

발간등록번호
11-1543000-000666-01

농산물 저장 유통성 향상을 위한 레이저 가공 비천공  
breathable 필름 개발과 적용 기술 확립

(Developed and established applied techniques of  
new breathable film for improvement of storage and  
distribution in agricultural products)

강원대학교

농 립 축 산 식 품 부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “농산물 저장 유통성 향상을 위한 레이저 가공 비천공 breathable 필름 개발과 적용 기술 확립에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 11 월 24 일

주관연구기관명 : 강원대학교

주관연구책임자 : 강 호 민

세부연구책임자 : 강 호 민

연 구 원 : 백 준 필

연 구 원 : 최 인 이

연 구 원 : 조 힐

연 구 원 : 정 현 진

연 구 원 : 손 진 성

연 구 원 : 홍 성 미

협동연구기관명 : 광주과학기술원

협동연구책임자 : 손 익 부

연 구 원 : 유 동 윤

협동연구기관명 : 경상대학교

협동연구책임자 : 정 정 성

협동연구책임자 : 심 상 인

연 구 원 : 심 두 보

# 요 약 문

## I. 제 목

농산물 저장 유통성 향상을 위한 레이저 가공 비천공 breathable 필름 개발과 적용 기술 확립

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

농산물의 저장성은 농산물의 특성인 생리 활성 작용에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 생리 활성 작용을 적극적으로 조절하여 농산물의 저장성을 향상시키는 기능성 필름의 도입이 절실히 요구된다. 농산물을 포장하여 유통시에 포장내의 부적합한 환경 요인으로는 호흡, 증산 작용으로 발생하는 상대습도의 증가 및 물방울의 형성, 그에 따른 미생물 활성으로 인한 부패 발생, 이산화탄소의 농도 증가, 에틸렌의 축적 등이 있으며, 이러한 부적합한 환경을 줄이기 위해서는 호흡작용을 최대한 억제시키고 호흡작용으로 발생된 이산화탄소, 에틸렌 가스의 양을 낮게 조절할 필요가 있음. 포장지 내에 조성되는 적절한 산소와 이산화탄소 농도는 생산물의 생리 활성작용을 억제하지만 한계치를 벗어나게 되면 생산물의 조직 붕괴 또는 이취현상을 초래하여 상품성을 떨어뜨릴 수 있으며, 포장지내의 대기 조성을 적절히 유지하기 위해서는 생산물의 생리 활성도에 따른 투과성 필름이 필요하다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 레이저를 이용한 비천공 맞춤형 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

- 레이저를 이용한 폴리프로필렌 필름 가공 특성 연구
- 레이저 가공 조건에 따른 필름 가공 특성 연구
- 작물별(채소, 버섯, 김치) 맞춤형 공기투과도를 가지는 비천공 breathable 필름 개발
- 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름의 공기 투과도 조절 연구
- UV 레이저 필름 가공 시스템 및 가공 기술 개발
- 합지 포장 필름(PET+CPP, PET+AI+CPP)의 레이저 가공 특성 연구
- 다중 펄스 가공 기술을 이용한 고속 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발
- 레이저 분기를 이용한 대면적 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발
- 소재별 필름 가공 속도를 최적화한 비천공 breathable 필름 시작품 개발

### 2. 원예작물 소포장 MAP 기술 확립

- 12개 내외 작물의 농산물에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시
- 호흡률 및 에틸렌 발생률 등 수확 후 생리 특성에 따른 MA저장 모델 제시
- 12개 내외 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립
- 개발된 비천공 breathable 필름의 미생물 오염에 대한 안전성 조사
- 신선편이 농산물 대상으로 한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

### 3. 식량작물 및 특용작물(산채, 버섯, 약용식물) MAP 기술 확립

- 곡류 포장재 사용 실태와 유통 환경 조사
- 곡물 전용(밀, 쌀) 비천공 breathable 필름 재질 포장 적용시 최적의 비천공 breathable 필름 조건 및 저장 조건 규명
- 찰옥수수 저장을 위한 비천공 breathable 필름 이용 시 최적 조건 규명
- 숙채류인 콩나물 저장을 위한 비천공 breathable 필름 이용 시 최적 조건 규명
- 느타리버섯 저장을 위한 비천공 breathable 필름 이용 시 최적 조건 규명
- 약용작물 수삼의 저장을 위한 비천공 breathable 필름 이용 시 최적 조건 규명

## IV. 연구개발결과

### 1. 레이저를 이용한 비천공 맞춤형 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

본 과제에서는 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름 가공 원천 개발 기술 개발에 그 목표를 두고 있다. 이를 위해서 Ti-sapphire 펄스 레이저, CO<sub>2</sub> 레이저, UV 레이저 다양한 레이저를 이용한 폴리프로필렌 필름 가공 특성과 레이저 가공 조건에 따른 필름 가공 특성 연구를 진행하여 그 결과를 확인하였고, 숨쉬는 필름 산업화를 위해 UV 레이저 시스템을 개발 및 구성하여 실제로 숨쉬는 필름 포장지를 제작하여 저장성 실험으로 기능성 포장지로서의 특성을 확인하였다.

다양한 과채류 품목에 맞춤형 숨쉬는 필름 제작을 위해서 공기투과도 조절이 가능하도록 미세 흡의 가공 조건을 변화시켰다. 이를 통하여 작물에 맞는 비천공 숨쉬는 필름을 개발하였고, 실제로 상품화에 성공하였다. 그리고 다양한 기능성 포장지로서 사용하기 위하여 냉장/냉동용, 그리고 전자레인지용 숨쉬는 필름으로 확장하여 개발하였고, 이를 위해서 합지 포장 필름(PET+CPP, PET+Al+CPP)의 레이저 가공 특성 연구를 진행하였다. 이 과정을 통하여 다양한 기능성 숨쉬는 필름 포장지를 개발할 수 있었다.

### 2. 원예작물 소포장 MAP 기술 확립

국내 주요 농산물(상추, 쪽파, 고구마 등) 유통 환경 조사 결과, 대형유통마트에서도 상당부분 상온에서 판매되고 있었으며, 저온 유통의 경우도 판매처 입고 과정에 상온 노출이 있었다. 국내 농산물 저온 매대의 평균 관리 온도는 5-7℃ 수준이었고, 상대습도는 50% 내외였다. 포장 형태는 버섯, 간마늘 등을 제외하고는 유공필름 포장이었다.

35품목의 저장 유통 조건별 적정 비천공 breathable 필름을 조사하였는데 1,300cc는 마늘(저온), 아워버섯(저온), 3,000cc는 양상추(신선편이-저온&상온), 청경채(저온), 5,000cc는 깻잎(저온), 브로콜리(저온), 쌈추(저온&상온), 단감(저온), 사과(저온), 통통마디(저온), 7,000cc는 치커리(저온)이 적합하다. 10,000cc는 깻잎(상온), 달래(저온&상온), 돌나물(저온), 베이비채소(저온), 브로콜리(상온), 유채(저온&상온), 청경채(상온), 감귤(저온), 단감(상온), 배(저온), 사과(상온), 자몽(저온), 한라봉(저온), 미니&새송이버섯(저온&상온), 곰취장아찌(저온&상온), 20,000cc는 돌나물(상온), 세발나물(저온&상온), 치커리(상온), 감귤(상온), 바나나(상온), 그린

&골드키위(저온), 한라봉(상온), 파프리카(저온), 토마토(저온)을 저장하기에 적합하다. 30,000cc는 오렌지(저온&상온), 40,000cc는 새싹채소(저온) 또는 혼합 새싹채소(저온), 자몽(상온), 그린&골드키위(상온), 미니파프리카(저온&상온), 토마토(상온)이다. 60,000cc는 배(상온) 저장에 알맞으며, 80,000cc는 신선편이 사과(저온), 알스트로에메리아 절화(상온), 시금치(저온&상온), 그리고 100,000cc는 파프리카(상온)을 저장하는데 적합하다.

호흡률과 에틸렌 발생량등 수확 후 생리 특성에 따른 MA저장 모델 개발에서는 에틸렌 발생량의 경우 저온 저장조건에서 많은 작물이 0에 가까워 모델 개발에 이용하기에 어려웠다. 이에 반해 호흡률은 작물별 저장온도별 다양하게 분포되어 이를 모델 개발에 적용하였다. 예측 모델은 작물의 호흡률과 저장실험을 통해 얻은 각 작물의 저장 유통별 최적 비천공 breathable 필름의 산소투과도간의 회귀분석을 통해 관계식과 결정계수( $r^2$ )를 조사를 통해 개발하였다. 관계식과 결정계수 계산은 전체 작물과 작물의 형태적 분류(과실, 엽경)로 실시하였다.

총 35작물의 호흡률과 실험에서 얻은 적합한 분석하였을 때는 회귀식은  $y=18.438+19972$ 였고, 결정계수( $r^2$ )로 0.0002로 계산되어 작물의 특성을 고려하지 않고 단순 호흡률만으로는 MA저장 모델 제시는 불가능하였다.

이에 반해 작물의 형태 및 이용 분야별로 크게 과실과 경엽부위를 나누어 계산한 결과 과실·과채류에서는 회귀식  $y=2535.4x+6047.8$ 였고, 결정계수( $r^2$ )가 0.4698로 상관관계가 인정되었으며, 엽경채류의 경우에서도 회귀식  $y=438.51x-3231.8$ 에, 결정계수( $r^2$ ) 0.5814의 상관관계가 나타났다. 여기에 추가적으로 에틸렌 발생량과 민감도 그리고 이산화탄소, 산소의 허용범위를 감안할 경우 작물의 저장 유통 온도에서의 호흡률만 계산된다면, 적합한 비천공 breathable 필름 종류의 예상이 가능할 것으로 판단되었다.

비천공 breathable 필름의 농식품 포장재로써의 안정성 검정을 위해 잿빛 곰팡이와 대장균(E.coli)의 필름 투과 여부를 조사하였다. 잿빛 곰팡이와 대장균 모두 기존의 사용중인 천공필름에서는 필름을 투과하여 전염되었으나, 비천공 breathable 필름은 산소투과도가 가장 높은 100,000cc 필름에서도 투과 전염되지 않아 안전한 농산물 유통에 적합한 포장재임이 확인되었다.

### 3. 식량작물 및 특용작물(산채, 버섯, 약용식물) MAP 기술 확립

식량작물의 경우, 비천공 breathable 필름 이용 시 저장물의 지방산가 및 환원당 함량, 발아 등에서 효과가 있었다. 특용작물의 경우, 작물의 크기와 상태에 따라 차이가 있다. 인삼 저장은 10,000~30,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 투과도를 갖는 포장지에서 15℃ 이하로 저장하는 것이 인삼의 품질 유지에 유리하였으며, 느타리버섯 저장은 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이하의 투과도를 갖는 포장지에서 10℃ 이하로 저장하는 것이 품질 유지에 유리하였다. 마(산마) 저장은 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이하의 투과도를 갖는 포장지에서 8~12℃로 저장하는 것이 잔뿌리 발생을 막았으며,서류의 경우, 고구마 저장은 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이상의 투과도를 갖는 포장지가 저장 중의 고구마 품질 유지에 유리하다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획(필요에 따라 제목을 달리할 수 있음)

## 1. 레이저를 이용한 비천공 맞춤형 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

포장지용 필름의 소재별가 다양하기 때문에 이에 맞는 레이저 가공을 하기 위해서 두께 등의 특성을 고려하여 속도에 따라 레이저 가공이 어떻게 이루어지는지 확인하였다. 그리고 소재에 맞는 최적의 가공 속도를 구하고 시작품을 제작하였다. 그리고 고속으로 대면적 숨쉬는 필름 제작을 위하여 회절광학 소자를 이용한 레이저 분기 멀티포커싱 가공 기술과 다중 펄스 중첩 가공 기술을 사용하여 새로운 필름 가공 방법을 개발하였다. 회절 광학 소자를 이용한 다중 패턴 가공과 스테이지 동기화는 기존의 빔추적 방식인 스캐너 가공 방식보다 시스템도 단순하고 숨쉬는 필름의 미세홈의 깊이를 정밀 조절할 수 있는 효율적인 가공 시스템이 가능하다. 이를 구성하기 위해서 실험을 진행하여 그 가능성을 확인하였다.

## 2. 원예작물 소포장 MAP 기술 확립

새로운 농산물에 적합한 MAP조건을 작물별 포장 저장 실험 이전에 호흡률 등 수확 후 생리 특성만으로 예측 가능하여, 관련 분야의 연구 및 현장 적용 실험에 간소화가 가능하다. 작물의 저장 및 유통별 최적의 MAP조건을 적용한 포장재 이용을 통해 국내 주요 농산물의 저장 유통 기간 연장이 가능해 진다. 저장 중 농산물의 내적 품질 조사 기술 확립을 통해 저장 유통 중 농산물의 내적 품질 유지 효과를 비교하여 작물별로 적합한 포장 및 저장 방법 제시가 가능하며, 내적 품질에 대한 평가는 농산물의 식품적 가치를 제고할 수 있다.

## 3. 식량작물 및 특용작물(산채, 버섯, 약용식물) MAP 기술 확립

농산물 종류 및 이용 목적별로 제작된 비천공 맞춤형 비천공 breathable 필름 제작의 원천기술과 생산시설을 가지고 있는 참여기업인 대룡포장을 통해 상품화하며, 레이저를 이용한 미세 홈 가공 기술의 상용화로 품목별, 계절별 맞춤형 MA 포장지 개발한다. 생리적 특성에 맞는 소포장용 MA 포장지의 적용으로 유통 농산물의 저장성 향상이 기대되며, 저장성의 향상을 통한 포장 유통 농산물의 종류 및 상품 기획성 확대할 계획이다. 15  $\mu\text{m}$  이하의 미세 홈 가공으로 산소 투과도는 조절되지만 미생물은 침투하지 않는 간편 편이 농산물용 MA 포장지 개발 및 생산과 더불어 포장 중량 3kg 이상의 유통 및 저장용 대포장 MA 포장지 개발 및 생산하는데 활용되는 데 기여할 수 있는 기술이다. 농산물의 생리 특성에 맞추어서 공기 투과도를 조절할 수 있는 농산물용 포장재에 활용되어 농산물의 고품질화 및 유통 기간 연장에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 본 기술개발로 가능한 비천공 breathable 필름은 농산물의 기능성 포장재에 활용될 뿐만 아니라, 최근 들어 수요가 급신장하고 있는 위생용품, 일회용 의류와 의료용 필름으로 적용이 예상된다. 곡류의 포장재 개선을 통한 저장성 및 저장 곡류의 향상으로 인한 부가가치 증진시키며, 미생물과 저장 해충의 유해물질 차단을 통한 저장 곡류의 안전성 증진에 효과적이다. 곡류 및 신선 농산물의 저장성 증진으로 농산업 분야 수급 안정성 제고, 상온 유통, 저장기술의 개발로 체비용 감소, 에너지 절감 효과 및 CO<sub>2</sub> 감축 효과적이다.

## SUMMARY

### (영문요약문)

1. The purpose of this project is development of original technology for breathable film by using laser micro-machining. A polypropylene film was ablated using a CO<sub>2</sub> laser, Ti-sapphire femtosecond laser, and UV nanosecond laser. For modified atmosphere packaging, polypropylene films were ablated by laser pulse with different pulse energies and measured on an optical microscope. Also, we observed the shelf life of a banana contained within packaging of a breathable zipper bag. As a result, we have demonstrated that the breathable film can efficiently extend the shelf life of respiring foods, particularly fresh fruits and vegetables. The development of breathable film laser microfabrication system will more useful for industrial applications.

In order to fabricate customized breathable film for various vegetable and fruit, we changed laser machining condition for controlling size of the non-perforated micro holes (depth and width). By this process, proper breathable films for various fruits and vegetables were merchandised. As well as this, we fabricated one of functional breathable film packages on the use of microwave oven by using UV nanosecond laser micromachining, and the number of micro-grooves on the film is controlled for different oxygen transfer rate(OTR). Additionally, we fabricated another use of breathable films for refrigeration and frozen in the refrigerator. For using breathable film as various purpose, thin laminated plastic films such as PET, CPP, and Al were used for the experiments. As a result of the experiment, it was possible to fabricate various functional breathable film package.

Laser machining for breathable film with various thin laminated film was investigated by controlling the machining stage speed for merchandising the various film as products. We also studied machining method using diffractive beam splitter(DBS) and multi-pulse repeated radiation for breathable film. We fabricated micro-grooves on polypropylene(PP) films using multi-pulse radiation and DBS. In the result, width and depth of the PP film using multi-pulse repeated radiation were more precisely controllable. Therefore, this method can be adoptable in manufacturing breathable film precisely with high speed.

2. In the screening research of distribution environment in major horticultural product, such as lettuce, jjok-pa and sweet potato, the most sales place had been sell a room temperature condition in big distribution market, even they have controlled a low temperature distribution system, still exposed the outside temperature between transporting and input a warehouse. Average controlled temperature was 5-7°C in low temperature sales place for agricultural product and relative humidity was around 50%. Packaging film used to use perforated film except a mushroom and a garlic.

This research was identified a suitable film of non-perforated breathable film for storage and distribution conditions in 35 horticultural products, garlic (low temp.) and Awe-mushroom (low temp.) had shown the best in 1,300cc film, lettuce (low and room temp.) and pak choi (low temp.) had shown the best in 3,000cc film, perilla leaf (low temp.), broccoli (low temp.), korean cabbage (low and room temp.), persimmon (low temp.), apple (low temp.), and *Salicornia europaea* L.(low temp.) had shown the best in 5,000cc film, and chicory (low temp.) had shown the best in 5,000cc film. 10,000cc film was suitable packaging film for perilla leaf (room temp.), wild chive (low temp. and room temp.), *Sedum sarmentosum* Bunge(low temp.), baby vegetable (low temp.), broccoli (room temp.), rape (low temp. and room temp.), pak choi (room temp.), Tangerine (low temp.), persimon (room temp.), asian pear(low temp.), apple(room temp.), grapefruit(low temp.), *Citrus kiyomi x ponkan*(low temp.), *Pleurotus eryngii* var. *eryngii* & *Pleurotus eryngii* cv. *Mini* (low temp. and room temp.), and *Handaeri - gomchwi* jangajji(low temp. and room temp.). Orange (low temp. and room temp.) was 30,000cc film was suitable. 40,000cc film was appeared best in sprout vegetable (low temp.) or mixed sprout vegetable (low temp.) grapefruit (room temp.), green & gold kiwifruit(room temp.), mini paprika (low temp. and room temp.), and tomato (room temp.). Pear (room temp.) had the best result in 60,000cc film, 80,000cc film was suitable in a convenience apple package and a cut flower of alstroemeria (room temp.), and 100,000cc film was great for paprika (room temp.) storage and distribution.

In the development of MA storage model under the characteristics of postharvest physiology such as respiration rate and ethylene production rate, ethylene production rate was hard to apply the development of model because most horticultural product had shown the close rate the 0 under low temperature condition. But respiration rate was applied development of MA storage model because it had shown very variety positions depend on crops and storage temperatures. Predicting model was developed by the regression analysis through research of relation and coefficient of determination ( $r^2$ ) about respiration rate and oxygen transmission rate in the suitable type of non-perforated breathable film by crops and distribution conditions. Relation and coefficient of determination was calculated by all crops and characteristics of crops (fruits and length of leaf). Through the respiration rate and research of 35 horticultural crops, regression analysis was  $y=18.438+19972$  , coefficient of

determination ( $r^2$ ) was 0.0002, This result could not present the MA storage model because it is no include the characteristics of each crop, only inserted simple respiration rate. But the result of crop type and using part such as fruit and leaf, results of fruits and fruit vegetables were shown the regression analysis as  $y=2535.4x+6047.8$  and coefficient of determination ( $r^2$ ) as 0.4698, leaf vegetables were shown the regression analysis as  $y=438.51x-3231.8$  and coefficient of determination ( $r^2$ ) as 0.5814. These result recognized the relation between crop type and using part. Additionally, if we considerate the ethylene production, sensitivity, and permitted limit of carbon dioxide and oxygen with respiration rate in the storage and distribution temperature, quickly identified the suitable film types of non-perforated breathable film.

Non-perforated breathable film was tested for the safety of agricultural package in transmission of fungal contamination as *Botrytis cinerea* and E.coli. Both *Botrytis cinerea* and E.coli was contaminated normal perforated film used to use normally through film, but all non-perforated breathable films were not contaminated even higher 100,000cc film, this results was confirmed the safety of suitable package film for agricultural storage and distribution.

