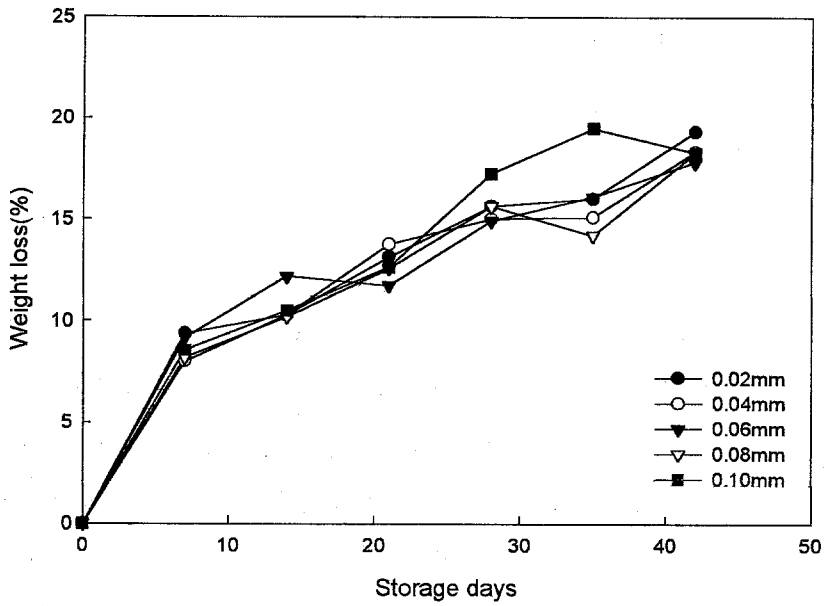


Fig. 40. Changes in weight loss during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

다. 색택의 변화

일반적으로 버섯의 품질은 갓의 개열 및 갓과 자루의 갈변, 조직감으로서 판단하게 된다(36). 그 중 버섯의 백색 정도는 식품으로서 상품적 가치를 판단하는 중요한 지표가 된다. 버섯의 저장 중 갈변의 형성은 효소적 반응에 기초한 것으로서 수확 및 유통 중 버섯에 생긴 상처는 버섯의 갈변을 촉진시키고(37) 버섯의 갈변은 노화, 세균감염 등에 의해 일어나므로 갈변이 진행된 버섯은 품질이 나쁘고 취급 및 저장 상태가 불량함을 나타내 준다. 저온 냉장이 버섯의 백색도와 품질유지에 미치는 영향에 관한 연구에서는 양송이 버섯(38)과 표고버섯(32)의 Hunter L값이 70이하가 되면 버섯은 관능적으로 받아들일 수 없다고 하였다. 그러나 송이버섯의 경우에는 Table 28~30에서 보는 바와 같이 수확 직후부터 갓과 줄기부위에서의 Hunter L-value가 70 이하로 나타난 결과로 볼 때 버섯의 표면색의 밝기에 따른 관능적 품위기준은 모든 버섯에서 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 송이버섯의 저장 중 표면색의 변화를 Hunter 색차계로 측정된 결과 갓과 줄기부위의 Hunter L-value에서는 저장기간이 증가함에 따라 증가하고 있는 경향을 보이고 있었으며, 적색도를 나타내는 a-value는 갓이 줄기보다 높게 나타났으며, 갓의 경우 대조구는 초기치 7.54에서 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향이었으나 MA 포장구에서는 대부분이 거의 유사한 수준에서 약간씩 증가하는 경향을 보여주고 있었다. 또한 줄기의 경우에는 0.06~0.08mm 두께의 LDPE필름에서 약간의 변화폭이 인식되어졌으나 전반적으로 감소하는 경향을 보였을 뿐 나머지 처리구에서는 약간씩 증가하는 경향으로 해석되었다. 황색도를 나타내는 Hunter b-value에서는 갓이 줄기보다 낮은 값을 나타내었으나, 저장 기간이 증가함에 따라 갓의 경우는 약간 증가하는 경향을, 줄기에서는 감소하는 경향을 보여주고 있었다. 실제 송이버섯의 경우에는 색의 변화를 인식하기 어려운 갓 부위보다 줄기에서의 갈변현상이 신선도를 나타내는 중요한 지표가 되고 있는데

Table 28. Changes in Hunter L-value during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

	Thickness (mm)	Storage period(days)					
		0	7	14	21	28	35
Pileus	control	39.03	34.91	38.03	55.32	59.04	44.24
	0.02	39.03	51.87	42.64	51.10	49.97	46.32
	0.04	39.03	47.64	46.37	39.06	55.36	46.39
	0.06	39.03	37.38	49.51	45.85	47.27	41.69
	0.08	39.03	53.69	56.13	45.00	42.31	45.53
	0.10	39.03	44.02	45.91	38.33	41.10	56.43
Stipe	control	66.29	70.81	71.49	72.92	70.66	76.79
	0.02	66.29	67.55	69.08	82.41	75.40	72.09
	0.04	66.29	73.53	76.35	66.34	75.09	71.24
	0.06	66.29	65.89	72.18	73.00	75.52	76.74
	0.08	66.29	68.37	79.30	78.68	72.62	77.10
	0.10	66.29	60.95	75.51	71.30	59.37	70.30

Table 29. Changes in Hunter a-value during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

	Thickness (mm)	Storage period(days)					
		Initial	7	14	21	28	35
Pileus	control	7.54	6.45	7.67	8.34	5.09	6.71
	0.02	7.54	7.90	8.11	7.16	6.15	7.81
	0.04	7.54	8.04	8.33	7.45	6.09	7.88
	0.06	7.54	8.03	6.63	8.37	7.73	8.08
	0.08	7.54	9.43	6.52	10.38	8.88	8.27
	0.10	7.54	9.32	8.57	8.05	8.16	7.21
Stipe	control	3.78	3.52	5.05	4.23	4.43	3.08
	0.02	3.78	5.33	6.71	1.48	3.16	4.33
	0.04	3.78	2.40	2.70	5.57	3.04	4.85
	0.06	3.78	4.88	4.67	3.33	3.48	3.18
	0.08	3.78	5.75	2.04	2.58	5.00	3.44
	0.10	3.78	9.40	3.16	5.48	7.80	5.90

Table 30. Changes in Hunter b-value during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

	Thickness (mm)	Storage period(days)					
		initial	7	14	21	28	35
Pileus	control	15.26	12.54	12.45	25.84	23.24	17.22
	0.02	15.26	23.17	16.30	21.95	18.56	17.28
	0.04	15.26	19.82	20.09	12.74	21.84	18.87
	0.06	15.26	13.49	20.63	18.99	20.19	16.52
	0.08	15.26	23.44	23.18	18.46	16.92	18.82
	0.10	15.26	18.05	18.23	13.65	16.21	21.46
Stipe	control	30.38	23.48	27.66	25.04	27.51	24.29
	0.02	30.38	25.99	29.00	23.11	27.48	25.30
	0.04	30.38	21.28	24.5	26.27	24.53	26.35
	0.06	30.38	25.49	25.48	23.70	26.77	25.34
	0.08	30.38	27.62	25.89	25.16	28.17	24.87
	0.10	30.38	29.91	24.08	30.84	28.04	28.21

대조구가 저장 35일경에 24.29로 MA처리구보다 황색도가 낮게 나타났으며, MA저장구에서는 0.04mm와 0.10mm의 MA포장구에서 황색도의 변화가 가장 적게 나타나고 있었다. 그러나 실제 송이버섯의 경우에는 줄기의 표면색이 부분적으로 짙은 갈색이 형성되어 있기 때문에 측정시의 부위 선택에 따라 표면색의 정도가 차이가 날 수 있으며, 또한 MA저장한 송이버섯의 경우 포장재마다 송이버섯의 개체 차이가 균일할 수 없기 때문에 본 실험결과 분명한 변화경향을 파악하기에는 어려운 문제가 있었다.

라. Texture의 변화

버섯은 수확초기에는 단단한며 탄력이 좋으나 저장기간이 지남에 따라 수분 감소와 함께 경도와 탄성이 감소하게 되는 데, 송이의 신선도를 나타내

는 지표로서는 향기, 조직감, 색택등이 절대적으로 많이 이용되고 있다. 따라서 송이의 저장 중 조직감의 변화를 조사한바, 그 결과는 Fig. 41~42과 같다. 제 6장의 전처리 기술분야에서 송이버섯을 예냉처리한 후 개봉(開封)저장한 결과 송이버섯의 조직 내 수분이 외기로 방출되는 증산작용으로 인하여 표면이 건조됨으로써 경도가 증가하는 현상이 나타났으나, 송이버섯을 MA필름에 저장한 결과는 저장기간이 경과함에 따라 갓과 줄기부위에서 모두 감소하고 있었다. 이와 같은 원인은 송이버섯의 포장재로 선정된 LDPE필름은 가스투과도가 높은 반면 수증기 투과율은 낮은 특성을 지니기 때문에 송이버섯의 호흡 및 증산작용으로 생성된 수분이 포장재 밖으로 충분히 배출되지 못함으로써, 포장재 내의 저장환경이 과습한 상태로 변하게 되어 표면의 건조현상을 억제하였기 때문으로 판단된다. 필름 두께별 경도변화는 Fig. 41의 갓의 경우 초기 765.56kg에서 저장 28일후의 457.3~525.5kg의 범위까지 계속적으로 감소하였다가 저장 35일 경에는 28일째의 경도와 유사한 경향을 보였다. 줄기에서의 경도 감소율은 Fig. 42와 같이 저장 7일 까지 비교적 높은 경도 감소율을 나타내다가 저장 35일 까지 점진적인 감소추세를 나타내었다. 필름 두께에 따른 경도 감소율은 저장기간 동안 갓과 줄기 모두에서 분명히 나타나지 않았으며 특히 상품성을 소실한 저장말기의 경도는 필름 두께에 관계없이 거의 일정한 상태를 보이고 있었다. 따라서 송이버섯을 필름 두께별로 MAP한 결과 포장재내의 과습한 환경으로 인하여 경도는 저장기간의 경과와 더불어 감소하는 추세였으나, LDPE 필름 두께에 따른 기체투과도의 차이에 따른 송이버섯의 경도는 거의 영향을 받지 않는 것으로 판명되었다.

마. 유리당 및 당알콜의 변화

일반적으로 버섯에는 trehalose, mannitol, arabitol, glucose와 fructose등의

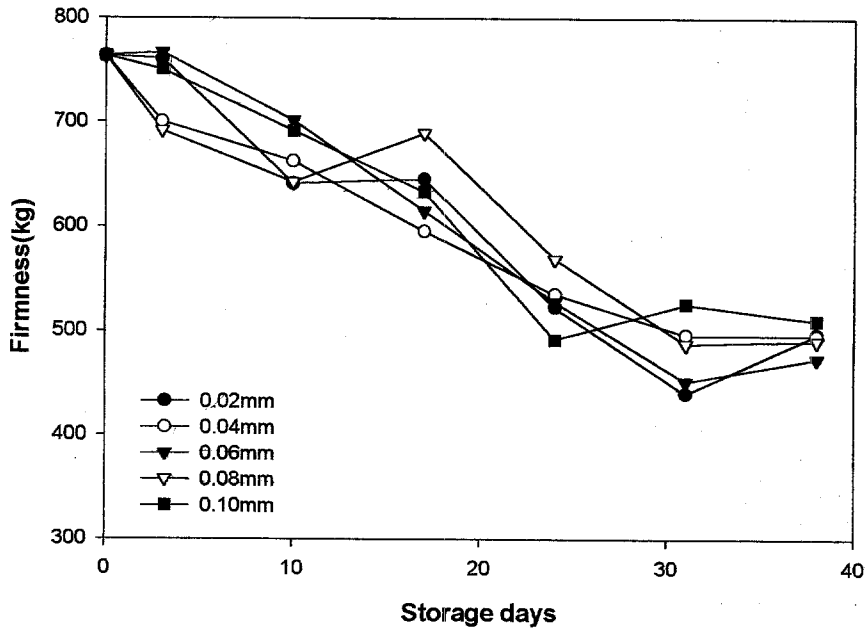


Fig. 41. Changes of firmness in pelei of *T. matsutake* during MA storage with different film thickness

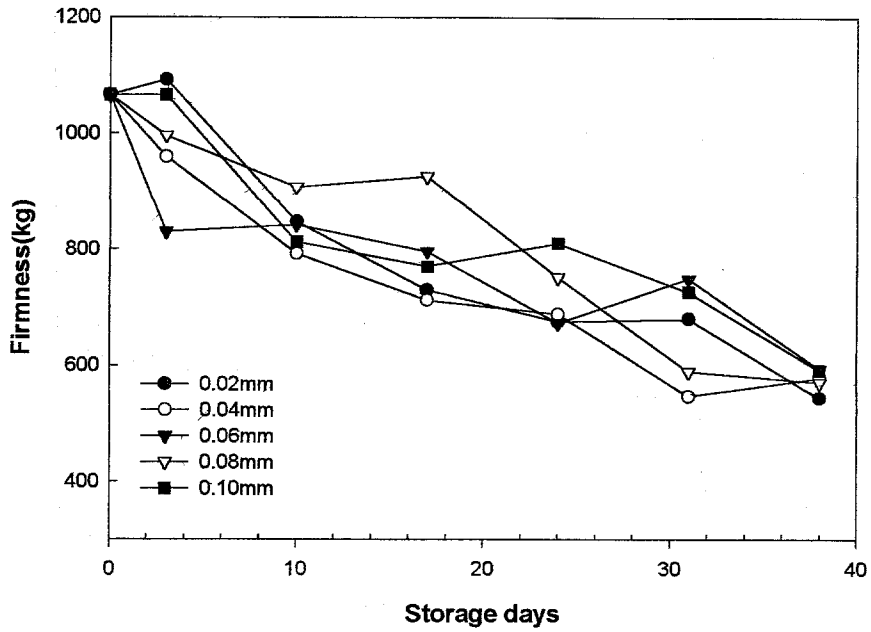


Fig. 42. Changes of firmness in stipes of *T. matsutake* during MA storage with different film thickness