3. Status and distribution environment research using cereal packaging. When is the best non-perforated breathable film grain packing materials and storage conditions apply to the non-perforated breathable film conditions identified. When using a non-perforated breathable film identify optimal conditions for storing sprouts, oyster mushroom, and medicinal plants(raw ginseng, yam)

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

Chapter 1. Summary of the research

Chapter 2. Status of domestic and foreign technology development

Chapter 3. Contents of research development and performance results

Chapter 4. Completion and contribution of research purpose

Chapter 5. Application of the research results

Chapter 6. Information from overseas scientific knowledge taken from  
the research

Chapter 7. Reference

## 목 차

- 제 1 장 연구개발과제의 개요
- 제 2 장 국내외 기술개발 현황
- 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과
- 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도
- 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획
- 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보
- 제 7 장 참고문헌

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 필요성 및 목적과 범위

- 농산물은 일반 공산품과 달리 수확 후에도 생리 활성 작용(호흡)을 지속하려는 생리적 특성을 지니고 있으며 이러한 생리 활성 작용은 농산물이 수확 후에 바로 시들어서 이용성이 낮아지는 것이 방지되는 장점이 있는 반면에 수확 후 생리 활성 기간이 길어진다면 반대로 상품성이 떨어지게 된다. 농산물의 저장성은 농산물의 특성인 생리 활성 작용에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 생리 활성 작용을 적극적으로 조절하여 농산물의 저장성을 향상시키는 기능성 필름의 도입이 절실히 요구된다.
- 농산물은 각 농산물의 특정한 생리작용 때문에 저장과 유통이 매우 까다롭다. 이러한 농산물의 생리적 특성을 고려하여 유통과정에서 발생하는 손실을 최대한 없애기 위해서는 생리 활성 작용을 억제시키는 기능성 필름이 요구됨. 이러한 기능성을 가진 새로운 포장 소재를 저장성 필름이라 함.
- 과거 재래시장에서 주로 이루어진 농산물 유통이 근래에 들어서 대형 할인매장이 주도하는 유통 구조로 전환됨에 따라 소포장으로 유통되는 농산물의 물동량이 점점 더 늘어나는 추세이며, 이러한 추세는 전처리 농산물의 종류가 증가하고 구매자의 소비성향이 고급화될 수록 더욱 가속화될 전망이다. 현재 소포장용으로 사용되는 포장재는 농산물 포장의 1차적인 목적성 즉 저장성이 낮아서 활용도가 매우 낮으며, 농산물 유통에서 생산물의 신선도 유지 및 신상품 개발이 어려운 이유도 이 때문이다. 수확 후 농산물의 저장성을 유지할 수 있는 포장 재료의 개발 및 보급이 시급한 이유도 여기에 있음.
- 또한, 농산물의 고유의 생리활성도를 가지기 때문에 일률적인 저장성을 지니지 않으며, 양상추나 상추 등의 생리 활성도는 낮은 반면, 어린잎이나 시금치의 생리 활성도는 높은 편임. 따라서 각 농산물의 생리활성도에 맞추어 산소 및 가스 투과도를 조절할 수 있는 포장재의 개발이 매우 필요함.
- 현재 대부분의 기능성 포장 필름에 대한 연구는 포장 필름 원단을 제조할 때 첨가성분을 첨가하여 기능성을 확보하는 연구가 이루어지고 있으나, 이러한 방법은 포장 필름 원단의 공기 투과도가 일정하게 되어, 생리 특성이 다른 각각의 농산물에 적용시키기에는 어려움이 있음.
- 본 연구팀에서 제안하는 레이저를 이용한 맞춤형 통기성 필름 가공 기술은 대량으로 생산된 필름을 후가공을 통하여 각 농산물의 호흡특성에 맞추어 다품종 생산이 가능한 장점이 있음.
- 이와 같은 장점으로 본 연구개발이 성공하게 되면 생산된 농산물의 고품질화와 저장성 증대에 크게 기여할 것으로 기대됨.
- 새로운 농식품 판매 방법의 등장 및 에너지 절감에 적합한 유통 체계 확립이 요구된다.
- 유럽 및 북미, 일본 등을 위주로 하는 선진국에서는 구입 후 바로 먹을 수 있는 신선편이 농산물 시장이 농산물 유통이 새로운 패러다임으로 급부상중임
- 국내시장규모가 전체 농산물 시장의 3%, 금액으로 7천억원대인 신선편이는 포장 후 외부 유해물질에 의한 오염 방지가 매우 중요하여 안전성 확보를 위한 방법 중 가장 중요한 의

부 유해물질의 유입을 완벽하게 막을 수 있는 포장기술 개발이 요구됨

- 식품의 안전성이 무엇보다 중요시 되고 있는 시점에서 천공필름의 이용은 대단히 위험한 상황을 초래할 수 있으며 기존의 breath film의 경우도 수십  $\mu\text{m}$ 의 구멍이 생길 수 있어 길이가 1~4  $\mu\text{m}$ 밖에 되지 않는 E-coli와 같은 미생물의 오염은 가능한 실정임
- 이러한 유공필름은 유해물질의 오염이 발생할 수 있기 때문에 세척채소, 즉석섭취 등과 같이 1차 가공한 농산물의 포장에는 적합하지 않음 <2011년 1년 발표된 신선편이농산물표준규격 별표 7>
- 또한 완전밀폐형 필름은 유해물질은 막을 수 있으나 에틸렌의 과다 생성으로 인한 노화, 결로 및 이취의 발생으로 인한 상품성 저하의 원인이 될 수 있음(그림 1)



그림 1. 완전밀폐형 포장 (유기농 토마토/안심사과/맥도널드 신선편이 사과)

- 이는 비단 국내에 국한된 문제가 아닌 이미 시장이 활성화 되어있는 선진국의 사정도 마찬가지이며, 소비자의 요구는 있으나 기술이 뒷받침 되지 못하거나 비용이 발목을 잡고 있는 실정으로 획기적으로 저렴하면서도, 고안정성, 고안전성을 가진 레이저 가공 비천공 통기필름은 현재 팽창하고 있는 신선편이농산물 시장에 기술선도국가가 될 수 있는 중요한 기회가 될 것으로 생각됨
- 과거 재래시장에서 주로 이루어진 농산물 유통이 근래에 들어서 대형 할인매장이 주도하는 유통 구조로 전환됨에 따라 소포장으로 유통되는 농산물의 물동량이 점점 더 늘어나는 추세임
- 전처리 농산물의 종류가 증가하고 구매자의 소비성향이 고급화 될수록 더욱 가속화될 전망이다
- 또한 인터넷 판매와 산지 판매 등 직거래 형태 판매의 증가로 소규모 포장 판매가 많아지고 있으며 cold chain을 할 수 없는 택배를 이용하고 있기에 이를 위한 맞춤형 상온유통 MAP기술 개발이 작목반 등 실사용자 입장에서 요구됨
- 전세계적인 기후변화와 더불어 CO<sub>2</sub> 감축을 위한 에너지 절감이 절실히 요구되고 있는 가운데 상온유통기술의 개발과 이에 적합한 유통체계의 확립으로 현재 냉장유통중인 품목 중 일부 과일, 채소류를 대상으로 상온유통으로 전환할 경우 전국 10,000여개에 달하는 백화점, 대형마트, 대형슈퍼마켓에서 연간 180억원 이상의 전기료 및 에너지 절감 효과와 더불어 약 37,000t의 CO<sub>2</sub> 감축 효과가 기대됨.
- 기존농산물 유통 및 포장 개선 필요
- 선진국의 농산물 유통중 손실율은 10%수준이지만 국내 유통구조에서는 20%에서 많게는 40%에 육박하는 유통 중 손실율을 보임

- 국내 농산물 시장 규모가 41조 이상(통계청, 2009)이므로 본 포장재의 개발과 이에 따른 적용기술의 확립으로 유통 중 손실율을 10% 수준(선진국 수준)으로 줄일 수 있으며, 이를 통해 4-12조원에 달하는 유통 중 손실을 줄일 수 있음
- 사과 '후지'의 경우 우리나라 사과 품질유지기술은 선진국의 55% 수준에 그치며 저장 중 감모율이 매우 높아 중량감소율은 15%, 부패율이 10%이상으로 나타나는 등 사과의 경우 저장할 때만 따져도 25% 정도 감도가 발생하여 '후지' 단일품종에서만도 연간 2000여억원의 손실을 보이고 있음
- 국내에서 이용되고 있는 일반 농산물용 포장재는 저온 유통 등 관리상의 문제점 때문에 유통 중 발생하는 이취를 막기 위해 0.5cm 이상의 큰 구멍을 뚫어 놓고 있음(그림 2, 3)



그림 2. 국내 유공필름을 이용한 포장농산물



그림 3. 국내 천공필름을 이용한 포장 농산물



그림 4. 완전밀폐형 포장 (유기농 토마토/ 안심사과)

- 본 포장재는 포장재 내 살아있는 식물체의 호흡작용과 정밀하게 제어되는 산소투과도의 상호작용으로 포장지 내의 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도를 일정부분 제어할 수 있을 것으로 생각되며 이는 기존 기능성 MA포장재가 가지지 못한 CA저장의 장점을 일부 차용한 것과 같은 효과가 예상됨
- 우리나라의 곡물저장 연구는 대부분 미곡에 집중되어 있으며 이마저도 미비한 실정으로 현미로 저장하여 부피를 절반이상으로 줄이고, 공간 및 에너지 절감을 하는 일본과 달리 대부분 정조(조곡) 상태로 RPC에서 사이로나 대형마대인 톤백으로 저장하고 있어 이에 대

## 한 개선이 필요함

- 저장 후 도정된 쌀의 경우 유통과정에서 변질을 방지하기 위해 일부 스티폼유 포장재나 LDPE 필름에 의한 저장 연구가 있으나 상용화 정도가 낮고 비용이 증가하였음
- 신선물 상태의 버섯과 콩나물류는 예냉처리한 후 저온에서 MA저장하여도 왕성한 호흡 및 증산작용에 의한 결로, 개산, 위조현상과 phenol산화효소에 의한 갈변현상, 곰팡이에 의한 부패현상 등에 의하여 30일 이상 보관이 어려우며 상온에서는 유통기간이 3~4일에 지나지 않아 포장재의 개선은 이러한 문제점 해결에 크게 기여할 수 있음
- 산채 및 약용작물은 현재 각 지방자치단체와 생산단체를 중심으로 생산 및 판매가 급격히 늘어나고 있지만 저장조건에 대한 연구가 가장 미진한 농산물로 비교적 고가이며, 생산량이 적어 MA 소포장에 의한 유통 중 손실을 필히 줄여야하는 작목임
- 이와 같은 필요성으로 본 연구개발이 성공하게 되면 생산된 농산물의 고품질화와 저장성 증대에 크게 기여할 것으로 기대됨.
- 선진국에서, 단기 유통 농산물(예로써, 콩나물, 숙주, 딸기, 바나나 등)들은 대형마트나 소매점에서 종이, 고분자필름과 같은 소재의 포장을 이용해서 소량으로 전시되고 판매되고 있으며, 선진국일수록 심미적, 기능적 효과 때문에 이러한 포장재의 사용은 더욱 늘어나고 있음.
- 그러나 이러한 농산물은 냉장 전시 중에도 계속 호흡을 하기 때문에 영양분을 스스로 소비하며 그 영양, 맛, 신선도 등이 변하게 되며, 특히 냉장 전시를 하지 않을 경우, 그 변화가 더욱 커지게 됨. 부적합한 외부환경 즉 급격한 온도변화, 광선, 습도, 미생물 등으로부터 보호하고, 자체적인 호흡에 따른 신선도 변화를 최소화하기 위하여 고기능성 포장재(MPF 포장)가 1990년대부터 개발되었음.
- 현재는 미세 열침을 이용하여 포장재에 수십 $\mu$ m의 직경을 갖는 미세기공을 가공하는 기계적인 기술이 주류를 이루고 있다. 그러나 이 기술은 생산적 측면에서 산소 투과도를 정밀하게 제어할 수 없어서 품종별로 다른 호흡량을 지니는 농산물의 호흡을 제어하여 신선도를 유지하게 하는 고기능성 포장재로는 적합하지 않으며, 2000년대에는 유럽에서 레이저 기술을 이용하여 미세구멍을 가공하는 기술을 개발하였으며 가장 첨단기술로 각광받고 있음. 국내에서도 P사에 2009년에 1대 정도가 도입되었으나, 이 기술은 CO<sub>2</sub> 레이저를 이용하기 때문에 제어하기가 힘들고 미세구멍의 크기가 50 $\mu$ m 이상이며, 그 형상과 크기 또한 타원형으로 불규칙하여 농산물의 종류에 따라 최적의 투과율을 갖는 미세기공을 가공할 수가 없음.
- 앞으로 1~10 $\mu$ m 정도의 직경과 수십 $\mu$ m 깊이의 미세기공을 정밀하게 가공하여 농산물의 품종에 맞는 산소 투과도를 자유롭게 조절할 수 있는 농산물 포장재와 그 가공 기술의 개발이 세계적으로 요구되고 있음. 특히 동일한 생산설비에서, 호흡율이 다른 다양한 농산물에 대응하는 다양한 미세기공의 크기와 형상을 쉽게 제어할 수 있는 기술은, 현재의 미세 열침을 이용하는 기계적인 기술을 대체하게 될 것임.
- 곡류 저장의 낙후성 개선은 국산 농산물의 가장 큰 부분을 차지하는 식량작물 생산의 경쟁력을 강화하는데 필요하다.
- 곡류 저장기술의 낙후성은 유통 국산 곡류의 품질 저하를 동반하여 국산 곡류의 경쟁력을 약화시킨다. 따라서 저장성 증진을 위한 포장 및 저장대(袋)의 개선은 온도와 습도 조절과 같은 고비용 시설의 개선에 소요되는 비용의 최소화를 통해 수확 후 관리단계의 합리화를

이를 수 있다.

- 우리나라의 곡물저장 연구는 대부분 미곡 집중되어 있으며 그 또한 미비한 실정이다. 대부분 정조(조곡) 상태로 RPC에서 사이로나 대형마대인 톤백으로 저장하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다.
- 저장 후 도정된 쌀의 경우 유통과정에서 변질을 방지하기 위해 일부 숯함유 포장재나 LDPE 필름에 의한 저장 연구가 있으나 상용화 정도가 낮다. 따라서 10kg 이하 소포장 유통이 주류를 이루는 쌀 유통에서 최적 포장재의 개발은 국산 쌀소비 촉진을 위해 필요하다.
- 농산물 중 연중 일정한 소비가 이루어지는 콩나물 및 숙주나물은 국내의 경우 약 5000억 이상의 소비 시장을 가지고 있는 중요한 농산물이며 저장성 증진은 안정적인 소비와 생산의 필수 요소이다.
- 콩나물과 숙주는 생명력을 가지고 있는 생명체로 그 품질은 대기중의 산소와 이산화탄소 및 수분의 영향이 절대적이다. 따라서 콩나물의 유통 저장 온도조건(5~9℃)에서 최적의 품질 유지는 포장재 조건에 의해 결정된다고 볼 수 있다.
- 콩나물 및 숙주의 생산과 유통의 가장 큰 문제점은 유통과정 중 품질저하로 인한 유통기간의 단축이다. 유통 과정 중 콩나물용 OPP+PE 플라스틱 필름봉지에 소포장되어서, 개방형 냉장 진열대에 보관·판매되고 있다. 이 과정에서 빛이나 온도의 영향으로 자엽의 녹화와 하배축의 변질 또는 갈변이 일어나므로 이를 억제시키는 포장법 개선이 필요하다. BF의 경우 미생물의 유입을 차단하여 저장성은 물론 농산물의 안전성을 증진시킬 수 있으므로 이에 대한 연구는 우리나라의 부식용 식자재 중 가장 중요한 콩나물의 소비와 품질 증진에 기여 할 수 있다.
- 버섯류는 신선 상태로 유통되며 채소류와 더불어 포장재의 특성을 크게 받는 농산물이다.
- 신선물 상태의 버섯은 예냉처리한 후 저온에서 MA저장하여도 왕성한 호흡 및 증산작용에 의한 결로, 개산, 위조현상과 phenol산화효소에 의한 갈변현상, 곰팡이에 의한 부패현상 등에 의하여 30일 이상 보관이 어려우며 상온에서는 유통기간이 3~4일에 지나지 않는다. 따라서 포장재의 개선은 이러한 버섯 유통의 문제점 해결에 크게 기여할 수 있다.
- 산채 및 약용작물은 현재 각 지방자치단체와 생산단체를 중심으로 생산 및 판매가 급격히 늘어나고있지만 저장조건에 대한 연구가 가장 미진한 농산물이다.
- 단위면적당 수익률이 높은 산채 및 약용작물은 안전한 먹거리 및 건강식단을 위시한 소비자의 요구와 더불어 그 생산이 급격히 늘어나고 있다. 그러나 일반 곡물, 채소류와 달리 생산품목의 다양성이 방대하고 재배법도 확립되지 않은 품목이 많고, 생산, 소규모 생산, 직거래 위주로 유통과정 또한 정립단계로 저장성 향상에 대한 연구가 미진하였다. 따라서 포장재의 개선 및 저장성 확립은 이들 작물에 대한 유통과 손실률 저감에 크게 기여할 수 있다.

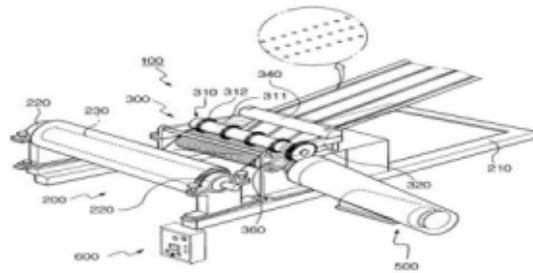
## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

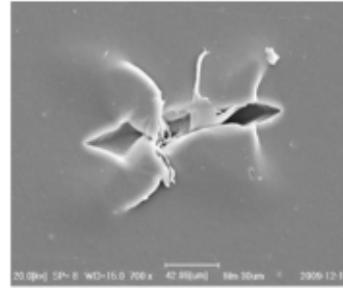
연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
광주과학기술원	펄트초 레이저를 이용한 미세 가공	초미세 광학 소자 및 기계 소자 제작
한진피앤씨	통기성 필름 합지 제조, 자동화 공정	유한킴벌리(화이트, 하이스)와 대한펄프(보솜이) 등에 통기성 필름(Breathable film) 공급
SK 화학	통기성 수지(BRESPOL)	통기성 수지 국내 공급 및 해외 수출
(주)화승인더스트리	통기성 필름 제조	유한킴벌리 등에 통기성 필름 공급, 해외 수출(HI PHANE, HI BRON)
상경 Eng	기계적 천공 필름 제조 및 천공기 제조	채소 포장용 신선 필름 및 천공기 제조 판매

#### 가. 기존의 통기성 필름 제조 기술

- 기존의 통기성 필름 제조기술 중에서 폴리에틸렌과 CaCO<sub>3</sub>(탄산칼슘)을 혼합하여 압출 및 연신가공 공정을 통한 기공을 형성시켜 공기 및 수증기는 통과시키고 수분은 통과시키지 않는 기능을 부여한 제조 방법은 대량 제조 공정은 가능하지만 별도의 생산 설비 및 제조 공정이 필요하며 공기 투과도 조절이 어렵고 투과도가 떨어져 응용성이 낮다는 문제점이 있음.
- 미세 침이나 모서리가 뾰족한 인조 다이아몬드 입자가 부착된 로울러를 이용하여 필름에 구멍을 형성하는 기계적 통기성 필름 제조법은 공기 투과 효과를 충분히 확보할 수 있어 습기와 가스를 제거할 수 있지만, 기계적 천공의 한계점인 장기 안정성과 균일한 50 μm 이하의 미세 천공을 연속적인 연기가 어려워 경제성과 실용성이 낮다는 문제점이 있다(그림 5).
- 레이저를 이용하여 필름을 천공하거나 미세 홈을 가공할 수 있으며 이러한 기술을 통기성 필름 제조에 적용할 수 있음. 2000년대에 미국과 유럽에서는 CO<sub>2</sub> 레이저를 이용하여 100 μm 직경의 미세기공을 갖는 포장재 생산기술을 개발하였음(그림 6). 이 CO<sub>2</sub> 레이저를 이용한 통기성 필름 가공 장치는 고가 설비이며, 선진국에서도 최근에 기술이 소개되고 보급되는 초기단계임. 그러나 레이저를 이용한 이 기술은 필름 관통으로 인한 과도한 공기 투과도와 구멍의 크기가 커서 액체가 세고 개미나 해충들이 포장지 내부로 들어오게 되는 문제가 있어서 현재는 폭넓게 적용되지 못하고 있는 실정임.

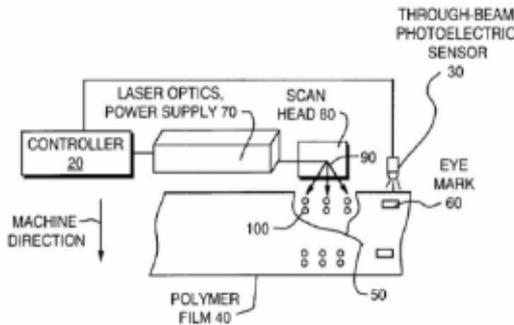


(a)

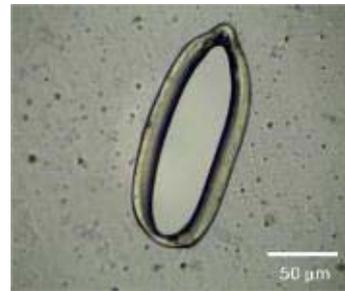


(b)

그림 5. 기계적 통기성 필름 제조기술 개념도 및 측정 사진. (a) 개념도, (b) 필름 형상.



(a)



(b)

그림 6. CO<sub>2</sub> 레이저 통기성 필름 제조기술 개념도 및 측정 사진. (a) 개념도, (b) 필름 형상.