탄수화물이 포함되어 있다. 특히 trehalose, mannitol, arabitol은 버섯의 주요 구성당류로서, 각 탄수화물의 함량은 성장기간 동안 변화되고 갓과 자루간에도 뚜렷한 차이를 보이는 것(14)으로 알려져 있다. 버섯의 저장 중 유리당 및 당알콜류들이 감소한 것은 이들 호흡기질로서 이용되어 분해된 결과로써, 특히 수확 후에 있어서는 균병, 균산에 축적된 mannitol, arabitol, trehalose등과 같은 탄수화물이 호흡기질로 사용되어지므로 자체 성분 중 탄수화물의 함량 감소와 함께 품질이 저하하게 된다.) 따라서 송이버섯의 MA저장 중 유리당 및 당알콜의 변화를 필름두께별로 조사한 결과 Table 31과 같이 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 필름두께별로는 0.04mm의 필름포장구에서 전체적인 탄수화물의 보유력이 가장 높게 나타났으나, 탄수화물의 감소율은 0.06mm의 필

Table 31. Changes in sugar and sugar alcohol during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

(unit : %, dry basis)

Film thickness(mm)	Sugar and alcohol	Storage period (days)	
		7	21
0.02	Mannitol	15.33	11.40
	Trehalose	12.08	9.85
	Total	27.40	21.25
0.04	Mannitol	15.71	12.60
	Trehalose	12.74	10.58
	Total	28.29	22.98
0.06	Mannitol	14.57	11.90
	Trehalose	12.95	10.83
	Total	27.52	22.73
0.08	Mannitol	13.78	12.34
	Trehalose	14.57	8.33
	Total	26.91	22.11
0.10	Mannitol	14.52	10.60
	Trehalose	12.90	10.96
	Total	27.42	21.57

름두께에 포장한 송이버섯에서 가장 낮았으며, 기체투과도가 비교적 높은 0.02 mm와 기체 투과도가 낮은 0.08mm에서의 감소율이 비교적 높게 나타나고 있었다. 성분별 감소율을 살펴보면 mannitol의 경우에는 0.08mm에서 감소율이 가장 억제된 결과를 보이며, 그 다음으로 0.06mm순이었으며, 그 외의 필름에서는 mannitol의 감소속도가 유사하게 나타났다. 그러나 trehalose의 경우 0.08mm의 포장구에서 감소속도가 타 포장구와 달리 매우 빠르게 진행되고 있는 반면 기타 다른 포장구에서의 감소속도는 유사한 속도로 감소하는 결과를 보였다. 따라서 0.08mm의 포장두께에서는 측정시점에서의 대사작용이 mannitol보다는 trehalose에 의해 진행되고 있음을 알 수 있었다.

바. 유리아미노산의 변화

버섯의 유리아미노산은 nucleotides와 함께 구수한 맛에 관여하는 풍미성분의 하나로서, 영양적이면서도 약리적인 의의를 가진다. 국내에서 조사된 식용 버섯들 중에서 송이버섯의 유리아미노산(16)은 슴떡물버섯, 양송이버섯, 들버섯, 느타리버섯 다음으로 많이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다. 또한 표고버섯(33), 팽이버섯(15), 송이버섯 등의 유리 아미노산은 버섯의 노화에 따라 조직 내부의 protease의 활성이 증가되어 조직 단백질이 분해됨(32)으로써 저장 중에 증가하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 송이버섯을 필름 두께별로 MA저장한 결과 유리 아미노산의 변화를 다음 Table 32와 같이 조사하였다. 본 실험에 사용한 송이버섯의 주요 유리 아미노산으로는 lysine과 alanine이 가장 많이 함유되어 있었으며, 그 다음으로 glutamic acid, arginine, threonine 등이 높은 비율을 차지하고 있었다. 이와 같은 결과는 5장의 등급별 송이버섯의 유리아미노산 함량에서 조사한 1등급 송이버섯의 주요 유리 아미노산인 arginine, alanine, glycine, glutamic acid 등과 약간의 차이를 나타내고 있다.

Table 32. Changes in amino acids during MA storage of *T. matsutake* with different film thickness

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

Storage days	0						7					21				
Film mm	Cntrl	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
ASP	62.56	26.83	48.19	87.26	71.84	34.56	73.48	0	53.15	37.87	17.90					
THR	134.15	174.32	184.23	153.25	151.88	134.15	182.72	155.11	155.16	147.23	189.14					
SER	89.76	73.60	63.09	60.17	76.59	72.92	85.11	79.90	74.90	77.83	86.15					
GLU	195.72	233.32	289.99	211.79	485.87	266.40	206.01	209.24	194.27	209.57	290.83					
PRO	58.25	82.55	0	43.71	0	81.53	70.07	79.27	80.20	88.39	108.30					
GLY	35.12	31.24	22.84	28.02	60.48	49.24	33.71	76.40	38.62	46.54	38.70					
ALA	212.19	268.65	274.83	267.80	363.56	212.29	281.88	310.92	229.42	232.8	303.04					
VAL	72.13	77.02	48.80	69.40	99.65	95.28	89.15	86.49	78.42	99.53	85.83					
MET	16.98	22.23	6.02	4.67	32.98	20.20	8.09	24.58	18.43	23.40	29.04					
ILE	48.76	49.36	21.83	35.76	66.74	58.63	50.83	59.97	48.62	65.91	53.95					
LEV	102.38	127.10	78.57	99.99	136.44	136.07	134.69	135.37	119.47	157.50	142.22					
TYR	52.18	53.29	9.23	1.74	56.51	33.65	27.04	56.08	45.20	63.02	73.48					
PHE	62.14	79.98	45.86	30.56	68.80	61.34	80.67	155.73	72.85	88.53	98.15					
LYS	302.61	332.28	261.55	288.65	503.84	839.46	383.62	414.14	468.83	398.53	660.19					
HIS	121.65	123.71	139.61	105.00	104.42	80.50	124.74	105.81	85.44	87.88	139.25					
ARG	162.37	231.21	202.6	159.31	209.99	185.03	261.22	199.79	280.59	225.72	501.53					
Total	1728.9	1986.7	1697.2	1647.1	2489.6	2361.2	2093.1	2148.8	2043.6	2050.3	2817.7					

이러한 원인은 등급별 품질조사용 시료와 MA 저장 용 시료의 산지별 차이에 기인하는 것으로 판단되는 데, 일반적으로 버섯의 아미노산 함량과 조성은 분 석방법이나 시료의 확보방법 및 시기 등의 차이에도 기인하나 재배조건, 생육

단계, 수확시기 및 수확 후의 취급방법 등에 따라 많은 차이가 있는 것(18~19)으로 알려져 있다.

송이버섯의 MA저장 중 유리아미노산 함량은 저장기간의 경과와 더불어 증가하는 경향이었으며, 필름두께에 따라 계속적인 증가추세에 있는 경우와 저장 7일경에 감소하다가 증가하는 추세를 보이는 경우로 구분될 수 있었다. 즉 사용한 필름 중 기체 투과도가 가장 높았던 0.02mm와 가장 낮은 0.10mm 두께의 포장재에서는 유리아미노산 함량이 초기의 1728.9 $\mu\text{g/g}$ 에서 저장 7일경 1986.7 $\mu\text{g/g}$, 2361.2 $\mu\text{g/g}$ 로 증가하였다가 저장 21일경에는 각각 2093.1 $\mu\text{g/g}$, 2817.7 $\mu\text{g/g}$ 으로 계속적인 상승을 보인 반면 0.04~0.08mm의 필름 포장재에서는 감소하였다가 증가하는 추세를 보이고 있었다. 이와 같은 경향은 황 등이 진공포장한 팽이버섯을 대상으로 저장온도별 유리아미노산의 변화를 조사한 결과에 따르면 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 총 유리아미노산이 저장 초기부터 저장 말기까지 계속 증가하는 추세를 보인 반면 10 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 큰 증가추세를 나타내지 않았으며, 0 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 전체적인 증가추세 속에서 저장 6일과 20일에 약간 감소하다가 저장 말기에 다시 증가하는 경향을 보인다고 하였다. 이와 같이 저장기간에 따른 유리아미노산의 성패는 MA포장구의 개체 차이에서 오는 것인지 버섯의 대사작용에서 기인하는 지에 대한 것은 분명하지 않다.

사. 관능특성의 변화

송이버섯의 필름 두께별 MA 저장한 결과 색상, 색, 조직감, 향기 및 종합적 기호도에 대한 관능검사를 9점 평점법에 의한 차이식별검사를 실시한 결과는 Table 33과 같다. 송이버섯의 상품수명 한계치로서는 4.5점을 기준으로 하였는데, MA 저장을 하지 않은 대조구에서는 14일까지 상품성을 유지하고 있음에 반해 MA 저장한 송이에서는 0.1mm 두께의 포장구를 제외하고는 저장 28일 동안 상품성을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 저장 21일 제에는 0.08mm와

Table 33. Changes in sensory characteristics of *T. matsutake* during MA storage with different film thickness

Film Thickness (mm)	Characteristics	Storage period(days)					
		0	7	14	21	28	35
control	appearance	9.0	7.5	7.5	7.3	5.3	3.3
	color	9.0	6.5	6.8	8.3	6.0	4.0
	texture	9.0	8.0	7.0	5.3	4.7	3.0
	flavor	9.0	8.0	6.3	4.2	4.0	2.8
	overall	9.0	7.0	6.5	4.5	4.8	3.0
0.02	appearance	9.0	8.0	7.7	7.7	6.5	5.0
	color	9.0	7.3	7.3	6.7	6.0	5.0
	texture	9.0	8.3	7.8	6.0	5.2	3.5
	flavor	9.0	8.5	7.2	6.0	5.2	3.8
	overall	9.0	7.3	7.2	6.5	5.1	3.7
0.04	appearance	9.0	8.0	7.7	8.2	6.2	4.5
	color	9.0	7.5	7.0	7.3	4.9	4.7
	texture	9.0	8.5	8.2	6.2	5.6	3.5
	flavor	9.0	8.5	6.7	6.0	4.3	2.7
	overall	9.0	7.5	7.2	6.0	4.9	3.2
0.06	appearance	9.0	8.0	8.0	8.3	6.3	5.0
	color	9.0	7.3	7.5	8.0	4.7	4.3
	texture	9.0	8.5	8.2	7.0	5.8	4.8
	flavor	9.0	8.5	7.5	6.2	3.5	2.0
	overall	9.0	7.5	8.0	7.0	4.6	3.5
0.08	appearance	9.0	8.0	8.0	7.3	6.3	5.2
	color	9.0	8.0	7.3	6.2	4.6	4.3
	texture	9.0	8.5	8.0	6.3	6.0	3.7
	flavor	9.0	9.0	7.3	5.3	4.0	1.7
	overall	9.0	8.3	7.7	6.0	4.9	3.5
0.10	appearance	9.0	8.0	7.0	7.2	7.0	6.2
	color	9.0	8.0	5.8	4.7	4.2	3.7
	texture	9.0	8.5	7.7	6.2	5.3	6.3
	flavor	9.0	9.0	5.8	5.7	4.3	1.5
	overall	9.0	8.3	6.2	6.0	4.3	4.0

여 백

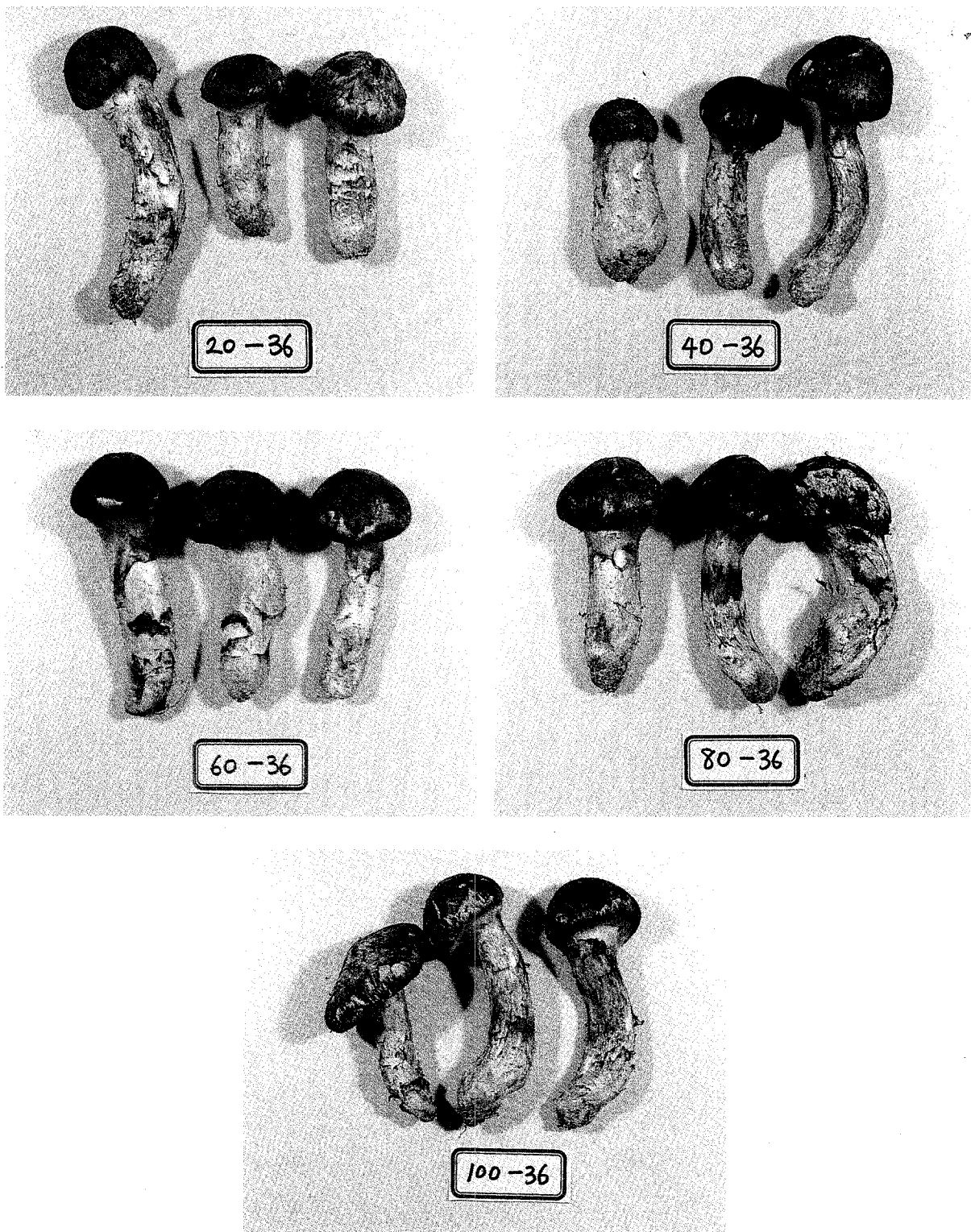


Fig. 43. Pictures of *T. matsutake* after MA storage of 36 days with different film thickness

여 백

0.10mm의 MAP에서는 포장재 내 결로현상으로 인하여 갓 부위에서의 갈변이 심하게 발생하였고 약간의 변향이 인식될 수 있을 만큼 향기변화가 감지되기 시작하였다. 또한 저장 말기인 35일 후에는 전반적으로 조직의 스펀지 현상이 뚜렷하였고, 향이 많이 유실하였으며, 특히 0.04mm의 포장구에서 곰팡이까지 발생하기 시작하였다. 저장 36일까지 MA 저장한 송이버섯의 상태를 Fig. 43과 같이 사진으로 나타냈다. 사진에서 보는 바와 같이 표면색에 대해서는 0.02mm가 가장 우수한 반면 0.04mm, 0.08mm와 0.10mm 두께에 포장한 송이버섯에서는 상당히 갈변이 진행된 것으로 보여진다. 그러나 송이버섯의 포장재로서 0.02mm의 두께는 실제 유통 중 파손될 소지가 높기 때문에 LDPE필름으로 포장시에는 0.06mm두께의 필름을 이용하거나 아니면 기체투과도가 0.02mm두께의 LDPE 필름의 것과 유사하면서 인장강도가 우수한 필름을 선택하여야 할 것이며 또한 LDPE필름에 통기공을 뚫어 기체투과도를 조절한 포장재를 이용할 필요가 있다.

2. CA저장기술개발

1) 중량감소율의 변화

현재 과실, 채소류의 적정 CA 저장조건은 저장 품목에 따라 다소 차이는 있으나, 산소의 경우 2~5%의 범위가 가장 널리 이용되는 조건이고, 탄산가스는 저장 품목에 따라 비교적 폭 넓은 적용범위를 갖고 있다. 즉, 과일류의 경우에는 대부분 5~10%내외이며, 채소류는 비교적 과일류보다 높은 7~20% 이상의 탄산가스 농도가 이용되고 있다³⁾. 즉, 조직이 연약하고 호흡량이 많은 농산물일수록 탄산가스는 높은 농도가 필요하다. 따라서 송이의 CA 저장효과 및 적정 탄산가스 농도를 구명하기 위하여 산소농도를 생체의 최소 산소요구도를 고려하여 3%와 5%로 고정하고 CO₂ 농도를 15%, 20%, 25%로 각각 다르게 조절한 chamber내에 150일 동안 저장하면서 중량감소율의 변화를 조사한 결과를 Fig. 44에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 송이버섯을 CA 저장한 경우 중량 감소율은 Table 39의 관능특성에서 조사한 결과를 토대로 저장수명 종료시점이라 할 수 있는 저장 28일에 8.6~12.8%, 완전히 상품성을 소실한 저장말기인 42일 에 11.9~15.7%로 나타났는데, 이는 28일 동안 일반 저온저장한 송이버섯의 24%에 비하여 2배 이상 감소시킬 수 있었으며, MA 저장한 송이버섯의 28일 및 42일째의 14.9~17.3%, 17.8~19.3%에 비하여 중량 감소율을 효과적으로 억제할 수 있었다.

송이버섯의 CA저장에 대한 적정 기체조성을 구명하기 위하여 산소 및 탄산가스 농도별로 조사한 결과는 탄산가스 농도가 높을 수록 중량감소가 억제되는 경향을 보여주고 있었다. 그러나 동일 탄산가스 농도에서는 산소농도가 높은 조건에서 저장한 송이버섯이 낮은 농도 조건의 것보다 중량감소가 높을 것

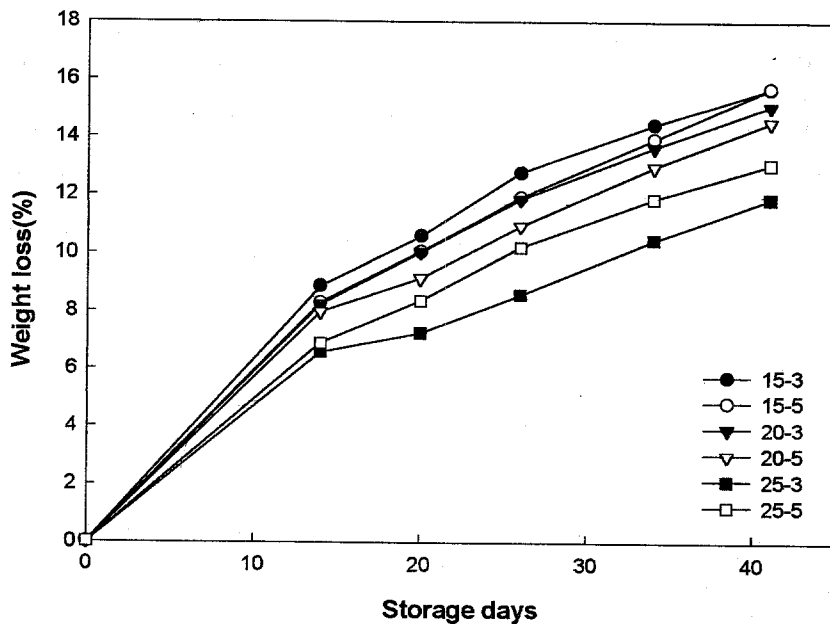


Fig. 44. Weight loss of *T. matsutake* during CA storage at different O₂ and CO₂ concentrations

으로 예측하였는 데, 탄산가스 15%와 20%농도에서는 오히려 산소농도 3%조건이 5%보다 중량감소율이 높게 나타났으며, 탄산가스 25%농도에서만 3% 산소조건이 5%조건 보다 억제하는 결과를 보였다. 이와 같은 원인은 일반 CA 저장조건에서 탄산가스 농도가 5~10%선에서 유지하고 있는 반면 본 실험에서 이용한 탄산가스 농도조건은 25%까지 매우 높은 농도로 조절하여 실험한 관계로 고탄산가스에서 산소의 영향이 적었던 것으로 판단된다, 실제 CA저장 조건별로 중량 감소율의 변화는 25%의 탄산가스 농도와 3%의 산소가스 농도에서 가장 적은 중량감소율을 나타내었는데, 이는 Table 39의 관능검사결과에서도 동일 조건에서 저장한 송이가 가장 우수한 결과를 보이고 있었다.

2) 표면색의 변화

송이버섯의 갓과 줄기에 대한 표면색의 변화를 CA저장 조건별로 조사한 결과는 Fig. 45~52과 같다. 송이버섯의 Hunter L-value는 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향으로, 줄기부분에서는 비교적 감소속도가 완만한 반면 갓의 경우 저장 21~28일까지 급속히 감소하다가 이후부터는 점진적으로 감소하는 경향을 나타내고 있었다. 고내 환경가스 농도별 Hunter L-value의 변화를 살펴보면 CO₂ 25%, O₂ 3%의 고 탄산가스, 저산소농도에서 저장한 송이버섯에서 가장 밝은 표면색을 유지하고 있었고, 줄기에서는 CO₂ 15%, O₂ 5%의 저장조건이 가장 우수한 반면 CO₂ 25%, O₂ 3%의 농도조건은 그 다음으로 표면색의 변화가 억제되고 있었다. 그러나 CO₂ 15%, O₂ 5%의 농도에서 저장한 송이버섯은 갓 부분에서 Hunter L-value가 저장기간 중 다른 저장조건들에 비하여 가장 심한 표면색의 변화를 나타내어 전체적인 갈변도에서는 CO₂ 25%, O₂ 3%의 농도에서 보다 나쁜 결과를 초래하고 있었다.

황색도를 나타내는 b-value는 갓에서 탄산가스농도 25%, 산소가스농도3%

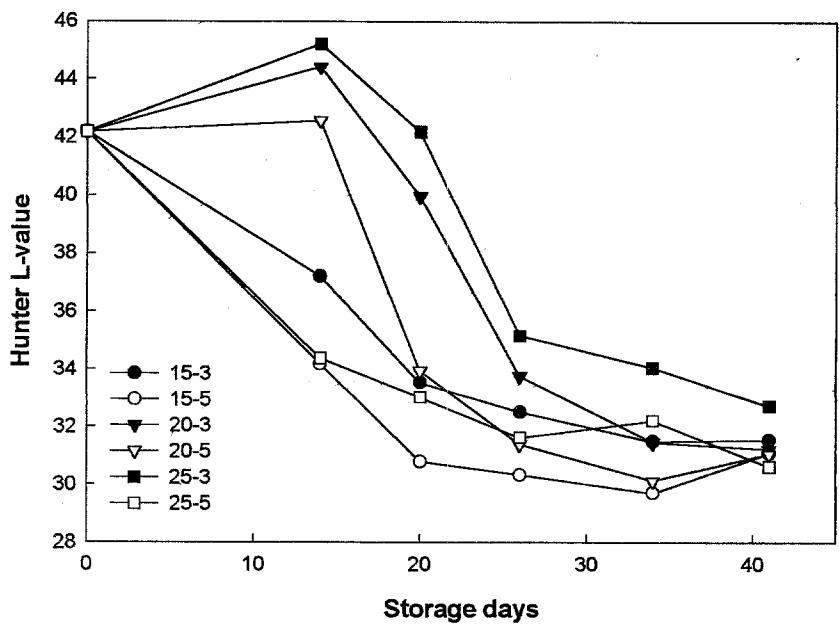


Fig. 45. Hunter L-values in pilei of *T. matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

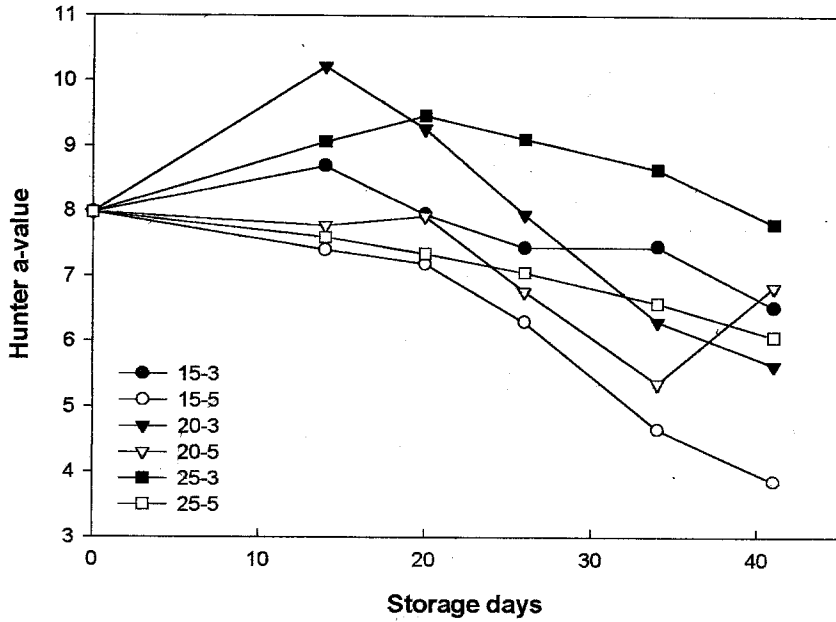


Fig. 46. Hunter a-values in pilei of *T. matsutake* during CA storage at different CO_2 and O_2 concentrations

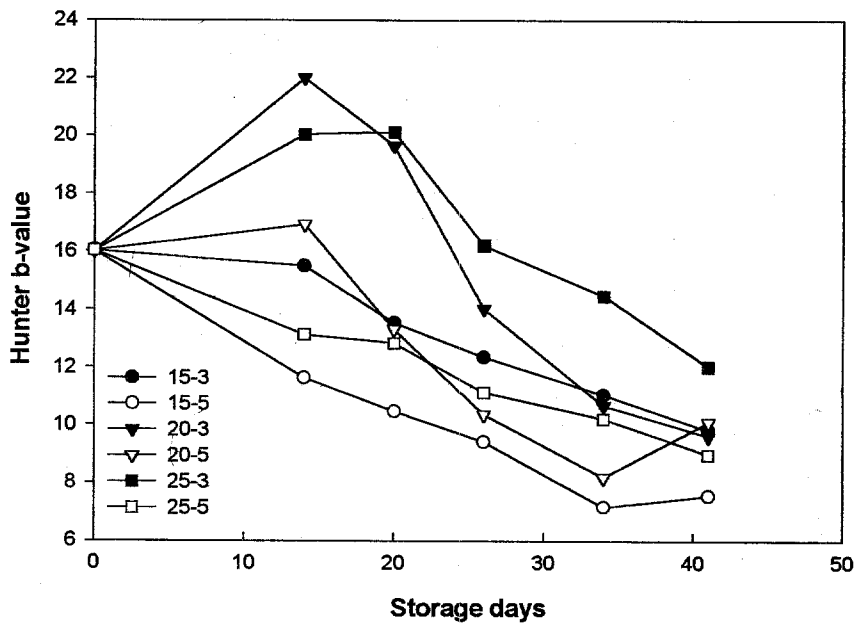


Fig. 47. Hunter b-values in pilei of *T. matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

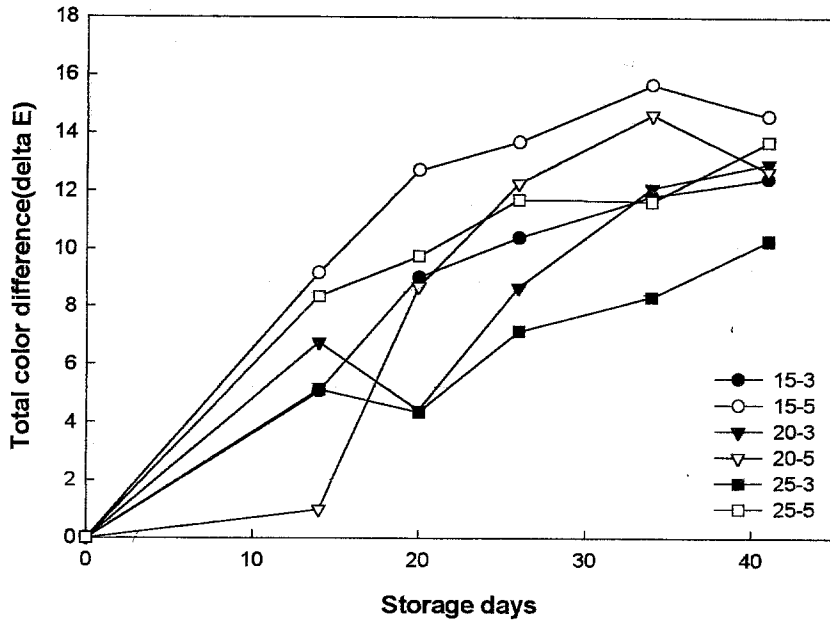


Fig. 48. Total Color differences in pilei of *T.matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