#### 나. 본 과제의 기술과 관련된 선행연구 결과

##### - 펨토초 레이저를 이용한 초미세 가공 기술 개발

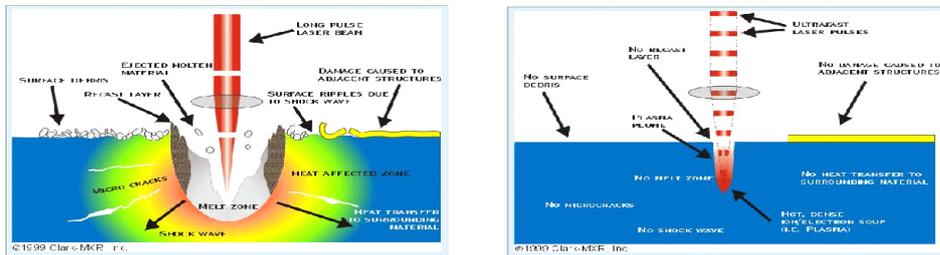
레이저 미세 가공기술은 가공 도구인 레이저 빔의 고집속 및 시/공간적 정밀제어가 가능하여 반도체, 전자, 자동차, 메카트로닉스 등의 첨단산업 분야에서 고품질의 부품을 가공하는데 필수적인 기술로 널리 활용되어 왔다. 또한 환경 친화적이며, 비접촉 공정으로서, 수십 마이크로미터의 형상을 갖는 부품 가공영역에서 기존의 공정을 대체하는 신 공정 개발에 기여하여 왔었다.

최근 새롭게 개발된 펨토초 펄스 레이저를 레이저 가공에 이용하게 되면, 빛의 흡수에 의하여 발생한 열이 주변으로 전달되기 전에 가공이 끝나게 되어 가공부의 주변에 어떠한 손상이나 구조변화를 일으키지 않는 장점이 있다. 펨토초 레이저 가공은 일반적인 다른 가공과는 달리 매질을 녹이는 것이 아니고 매질의 화학적 결합을 끊어내어 날려버리기 때문에 일반적인 가공에서 나타나는 열에 의한 매질의 변형이 발생하지 않는다. 이러한 가공특성으로 펨토초 레이저 가공은 마이크로 미터 이하의 초미세 가공이 가능하다(그림 3). 또한, 펄스폭이 극도로 짧은 반면 침투출력은 아주 높기 때문에 매질의 종류에 구애받지 않는 장점이 있다. 이러한 특징 때문에 고정밀도의 미세구조 가공의 주도적인 기술로 자리 잡아가고 있다. 초정밀 미세 가공기술을 응용하여 초고집적 3차원 저장매체, 나노 광소자 등에 대한 연구도 동시에 진행되고 있다. 또한, 의료분야에서도 펨토초 펄스레이저를 이용하여 외과 수술을 하게 되면 주위조직의 손상 없이 깨끗한 수술이 가능하기 때문에 실용연구가 진행되고 있다.

특히, 펨토초 레이저를 이용한 미세 가공 기술은 가공부위의 재질에 열적인 손상이 거의 발생하지 않는 장점으로 인해, 플라스틱, 비닐 필름, 생체 조직 가공 등에 활용할 수 있다.

본 연구팀에서는 수년간 펨토초 레이저 개발과 응용 연구를 수행해 왔으며, 레이저 분야의 다양한 연구를 수행해 왔다. 또한 본 연구팀은 펨토초 레이저 가공 시스템을 직접 구축하여 다양한 재질의 미세 가공 기술을 개발하여 왔으며, 미세 광학 소자 개발 등의 연구를 다년간 수행해 왔다.

그림 7는 현재 본 연구소에 구축되어 펨토초 레이저 가공 시스템을 나타내며, 펄스폭 185fs, 1kHz의 반복률을 갖고, 가공 면적은 30cm x 30 cm 까지 가능하고, 마이크로 미터 정밀도로 가공이 가능하다. 가공 방식은 stage를 이동시켜 가공하는 방법과 고속 스캐너를 이용하여 가공하는 두 가지 방식이 가능하게 시스템이 구성되어 있다.



(a) Long-pulse laser-matter interaction      (b) Ultrafast pulse laser-matter interaction

그림 7. 나노초 레이저와 펨토초 레이저 가공 특성 비교 (from Clark-MXR, Inc.)

### 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

#### 제 1절 레이저를 이용한 비천공 맞춤형 breathable 필름 개발

- 1차년도: 2011-2012

고출력 고반복률이 용이한 Diode-pumped Yb:KGW femtosecond laser를 사용하였음. 그림 1의 Diode-pumped Yb:KGW femtosecond laser(PHAROS, Light Conversion)는 250 fs의 펄스 폭, 100 kHz의 반복률, 1030/515/257 nm의 파장에서 각각 60/30/15 uJ의 펄스 에너지를 가진다.



그림 8. 고반복률 펨토초 레이저 가공 시스템

표 1은 Diode-pumped Yb:KGW femtosecond laser의 사양이다. 고반복률 Diode-pumped Yb:KGW femtosecond laser를 이용하여 기존의 펨토초 레이저의 단점인 가공 속도 문제를 해결할 수 있었다.

Parameter	Specification
Wavelength (nm)	1030/515/257
Pulse width (fs)	250
Average power (W)	6
Repetition rate (kHz)	100
Beam diameter (mm)	5.5
Resolution (nm)	>350

표 1. 사용된 펨토초 레이저 시스템 사양

레이저 펄스 폭(pulse width)에 따른 펨토초, 피코초, 나노초 펄스 레이저를 이용하여 폴리프로필렌 필름 미세 홈 가공 특성을 비교 분석하기 위해 각각의 펄스 폭을 가지는 레이저를 사

용하여 가공 하였다.

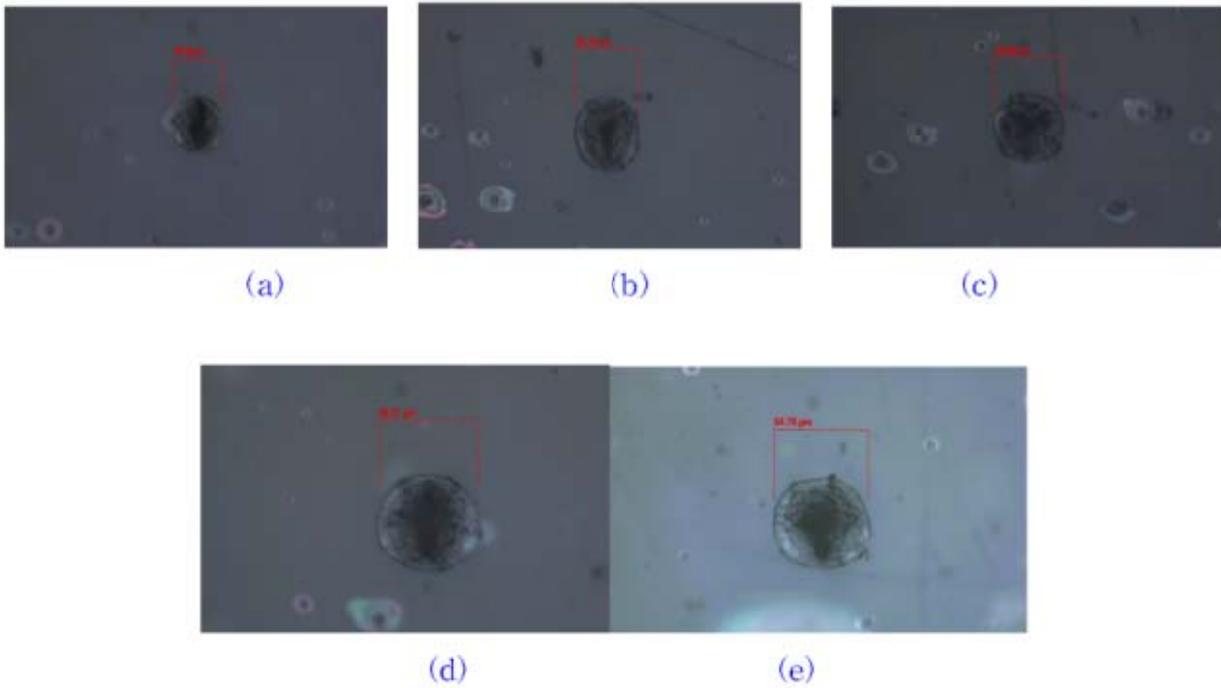


그림 9. 나노초 레이저를 이용하여 가공된 필름 미세 홈 측정 사진. 미세 홈 가공에 사용된 펄스 에너지 (a) 100 uJ, (b) 200 uJ, (c) 300 uJ, (d) 400 uJ, (e) 500 uJ 이다

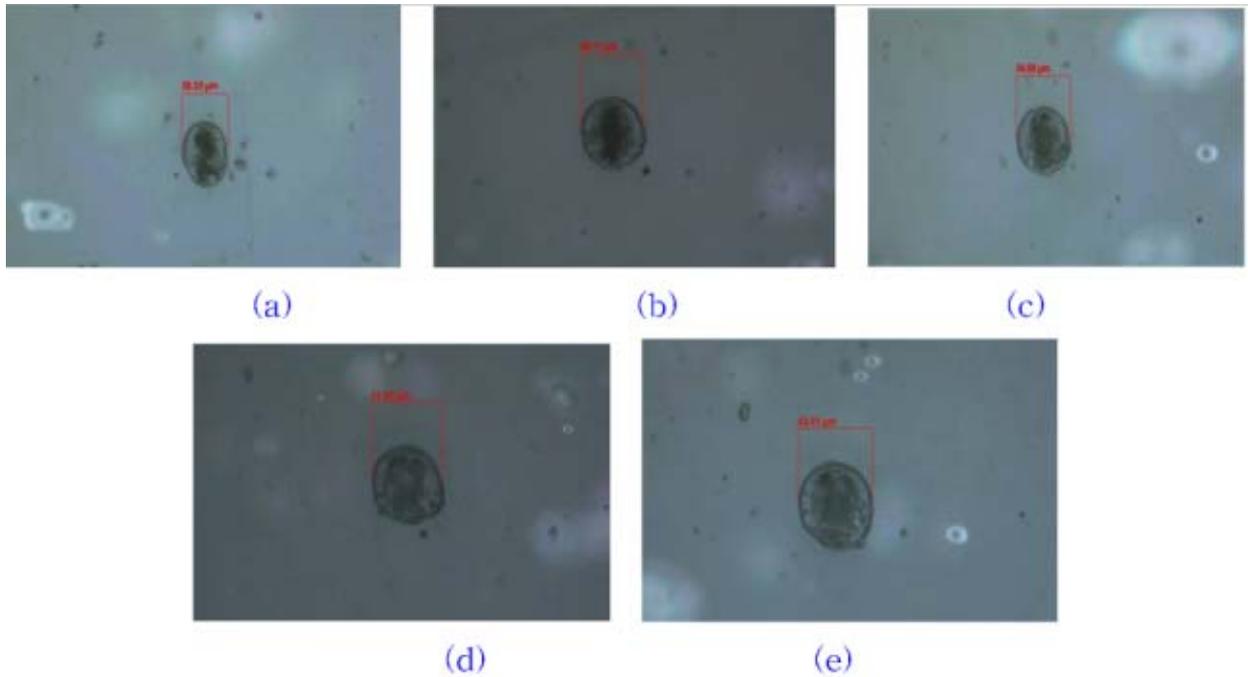


그림 10. 피코초 레이저를 이용하여 가공된 필름 미세 홈 측정 사진. 미세 홈 가공에 사용된 펄스 에너지 (a) 100 uJ, (b) 200 uJ, (c) 300 uJ, (d) 400 uJ, (e) 500 uJ 이다.

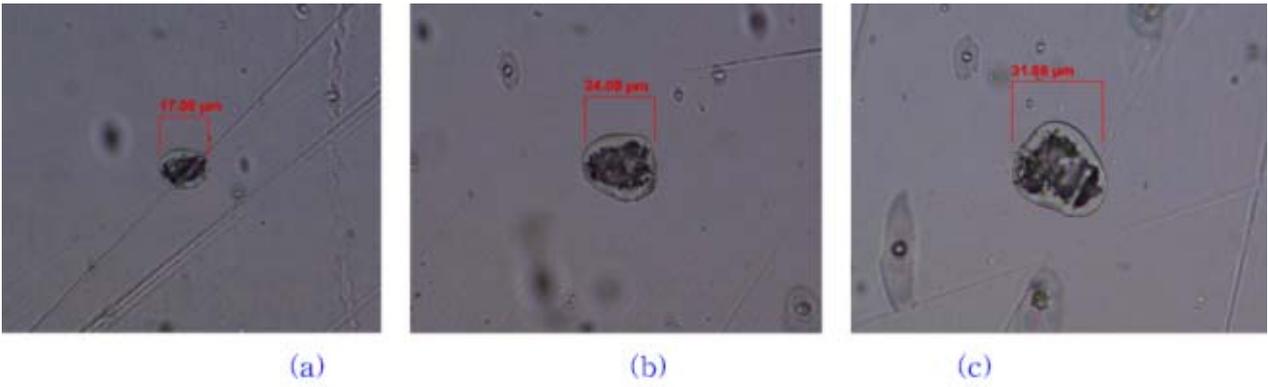


그림 11. 펨토초 레이저에 의해서 필름에 형성된 미세 홈 측정 사진. 미세 홈 가공에는 (a) 27  $\mu\text{J}$ , (b) 91  $\mu\text{J}$ , (c) 160  $\mu\text{J}$ 의 펄스 에너지가 사용되었다.  
 위의 그림 9, 10, 11에서와 같이 레이저의 펄스 폭이 나노초, 피코초, 펨토초를 가지는 레이저도 폴리프로필렌 필름에 미세 홈 가공이 됨을 확인할 수 있었다.

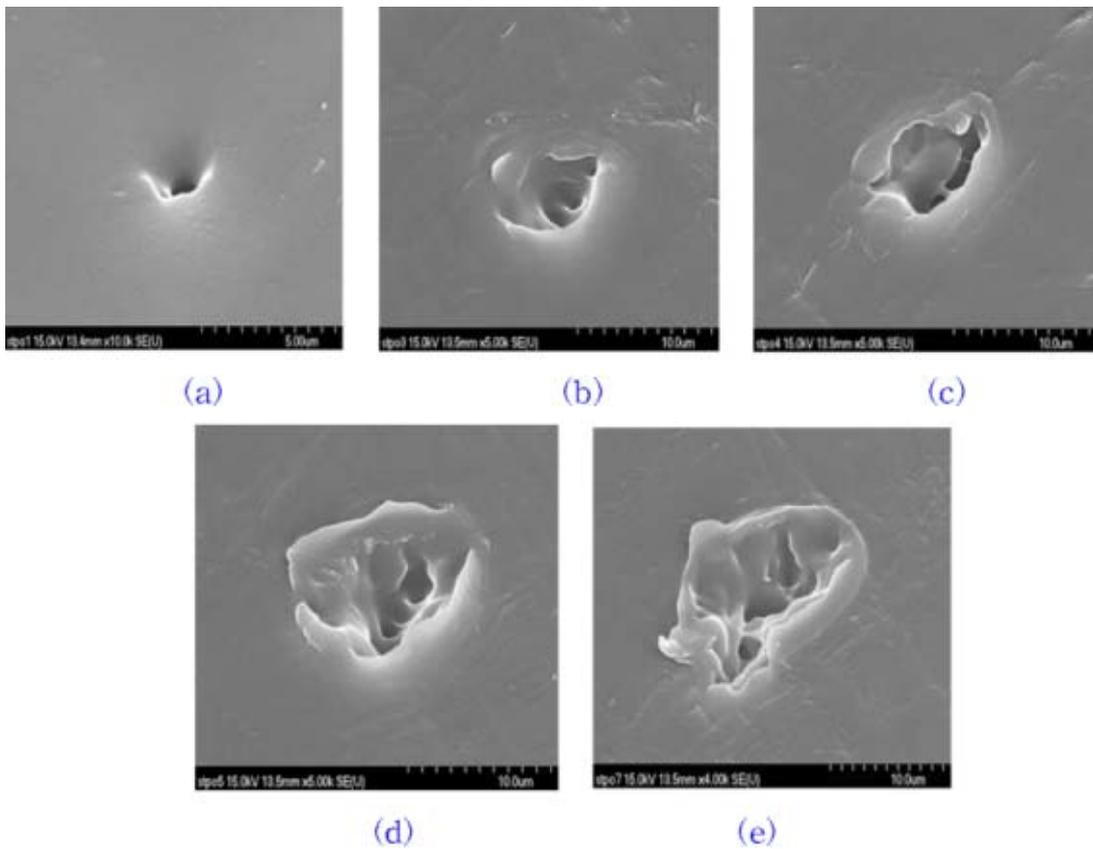


그림 12. 펨토초 레이저를 이용하여 가공된 필름 미세 홈 SEM 측정 사진. 미세 홈 가공에 사용된 펄스 에너지 (a) 1.5  $\mu\text{J}$ , (b) 7.05  $\mu\text{J}$ , (c) 27  $\mu\text{J}$ , (d) 54 $\mu\text{J}$ , (e) 108  $\mu\text{J}$  이다

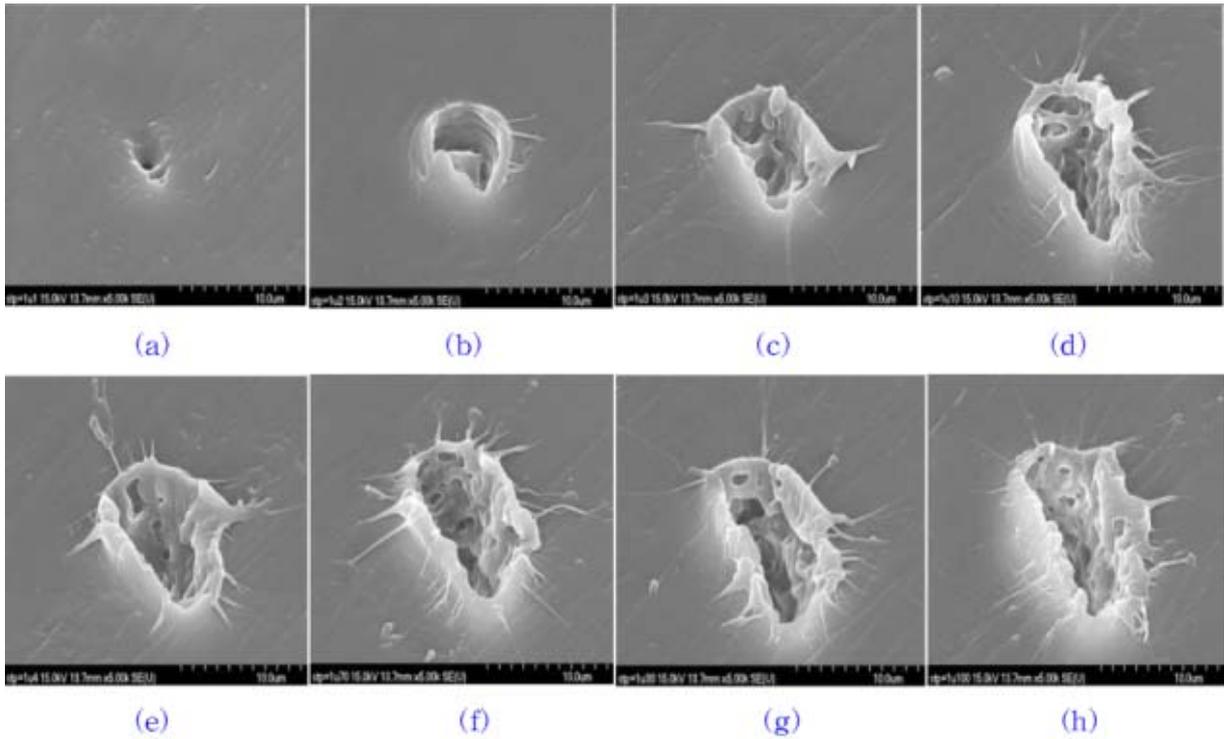
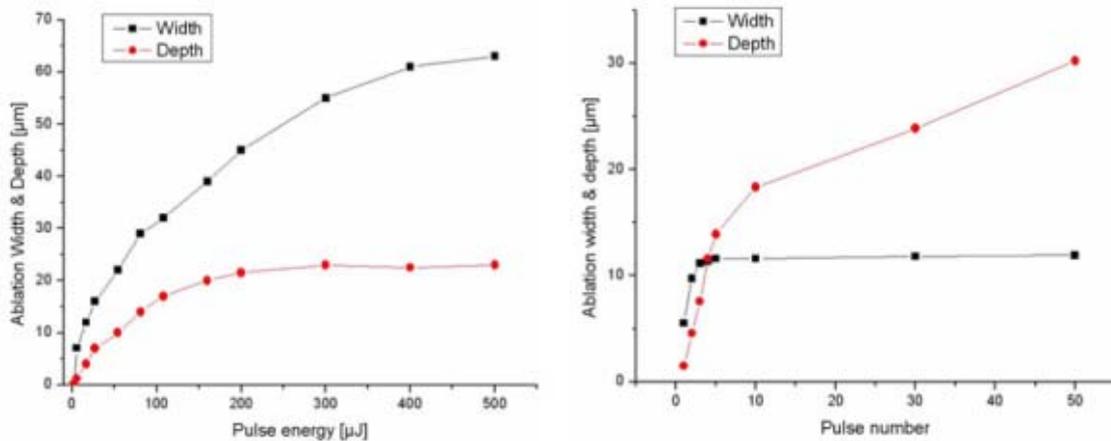


그림 13. 펨토초 레이저 펄스 수에 따른 가공 특성. (a) 1 shot, (b) 2 shot, (c) 3 shot, (d) 5 shot, (e) 10 shot, (f) 30 shot, (g) 50 shot, (h) 100 shot

그림 12와 13은 펄스에너지와 펄스 개수를 변화하여 필름 표면을 가공한 다음, 각각 가공된 미세 홈에 대해 전자주사 현미경 (SEM)을 이용하여 가공된 미세 홈의 형상을 측정 한 사진이다.