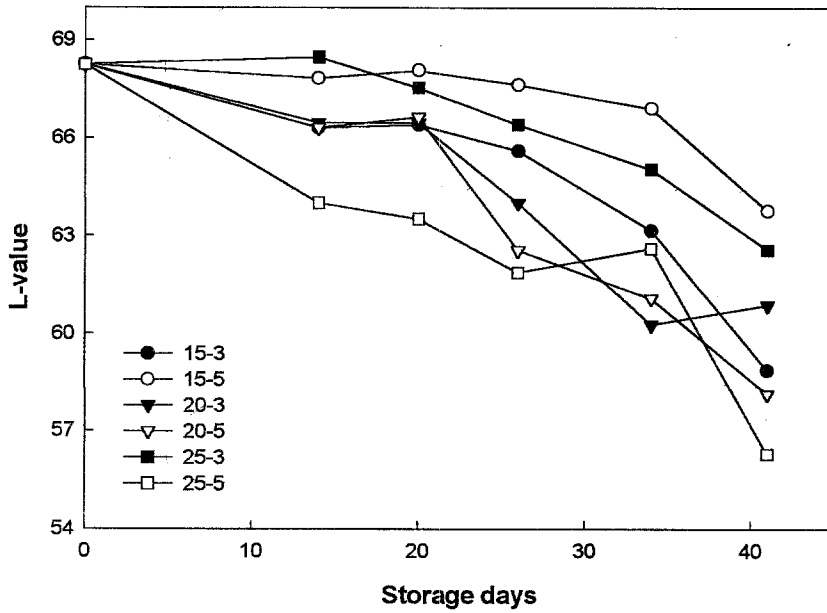


Fig. 49. Hunter L-values in stipes of *T. matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

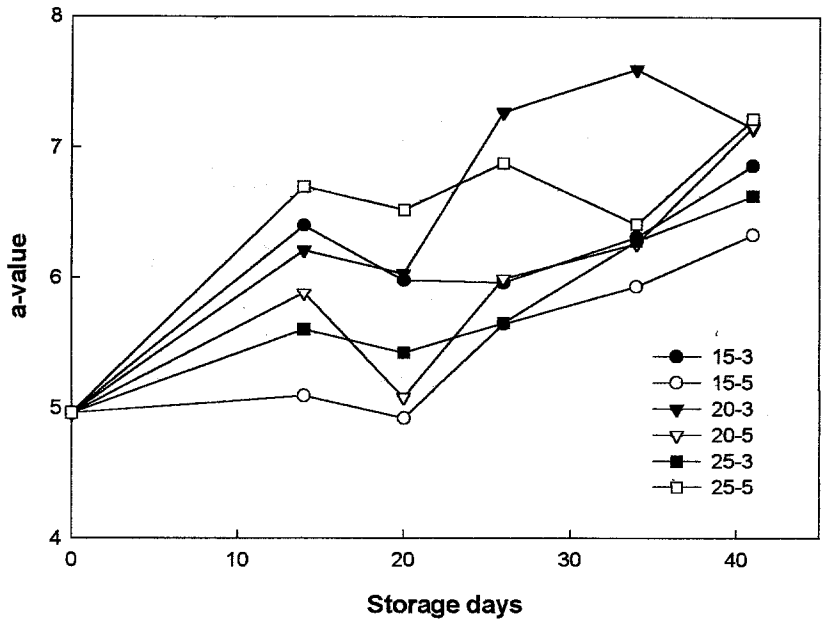


Fig. 50. Hunter a-values in stipes of *T. matsutakes* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

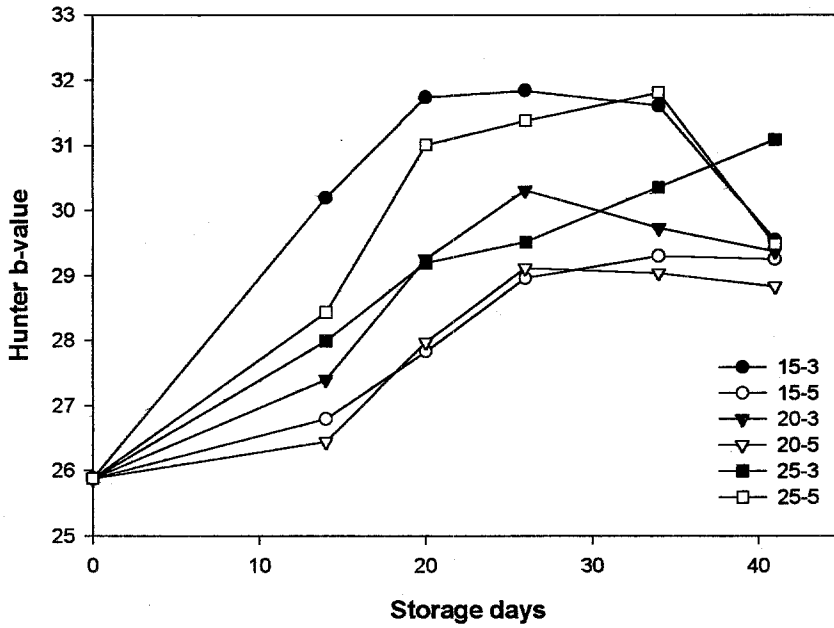


Fig. 51. Hunter b-values in stipes of *T. matsutakes* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

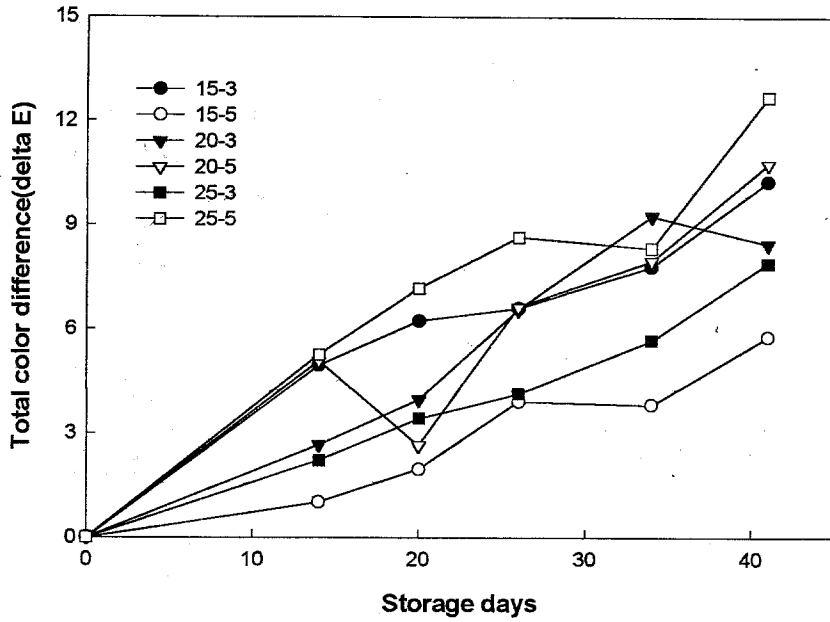


Fig. 52. Total color differences of stipes in *T. matsutakes* during CA storage at CO₂ and O₂ concentrations

의 저장구, 줄기에서는 탄산가스농도와 산소농도가 각각 20:3, 25:3, 25:5구가 우수한 결과를 보이고 있었다.

적색도를 나타내는 a-value에서는 갓의 경우 CO₂ 25%, O₂ 3%가, 줄기의 경우에는 CO₂ 15%, O₂ 5%가 가장 우수한 반면 CO₂ 25%, O₂ 3%농도조건은 중간 수준의 값을 나타내고 있었다.

이와 같은 결과들을 종합하여 시료의 초기치에서 측정치와의 종합적인 색 차이를 나타내는 ΔE를 구하여 비교한 결과, 갓 부분에서는 CO₂ 15%, O₂ 5% 농도 조건에서 저장한 송이버섯이 저장기간이 증가함에 따라 표면색의 변화가 가장 크게 나타난 반면 CO₂ 25%, O₂ 3%농도에서는 종합적인 표면색의 차이가 가장 억제되는 결과를 보였다. 또한 줄기에 대한 종합적인 표면색 차이는 CO₂ 15%, O₂ 5%농도, CO₂ 25%, O₂ 3%농도조건의 순으로 갈변 억제효과가 우수하였다. 이와 같은 결과들을 종합하여 볼 때 여러 CO₂ 및 O₂ 농도별로 송이버섯을 저장할 때 갈변을 억제하는 효과는 CO₂ 15%, O₂ 5%농도와 CO₂ 25%, O₂ 3%농도가 적절하였으며, 이 중에서도 갓과 줄기 부위에서 모두 변색 억제 효과를 나타낸 CO₂ 25%, O₂ 3%농도조건이 송이버섯의 표면색의 변화를 가장 억제하는 결과를 보였다

3) 유리당 및 당알콜

송이의 CA저장 중 저장조건에 따른 유리당 및 당알콜의 변화는 초기치 23.8%에서 저장기간의 경과와 더불어 소량 감소하는 경향이였다. mannitol은 탄산가스 농도가 15%이하인 저 탄산가스 농도에서는 초기치 10.6%에서 점진적으로 증가하는 추세로서, 저장 21일째에 12.6~12.1%의 값을 나타내었다. 그러나 탄산가스 농도가 20%이상인 고 탄산가스 농도에서는 저장 6일경에 11.2~12.1%로 약간 증가하였다가 21일 째에 9.3%~11.3%로 감소하는 추세를 보였으나, 저장 초기의 함량보다는 약간 높은 경향을 유지하고 있었다.

Table 34. Changes in sugar and sugar alcohol of *T. matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

(unit : %, dry basis)

sugar & sugar- alcohol	CO ₂ - O ₂	15-3		15-5		20-3		20-5		25-3		25-5	
	0	7	21	7	21	7	21	7	21	7	21	7	21
mannitol	10.6	11.7	12.6	11.6	12.1	11.8	10.7	11.7	9.2	12.1	11.1	11.2	11.3
Trehalose	13.3	11.9	8.8	10.9	9.0	11.3	9.0	10.1	10.1	12.0	9.1	11.1	8.5
Total	23.8	23.5	21.5	22.5	21.1	23.1	19.7	21.8	19.2	24.1	20.1	22.2	19.8

Trehalose의 경우에는 초기치 13.3%에서 저장기간의 경과와 더불어 감소하는 추세를 나타내었다.

이와 같이 송이버섯의 CA저장 중 탄수화물 중 mannitol의 함량은 거의 감소되지 않고 trehalose의 함량이 감소하는 것은 호흡기질로서 mannitol보다는 trehalose가 이용되어지고 있음을 나타내고 있다. 일반적으로 버섯의 호흡기질로서 많이 이용되는 mannitol은 fructose가 NADP를 이용한 mannitol dehydrogenase에 의해 환원됨으로써 생성되어지는 데, 실제 송이버섯 중에는 의외로 glucose나 fructose 등의 환원당 함량이 거의 검출되지 않을 정도로 미량 분포하고 있기 때문에 송이버섯의 호흡기질로서는 trehalose가 대부분이 이용되어지는 것이 아닌가 추측된다. 이와 같은 결과는 Table 24와 31의 결과에서도 유사한 결과를 보여주고 있다.

환경가스 농도에 따른 탄수화물의 변화에서는 전체적으로는 CO₂ 20%, O₂ 5%농도에서 저장한 송이버섯이 가장 높은 탄수화물의 손실율을 나타내었으며, 그 다음으로는 CO₂ 20%, O₂ 3%와 CO₂ 25%, O₂ 5%농도의 순으로 높은

손실율을 나타내었다. 그러나 송이버섯의 CA저장조건으로서 CO₂ 25%, O₂ 3%농도에 저장한 송이버섯은 탄수화물의 손실적 측면에서도 높은 보유력을 유지하고 있었다.

4) 유리아미노산의 변화

송이의 CA저장중 저장조건에 따른 유리 아미노산의 변화를 조사한 결과는 Table 35에서 보는 바와 같다. 본 실험에 사용한 송이버섯의 주요 유리 아미노산으로는 MA저장실험에 사용한 시료와 같이 lysine과 alanine이 가장 많이 함유되어 있었으며, 그 다음으로 glutamic acid, arginine, threonine등이 높은 비율을 차지하고 있었다. 이와 같은 송이버섯을 탄산가스 및 산소농도에 따른 CA저장 중 유리 아미노산의 변화는 CO₂ 15%, O₂ 3%의 저장조건을 제외하고는 초기치 3222.7 μ g/ml에서 저장 14일 후 감소하였다가 저장 26일 후에는 증가하는 경향이였다. 이와 같은 경우는 MAP실험에서 전술한 바와 같이 기체 투과도가 높은 필름을 사용하였을 때에는 송이버섯의 유리아미노산은 저장기간의 경과에 따라 지속적으로 증가하는 것을 조사한 바 있다. 따라서 CO₂ 15%, O₂ 3%의 CA조건에서 유리아미노산이 지속적인 증가추세를 보인 것은 타 저장구에 비하여 비교적 온화한 기체환경을 조성한 것에 기인하는 것으로 추측된다. 또한 CA 저장시 기체환경조건에 따른 유리 아미노산의 증가율은 CO₂ 25%, O₂ 3%의 조건에서 가장 높게 나타났으며, CO₂ 25%, O₂ 5%의 조건에서 가장 낮은 증가율을 보이고 있었다. 일반적으로 버섯에서의 유리 아미노산은 버섯의 노화에 따라 조직 내부의 protease의 활성이 증가되어 조직 단백질이 분해됨(32)으로써 저장 중에 증가하는 것으로 보고되고 있는 데, 송이버섯의 CA저장 결과 유리아미노산이 가장 높게 나타난 CO₂ 25%, O₂ 3%의 CA 조건은 전술한 바와 같이 중량감소율, 표면색의 변화를 가장 잘 억제하는 결과를 보인 것에 비추어 보면 CO₂ 25%, O₂ 3%의 조건에서 유리아미노산의 증

Table 35. Changes in free amino acids of *T. matsutake* during CA storage at different CO₂ and O₂ concentrations

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

Free Amino Acids	CO ₂ -O ₂	15-3		15-5		20-3		20-5		25-3		25-5	
		0	14	26	14	26	14	26	14	26	14	26	14
ASP	71.03	146.17	485.96	86.30	533.73	155.62	525.63	153.87	469.80	204.35	522.45	128.40	432.03
THR	237.40	137.18	216.33	181.49	270.02	180.53	247.85	189.56	246.07	245.38	265.21	146.74	220.07
SER	149.44	116.33	115.32	85.48	143.81	99.10	124.93	100.78	118.73	132.70	124.61	79.32	110.07
GLU	419.73	308.32	511.85	238.42	506.30	273.29	522.41	315.01	470.39	331.86	436.29	224.60	424.13
PRO	134.91	132.35	159.63	91.77	193.50	12.40	206.88	137.77	197.49	164.43	203.00	105.72	187.63
GLY	61.07	97.57	116.98	65.21	138.41	92.17	149.21	99.34	149.82	113.80	159.33	73.38	133.36
ALA	294.88	263.81	408.30	212.81	408.88	200.06	392.32	219.78	378.77	254.38	395.57	164.05	348.99
VAL	133.28	158.08	175.44	109.13	208.36	124.18	220.11	220.22	204.55	154.49	223.08	93.94	180.94
MET	51.63	43.58	59.03	28.74	66.83	39.87	77.62	77.66	60.02	46.65	81.52	23.83	52.03
ILE	99.13	108.28	112.69	71.74	136.65	85.98	141.72	141.79	132.87	112.86	149.39	62.27	125.20
LEU	211.67	220.86	211.33	153.03	257.30	174.55	270.56	270.70	242.61	219.25	271.29	122.01	238.83
TYR	109.15	94.22	76.53	68.29	86.43	72.68	103.47	103.52	84.81	95.70	88.23	52.31	99.89
PHE	150.71	123.05	96.80	93.02	107.15	94.96	130.67	130.74	96.60	109.13	90.99	56.01	119.04
LYS	659.88	747.92	469.71	567.62	522.49	595.45	595.23	595.52	589.21	288.51	649.54	417.96	590.71
HIS	88.96	121.45	115.57	94.65	130.30	97.24	120.26	120.32	115.98	72.396	105.90	71.72	90.00
ARG	349.83	317.31	144.68	230.94	177.74	259.21	187.68	187.77	188.74	338.14 8	263.23	179.32	202.50
Total	3222.7	3236.5	3476.1	2378.6	3887.9	2557.3	4016.5	187.8	3746.4	2884.0	4029.6	2001.6	3555.4

가율이 높게 나타난 것은 개체차이나 실험오차의 성격이 짙은 것으로 추측된다.

3. 빙결점근접 저장기술개발

1) 중량감소율의 변화

빙결점 근접 저장기술은 일반적으로 빙온(氷溫)저장이라고도 일컬어지며, 이 방법은 송이버섯을 동결되지 않을 정도의 빙결점 부근온도에 저장하면서 신선도를 유지시키는 기술을 말한다. 일반적으로 농산물은 수확한 후에도 생명현상을 영위하기 위하여 호흡작용을 지속하고 있으며, 그 기질로서 자체 성분을 소모하기 때문에 중량감소 등 여러 가지 품질저하 현상이 나타나는 원인이 되고 있다. 이 호흡작용은 주변온도가 높을수록 촉진되는 하나의 발열반응이기 때문에 호흡작용에 의하여 생성된 호흡열이 품온을 상승하게 하고 품온 상승은 다시 호흡작용을 더욱 촉진하게 하는 악순환 관계를 가지므로, 생리작용이 왕성한 농산물의 선도유지를 위해서는 온도관리가 매우 중요하다. 특히 생리작용을 나타내는 지표로서 이용되고 있는 호흡량 온도계수 Q_{10} 값(온도상승 10℃에 대한 호흡량의 증가율)은 과일의 경우 일반적으로 2.5정도로서 저장온도를 10℃ 저하시킴에 따라 호흡율을 1/2.5배 정도 감소시킬 수 있다. 따라서 농산물의 저장에는 가급적 동해를 받지 않는 범위에서 빙결점에 가까운 온도에서 저장하는 것이 요구된다. 실제로 山根등이 -0.8℃의 빙온영역에서 배를 저장한 경우 1℃의 냉장온도에서 저장한 경우보다 이산화탄소 배출량이 약 40%정도 억제되었을 뿐만 아니라 저장가능기간도 냉장저장한 것보다 2배 이상 증진시킬 수 있는 것으로 보고한 바 있다. 그러나 빙온저장이 산업적으로 실제 이용되고 있지 못한 이유는 기존 저온저장고의 온도편차가 $\pm 1^\circ\text{C}$ 정도로서 빙결저장에 요구되는 온도의 정밀성을 극복하지 못한 결과로서 나타나는 농산물의 동해현상 때문이다. 일반 농산물과 같은 식물체가 동결되면 먼저 세포의 동결로 세포벽이 파괴됨과 동시에 세포내 동결이 일어나 액포나 기타 세포내 소기관이 붕괴되어 생명력을 소실하게 되며, 세포의 팽압보유력 또한 소실되

어 조직 연화로 인한 상품성을 소실하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 가압이나 빙점강하제를 이용하여 빙결점의 폭을 확대시키려는 연구가 진행중인 것으로 알려져 있다. 빙점강하제는 단당류, 이당류, 다가 알코올 및 무기염류 등의 냉동보호물질(cryoprotectants)를 첨가하여 냉동저장하는 방법으로서는 축산냉동제품의 단백질 침전이나 유화안전성을 부여하기 위하여 많이 연구되어 왔다. 그러나 신선 농산물에 빙점강하제를 강하제를 첨가할 경우에는 농산물의 절임현상으로 인하여 조직감이 상실됨과 동시에 갈변 등의 색 변화도 상당히 촉진되어 상품성이 소실되는 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 저장성이 거의 없는 송이버섯의 상품성을 MA 및 CA저장기술보다 더 연장하기 위한 기술로서 보습씨트로 개체포장한 송이버섯을 MAP한 다음 -1°C 에서 저장실험을 수행하였으며, 또한 동일방법으로 포장한 송이버섯을 $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에 저장하여 빙온저장의 효과를 비교분석하기 위한 대조구로 사용하였다.

송이버섯의 빙온저장 중 중량감소율의 변화는 Fig. 53과 같다. $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 저온 저장한 송이버섯은 저장수명 종료시점인 28일에 21.5%의 중량감소율에서 저장 42일 후 약 26.4%의 높은 중량감소율을 나타낸 반면 빙온저장한 송이버섯은 저온에 의한 호흡작용이 보다 억제됨으로써 저장 28일에 10.3%, 저장 42일 후에는 약 14%의 중량감소율을 나타내어, 빙온저장은 일반 저온저장 방법보다 중량감소율을 약 2배 이상 억제하는 효과가 나타났으며, 특히 버섯의 중량감소율은 호흡 및 증산작용등에 의하여 일어나는 결과이기 때문에 중량감소율을 억제할 수 있음은 송이버섯의 선도연장효과가 매우 높음을 알 수 있다.

2) 표면색의 변화

Table 36은 송이버섯을 빙온저장할 경우 밝기를 나타내는 Hunter L-value,

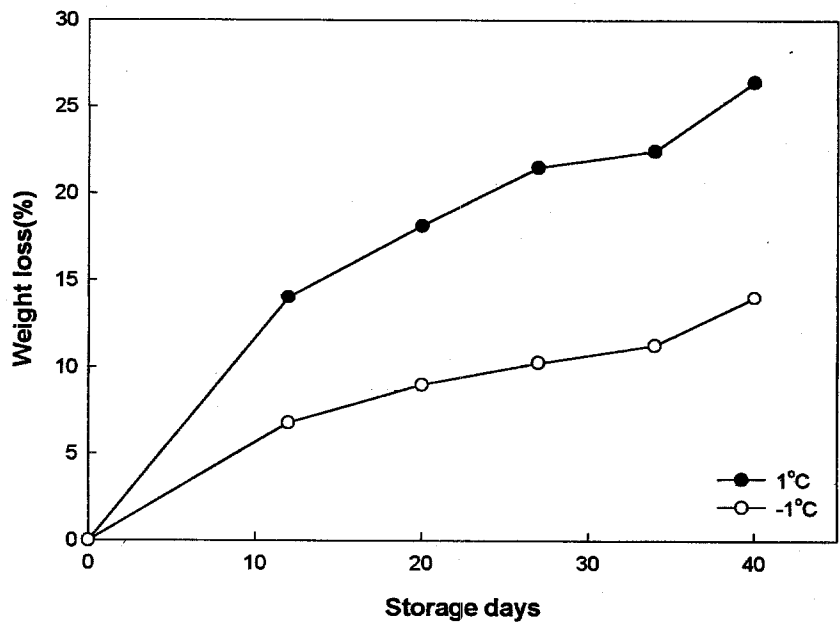


Fig. 53. Weight loss of *T. matsutake* during storage at different temperatures

Table 36. Color changes of *T. matsutake* during storage at different temperatures

	Hunter color	Temp(°C)	Storage days					
			0	14	21	28	35	42
Pileus	L-value	1	44.29	41.98	42.32	40.18	41.52	41.98
		-1	44.29	36.92	38.27	39.33	40.31	38.95
	a-value	1	7.30	8.32	8.10	9.02	8.81	8.89
		-1	7.30	12.22	12.64	13.11	13.13	13.02
	b-value	1	16.29	17.30	16.78	16.98	16.87	17.70
		-1	16.29	17.68	18.38	19.26	20.34	18.96
Stipe	L-value	1	74.83	69.93	69.13	66.88	63.75	59.77
		-1	74.83	67.24	66.88	67.29	68.60	67.97
	a-value	1	3.29	4.26	4.77	5.67	6.91	8.47
		-1	3.29	6.39	6.59	7.12	6.47	6.65
	b-value	1	23.45	26.45	26.84	27.66	28.93	28.46
		-1	23.45	31.34	31.84	32.46	32.49	32.56

적색도 (a), 황색도 (b) 등의 표면색의 변화를 조사한 결과이다. 이와 같이 chroma meter에서 얻어진 값을 이용하여 총 색택차이(total color difference, ΔE)를 다음의 식으로부터 얻었으며, 그 결과는 Fig. 54와 같이 그림으로 나타내었다.

이와 같은 결과에서 보면 저온저장한 송이버섯의 경우 저장기간이 증가할수록 초기치에 대한 표면색의 변화가 갓 부위에서 완만하게 나타난 반면 줄기부위에서는 매우 극심한 차이를 보이고 있었다. 그러나 빙온저장한 송이버섯의 경우에는 저장 14일 째를 제외하고는 거의 일정한 경향을 보이고 있었는데, 이 원인은 송이버섯을 -1°C 에 저장하기 위한 전처리로서 sorbitol용액으로 coating한 결과에 기인하고 있다. 즉, 송이버섯을 -1°C 에 저장하면 부분 동결과 해동이 동시에 일어나게 되어 심한 갈변, 위조 및 조직감의 스폰지화 현상

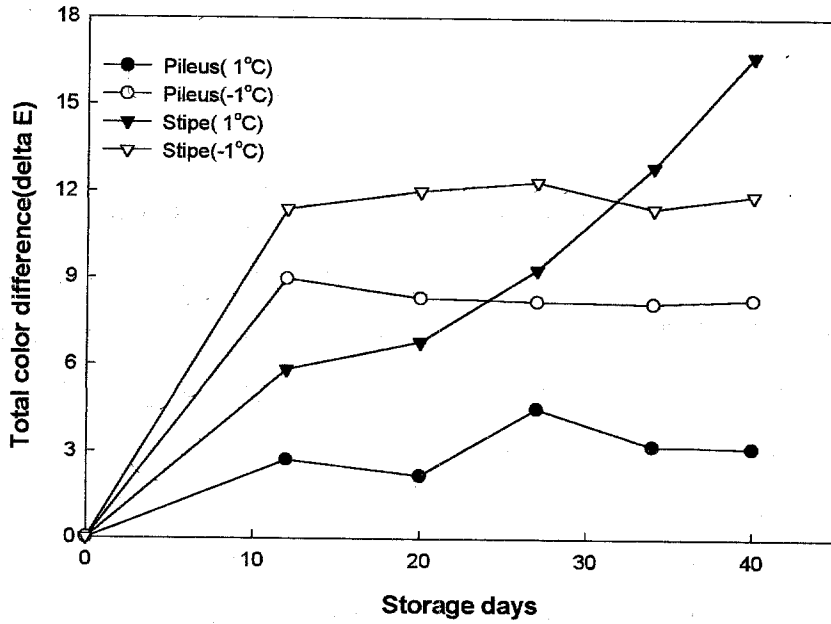


Fig. 54. Total color differences of *T. matsutake* during storage at different temperatures

이 일어나게 된다. 이와 같은 현상을 방지하기 위하여 내내동물질(耐冷凍物質)로서 많이 이용되고 있는 sorbitol용액으로 송이버섯을 표면처리한 결과 송이의 표면이 물기와 접촉함으로써 처리 직후 약간의 황변 현상이 일어난 것에 기인하는 것으로 판단된다. 그러나 실제 sorbitol처리한 송이버섯은 육안적으로 줄기에 대한 미약한 황변현상만 나타났을 뿐 실제 관능검사 결과에서도 나쁜 영향을 미치지지는 못하였다.

3) 갈변도의 변화

송이의 빙결 저장중 표면색의 갈변정도를 조사하기 위하여 송이버섯을 분말화한 다음 그 침출액에 대한 흡광도를 변화를 측정하여 Fig. 55와 같이 나타내었다. 송이버섯의 갈변도 지수는 초기치 0.00658에서 저장기간이 증가함에 따라 저장방법에 관계없이 지속적인 증가경향을 보이고 있었다. 저장방법별로는 1℃의 저온저장에서는 -1℃의 빙온저장보다 갈변속도가 빠르게 나타나고 있었으며 특히 저장수명이 완료되는 28일 이후부터는 매우 급속히 증가하는 경향을 보였다. 그러나 -1℃의 빙온저장구에서는 28일까지 안정된 경향을 나타내다가 이후부터는 서서히 증가하는 경향이었으며 저장 42일 까지 관능적으로도 양호한 상태를 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 Fig. 54의 줄기의 표면색이 저온저장시에는 매우 급속하게 상승하고 있는 반면 빙온저장시에는 저장 14일 이후부터는 거의 미미하게 상승하는 결과와 거의 일치하고 있었다. 따라서 송이버섯의 갈변은 전체적으로 진행되는 것이 아니라 표면으로부터 변색이 되어짐을 알 수 있었다.