(a) 펨토초 레이저 펄스 에너지에 따른 가공 특성      (b) 펨토초 레이저 펄스 수에 따른 가공 특성

그림 14. 펨토초 레이저를 이용하여 펄스 에너지와 펄스 개수를 변화시켜 미세 홈의 크기와 깊이 측정 그래프

그림 14 (a)에서 펄스 에너지를 변화하였을 때는 약 200 uJ 이상에서 미세 홈의 크기는 증가

하지만 깊이가 일정해 지며, 펄스 개수를 변경 하였을 때는 그림 14 (b)에서 보는 것과 같이 약 5 펄스 이상에서는 크기가 일정해지고 깊이가 변화함을 확인하였다.

펨토초 레이저의 펄스 에너지를 100 uJ로 고정하고 펄스의 개수를 변경하여 미세 홈의 깊이 변화에 따른 공기 투과도를 조절하여 그림 15와 같은 결과를 얻었다.

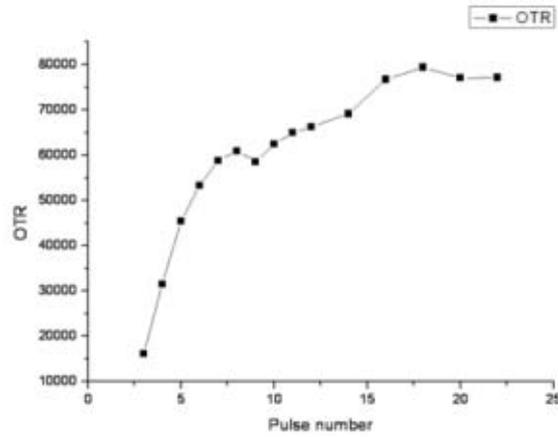


그림 15. 펨토초 레이저 펄스 개수 변화에 의한 필름의 공기 투과도

1. 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름의 공기 투과도 조절 연구

공기 투과도가 조절이 되는 필름 연구를 위하여 30  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가지는 PP (Polypropylene) 필름을 사용 하였으며, CO<sub>2</sub>레이저, 펨토초와 나노초 레이저를 사용하여 필름 표면에 미세 홈을 가공 하였다. 먼저 가공에 사용된 CO<sub>2</sub>레이저의 사양은 10.6  $\mu\text{m}$ 의 중심파장과 30 W의 최대출력을 가지는 레이저를 사용하였다. 펨토초 레이저는 184 fs의 펄스폭을 가지며 785 nm의 중심파장을 가지는 레이저를 사용 하였다. 또한, 나노초 레이저는 1064 nm (1064/532/355 nm)의 중심파장을 가지며, 펄스 폭은 8 ns인 레이저를 사용하였다.

가공 방법으로는 각각의 레이저의 펄스 에너지와 펄스 개수를 조절 하였으며, 조건 변화에 따라 필름 표면에 가공되는 미세 홈의 크기와 깊이 변화를 현미경을 사용하여 측정하였다. 필름 표면에 레이저 가공을 위하여 초점 길이가 100 mm (N.A = 0.055) 를 가지는 렌즈를 사용 하였다.

	CO <sub>2</sub> laser	Femtosecond laser	Nanosecond laser
제조사	Universal	Cyberlaser	Quantel
모델명	ULR-30	IFRIT	Brilliant b
중심파장	10.6 $\mu\text{m}$	785 nm	1064 nm
최대출력	30 W	1 W	8.6 W
펄스폭	120 $\mu\text{s}$	185 fs	8 ns
반복률	5 kHz	1 kHz	10 Hz
렌즈	단렌즈 ( f = 100 mm, N.A. = 0.055 )		

표 2. 공기 투과도 조절 연구에 사용된 레이저 사양

실험을 진행한 결과 CO<sub>2</sub> 레이저는 홈의 크기가 너무 크며, 모두 관통되는 문제가 생겼으며, 이로 인해 공기 투과도 조절이 어려운 단점이 있었다. 이러한 단점을 보완하기 위해 펨토초 레이저를 사용하여 실험을 진행하였는데, CO<sub>2</sub> 레이저에 비해 홈의 크기가 작았으며, 완전 관통이 되지 않았지만, 펨토초 레이저가 고가의 장비여서 산업용으로 적용하기 어려운 문제가 있다.

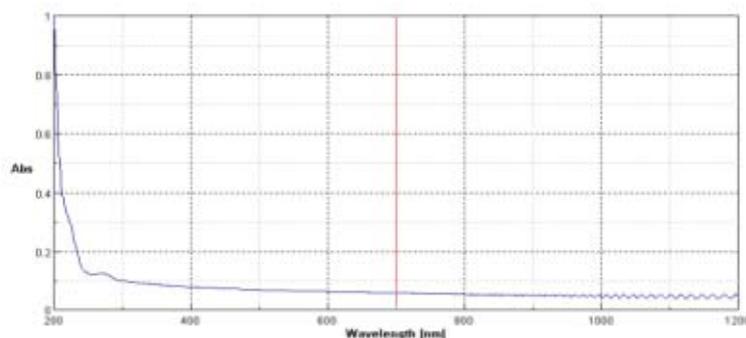


그림 16. 폴리프로필렌 필름 흡수 스펙트럼 그래프

위 그래프(그림 16)에서 확인 할 수 있듯이 약 400 nm이하의 UV 파장에서 흡수됨을 확인 할 수 있었다. 위 흡수 스펙트럼 결과를 바탕으로 355 nm 나노초 레이저를 사용하여 PP 필름 미세 홈 가공실험을 진행 하였다. 실험결과 펄초 레이저의 가공 결과와 매우 유사한 결과를 얻을 수 있었으며, 실험결과를 바탕으로 숨쉬는 필름 지퍼백 시제품을 제작하였다.

숨쉬는 필름 지퍼백을 사용하여 일반 지퍼백과의 신선도 비교 실험을 수행 하였다. 바나나의 신선도를 비교하기 위하여 세가지 경우의 포장방법을 적용 하였으며, 상온 상태에서 포장기간에 따른 변화 현상을 관찰 하였다. 아무런 포장을 하지 않은 경우, 시중에서 손쉽게 구할 수 있는 지퍼백을 사용한 경우, 그리고 숨쉬는 필름이 적용된 O<sub>2</sub>싱싱 필름 지퍼백을 사용한 경우에서 바나나의 신선도를 포장기간에 따라서 육안으로 확인 하였다.

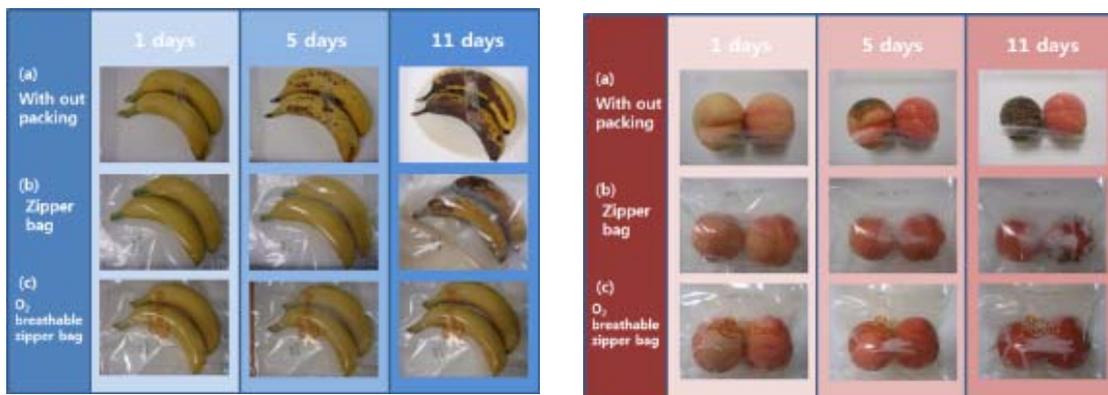


그림 17. 바나나와 복숭아 저장성 실험 결과

그림17에서 보는 것처럼 포장을 하지 않고 보관한 바나나와 복숭아는 5 일 후 껍질에 검은 색 반점이 생기기 시작하였으며, 10일 후에는 물이 흘러 내리고 곰팡이가 생기며 썩기 시작하였다. 일반 지퍼백에 포장한 과일은 포장하지 않고 보관한 과일과 하루 정도의 차이를 보였다. 그러나 숨쉬는 필름을 적용한 O<sub>2</sub> 싱싱 필름 지퍼백을 사용한 경우에는 앞선 두 경우에 비해서 10 일이 경과한 후에 바나나와 복숭아의 껍질에서 검은색 반점이 생겨났으며, 실험을 시작하지 18일후에 물이 흘러내리고 곰팡이가 생긴 것을 확인할 수 있었다. 육안으로 바나나와 복숭아의 상태를 확인하여 신선도 비교 실험을 수행한 결과 O<sub>2</sub> 싱싱 필름 지퍼백에 보관한 바나나와 복숭아가 다른 포장 방법에 비해서 거의 두 배 정도 보관기간이 길어짐을 확인할 수 있었다.

## 2. UV 레이저 필름 가공 시스템 및 가공 기술 개발



그림 18. UV 나노초 레이저 기반의 산업용 숨쉬는 필름 가공 시스템

산업용 숨쉬는 필름 가공을 위하여 (주)대룡포장산업에서는 광주과학기술원 고등광기술연구소와 (주)에스엠텍과 공동으로 그림 18의 UV 나노초 레이저 가공시스템을 개발하였다. 펄스 에너지와 펄스 개수를 조절하여 다양한 공기 투과도를 가지는 숨쉬는 필름 제조가 가능하다. 또한, 초당 1 m 이상의 가공속도를 이용하여 양산이 가능한 산업용 숨쉬는 필름 레이저 가공 시스템이다. 그림 18의 레이저 가공시스템에서 사용되는 레이저는 고효율 Q-switched Diode-pumped UV 레이저이다. 이것은 10W의 고효율을 내며 355nm의 파장, 33nm의 펄스폭, 그리고 1mJ의 펄스 에너지를 갖는다. 표 3은 Q-switched Diode-pumped UV 레이저의 상세사양으로 기존에 사용되는 펨토초 레이저를 대신하여 산업용의 목적으로 충분히 사용가능하다.

모델명	Q301-HD-1000R
Wavelength	355nm
Pulse width (ns)	33±10
Average Power (W)	10
Repetition rate (kHz)	10
Beam mode	TEM <sub>00</sub>

표 3. UV 나노초 레이저 상세사양

위의 장비를 사용하여 UV 레이저로 필름을 가공하고 펨토초 레이저로 가공한 필름의 특성을 비교하는 실험을 하였다. 필름은 30 $\mu$ m 두께의 폴리프로필렌(PP) 필름을 사용하였고, 펄스 수는 10개로 고정하고 펄스 에너지를 변화시켜 가공하여 가공형상을 현미경으로 관찰하였다.

그림 19는 펨토초 레이저를 사용하여 가공한 미세 홈의 크기는 펄스 에너지에 따라 그래프로 나타낸 것으로 가공에 사용한 펄스 에너지가 27  $\mu$ J 일 때, 17  $\mu$ m 이며, 펄스 에너지가 91  $\mu$ J 일 때, 24  $\mu$ m 이었으며, 펄스 에너지가 160  $\mu$ J 일 경우에는 미세 홈의 크기가 31  $\mu$ m의 크기를 가짐을 확인하였다. 3차원 광학계측 시스템 (3D optical measurement system)을 사용하여 가공된 미세 홈의 깊이를 측정하여 그림 20에 그래프로 나타내었다. 펄스 에너지 27 $\mu$ J일 때

미세 홈의 깊이는 약 2.5  $\mu\text{m}$ 이며, 펄스에너지 91 $\mu\text{J}$ 일 때 17  $\mu\text{m}$  그리고 펄스에너지 160 $\mu\text{J}$ 일 때, 20  $\mu\text{m}$ 의 깊이를 가짐을 확인할 수 있었다.

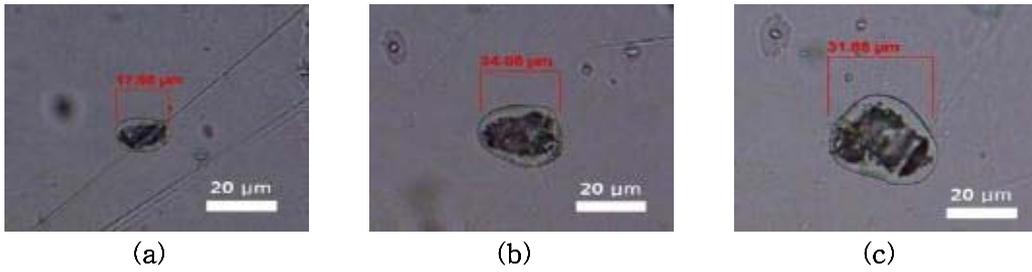


그림 19. 펨토초 레이저를 이용하여 가공된 필름 미세홈 현미경 측정사진.  
미세 홈 가공에 사용된 펄스 에너지 (a) 27 $\mu\text{J}$ , (b) 91 $\mu\text{J}$ , (c) 160 $\mu\text{J}$ .

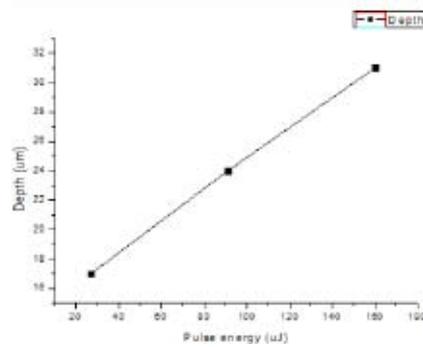


그림 20. 펨토초 레이저의 펄스에너지에 따른 필름 가공깊이의 변화

다음으로는 나노초 레이저를 이용하여 펄스 에너지를 변화시켜 필름의 표면에 가공하였다. 이 결과는 그림 21과 그림 22에서 확인 볼 수 있는데, 펄스 에너지를 변화시킴에 따라 필름 표면에 가공된 미세 홈의 크기가 변화 하였으며 펄스 에너지가 100  $\mu\text{J}$ 에서 30  $\mu\text{m}$ 의 미세 홈 크기를 가졌으며, 300  $\mu\text{J}$ 에서는 42  $\mu\text{m}$ 의 크기, 펄스 에너지가 500  $\mu\text{J}$ 에서는 54  $\mu\text{m}$ 의 미세 홈의 크기를 가졌으며, 펄스 에너지에 따라 점차적으로 커짐을 확인할 수 있었다. 미세 홈의 크기가 다르지만 가공형상은 앞서 실험한 펨토초 레이저의 가공 결과와 매우 유사함을 확인 하였다. 이 결과는 숨쉬는 필름 가공을 위하여 펨토초 레이저를 대신하여 UV 나노초 레이저를 사용 가능함을 보여준다.

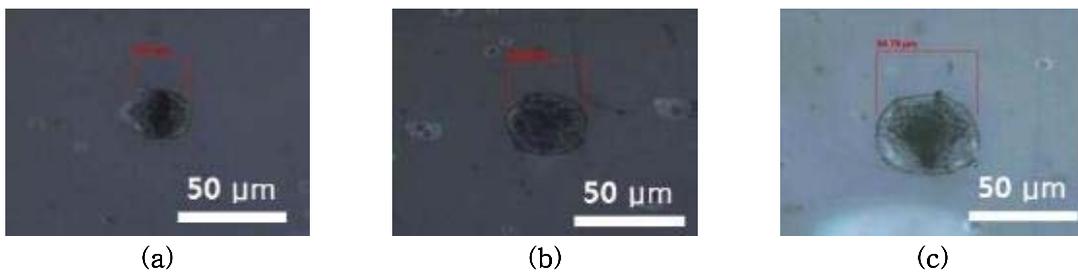


그림 21 . UV나노초 레이저를 이용하여 가공된 필름 미세홈 현미경 측정사진.  
미세 홈 가공에 사용된 펄스 에너지 (a) 100 $\mu\text{J}$ , (b) 300 $\mu\text{J}$ , (c) 500 $\mu\text{J}$ .

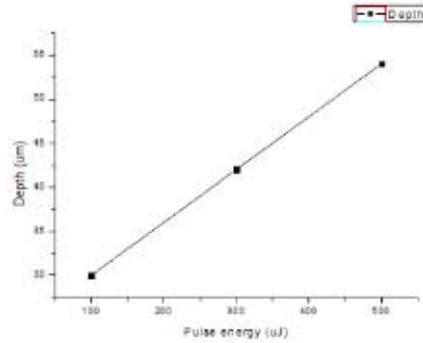


그림 22. UV 나노초 레이저의 펄스에너지에 따른 필름 가공깊이의 변화

### 3. 품목별 맞춤형 대포장 비천공 breathable 필름 개발 가. 품목별 맞춤형 비천공 숨쉬는 필름 개발

품목별 맞춤형 숨쉬는 필름 가공을 위해서는 각 품목별로 적절한 공기투과도를 알아야한다. 적절한 공기투과도는 품목별로 저장성 실험을 통하여 최장기간 저장 가능한 결과를 선택하여 결정하였다. 아래 표는 강원대에서 실험한 결과를 바탕으로 각 품목별 구한 적절한 공기투과도이다.

품목	적정 공기투과도 (cc/m <sup>2</sup> ·day)
청경채	5,000
치커리	7,000
갯순	10,000
취나물	10,000
홍고추	20,000
숙음배추	40,000

표 4. 품목별 적정 공기투과도

위의 품목별 포장지는 UV 나노초 레이저로 OPP필름에 미세 흠을 가공하였고, 파워와 펄스 수는 고정하고 단위 면적당 흠의 개수를 조절하여 공기투과도를 조절하였다. 파워는 10W, 펄스의 수는 6개로 고정하고 미세 흠의 간격과 단위면적당 흠의 개수를 변화시켜 품목에 맞는 공기투과도의 필름이 되도록 가공하였다.

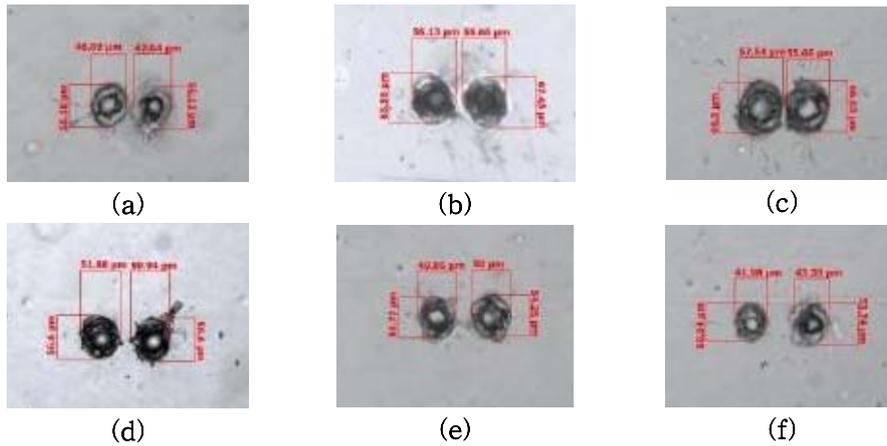


그림 23. 품목별 숨쉬는 필름 가공 결과,  
(a) 청경채, (b) 치커리, (c) 깻순, (d) 취나물, (e) 홍고추, (f) 슈음배우

가공된 결과는 그림 23에서 확인할 수 있다. (a)~(d)의 품목은 두 개의 홈 사이의 간격이 0.06mm이고, (e)는 0.07mm, (f)는 0.08mm로 다르지만, 파워와 펄스를 고정하였기 때문에 가공된 형상과 크기가 거의 비슷함을 알 수 있다. 그리고 가공된 각 필름의 원하는 목표의 공기투과도를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

위의 결과를 바탕으로 미세 홈의 단위면적당 개수를 조절하는 것으로 대포장 필름의 사업화가 충분히 가능하다는 것을 확인하였다.

#### 나. 기능성 숨쉬는 필름 가공

레이저를 이용하여 다양한 기능성 필름 가공이 가능한데, 전자렌지에 사용하여 음식을 쉽게 조리가능한 필름을 개발하여 실험을 통하여 그 가능성을 확인하였다. 레이저는 앞에서 소개한 355nm 파장의 Q301-HD-1000R을 사용하였고 52, 42 μm의 두께의 PET+CPP 필름의 표면에 미세 홈을 가공하였다. 초점거리는 150 mm를 가지는 F-theta 렌즈를 사용하고, 파워는 10W, 펄스는 30개로 고정하고 미세 홈의 개수를 그룹당 4개, 5개, 6개로 늘려가며 공기투과도 10, 12, 15만 CC의 필름을 제작하였다.