4) 조직감의 변화

Fig. 56은 빙온저장과 저온저장한 송이의 저장기간별 정도의 변화를 줄기부

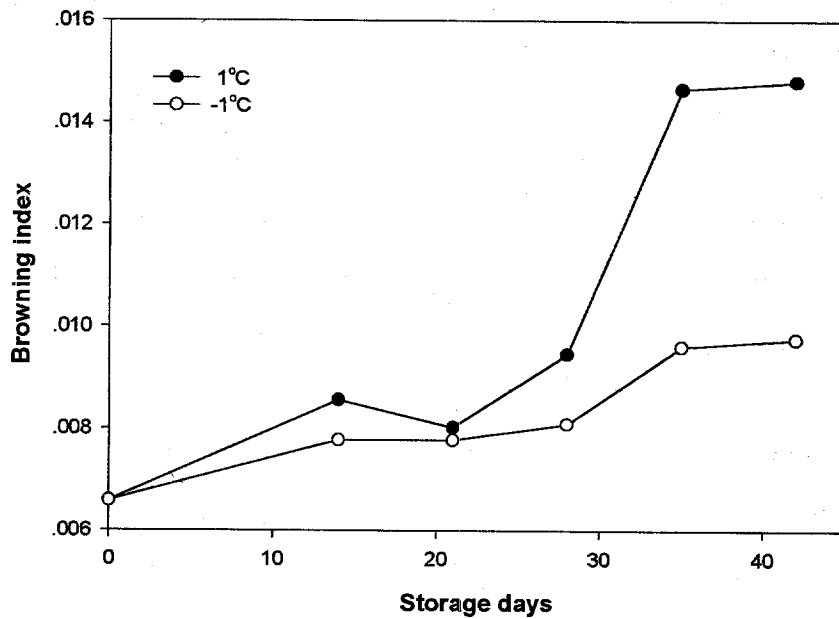


Fig. 55. Browning index of *T. matsutake* during storage at different temperatures

위를 대상으로 하여 나타낸 결과이다.

송이버섯을 보습씨트로 개체포장한 후 0.06mm LDPE 필름으로 MAP한 다음 1℃와 -1℃의 온도에서 각각 저장한 경우 송이버섯의 경도는 포장재 내의 과습 환경으로 인하여 감소하고 있는 경향이였다. 저장온도별 경도의 감소율은 -1℃의 빙온영역보다 1℃의 저온저장시에 더욱 높게 나타나고 있었다. 송이버섯과 같은 생체식품의 저장 중 나타나는 경도의 감소는 호흡에 기인한 이화작용에 의하여 연화하는 현상과 표면의 기공으로부터 수분증발에 따른 조직의 경화현상이 복합적으로 나타나는 데, 본 실험에서는 송이버섯의 호흡작용에 의하여 조직의 단단함과 탄성을 소실하는 현상을 나타내고 있었다. 이와 같은 현상은 특히 1℃에 저장할 경우에 더욱 두드러졌으며, 저장 21일 이후부터 송이버섯의 경도가 초기치 645kg에서 604.6kg으로 급속히 저하하고 있었으며, 상품성을 소실하는 28일 이후부터는 555kg에서 527kg으로 다시 완만하게 감소하는 경향을 보이고 있었다. 그러나 -1℃에 저장한 송이버섯에서는 호흡작용의 감소로 인하여 초기 경도의 645kg에서 저장 42일 동안 618.5kg으로 비교적 경도의 손실이 적게 나타났다. 따라서 송이버섯의 경도 손실률의 측면에서도 송이버섯을 저온에 저장할수록 고유의 탄성과 단단함을 잘 유지할 수 있음을 나타내고 있었으며, 저장 중 경도의 손실률이 낮게 나타난 것은 그만큼 송이버섯의 저장성을 기존보다 연장시킬 수 있음을 알 수 있다.

5) 유리당 및 당알콜의 변화

송이버섯을 sorbitol용액으로 표면처리한 후 -1℃의 빙온 영역에 저장하였을 때 저장 기간에 따른 유리당 및 당알콜의 변화를 1℃에 저온저장하였을 때와 비교분석한 결과는 Table 37과 같다. 저장온도별 송이버섯의 유리당 및 당알콜 함량은 -1℃의 저온 영역에 저장한 송이버섯에서 저온저장한 경우보다 높

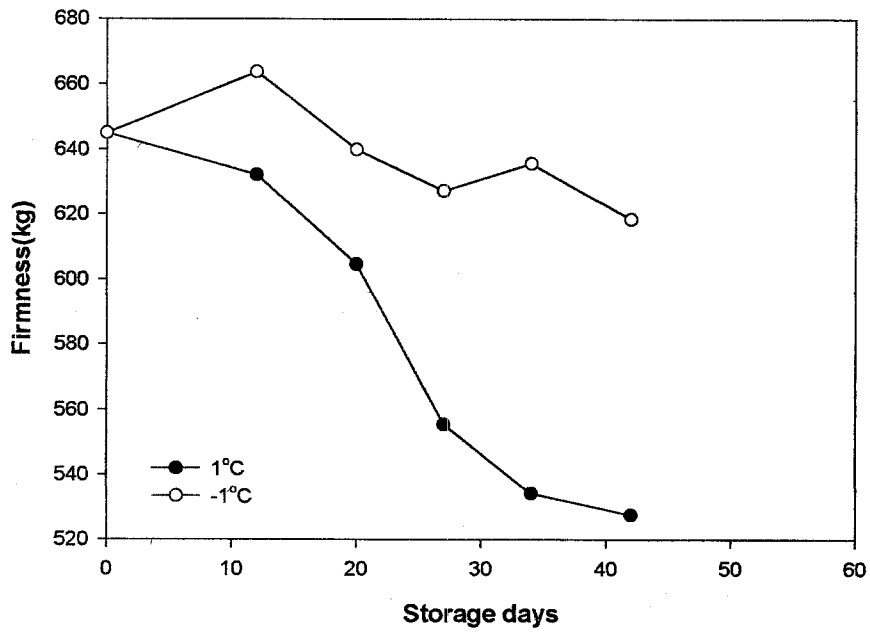


Fig. 56. Changes in firmness of *T. matsutake* during storage at different temperatures

Table 37. Sugar and sugar alcohol of T. matsutake during storage at different temperatures

(unit : g/100g)

Storage temp.	-1℃		1℃	
Storage days	14	35	14	35
Mannitol	23.85	18.86	14.54	15.90
Trehalose	4.29	7.18	6.24	6.46
Total	28.14	26.04	20.78	22.36

게 나타났다. 송이버섯을 빙결점 부근영역에 저장하면 전술한 바와 같이 식물체가 저온 stress에 대항하기 위하여 체내의 단백질이나 다당류를 저분자화하여 세포액 중의 용질의 분자수를 증가시켜 세포액의 삼투압을 높이는 관계로 유리당이나 아미노산 등의 내내동성 물질들이 축적되는 것으로 山根이 보고한 바 있다. 본 실험에서도 -1℃의 빙온영역에서 유리당의 함량이 증가한 결과는 이와 같은 현상에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 저장기간이 길어짐에 따라 빙온저장구에서는 총 유리당 함량이 2%의 정도의 미량 감소하는 결과를 보인 반면 1℃ 저장구에서는 오히려 2%정도 증가하는 결과를 보이고 있었으나, 실제로는 저장 14일째와 21일 제의 유리당 함량에서는 큰 차이가 없이 거의 일정한 것으로 여겨진다.

6) 유리아미노산의 변화

송이버섯의 빙온저장에 따른 품질변화 중 유리아미노산의 변화를 amino acid analyzer로 조사한 결과는 Table 38과 같다. 송이버섯의 주요 유리아미노산은 lysine, alanine, glutamic acid, arginine 및 threonine 등으로서, 선도가

Table 38. Free amino acids of *T. matsutake* during storage at different temperatures

(unit : $\mu\text{g/g}$, dry basis)

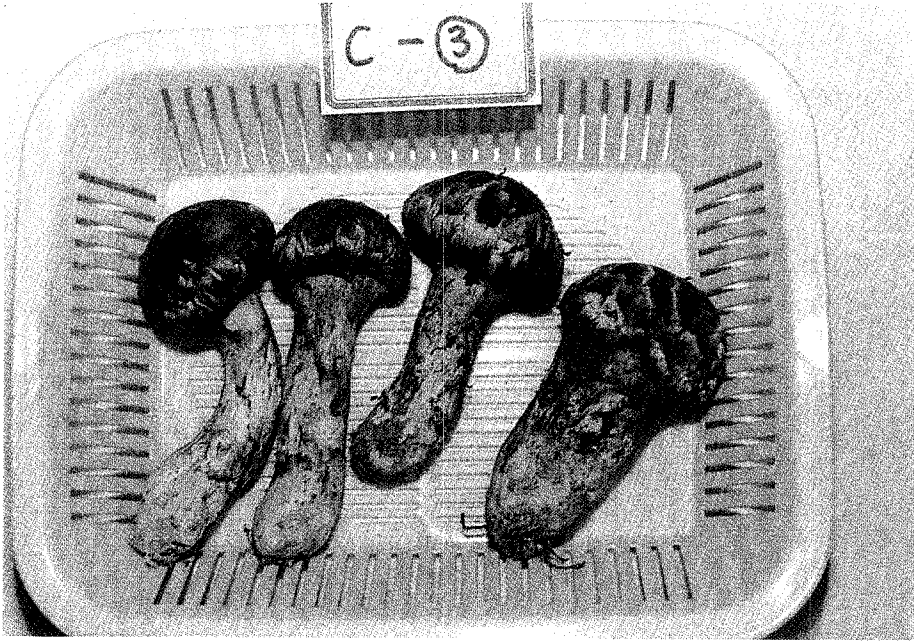
Storage Temp.	-1°C		1°C	
Storage days	14	28	14	28
ASP	62.5	66.9	70.7	62.0
THR	123.9	140.3	147.8	187.9
SER	68.6	75.5	77.3	76.4
GLU	227.5	259.7	285.1	350.5
PRO	121.9	111.5	124.6	103.9
GLY	40.9	46.4	46.9	44.6
ALA	318.7	343.3	355.5	375.3
VAL	91.1	103.0	95.4	75.6
MET	15.7	25.8	-	18.7
ILE	60.3	67.0	58.7	47.3
LEV	137.9	153.7	134.2	114.7
TYR	68.4	51.4	47.6	-
PHE	78.0	79.6	65.9	55.8
LYS	283.4	348.0	325.7	263.3
HIS	57.1	91.4	83.9	120.1
ARG	167.4	192.5	211.7	191.4
Total	1923.0	2156.1	2130.9	2087.4

저하됨에 따라 조직 자체에 함유된 protease가 조직단백질을 분해함으로서 증

가하는 것으로 알려져 있다. 그러나 송이버섯을 1℃의 저온과 -1℃의 빙온영역에서 저장하면서 저장 14일과 28일에 측정된 결과 총 유리 아미노산함량은 -1℃의 빙온영역에서는 총 유리아미노산이 증가한 반면 1℃의 저온영역에 저장한 송이의 총 유리아미노산에서는 큰 변화가 나타나지 않았다. 특히 -1℃의 빙온저장시 총 유리아미노산 함량이 증가한 원인은 유리당의 변화에서 전술한 바와 같이 버섯의 노화현상에 의한 것이라기보다는 생체식품을 빙결점 부근 및 이하의 온도에 방치할 경우 세포내의 자체적인 생리조절작용으로 인하여 당 및 아미노산이 세포내에 축적되어 나타나는 내냉동(耐冷凍)작용에 기인하는 것으로 추측된다.

7) 관능특성의 변화

송이버섯의 빙온저장에 대한 관능적 특성의 변화를 조사하기 위하여 1℃의 저온저장한 송이버섯을 대조구로 하여 색, 조직감 및 향기에 대하여 9점 평점법에 의한 차이식별검사를 실시한 결과는 Table 39와 같다. 송이버섯의 상품수명 한계치로서는 5.0점을 기준으로 하였는데, 1℃의 저온저장한 대조구에서는 약 28일 까지 상품성을 유지하고 있음에 반해 -1℃의 빙온영역에 저장한 송이버섯에서는 저장 42일 동안 상품성을 잘 유지하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 송이버섯을 1℃의 저온에 저장한 경우에는 Fig. 57에서 보는 바와 같이 포장재 내 결로현상으로 인하여 줄기 부위에서의 부분적으로 심한 갈변현상이 나타나기 시작하였으며, 저장 28일 경에는 알콜취 등의 약간의 변향이 인식될 수 있을 만큼 향기변화가 감지되기 시작하였다. 저장말기인 35일 경에는 조직의 스펀지 현상이 뚜렷하였고, 심한 이취의 발생과 더불어 Fig. 57에서와 같이 흑변현상이 나타난 것을 알 수 있다. 그러나 -1℃의 빙온에 저장한 송이버섯에서는 저장 21일 경에도 조직감 및 향기와 더불어 표면 색이 Fig. 58에서와



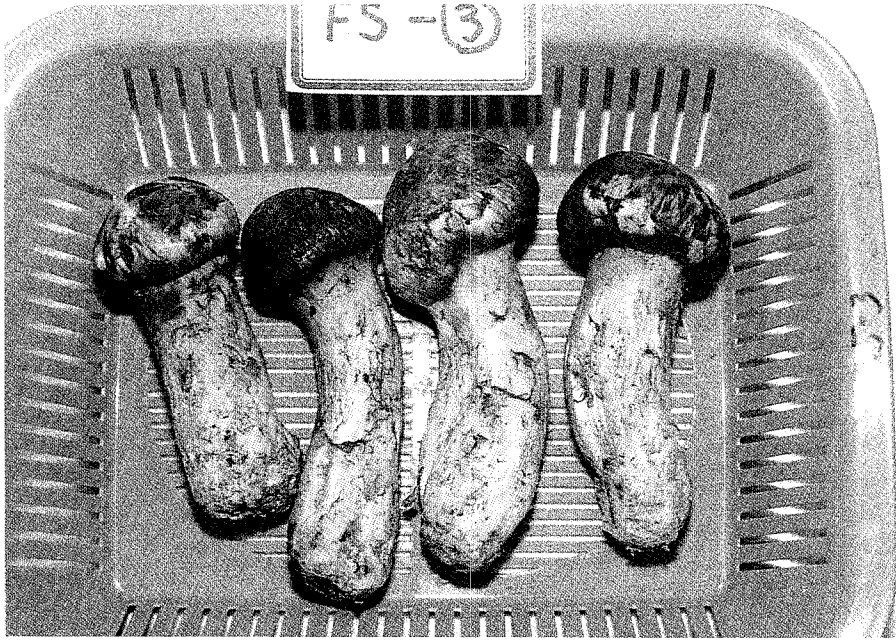
(T. matsutake after storage of 21days)