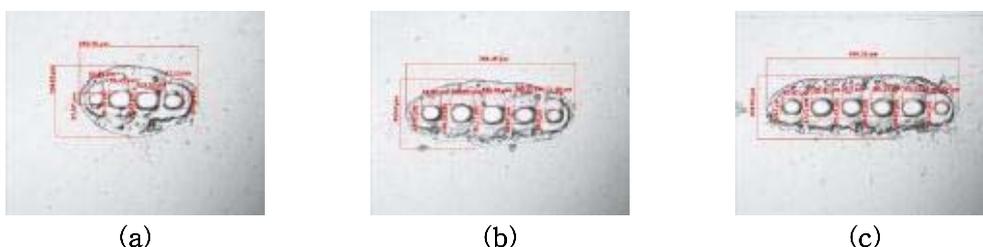


그림 24. 공기투과도에 따른 필름 표면의 미세 홈 현미경 측정결과  
(a) 10만cc, (b) 12만cc, (c) 15만cc.

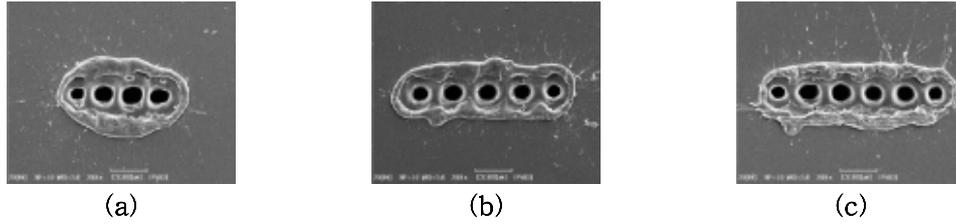


그림 25. 공기투과도에 따른 필름 표면의 미세 홈 현미경 측정결과  
(a) 10만cc, (b) 12만cc, (c) 15만cc.

그림 24, 25에서 볼 수 있는 것처럼, 각각의 미세 홈의 크기는 최소 71  $\mu\text{m}$ 에서 최대 110  $\mu\text{m}$ 로 조금 다르지만, 거의 일정한 주기를 보이며 미세 홈이 가공 되는 것으로 보아 홈의 크기보다 미세 홈의 개수로 달라짐을 알 수 있다.

위의 가공 결과를 바탕으로 전자렌지용 숨쉬는 필름을 포장지로 제작하였으며, 12만 cc의 공기 투과도를 가지는 숨쉬는 필름 포장지에 고구마를 넣어 밀봉한 다음 전자렌지로 익히는 실험을 진행 하였다. 그림 26과 같이 전자렌지에 의해 고구마가 익어가면서 발생하는 증기에 의해 포장지가 부풀어 오르지만 터지지 않았으며, 포장지 바깥 표면으로 공기만 빠져나왔을 뿐 수분은 빠져 나오지 않았다. 또한, 조리가 끝나게 되면 포장지를 부풀어 오르게 했던 공기도 빠져나가 부피가 줄어들었다. 전자렌지를 이용하여 고구마를 약 3분 30초 정도 조리하였으며, 전자렌지 조리의 특성인 수분이 많이 증발하는 현상이 있지만, 전자렌지용 숨쉬는 필름에 의해 증발하지 않고 포장지 내부에 남아 있어 다시 수분을 공급해주는 효과를 주었다.



그림 26. 전자렌지를 이용한 고구마 조리 실험

#### 다. 냉장용/냉동용 숨쉬는 필름 가공

레이저를 사용하여 만든 PET+CPP 재질의 숨쉬는 필름의 경우에는 일반 보관용으로만이 아닌 냉장용으로도 충분히 사용가능하다. 그러나 이 재질의 필름은 냉동시 필름이 미세하게 갈라지는 현상으로 인해 냉동 포장에 부적합하다. 그래서 PET+CPP보다 내한성을 가지고 있는 필름을 사용하여야 냉동용 숨쉬는 필름 제작이 가능하다. 이를 위해서 나일론 소재의 NY+LLD 합지 필름을 사용하였는데, 이는 높은 기계적 강도와 유연성, 내열성과 내한성이 뛰어나 수산 가공식품, 육가공식품, 냉동식품 등 다양한 분야에 사용가능한 필름이기 때문이다.

냉동용 숨쉬는 필름은 두께 52  $\mu\text{m}$ 의 NY+LLD 필름 표면에 355 nm 파장의 Q301-HD-1000R 레이저로 미세 홈을 가공하였다. 초점거리는 150 mm를 가지는 F-theta 렌즈를 사용하고, 파워는 10 W, 펄스는 30개로 고정하였다. 미세 홈의 개수를 그룹당 6개로 가공하여 동일한 조건에서 가공한 PET+CPP 필름의 결과와 비교하였다. 그 후에 투과도 15만cc를 갖

는 NY+LLD 숨쉬는 필름을 제작하였다.

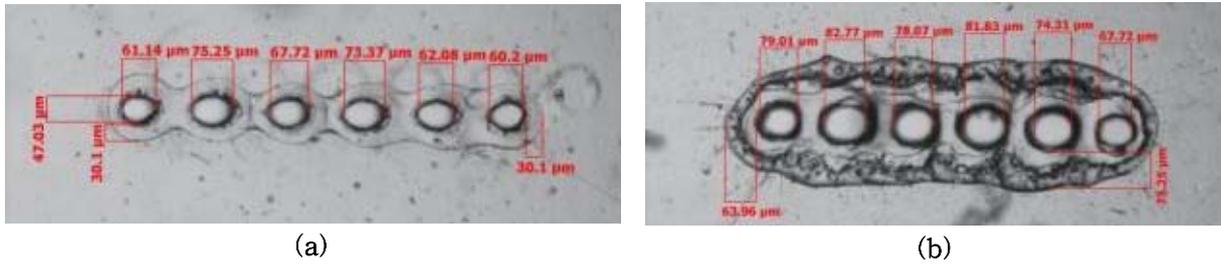


그림 27. 합지 필름 종류에 따른 가공 결과 비교  
(a) 냉동용 NY+LLD, (b) 냉장용 PET+CPP

가공결과를 보면 내열성과 내한성이 있는 NY+LLD 필름이 PET+CPP 필름과 비교하였을 때, 열영향이 더 적음을 확인할 수 있다. 그래서 가공된 미세 흠의 크기도 약 10 ~ 20  $\mu\text{m}$  정도 작은 것을 관찰할 수 있고, 미세 흠 주위의 열영향을 받은 부분 역시 가로는 약 75  $\mu\text{m}$ 에서 30  $\mu\text{m}$ 로, 세로는 63  $\mu\text{m}$ 에서 30  $\mu\text{m}$ 로 약 절반가량으로 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이를 토대로 동일한 조건에서 가공한 NY+LLD 숨쉬는 필름이 PET+CPP 숨쉬는 필름보다 공기투과도가 적음을 알 수 있다. 그러므로 원하는 공기투과도의 NY+LLD 숨쉬는 필름을 만들기 위해서는 PET+CPP 숨쉬는 필름보다 미세 흠을 더 주거나 흠 그룹간 간격을 줄이는 등의 가공 조건 변화가 필요하다.

이러한 조건에서 15만cc의 냉동용 숨쉬는 필름을 NY+LLD 재질의 필름을 사용하여 제작하였다. 파워는 10 W, 펄스는 30개의 조건 하에서 미세 흠 개수 6개인 흠그룹과 8개인 흠그룹을 혼합하여 가공하였다. 그 결과로 원하는 15만cc의 냉동용 숨쉬는 필름을 가공하였고, 다양한 공기투과도의 냉동용 숨쉬는 필름 제작의 가능성을 확인하였다.

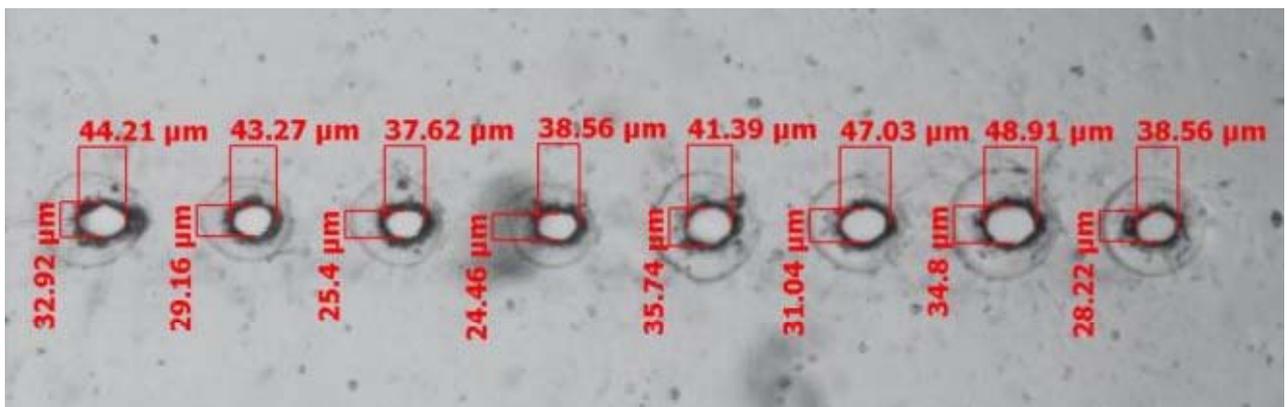


그림 28. 15만cc의 NY+LLD 냉동용 숨쉬는 필름 가공결과

1. 다중 펄스 가공기술을 이용한 고속 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

숨쉬는 필름의 공기투과도 조절을 위한 미세 홈 가공을 위해서 단일 펄스보다는 다중 펄스 가공이 유리하다[23 page 참조]. 다중 펄스를 위한 가공에 대해서 연구가 되어왔지만, 빔추적방식인 레이저 스캐너 가공방식에 국한되어 있었다. 보다 빠른 고속가공으로 개발하기 위하여 회절광학소자를 사용하여 다중 펄스 가공 실험을 하여 그 가능성을 확인하였다.

실험에서는 30  $\mu\text{m}$  두께의 폴리프로필렌 필름 위에 한 묶음의 펄스를 여러 번 조사하는 레이저 멀티 펄스 가공과 회절광학소자를 이용한 멀티 미세 홈을 가공하여 미세 홈 크기 정밀 조절과 함께 고속 가공에 대한 가능성을 확인하였다. 실험을 위해서 사용된 레이저는 COHERENT사의 UV 나노초 레이저(모델명: AVIA 266-3)을 사용하였으며, 266 nm의 파장, 30 kHz의 펄스 반복률과 최대 3 W의 출력을 갖는다. 또한 한 번에 다중 패터닝을 하기 위해 사용된 회절광학소자는 Holoor 사의 1x3 DOE로 빔이 3개로 분기되는 소자이다.

표 5. UV 레이저 사양

Model	AVIA 266-3
Wavelength	266 nm
Pulse repetition rate	30 kHz
Maximum Power	3 W
Beam mode	TEM <sub>00</sub>

표 6. 회절 빔분기 소자 사양

Model	TS-008-W-Y-A
Operating Wavelength	266 nm
Number of Spot	3
Separation angle	0.32°

실험 구성은 그림 29과 같고, UV레이저 광원에서 나오는 빔이 미러를 거쳐 회절광학소자에 도달하여 빔이 3개로 분기되고, 그 빔은 초점거리 57.2 mm의 단 렌즈를 지나 필름 표면에 맺히게 된다. 실험은 그림 30과 같은 개념으로 진행되었다. UV레이저 광원의 버스트모드(Burst mode)를 사용하였다. 이 기능은 레이저의 펄스를 1~255개 사이로 일정 개수의 펄스를 레이저 광원 밖으로 내보내는 기능으로 이를 사용하여 싱글, 멀티 펄스 가공이 가능하다.

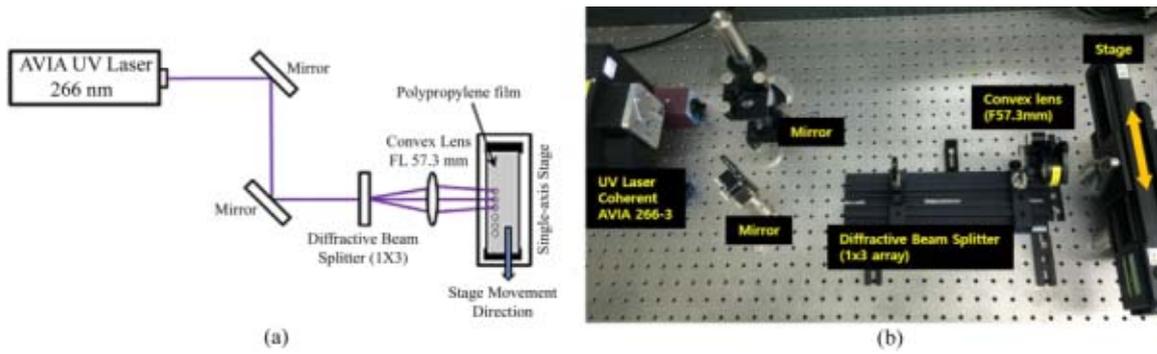


그림 29. 다중 펄스 중첩 가공을 위한 실험 구성, (a) 개념도, (b) 실제 실험 구성

실험은 1.26 W의 동일 레이저 출력 조건에서 진행되었고, 그림21처럼, 한 묶음이 1~5 개 되는 펄스를 각각 필름 위에 조사시키고, 그 위에 같은 수의 펄스를 2번 더 조사한 후 스테이지를 움직여서 연속적으로 가공되도록 하였다(멀티 펄스 중첩 가공). 그리고 정밀 가공 특성을 비교하기 위해 중첩된 수(3, 6, 9, 12, 15개)와 동일한 개수의 펄스를 한 번에 필름에 조사하여(멀티 펄스 원샷 가공) 결과를 비교하였다.

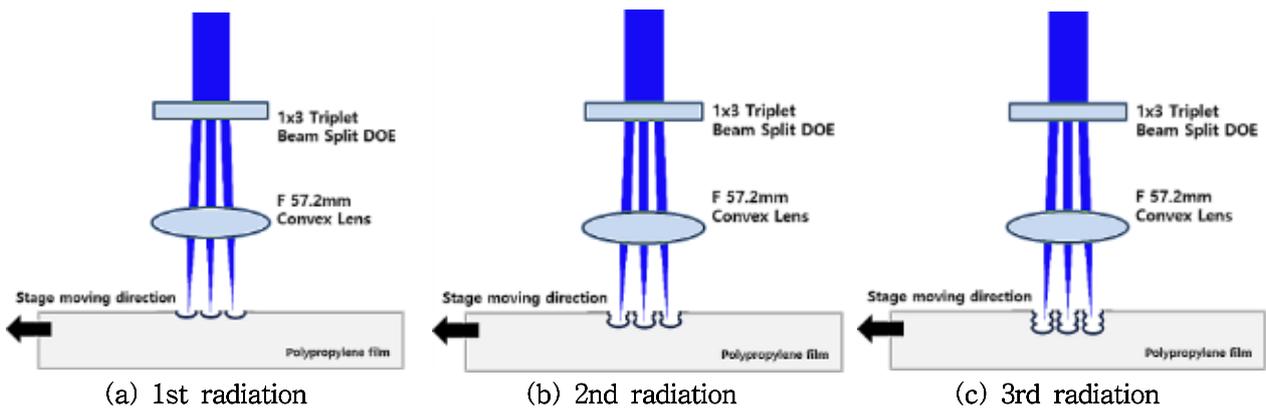


그림 30. 1x3 회절 빔분기 소자를 사용한 멀티 펄스 중첩 가공 개념도

위에서 구성한 실험 장치에서 멀티 펄스 중첩 실험한 결과는 그림 31와 같은 미세 홈이 필름 위에 어레이로 가공된 숨쉬는 필름으로 확인할 수 있다. 미세 홈 간의 거리는 약 318  $\mu\text{m}$ 로 이 거리는 회절광학소자와 그 뒤의 초점을 맺게 하는 단렌즈의 거리를 조정하면 조정가능하다.

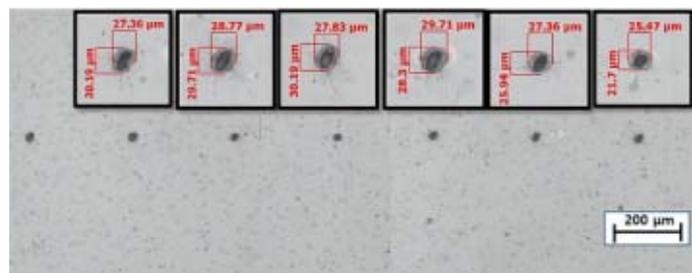


그림 31. 연속적으로 5개 펄스 중첩 가공한 결과의 현미경 사진

그림 31의 5개 펄스를 중첩 시켜 가공한 결과에서 볼 수 있듯이 동일 개수의 펄스 중첩 가공일 경우 미세 홈의 크기는  $\pm 3 \mu\text{m}$  정도의 오차 범위로 가공 가능하다. 이는 스테이지에 샘플 고정상태, 스테이지 이동 오차, 필름 고정시킨 장력의 정도에 따라 달라지나, 펄스 수에 따라서 비례되어 크기가 커지는 경향을 확인할 수 있었다. 그림 32과 그림 33에서 가공하는 펄스 수에 따른 미세 홈의 크기와 깊이를 정리하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 멀티 펄스를 여러 번 중첩 시킨 경우가 같은 수의 펄스를 한 번에 조사시켜 가공한 결과보다 가공된 폭과 깊이가 작음을 알 수 있다. 그 중에서도 공기 투과도와 더 연관이 있는 깊이 방향의 가공을 살펴보면, 필름이 뚫어지지 않고, 깊이 증가 폭이 멀티 펄스 가공보다 작다는 것을 볼 수 있다.

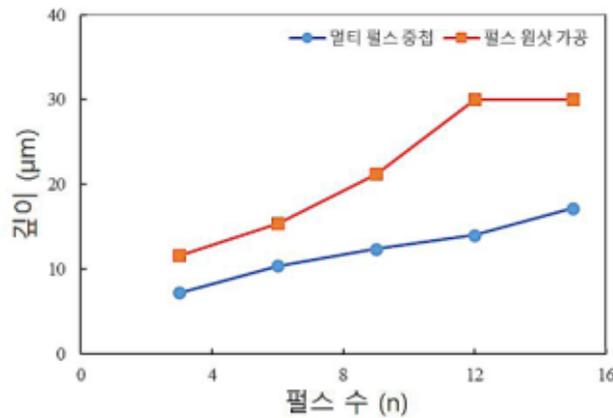


그림 32. 멀티 펄스 중첩 가공한 결과와 펄스 원샷 가공한 미세 홈의 깊이 비교 그래프

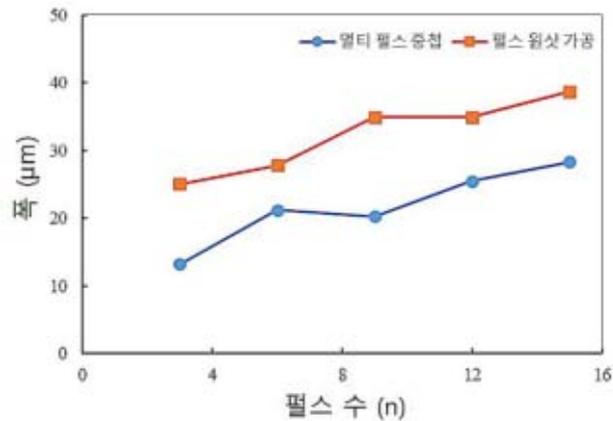


그림 33. 멀티 펄스 중첩 가공한 결과와 펄스 원샷 가공한 미세 홈의 폭 비교 그래프.

이는 펄스를 한 번에 순간적으로 모아서 조사하는 경우(펄스 원샷 가공) 펄스의 수는 같지만 그것을 나누어서 여러 번 중첩시키는 경우(멀티 펄스 중첩 가공)보다 순간적으로 많은 에너지를 받게 되므로 레이저의 열 영향 또한 보다 더 많아지기 때문이다. 이러한 가공 특성을 잘 활용한다면 보다 정밀한 가공 방법에 대해 활용 가능할 것이다. 그리고 회절광학소자를 사용하기 때문에, 그림 21과 그림 22와 같이 한 번에 여러 개의 패턴 가공이 용이하다. 실험에서는 빔이 3개로 분기되는 소자를 사용하였으나, 보다 많은 빔으로 분기되는 회절 광학 소자를 사용하면 동일한 시간에 더 많은 가공이 이루어 질 수 있을 것이며, 사용자가 원하는 공기 투과도를 얻기 위해 가공하는 시간이 빔 추적 방식 보다 더 적게 걸릴 것이라 생각된다.

이번 실험에서는 회절광학소자와 멀티 펄스 중첩 가공 기술을 사용하여, 보다 정밀하고 빠른 가공 속도의 가공 방법에 대해서 실험하였다. 일정 수의 펄스를 한 번에 조사시키는 멀티 펄스 원샷 가공과 그와 동일한 수의 펄스를 여러 번 나누어 가공하는 멀티 펄스 중첩 가공 실험을 하였고, 멀티 펄스 중첩 가공이 보다 정밀하게 미세 홈의 깊이 조절이 가능하였다. 그리고 회절 광학 소자를 함께 사용하여 한 번에 여러 패턴을 동시에 가공하여 고속 가공의 가능성 또한 확인하였다. 이 결과를 통하여 보다 많은 빔으로 분리되는 회절광학소자와 멀티 펄스 중첩 가공을 접목한다면, 단순하면서 고속 정밀 가공 가능한 숨쉬는 필름 가공 시스템을 산업에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 레이저 분기를 이용한 대면적 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

기존의 숨쉬는 필름 제작 방식은 레이저 스캐너를 사용한 단일 펄스 가공 방식을 이용하여 breathable 필름을 가공하는데, 이 경우 레이저 출력을 높이더라도 필름에 가공하는 깊이에 한계가 있어 다양한 공기 투과도 조절을 위해서는 많은 미세 홈을 가공하여야 하는 단점이 있다. 그렇기 때문에 높은 공기투과도를 요구하는 필름을 제작하기 위해서는 많은 미세 홈을 가공하여야 하는데, 이 경우 가공시간이 오래 걸리며, 시스템이 복잡해지는 문제가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 미세 홈의 개수를 줄이면서 깊이를 증가하는 방법에 대해서 고찰하였다. 이를 위하여 [가]에서 연구한 회절광학소자와 중첩가공기술을 활용하여 빔 추적방식인 스캐너 가공방식보다 효율적이며 정밀한 가공방법에 대해서 연구 개발하였다.

실험은 [가]의 실험 셋업을 사용하였고, 그림 34와 같이 필름 위에 단일 펄스 조사 후에 미세 홈의 간격만큼 스테이지를 움직이고, 다시 단일 펄스를 조사하고 동일한 간격만큼 스테이지를 움직이는 과정을 반복하여 연속적으로 가공하였다. 중첩된 수는 사용된 1x3 DOE의 최대 분기 가능한 빔의 수 3개와 같다. (여러 종류의 DOE를 사용하여 응용이 가능하다.)

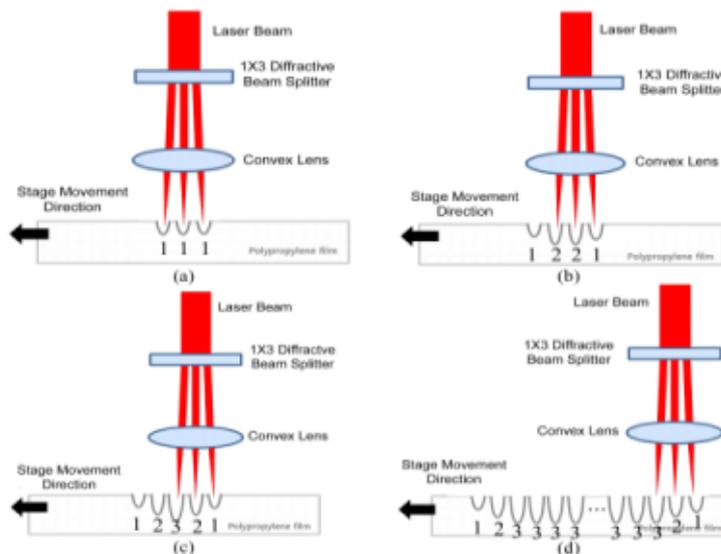


그림 34. 회절 빔 분기 가공기술을 이용한 OPP필름 위 미세 홈 가공기술, (a) 첫 번째 레이저 단일 펄스 조사; (b) 스테이지 이동 후 두 번째 단일 펄스 조사 (c) 스테이지 이동 후 세 번째 단일 펄스 조사; (d) 이와 같은 주기로 연속적으로 단일 펄스 조사하여 미세 홈 가공

실험에서는 단일 펄스를 사용하였고, 펄스에너지를 18.7  $\mu\text{J}$ , 30  $\mu\text{J}$ , 40.3  $\mu\text{J}$ , 54  $\mu\text{J}$ 로 변화시켜서 가공되는 폭과 깊이, 그리고 공기 투과도를 비교하였다. 그림 35는 54  $\mu\text{J}$ 로 연속 가공하였을 때 결과로 개념도와 같이 연속적으로 가공되었음을 확인할 수 있다. 그림 36에서는 펄스 에너지를 변화시켰을 때 3번 중첩된 미세 홈의 가공되는 폭과 형상을 현미경과 SEM으로 측정 한 것이다. 그림 37는 가공된 미세 홈에 대해 깊이와 폭을 그래프로 정리한 것이다. 결과에서 보는 것처럼 한 번에 많은 양이 가공되어 공기투과도 조절이 힘든 것이 아닌, 10  $\mu\text{J}$ 마다 약 3~4  $\mu\text{m}$ 씩 깊어져 정밀한 공기투과도 조절의 가능성을 생각할 수 있다.

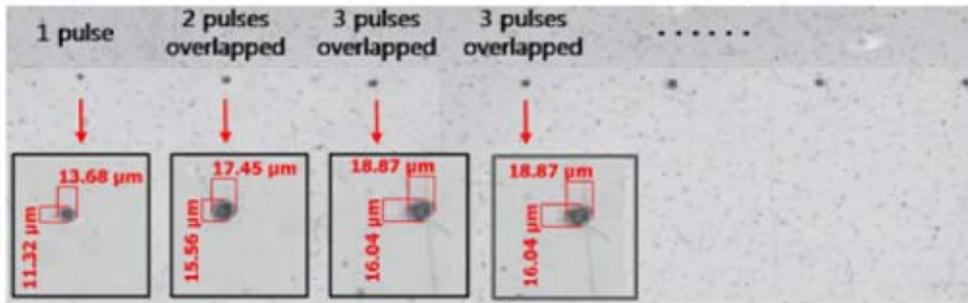


그림 35. 1x3 회절 빔분기 소자를 사용하여 54  $\mu\text{J}$ 의 단일 펄스를 OPP 필름 위에 연속적으로 중첩 가공한 결과

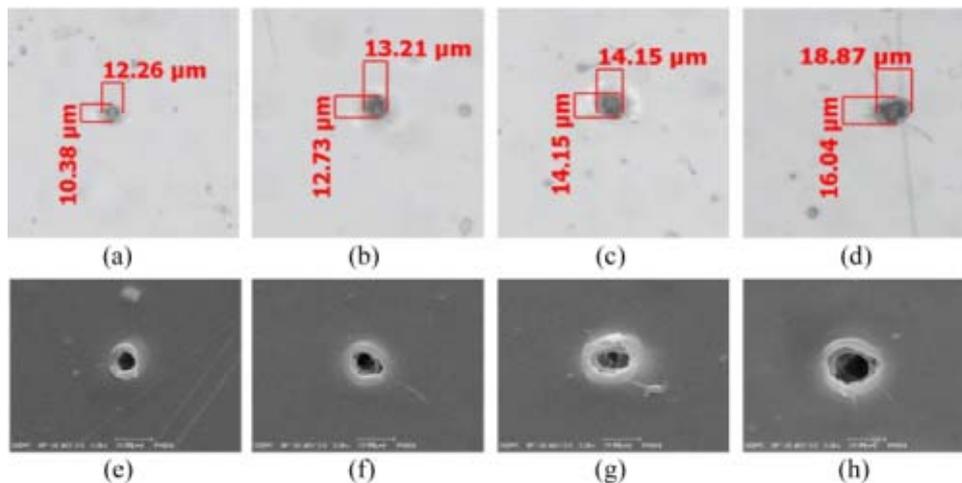


그림 36. 단일 펄스를 다양한 펄스에너지로 OPP 필름 위에 연속 중첩 가공된 결과. (a-d) 가공 미세 홈의 현미경 사진: (a)  $E = 18.7 \mu\text{J}$ , (b)  $E = 30 \mu\text{J}$ , (c)  $E = 40.3 \mu\text{J}$ , (d)  $E = 54 \mu\text{J}$ ; (e-h) 가공된 미세 홈의 SEM 사진: (e)  $E = 18.7 \mu\text{J}$ , (f)  $E = 30 \mu\text{J}$ , (g)  $E = 40.3 \mu\text{J}$ , (h)  $E = 54 \mu\text{J}$ .

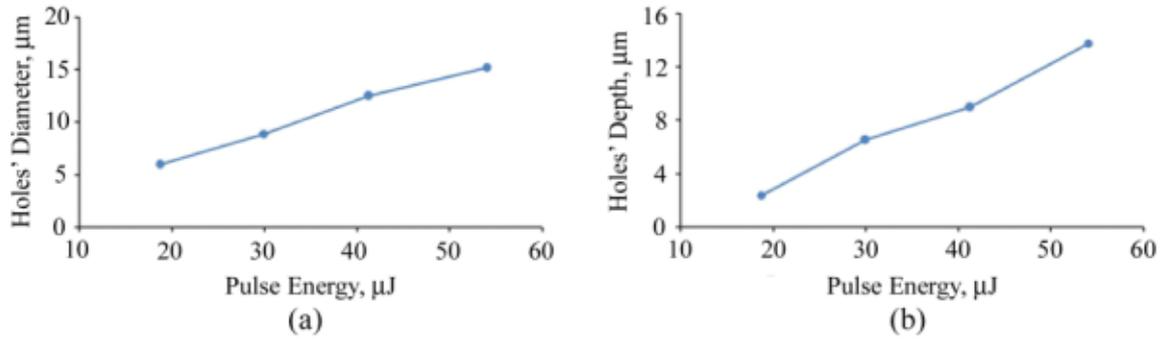


그림 37. 1x3 회절 빔분기 소자를 통하여 OPP 필름 위에 3번 중첩 가공된 미세 홈의 직경과 깊이, (a) 3번 단일 펄스 중첩 후 미세 홈의 직경 변화 그래프; (b) 3번 단일 펄스 중첩 후 미세 홈의 깊이 변화 그래프.

그림 38는 펄스에너지 변화에 따른 공기투과도를 측정하여 비교한 결과이다. 그림에서 확인할 수 있는 것처럼 펄스 에너지에 따라 미세하게 공기투과도를 조절 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 정밀한 공기투과도 조절을 통하여 다양한 식품에 적용 가능한 숨쉬는 필름을 제작할 수 있을 것이라 생각된다.

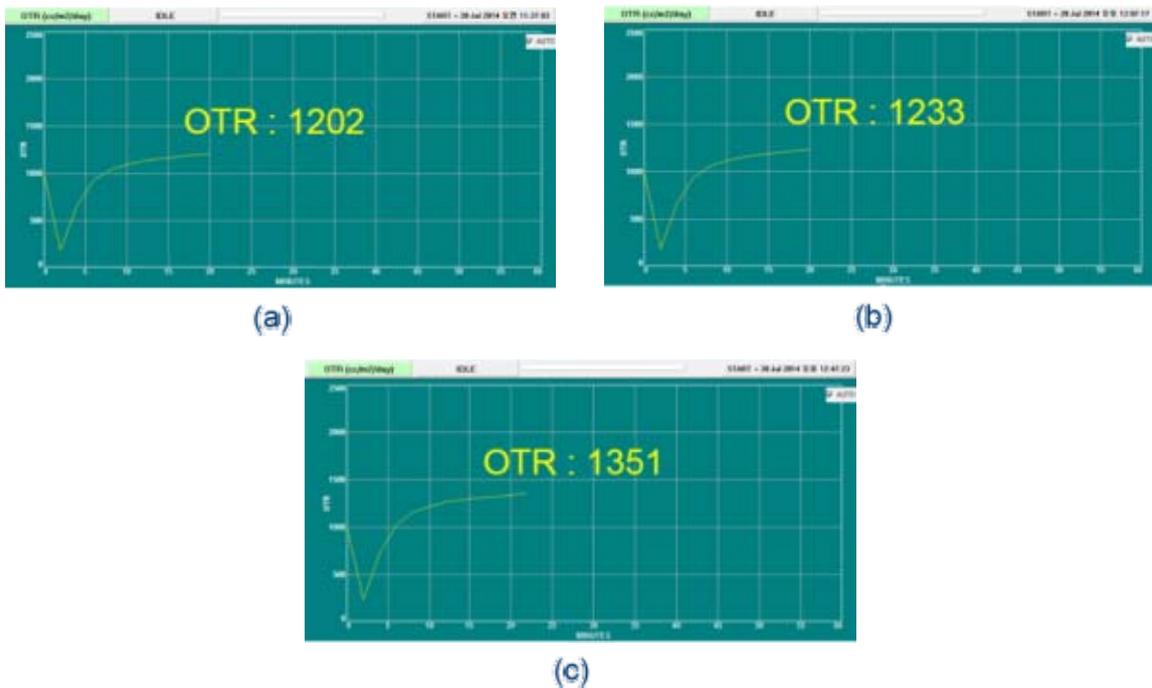


그림 38. 회절 빔분기 소자를 이용한 단일 펄스 중첩 가공으로 제작된 필름의 공기투과도 변화 (a)  $E = 22 \mu\text{J}$ , (b)  $E = 33.3 \mu\text{J}$ , (c)  $E = 50 \mu\text{J}$

### 3. 소재별 필름 가공 속도를 최적화한 비천공 breathable 필름 시작품 개발

숨쉬는 필름은 다양한 과일, 채소류뿐만 아니라 전자레인지용, 냉장/냉동용 등 여러 가지 기능성 포장지로 활용될 수 있다. 포장지는 플라스틱 필름이지만 각 용도에 맞는 필름의 소재가 다르기 때문에 동일한 조건에서 레이저를 이용하여 가공하면 원하는 공기투과도를 조절할 수 없다. 공기투과도를 조절은 미세 홈의 간격과 깊이 그리고 속도 조건을 바꾸면 가능한데, 그 중에서 가공 속도는 가공하는 깊이와 공기투과도를 결정하는 요소이다. 그리고 무엇보다도 숨쉬는 포장지의 생산성을 결정하기 때문에 중요하게 고려해야하는 요소이다.

기본적으로 살펴보면 가공 속도에 따라서 가공되는 깊이와 영향이 다른데, 가공 속도가 빠르면 가공되는 깊이가 줄어들고 레이저의 영향이 작아진다. 그렇기 때문에 빠른 가공 속도는 얇은 플라스틱 필름에 적합하고, 상대적으로 느린 가공 속도는 두꺼운 합지 플라스틱 필름 가공에 유리하다. 또한 레이저 출력과 함께 조절할 때는 작은 출력에는 느린 가공속도를, 높은 출력에는 빠른 가공속도를 적용하여야 다양한 용도에 따른 최적화된 숨쉬는 필름을 가공할 수 있다. 같은 재질의 OPP 소재의 필름이 각기 다른 공기투과도를 갖게 하도록 미세 홈의 간격을 같게 하고 속도를 조절하여 공기투과도를 비교하여보았다. 표. 7-1에서 볼 수 있는 것처럼 45m/min의 낮은 속도에서 만들어진 필름의 공기투과도가 80~120 m/min의 속도의 결과보다 높음을 확인할 수 있다.

가공속도	45 m/min	80 m/min	120 m/min
공기투과도 측정결과 (cc/m <sup>2</sup> ·day)	148,000	95,000	97,000

표 7-1. 가공 속도별로 제작된 OPP 필름 포장지의 공기투과도 비교

이와 같은 실험을 바탕으로 그림 18의 필름 가공을 위해 UV 레이저 시스템을 이용하여 20 ~ 120 m/min 사이의 속도로 조절 하였으며, 필름 소재를 바꿔가며 필름 시작품별로 원하는 공기투과도를 맞추도록 적당한 가공 속도를 구하였으며, 표 7에서 필름 시작품 소재별 최적 가공 속도에 대해 보여 주고 있다. 또한 적절한 속도로 가공한 결과를 그림 39에서 확인할 수 있다.

필름 소재	두께	가공 속도 (m/min)
OPP	30 μm	80 ~ 120
IPP	45 μm	30 ~ 40
LLDPE	43 μm	40
NY+CPP	75 μm	20 ~ 40
PET+CPP	42 μm	30
PET+LDPE	62 μm	30 ~ 40
A1+PE+LLD	66 μm	30 ~ 40

표 7-2. 필름 시작품 소재별 최적 가공 속도 조건

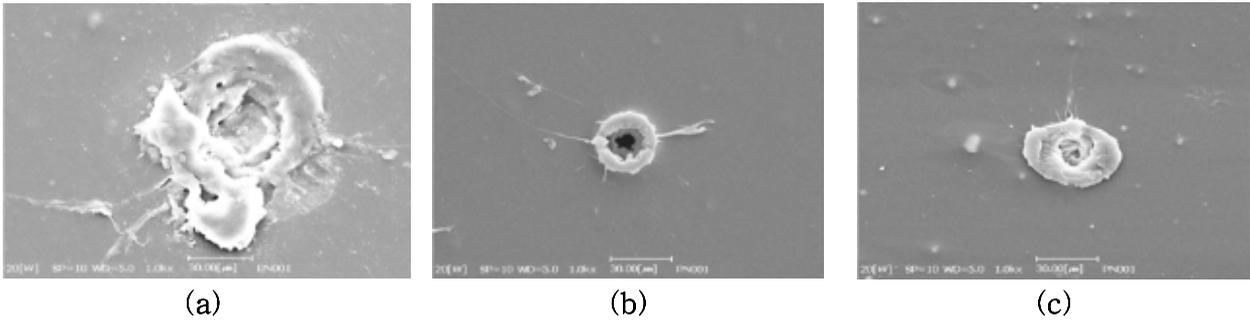


그림 39. 최적 속도로 가공한 결과, (a) 30m/min Al+PE+LLD 필름, (b) 30m/min PET+CPP 필름, (c) 120m/min PP 필름

## 제 2절 원예작물 소포장 MAP 기술 확립

- 1차년도: 2011-2012

1. 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA조건 구명
  - 채소류 4개 품목에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시
  - 과일류 2개(계획 1개) 품목에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시

가. 데이터 로그를 이용한 국내 농산물 유통 현황 조사

- (1) 쪽파 : 산지 APC에서 포장 후 저온으로 관리되고 있었으며, 대형 마트로 이송도 냉장차를 이용하여 8도수준으로 유지되었다. 또한 매장에서는 9도 이하으로 관리되고 있었는데, 쪽파의 경우 판매대가 상온인 관계로 매대 이동 후 20도까지 상승하였다. 매장 입고시 다소 문제가 발생하였는데, 조사시기가 10.18일 가을이었던 관계로 입고시 몇시간 동안 상온에 노출되어 상품의 포장내 온도가 순간 12도 수준까지 상승하였다.

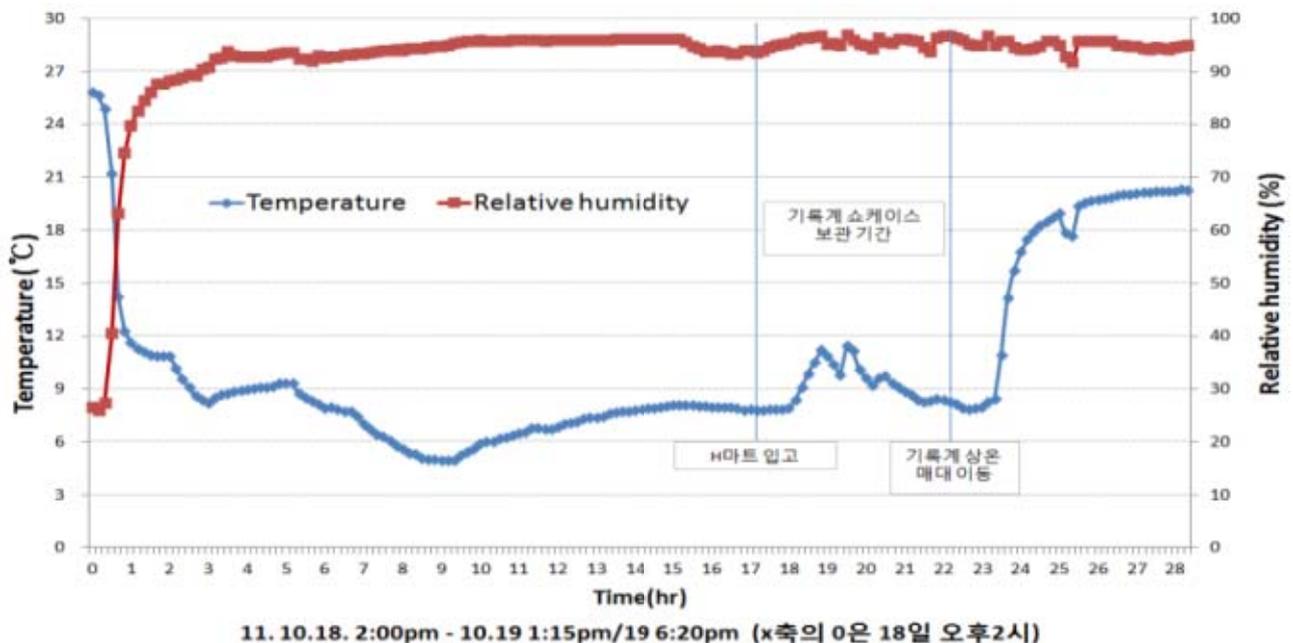
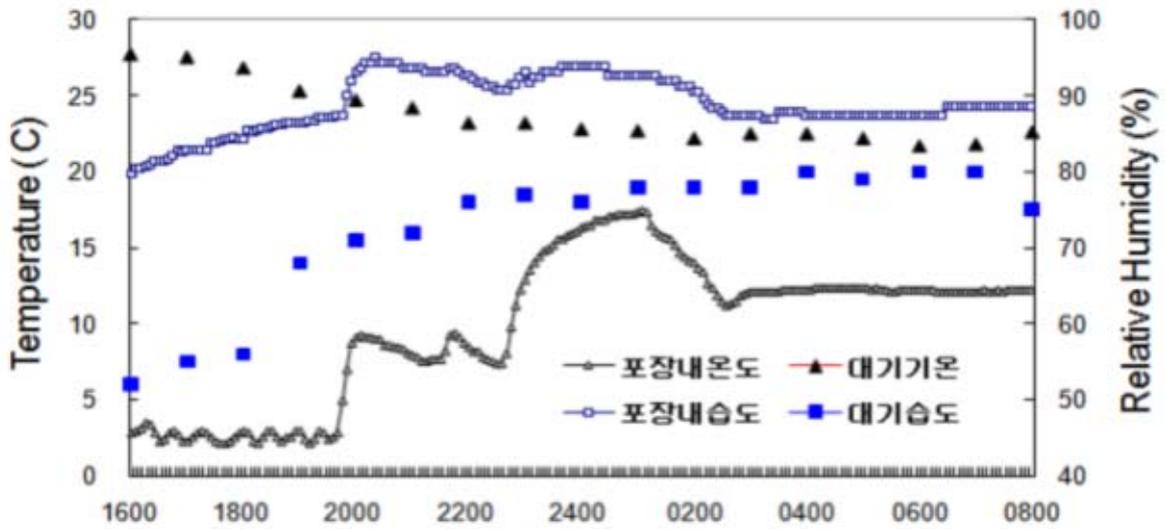


그림 40. 쪽파의 산지 APC에서 대형마트 판매까지 온습도 환경 변화

- (2) 베이비 채소 : 생산지에서 포장 후 저온으로 관리되고 있었으며, 오후 8시에 대형 마트로 이동되는 동안에도 냉장차를 이용하여 10도수준으로 유지되었다. 또한 매장에서는 11~12도 수준으로 관리되고 있었으며, 매대 역시 저온으로 관리되어 품질저하를 줄이고 있었다. 그러나 매장 입고시 문제가 발생하였는데, 조사시기가 초여름으로 야간 기온이 24도 수준이었던 관계로 입고시 몇시간 동안 상온에 노출되어 상품의 포장내 온도가 순간 18도 수준까지 상

승하였다.