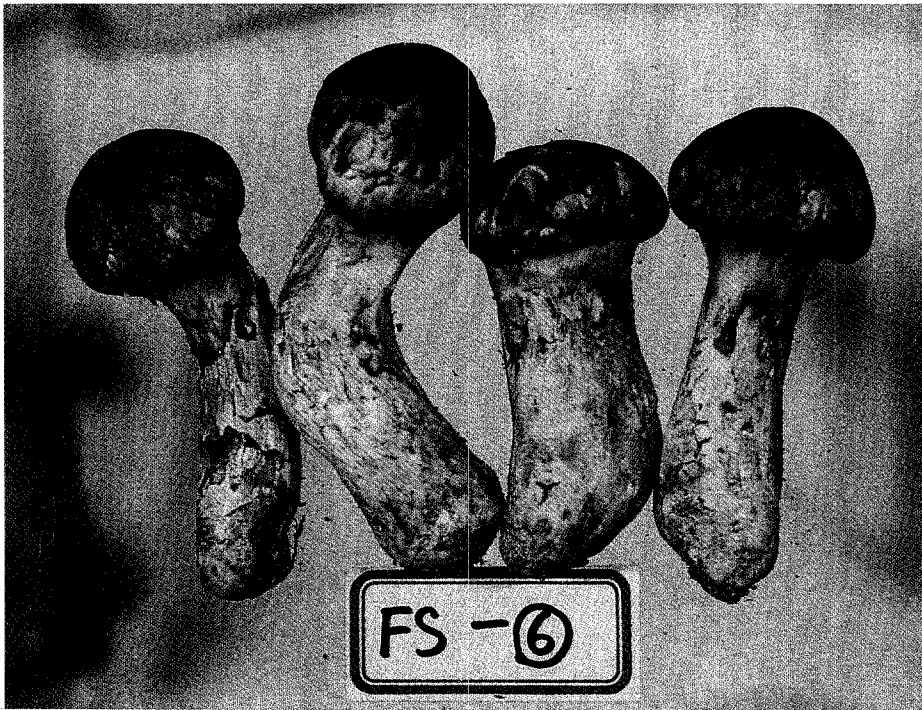
(T. matsutake after storage of 35days)

Fig. 57. Pictures of T. matsutake after storage of 21 and 35days at 1℃

여 백



(*T. matsutake* after storage of 21days)



(*T. matsutake* after storage of 42days)

Fig. 58. Pictures of *T. matsutake* after storage of 21 and 42days at -1°C

여 백

Table 39. Changes in sensory characteristics of *T. matsutake* during storage at different temperatures

Storage Temp	Properties	Storage days						
		0	14	21	28	35	42	49
1℃	Color	9.0	7.9	6.9	5.0	4.5	2.8	-
	Texture	9.0	7.8	7.3	6.0	6.3	3.1	-
	Flavor	9.0	8.0	5.8	5.6	4.9	2.7	-
	Overall	9.0	7.9	6.1	5.2	4.5	3.0	-
-1℃	Color	9.0	8.5	8.8	7.5	7.9	6.8	5.9
	Texture	9.0	9.0	8.4	8.0	8.7	7.8	6.7
	Flavor	9.0	8.7	7.8	7.1	7.3	6.8	4.9
	Overall	9.0	8.8	8.2	7.3	7.5	6.9	4.9

같이 초기와 거의 차이가 없었으며, 저장 말기인 42일에도 송이의 고유한 향 태보전과 더불어 표면색의 갈변현상 또한 심하게 발생하지 않은 것을 알 수 있다

여 백

제 5장 송이버섯의 수송용기의 개발

1. 서 설

송이버섯의 수출용기로서는 현재 1kg과 500g의 용량을 갖는 두께 20mm의 스티로폼 용기가 이용되고 있다. 이 용기는 제조비용이 값싸면서도 우수한 단열 효과를 나타내는 장점은 있으나, 폐기 처리 및 재활용 기술이 확립되어 있지 않아 대부분이 소각되고 있으며, 이때 악취, 분진 등이 발생하여 환경오염문제 및 높은 처리비용을 유발하는 단점이 있다. 또한 유통적인 측면에서도 스티로폼 용기는 높은 부피 점유율과 과중량으로 인하여 포장 및 운송시 물류비용이 과다하게 소요될 뿐만 아니라 적재 및 포장단계에서의 점유공간이 많이 소요되는 비효율성을 지니며, 또한 구매력 향상을 위한 포장 디자인 측면에서의 미적인 외관 개발의 한계성을 지니고 있다. 따라서 국내 송이업체에서 포장하여 수출한 송이버섯은 일본시장에서 다시 해체한 후 일본인들의 1회 구매량에 따라 재포장되고 있는 실정으로 수출 및 유통 중 자원손실율이 적지 않은 실정이다. 만약 국내에서 송이버섯의 포장단위를 일본인들의 1회 구매량을 반영하여 소포장 유통할 수 있으면 보다 수출 단가를 상승시킬 수 있을 것으로 사려된다.

2. 수출용기의 제조

보냉용기의 보냉성능은 용기의 보온성능과 냉각제의 용량에 따라 단순 결정된다고 할 수 있으나, 보냉용기의 보온성능은 그 소재와 구조가 기본적인 성능을 지배하는 인자가 되고 있다. 따라서 본 실험에서는 보냉용기를 제작을 위한 전 단계로서 보온소재 즉 단열씨트를 1차 선정하고자 하였다. 이를 위해서 현재 시장 유통되고 있는 스티로폼 박스 (polystyrene foam box)와 일본산

Table 40. Heat characteristics of materials composing transporting boxes of T. matsutake

Material	Thickness (mm)	T ₁	T ₂	K
Japanese film	6.56	57.5	34.7	0.0257
Korean film	1.1	57.1	46.8	0.0297
EPS sheet	1.42	56.7	47	0.0208
"	5	56.6	40.8	0.0351
"	9.19	57.9	34	0.0265
"	9.12	57.2	35.1	0.0365
"	17.75	58.4	28.7	0.0351
"	17.89	58.5	29	0.0338
Corrugated board	3.28	56.5	41	0.0372
Double corrugated board	7.62	57.6	35.1	0.0404

보냉용기 sheet를 대조구로 하여 국내산 필름 및 기타 관련 재질들에 대하여 열전도율을 측정하여 Table 40과 같은 특성을 얻었다. 현재 시장에서 어패류 및 딸기, 송이버섯 등의 보냉용기로써 많이 이용되고 있는 스티로폼 썬트의 열차단율은 통상 20mm 두께로 이용되고 있는 17.75mm, 17.89mm의 EPS가 55.8~58.7kcal/m²h의 열류밀도를 나타내었고, 10mm 두께가 69kcal/m²h로 매우 우수한 열차단 효과를 나타내었으나, 5mm 두께의 스티로폼의 경우에는 110.8kcal/m²h로, 1.42mm의 고밀도 EPS는 이 보다 훨씬 높은 142.4kcal/m²h의 값을 보여주고 있어

일반 식품유통용 스티로폼 상자보다 약 2~3배나 높은 결과를 나타내었다. 그러나 단위 두께당 열전도율에서는 통상 20mm 두께의 EPS는 각각 $0.0351\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$, $0.0338\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 이었으며, 10mm 두께가 $0.0265\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$, 5mm 두께의 EPS는 $0.0351\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 로 나타난 반면에 압축 EPS(두께 1.42mm)는 이들보다 낮은 $0.0208\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 로서 비교적 높은 단열효과를 나타내고 있었다.

일본에서 생산유통되고 있는 보냉용기의 발포 PE(두께 6.56mm)는 열류밀도가 $103.1\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 5mm 두께의 스티로폼 씨트와 유사한 수준이었으나, 열전도율은 $0.0257\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 로 양호한 상태를 나타내고 있었다.

국내에서 단열 필름으로 제작되고 있는 발포 PE 필름은 두께가 보통 4.5~6.2mm에 분포하고 있으며, 열류밀도는 $98.9\sim 138.5\text{kcal/m}^2\text{h}$, 열전도율은 $0.0306\sim 0.0460\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 의 범위에서 대부분이 $110\text{kcal/m}^2\text{h}$ 정도의 열류밀도와 $0.035\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 의 열전도율을 나타내고 있다고 한다. 따라서 국내 생산되고 있는 발포 PE는 일본산 제품보다 약간 낮은 열 차단 효과를 지니는 것으로 판단되고 있으나, 발포 PE에 알루미늄 호일이나 골판지 상자 등을 점착시킬 경우 일본산 보냉용기나 EPS상자와 유사한 열특성 효과를 지닐 수 있을 것으로 판단하였다. 특히 골판지는 조사된 발포 PE나 EPS 씨트 등에 비하여 압축강도가 우수하기 때문에 보냉용기 제작에 필수적으로 이용될 필요가 있다. 골판지 씨트의 열차단 효과는 두께 3.28mm의 단면 골판지의 경우 열류밀도 및 열전도율이 $175.8\text{kcal/m}^2\text{h}$, $0.0372\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$, 이중양면 골판지에서는 $86.9\text{kcal/m}^2\text{h}$ 의 열류밀도와 $0.0404\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 로 매우 낮은 열 차단효과를 나타내고 있었다. 이와 같이 골판지의 열차단 효과는 지면 사이에 결합된 골(corrugation)사이로 공기가 함유하여 열을 한시적으로 차단하는 효과를 지닌 것으로 생각되며, 일반적으로 골의 수에 따라 열 차단효과도 상당한 차이를 보이는 것으로 알려져 있다.

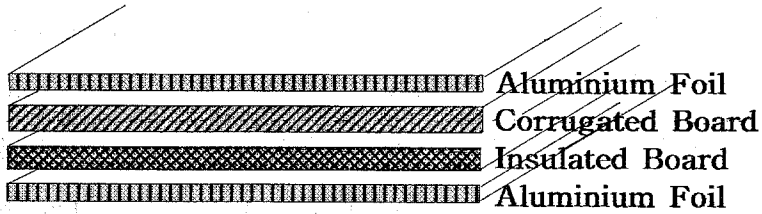


Fig. 59. An Example for sheet structure of transporting boxes for T. matsutake

이상과 같이 조사된 여러 재질들의 열 특성을 고려하여 보냉용기를 제작하기 위해서는 열류밀도이나 열전도율이 낮으면서 두께가 얇고 중량이 가벼운 단열소재를 모색할 필요가 있다. 이에 따라 발포 PE 중에서 국내 업체에서 추천하는 단열필름을 인수받아 단열소재로 선택하고자 하였으며, 필름강도의 성형성 및 적정 강도를 부여하기 위하여 단열필름에 이중양면골판지 씨트를 접착하는 방식으로 송이버섯의 수송용기를 제조하였다.

3. 수출용기의 열특성

이중양면골판지에 단열성 필름을 라미네이팅한 후 이들 내외면에 알루미늄 호일을 증착시켜 빈 상자 수송 및 보관 시 일반 골판지 박스와 같이 자유자재로 접을 수 있도록 제품을 제조하였다. 이때 사용된 단열성 필름은 Table 40에서와 같이 두께 1.1mm의 박막성 필름으로 열전도율이 0.0297로 20mm 두께의 스티로폼 씨트의 열전도율 0.0345보다도 단열성이 우수한 필름이었다. 제조된 용기의 전체 두께는 8.95mm로서 스티로폼 박스보다 1/2이하로 감소시킬 수 있었으며, 열전도율 또한 0.01241로서 스티로폼 상자의 0.0345보다 약 3배정도 높은 단열 특성을 나타내었다. 그러나 개발용기와 스티로폼박스의 실제 유통 중 보냉특성을 검토하기 위한 기초연구로서, 동일한 용량의 축냉제를 넣고 10

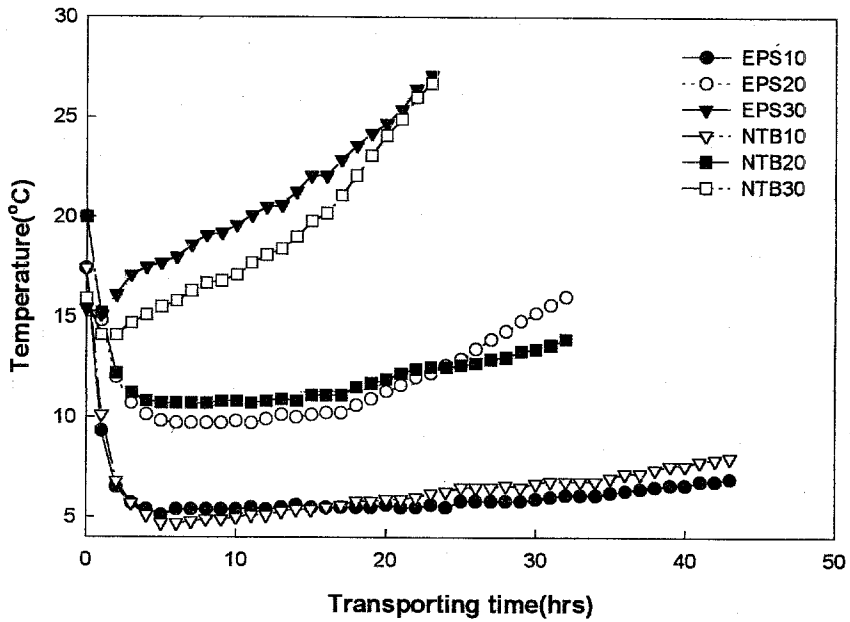


Fig. 60. Changes of temperatures inside different export boxes during transportation at different temperatures

,20℃와 30℃에 방치하면서 용기내부의 온도변화를 방치시간에 따라 Fig. 60과 같이 조사하여 보았다. 그림에서 보는 바와 같이 20℃의 일정 온도에서는 두 용기간의 내부 온도가 약 15시간까지는 정온보냉특성을 나타내면서 개발 용기의 내부온도가 스티로폼보다 약간 낮은 수준을 유지하였으나, 18시 이후부터는 스티로폼의 내부온도 상승 폭보다 개발용기의 온도상승 폭이 더 크게 나타나고 있었다. 30℃의 환경온도에서도 방치 9시간까지는 개발용기의 내부온도가 약간 낮은 상태에서 두 용기간의 온도변화양상은 거의 일정한 수준을 보이고 있었으나, 방치 15시간 이후부터는 20℃의 환경온도에서와 같이 개발용기의 내부온도 상승 폭이 스티로폼 용기보다 높게 나타나 24시간 이후에는 스티로폼 보다 0.4℃정도 상회하고 있었다. 이와 같은 경향은 개발용기의 열전도율이 스티로폼상자보다 훨씬 낮은 수준을 나타내고 있었으나, 개발용기의 제작을 연구실 수준에서 제작한 관계로 박스 접합부위(덧개)에서 외부의 열 침투 현상을 엄밀하게 제어하지 못한 관계로 판단되고 있어 이에 대한 계속적인 보완연구가 요청되고 있다.