시간(2012. 06. 22~23)

그림 41. 베이비 채소 국내 유통중 온도 습도 변화

나. 현장 방문 조사를 통한 국내 농산물 유통 현황

(1) 온도관리: 국내 3곳의 대형마트 매대를 조사한 결과 저온으로 관리되는 쇼케이스의 경우 6도 내외로 관리되고 있었으며, 상온의 경우 23/27도 수준이었다. 그러나 저온매대(쇼케이스)의 경우 9도까지 상승경우가 발생하기도 하였다(표 8).

표 8. 국내 대형유통마트 농산물 매대 환경 조건 비교

	E 마트	L 마트	H 마트
쇼케이스 온도	6.9℃	9시 5.8℃ 14시 3.8℃ 18시 3.1℃	6℃
상온 매대 온도	27±1℃	27±1℃	23±1℃
상온 습도	45%	45%	53%
상온 광도	800±50 Lux	400±50 Lux	800±50 Lux

(2) 포장관리 : 실험 2에 사용한 채소류 6품목, 과수류 2품목, 신선편이 2품목의 국내 포장 유통 현황을 조사한 결과 버섯과 간마늘의 경우 3곳 모두 무공필름을 사용하였으며, 새싹채소는 2곳에서 무공필름을 사용하고 있어, 아직도 완전 MA조건에서 농산물을 관리하고 있지는 않았다. 또한 무공필름을 사용하고 있는 버섯과 간마늘의 경우 온도관리 및 포장재 선택이 적절하지 않아 극도로 높은 에틸렌 농도와 이산화탄소농도를 보이기도 하였다.

표 9. 채소류 6품목, 과수류 2품목, 신선편이 2품목의 국내 포장 유통 현황(대형마트 기준)

		통기구			관리온도	Ethylene (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	필름 재질
		유무	사이즈 (cm)	갯수					
토마토	E마트	○	0.80	8	상온	1.22	20.1	0.3	폴리프로필렌
	L마트	○	0.80	12	상온	0.54	20.2	0.2	폴리프로필렌
	H마트	○	1.00	12	상온	1.06	20.2	0.5	
버섯	E마트	-	-	-	상온	10.74	3.38	17.4	
	L마트	-	-	-	상온	5.03	0.33	25.4	
	H마트	-	-	-	저온/상온	0.19	1.73	24.9	
깎마늘	E마트	-	-	-	저온	41.65	7.52	13.7	
	L마트	-	-	-	저온/상온	32.47	5.98	16.2	
	H마트	-	-	-	저온	116.82	2.83	18.5	
브로콜리	E마트	○	0.80	8	상온	0.97	20.1	0.3	
	L마트	○	0.80	12	저온	10.71	20.2	0.4	
	H마트	○	0.80	12	저온	11.75	20.1	0.4	
적상추	E마트	○	0.01	880	저온	8.45	20.6	0.2	
	L마트	-	-	-	저온	11.48	19.6	0.6	
	H마트	-	-	-	저온	10.47	20.2	0.2	
케일	E마트	○	0.80	8	저온	5.52	20.5	0.3	
	L마트	○	0.80	8	저온	0.54	20.1	0.3	
	H마트	○	1.00	4	저온	8.87	20.1	0.4	
바나나	E마트	○	0.60	120	상온	5.45	20.4	0.4	
	L마트	○	0.80	8	상온	12.03	20.2	0.6	
	H마트	○	1.00	8	상온	7.41	20.2	0.2	
사과	E마트	○	1.00	8	상온	0.60	20.2	0.2	폴리에틸렌
	L마트	○	0.80	8	상온	12.64	20.3	0.2	
	H마트	○	0.80	8	상온	11.84	20.3	0.2	
새싹채소	E마트	-	-	-	저온	13.28	17.6	2.7	폴리에틸렌 테레프탈레이트
	L마트	-	-	-	저온	9.20	17.3	3.1	폴리에틸렌 테레프탈레이트
	H마트	○	0.30	8	저온	8.93	19.6	0.9	폴리프로필렌
베이비 채소	E마트	-	-	-	저온	11.63	3.5	12.3	
	L마트	○	0.70	2	저온	12.83	20.0	0.4	
	H마트	-	-	-	저온	25.84	0.21	16.4	폴리프로필렌



그림 42. 채소류 6품목, 과수류 2품목, 신선편이 2품목의 국내 포장 유통 형태(대형 마트 기준)



그림 43. 채소류 6품목, 과수류 2품목, 신선편이 2품목의 국내 포장재의 형태 (대형마트 기준)

## 2. 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

가. 채소류 4개 품목(토마토, 아워버섯, 마늘, 브로콜리)의 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립실시 1품목(쌈채소)

### (1) 저온 유통 토마토에 적합한 필름 조건 구명

본 연구는 토마토 (cv 'Madison')의 장거리 수출을 위한 MAP에 적합한 습취는 필름을 구명하기 위해 실시하였다. 저장중 생체중 감소는 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc/m<sup>2</sup> · day · atm의 산소투과도를 가지는 습취는 필름 포장 처리구에서 0.6% 이하의 낮은 수준을 보인 반면, 기존에 원예작물 포장용으로 사용되던 천공필름은 1.4%의 감소를 보였다. 5℃ 저장중 포장재내 이산화탄소와 산소 농도는 20,000cc 필름처리에서 토마토 MA저장에 적합한 수준으로 유지되었다. 20℃ 저장에서는 이산화탄소 농도는 크게 증가하였고, 반면 산소농도는 급격히 감소하였는데, 역시 20,000cc 필름 처리에서 가장 변화폭이 적었다. 포장재내 에틸렌 농도변화도 5℃ 저장 후 20℃에서 저장한 21일부터 25일까지 크게 증가하였는데, 습취는 필름처리 중에서는 20,000cc 처리에서 가장 낮았다. 토마토의 상품성은 5℃ 저장 20일까지 모든 처리구에서 유지되었으나, 20℃ 저장 5일째부터 곰팡이가 발생하면서 품질이 급격히 열화되었다. 저장 최종일에 분석한 경도, 비타민 C, 당도는 20,000cc 처리구에서 각각 9.56N, 16.31mg/100 gFW, 그리고 7°Brix로 가장 높게 유지되었다. 이상의 결과로 볼 때, 20,000cc/m<sup>2</sup> · day · atm 산소 투과도를 가진 습취는 필름이 20일 이상의 장거리 수출에서 적합한 MAP용 포장재라고 생각되었다. 토마토의 저장 품질에 대한 기준은 외관상 품질, 경도, 그리고 당도의 정도로 확인 할 수 있는데, 토마토의 기존 저장 일수는 약 20일 정도 가능하나 본 연구로 인해 5일 이상의 저장기간을 늘릴 수 있는 가능성을 제시하였다.

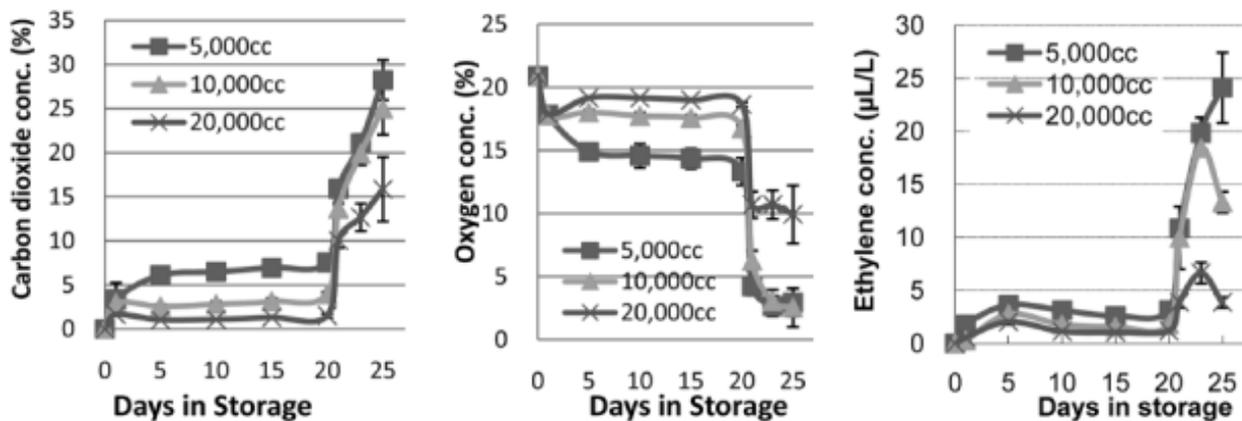


그림 44. '메디슨' 토마토의 저장 중 MAP 내의 가스 조성 변화 (5℃에서 20일 저장 후, 20℃에서 5일간 저장)

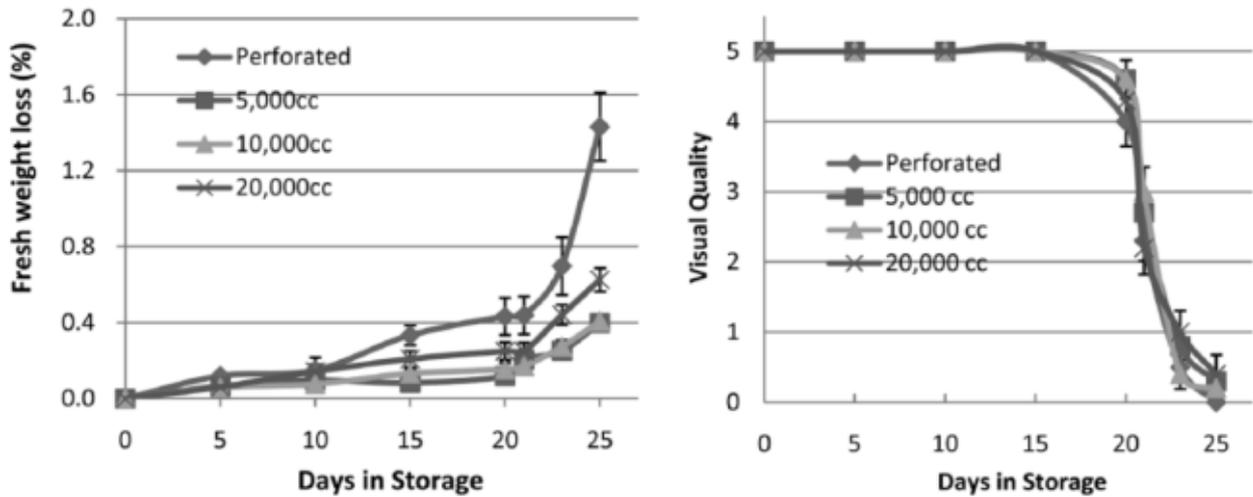


그림 45. '메디슨' 토마토의 저장 중 생체중 감소율과 외관의 변화 (5℃에서 20일 저장 후, 20℃에서 5일간 저장)

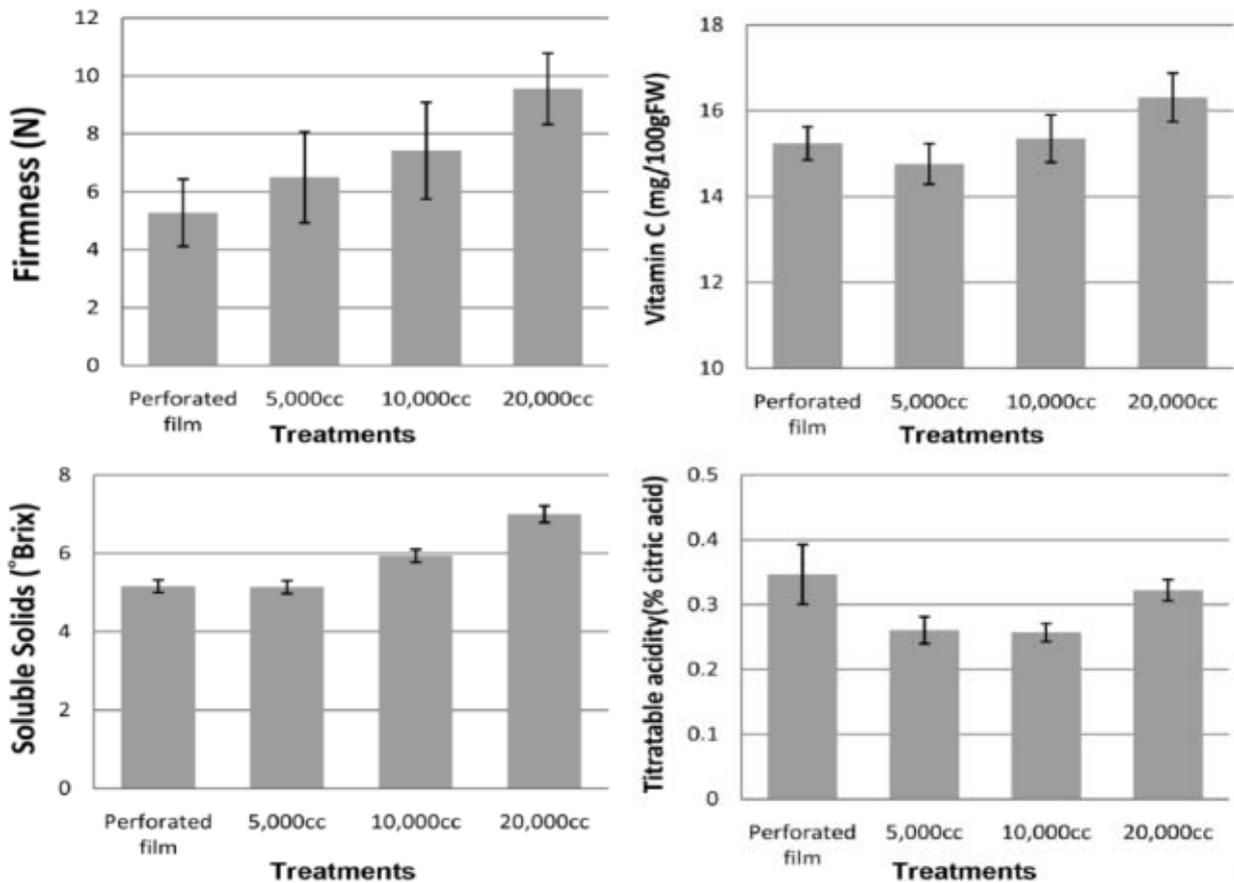


그림 46. '메디슨' 토마토의 저장 종료일의 경도, 당도, 비타민C, 산도 (5℃에서 20일 저장 후, 20℃에서 5일간 저장)

(2) 유통온도별 아워버섯에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

-연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 1℃, 8℃, 상온(25℃)에 저장

1℃: 3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc

8℃: 3,000cc, 7,000cc, 10,000cc, 15,000cc

25℃: 3,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc

\* 공통된 대조구: Cont 실링 O =1,300cc ①, Cont 실링 X= 1,300 ② (철사 묶음 포장)

저장전 버섯의 호흡량, 경도 측정

저장기간중 일정 간격으로 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 및 외관 측정

저장 종료일 이취, 경도 측정

-연구결과

본 실험은 최근 국내에서 개발된 femtosecondlaser를 이용한 비천공 breathable 필름을 가지고 아워버섯의 저장성에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 수행하였다. 저장기간이 가장 길었던 1℃저장온도에서는 1.5% 이하의 생체중 감소율을 나타내, 수분 손실로 인한 상품성 저하는 보이지 않았다. 또한 이산화탄소 농도는 1,300cc에서 15%으로 가장 높았으며, 산소 농도는 4% 내외로 가장 낮았다. 외관품질은 1,300cc에서 가장 높았으며, 저장종료일의 이취는 3,000cc 처리구에서 가장 낮게 평가되었다. 8℃의 이산화탄소 농도는 1,300cc를 제외한 나머지 처리구에서 비슷한 수치를 나타내었고, 산소 농도는 1,300cc를 제외한 나머지 처리구에서 비슷한 저산소(4%이하) 농도를 나타내었다. 8℃ 저장기간 중 3,000cc 처리구에서 높은 외관 점수를 나타내었다. 저장종료시점에서 외관과는 다르게 3,000cc 처리구에서 가장 높은 이취 발생하였다. 25℃ 저장 중 이산화탄소 농도는 1,300cc에서 가장 높은 이산화탄소 농도를 나타내었고, 산소 농도는 40,000cc 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 비슷하게 산소 농도가 낮게 유지되었다. 25℃ 저장 종료일에 외관상품질인 1,300cc에서 가장 좋았고, 40,000cc가 낮았다. 이취의 경우 1,300cc와 40,000cc 처리구에서 가장 심하였으며, 완전밀봉되지 않았던 1,300cc (대조구②)에서 가장 적었다. 이상의 결과로 보아 아워버섯은 1℃에서는 1,300cc (대조구①) 8℃에서는 3,000cc, 상온(25℃) 1,300cc 필름으로 포장 저장하는 바람직하다고 판단된다.