4. 개발용기에 의한 송이버섯 중 감모율의 변화

버섯류와 같은 일반 농산물은 수확한 후에도 생명현상을 영위하기 위하여 자체의 영양성분을 기질로 소모하면서 호흡작용을 지속하고 있다. 특히, 느타리 버섯과 같은 버섯류는 높은 호흡특성을 갖는 대표적인 농산물로서, 외기온도의 증가에 따라 호흡속도가 증가하고 호흡열이 축적되어 또 다시 호흡속도를 촉진하게 되는 악순환적 관계를 갖게 되며, 그 결과 영양성분의 소실과 함께 중량감소, 위조, 색변 등 영양적, 기호적 품질가치가 저하된다.

따라서 본 실험에서는 송이버섯을 대상으로 하여 기존 수출박스인 스티로폼 용기와 개발용기에 의한 포장방법별로 수송 중 중량감소율을 조사한 바, 그 결과는 Fig. 61과 같다. 송이버섯의 수송 중 중량 감소율은 유통시간의 경과와

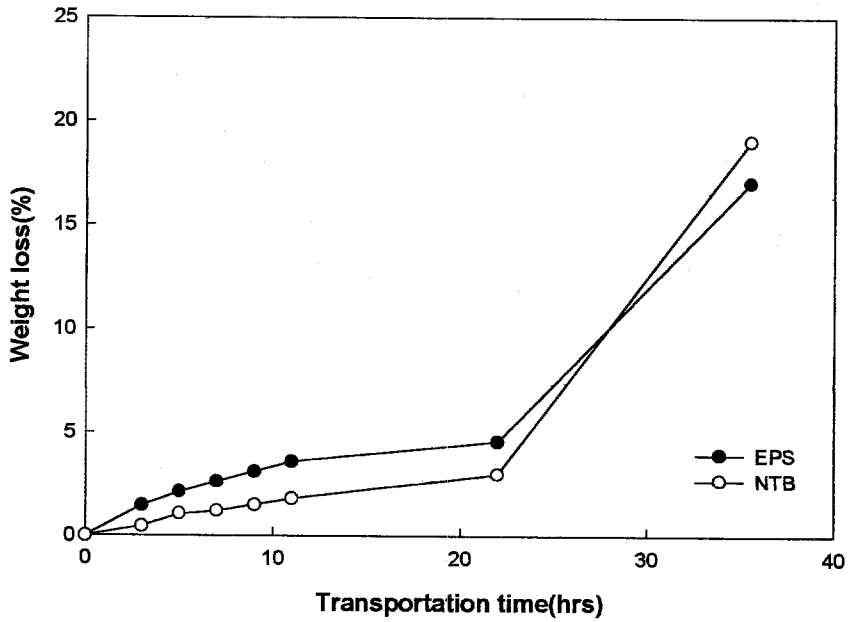


Fig. 61. Changes of weight loss during transportation of T. matsutake with different boxes

더불어 증가하는 경향으로, 포장 후 24시간까지는 스티로폼 상자에 포장한 송이버섯이 4.6%, 개발용기의 송이버섯은 3.0%로 개발용기에 의한 포장방법이 중량감소율의 억제효과가 다소 우수하였다. 그러나 24시간 경과 후인 36시간에는 수송용기에 충전한 축냉제의 용해현상으로 인하여 송이버섯의 중량감소율이 매우 급격히 증가하고 있었으며, 이 기간의 중량감소율은 스티로폼 상자가 개발용기보다 중량감소율 억제효과가 약간 높게 나타나고 있었다. 따라서 개발용기를 이용하여 송이버섯의 수출에 이용할 경우 약 24시간 정도 선도유지효과가 있을 뿐만 아니라 기존 스티로폼보다 약간 우수한 단열작용을 갖는 것으로 조사되었다.

참 고 문 헌

1. 이태수, 김교수, 심우섭, 김세현, 주영환, 오세원, 조재명, 이지열 : 송이인공 증식에 관한 연구(I) 송이균 감염묘의 육성방법 개선. 임시연보, 31, 109 (1984)
2. 小川眞 : 송이의 近緣種研究와 利用, 송이연구 및 생산기술자료. 임업시험장 연구자료, 22. 26 (1984)
3. 小川眞 : ケカマシ林なおけさ菌根菌マツタケの微生物生態學的研究II. 林試年報, 278, 21 (1975)
4. Ogawa, M. : Microbial ecology of mycorrhizal fungus-*Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. in Pine forest IV. The shiro of *T. matsutake* in the fungal community. Bull. Governm. For. Exp. Sta. No. 297, 59 (1977)
5. 농림부 : 농림통계연보, p. 226 (1998)
6. 조재명 : 한국의 송이연구 동향. 임업시험장연구자료, 22. 3 (1984)
7. 대장성 : 월별, 국가별 송이버섯 수입현황(1997),
8. 岩元睦夫 : 農産物の豫冷と輸送, 農業および園藝, 56(1), 111 (1981)
9. 青果物豫冷貯藏施設協議會 : 青果物豫冷貯藏事例集, 統計印刷工業株式會社, 東京, p5 (1989)
10. Nichols, R. and Hammond, J.B.W. : Post-harvest physiology of mushrooms. *Mushroom Journal* 7, 319 (1973)
11. 南出降久, 担生俊夫, 緒方邦安 : 數種きのこ類の鮮度および貯藏溫度の影響. 日本食品工業學會誌, 27(6), 281 (1980)
12. 차동열, 유창현, 김광포 : 최신편지배배기술. 농진회 농진총서 11, 7(1991)
13. McCord, J.D. and Kilara, A. : Contril of enzymatic browning in

- processed mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. Food Sci.* 48, 1479 (1983)
14. Dang, R.L., Singh, R.P. and Gupta, A.K. : Button mushrooms : post-harvest and processing problems. *Indian Food Packer* 34(5), 18 (1980)
15. Hammond, J.B.W. and Nichols, R. : Changes in respiration and soluble carbohydrates during post-harvest storage of mushrooms(*Agaricus bisporus*). *J. Sci. Fd. Agric.* 26, 835 (1975)
16. Rajarathnam, S., Bano, Z. and Patwardhan, M.V. : Post-harvest physiology and storage of the white oyster mushroom *Pleurotus flabellatus*. *J. Food Technol.* 18(2), 153(1983)
17. Lescano, G. : Extension of mushroom(*Agaricus bisporus*) shelf life by gamma radiation. *Postharvest Biol. Technol.*, 4(30), 255 (1994)
18. Keresztes, A., Kovacs, J. and Kovacs, E. : Effect of ionizing irradiation and storage on mushroom ultrastructure. 1.The gills of *Agaricus bisporus* and *P. ostreatus*. *Food Micro.*, 4(2), 349 (1985)
19. Gormley, R. : Chill storage of mushrooms. *J. Sci. Fd. Agric.*, 26, 401 (1976)
20. Sveine, E.A., Klougart, G. and Rasmussen, C.R. : Ways of prolonging the shelf life of fresh mushrooms. *Mushroom Science*, 6, 463 (1967)
21. Gormley, T.R. and O' Riordain, F. : Quality evaluation of fresh and processed oyster mushrooms(*Pleurotus ostreatus*). *Lebensm. Wiss. Technol.*, 9, 75 (1976)
22. Nichols, R. : Post-harvest physiology and storage. In the *Biology and Technology of the Cultivated Mushroom*. Flegg, P. B., Spencer, D. M. and Wood, D. A.(eds), Glasshouse Crops Res. Inst., p 195 (1985)
23. Sapers, G.M. : Browning of foods-Control by sulfites, antioxidants and

- other means. *Food Technol.*, 47(10), 75 (1993)
24. Fuster, C., Prestamo, G. and Espinisa, J. : Influence of treatments prior to freezing on the quality and stability of fruits and vegetables during frozen storage. In Thermal Processing and Quality of Foods. *European Cooperation in Scientific & Technical Research(Thermal Processing Symposium)*, p 671 (1984)
25. Lopez, B.G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G. and Pascat, B. : Storage of common mushroom under controlled atmospheres. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 27(5), 493 (1992)
26. Kim, D.M., Baek, H.H., Yoon, H.H. and Kim, K.H. : Effect of CO₂ concentration in CA conditions on the quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during storage. *Kor. J. Fd. Sci. Technol.*, 21(4), 461 (1989)
27. Burton, K. S. : Modified atmosphere packaging of mushrooms—review and recent developments. In Science and Cultivation of Edible Fungi. Maher, M. J.(eds.), *International Society for Mushroom Science(Edible fungi Symposium)*, p 683 (1991)
28. Lee, S.E., Kim, D.M. and Kim, K.H. : Changes in quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during modified atmosphere storage. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, 20(2), 133 (1991)
29. Burton, K. S. : Modified atmosphere packaging—a new technology for extending mushroom storage life. *Mushroom Journal*, 183, 510 (1988)
30. A.O.A.C. : Official Methods of Analysis., 13th ed., Association of Anytical Chemists, Washiongton, D.C., p.359(1980)
31. Wong, M. and Stanton, D.W. : Nonenzymatic browning in kiwifruit

- juice concentrate system during storage. 54(3), 669(1989)
32. Couture, R. and Makhlouf, J. : Production of CO₂ and gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Qual.*, 385, 13(1990)
33. Henningson, R.W. : Thermister croscopy in the food industry. *Food Technol.*, 21, 132(1967)
34. 허우덕, 하재호, 황진봉 : 김치성분의 분리동정 및 생성기작에 관한 연구. 한국식품개발연구원 보고서 p.19(1993)
36. Hiroshi, Y., Tatsuyuki, S. and Junzo, H. : Changes in the contents of carbohydrates and organic acids in fruit bodies of shiitake mushroom(*Lentinus edodes*(Bark.) Sing) during development and postharvest storage. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, '33(6), 414(1986)
37. 황순배 : 진공포장한 팽이버섯의 저장 중 품질변화. 숙명여대 석사학위논문. (1995)
38. 표명윤, 노일협 : 식용버섯류의 아미노산에 관한 연구. 한국영양학회지, 8(1), 47 (1975)
39. 佐藤恵理, 青柳康夫, 菅原龍幸 : キノコ類の遊離アミノ酸組成について. 日本食品工業學會誌, 32, 509 (1985)
40. Wang, L., Li, Y. and Yan, X. : Analysis of amino acid content of 30 varieties of edible fungi. *Mushroom J. tropics*, 10(3), 74(1990)
41. 식품분석표
42. 寺下隆夫 :きのこの成分と利用,きのこ年鑑. 農村文化社, p. 186(1996)
43. 岩元陸夫 : 農産物の豫冷と輸送, 農業および園藝, 56(1), 111 (1981)
44. Kader,A.A. and Moris, L.L: Relative tolerance of fruits and vegetables to elevated CO₂ and reduced O₂ levels. Michigan State Univ. Hort. Rep., 28, 260(1957)

45. 한대석,안병학,신형경: 환경가스조절 저장방법을 이용한 느타리버섯과 표고버섯의 유통기간 연장. 한국식품과학회지 24(4), 376(1992)
46. Hammond J.B.W. : Changes in composition of harvested mushroom (*Agaricus bisporus*). *Phytochem.*, 18(3), 415 (1979)
47. Braaksma, A., Vrije, T.D., Jongen, W.M.F. and Woltering, E.J. : Ageing of mushroom (*Agaricus bisporus*) under post-harvest conditions. *Postharvest Biol. Technol.*, 4(1/2), 99 (1994)
48. 김병삼, 남궁배, 김의웅, 김동철 : 진공예냉에 의한 표고버섯의 선도 연장. 한국식품과학회지, 27(6), 852 (1995)
49. 김준환, 김종국, 문광덕, 송태화, 최종욱 : 양송이 버섯의 MAP 및 CA 저장 효과. 농산물저장유통학회지, 2(2), 225 (1995)
50. 谷隆之, 北川博敏 : 園藝食品 流通, 貯藏, 加工. 養賢堂, 東京, p.14 (1986)
51. 안병학, 신형경 : 버섯류의 유통기간 연장 및 적정 가공방법에 관한 연구. 과학기술처특정연구사업보고서, 한국식품개발연구원 (1991)
52. Murr, D.P. and Morris, L.L. : Effect of storage temperature on postharvest changes in mushroom., *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100, 16 (1975)
53. 남궁배, 김병삼, 김의웅, 정진웅, 김동철 : 진공 예냉처리가 포장 저장중 표고버섯의 품질에 미치는 영향. 한국농화학회지, 38(4), 345 (1995)
54. Rajarathnam, S., Bano, Z. and Patwardhan, M.V. : Post-harvest physiology and storage of the white oyster mushroom, *Pleurotus flabellatus*. *J. Food Technol.*, 18(2), 153 (1983)
55. 이가순, 이주찬, 한규홍, 황용수, 송진 : 생표고의 저온 및 냉동저장시 선도 유지의 최적화. 농산물저장유통학회지, 4(2) 115 (1997)
56. 南出降久, 沖野廣士 : 根絶り處理がナメコの鮮度ならびに化學成分に及ぼす影響. 日本食品工業學會誌, 32(6), 413 (1985)