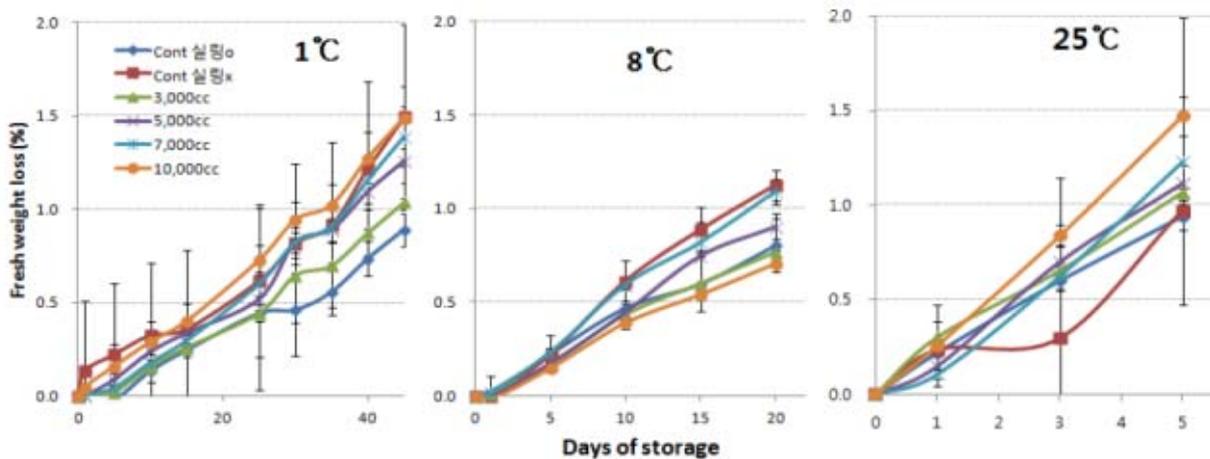


그림 47. 저장 기간 동안 온도별 버섯의 생체중 감소율 변화

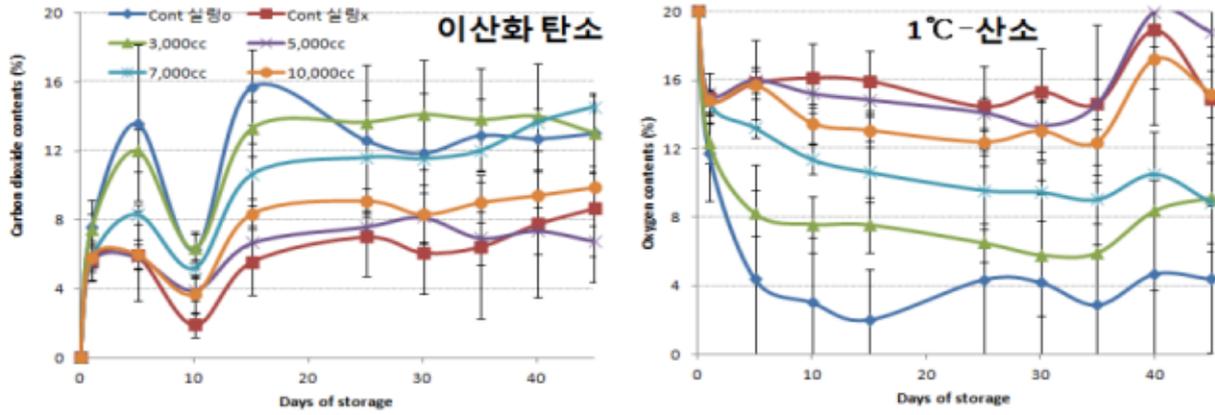


그림 48. 저장 기간중 이산화탄소와 산소의 변화 (1°C)

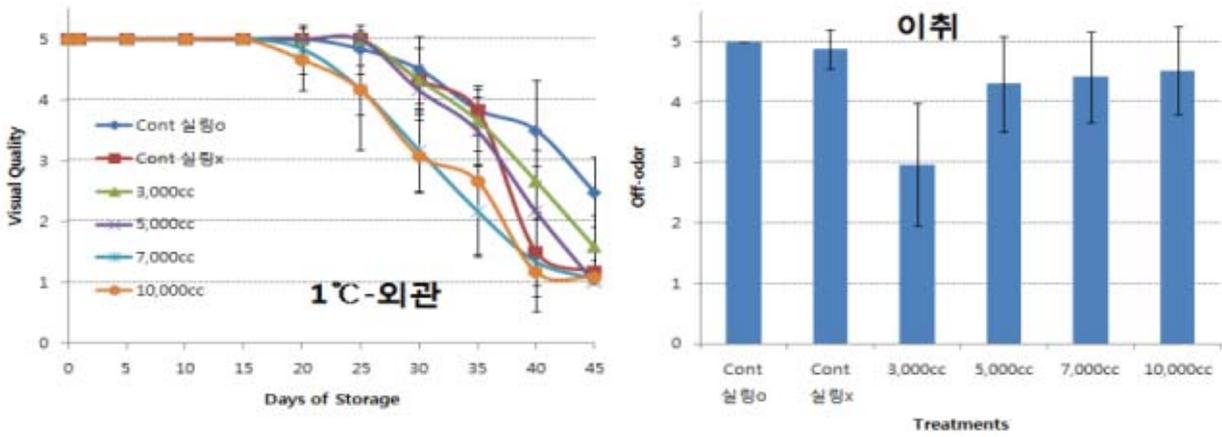


그림 49. 저장 기간중 외관의 변화와 저장 종료일의 이취(8°C)



그림 50. 저장 종료일(45일) 처리별 아귀버섯의 외관(1°C)

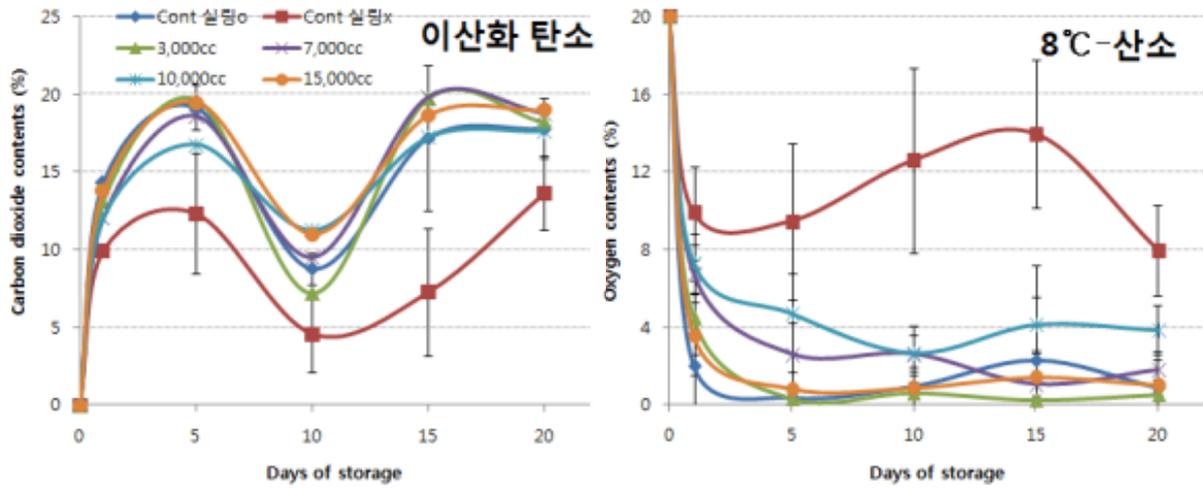


그림 51. 저장 기간중 이산화탄소와 산소의 변화 (8°C)

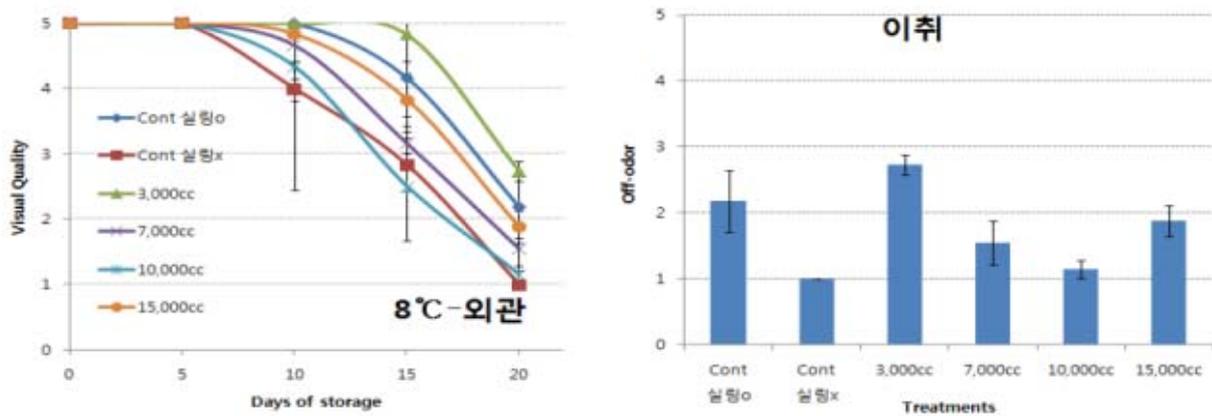


그림 52. 저장 기간중 외관의 변화와 저장 종료일의 이취(8°C)



그림 53. 저장 종료일(20일) 처리별 아위버섯의 외관(8°C)

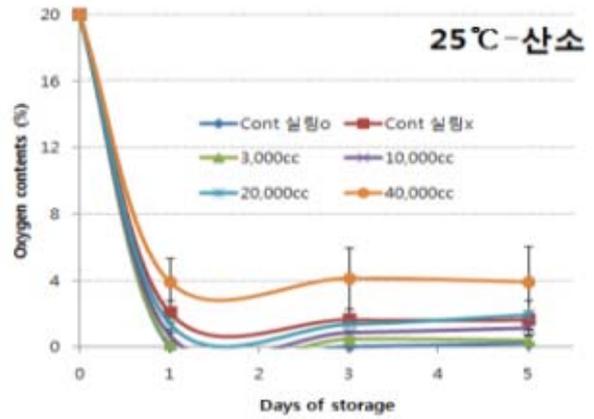
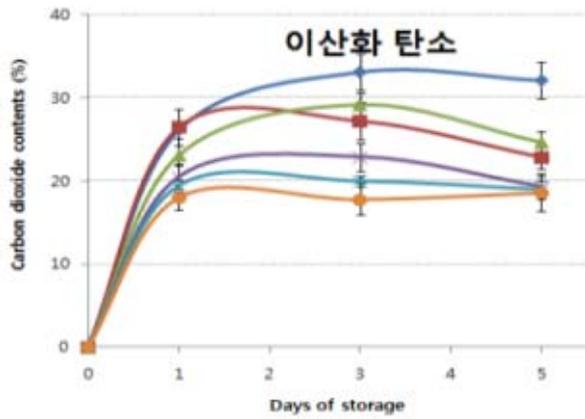


그림 54. 저장 기간중 이산화탄소와 산소의 변화 (25°C)

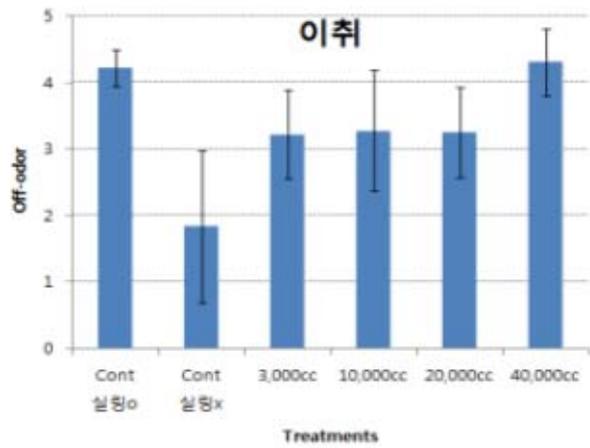
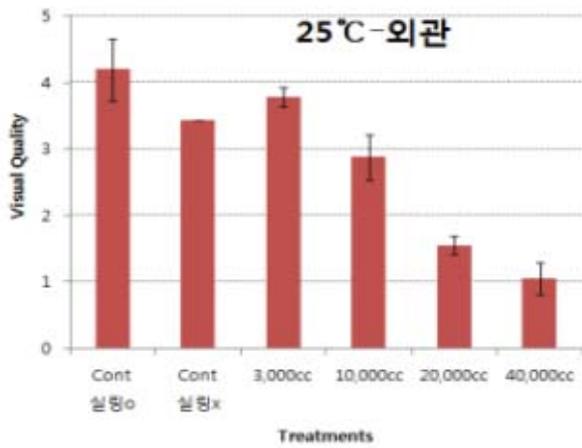


그림 55. 저장 종료일 외관과 이취 (25°C)



그림 56. 저장 종료일 처리별 아워버섯의 외관(25°C)

(3) 유통온도별 마늘에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

-연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 2℃, 상온(25℃)에 저장

2℃: 1,300cc(대조구), 3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc

25℃: 1,300cc(대조구), 5,000cc, 10,000cc, 15,000cc, 20,000cc

저장전 마늘의 호흡량, 당도, 경도 측정, 저장기간중 2일 혹은 5-10일 간격으로 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 측정 후 저장 종료일 당도, 경도 측정

-연구결과

저장 기간동안의 생체중 감소율은 10,000cc 처리구가 가장 높았으나 2% 정도의 낮은 감소율은 나타내었고, 그밖에 처리구는 1% 미만의 생체중 감소율을 나타내어 생체중 감소율에 따른 상품성 저하가 발생되었다고 해석하긴 어렵다.

이산화탄소는 무처리구에서 가장 높은 30% 이상의 이산화탄소 농도를 나타내었고, 나머지 처리구에서는 10%-20% 정도의 이산화탄소 농도를 나타내었다. 산소 농도 변화도 무처리구에서 가장 낮은 농도를 나타내었다.

에틸렌 농도는 무처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었다.

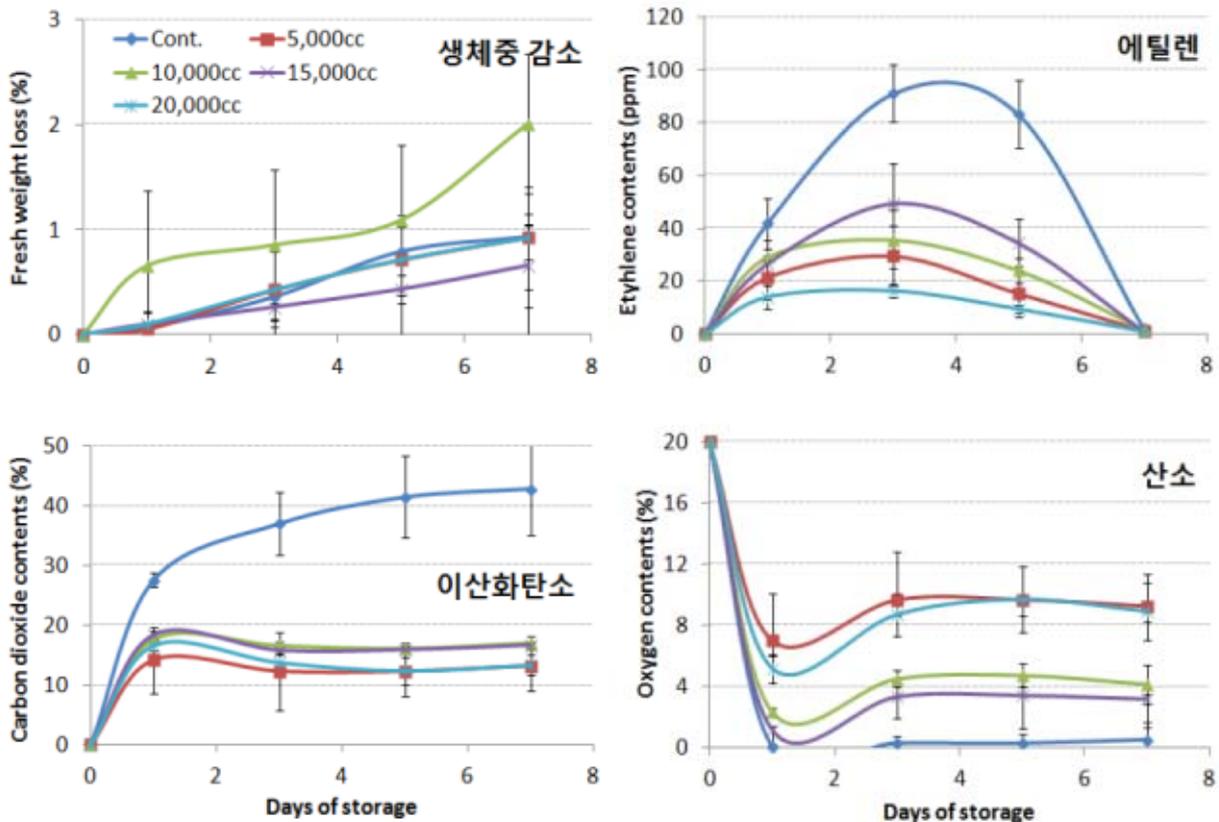


그림 57. 필름별 저장기간 동안 마늘의 생체중감소, 에틸렌, 이산화탄소, 산소 변화 (25℃)

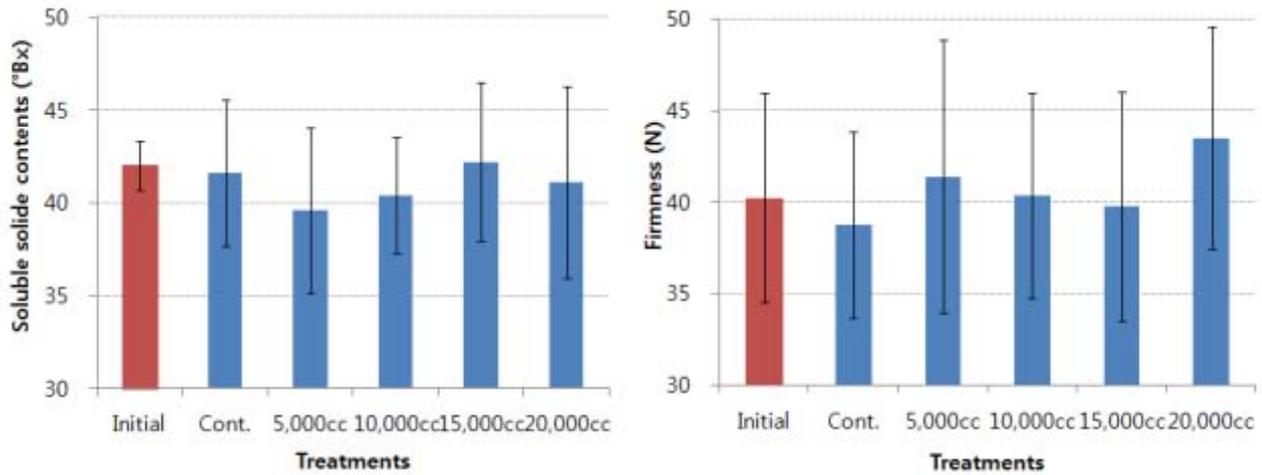


그림 58. 필름별 마늘의 저장 전 당도, 경도와 저장 종료일 당도, 경도의 비교(25°C)

당도는 저장전 44°Bx 정도를 나타내었고, 저장종료일에 조사 결과 5,000cc에서 가장 많이 감소하였다. 경도는 저장전 41N 정도의 수치를 나타내었고, 저장종료일에 무처리구와 15,000cc 처리구에서는 저장전보다 낮게, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc 처리구에서 저장전 경도보다 다소 높은 경도를 나타내었다.

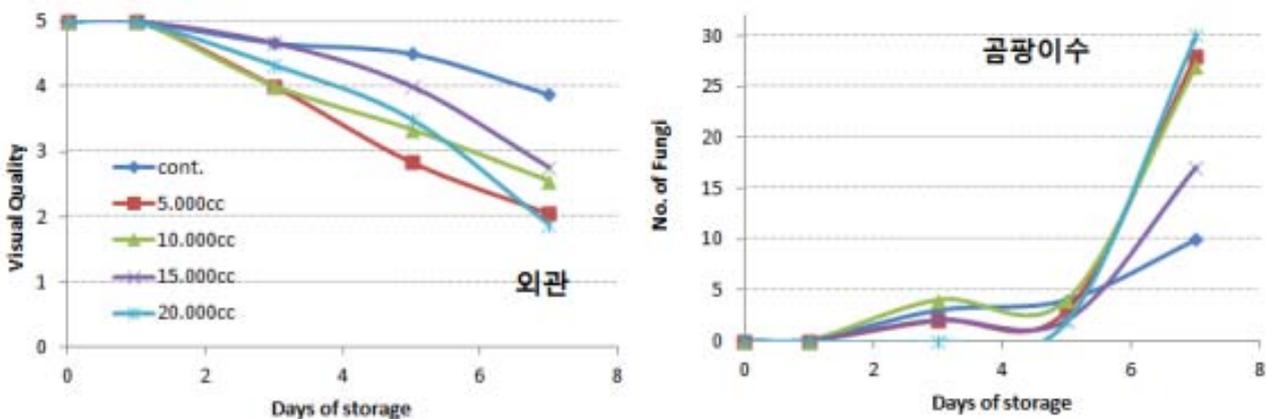


그림 59. 필름별 마늘의 저장기간중 외관의 변화와 곰팡이 발생수(25°C)

외관은 패널 테스트를 통하여 상품은 5점, 하품은 1점으로 하였다. 저장종료일에 무처리구에서 가장 높은 외관 수치를 나타내었다. 곰팡이수에서도 가장 낮은 수치를 나타내며, 상온에서 마늘을 저장하는데 있어 산소투과도는 영향을 미치지 않는다고 생각된다. 무처리구를 제외한 나머지 필름별 처리구에서는 15,000cc 필름 처리구가 다른 처리구들에 비해 다소 높은 외관 수치와 낮은 곰팡이수를 나타내었다.

저장중 생체중 감소율은 처리구중 1,300cc에서 가장 낮은 감소율을 나타냈으나, 다른 처리와의 차이에 통계적 유의성은 없었다. 또한, 모든 처리구에서 1.2% 미만의 감소율을 나타내어 생체중 감소로 인한 상품성 저하는 없었다. 저장 종료일 당도는, 10,000cc 처리구는 당도가 많이 감소하였고, 나머지 처리구에서는 저장 전 수치와 큰 차이를 보이지 않았다. 저장 종료일의 경도는 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 패널 조사한 외관상 품질은 1,300cc에서 가장 높은

점수를 나타내었고, 나머지 처리구는 산소투과도 순서에 따라 외관의 점수가 나타났다. 저장 초기에는 필름의 산소투과도에 따라 이산화탄소와 산소의 농도가 유지되었는데, 외관상 품질이 가장 좋았던 1,300cc의 경우 이산화탄소 15% 수준, 산소 2% 수준을 나타내었다. 이상의 결과 마늘은 투과율이 적은 필름인 1,300cc 혹은 3,000cc 필름 저장하는 것이 적절하다고 판단된다.

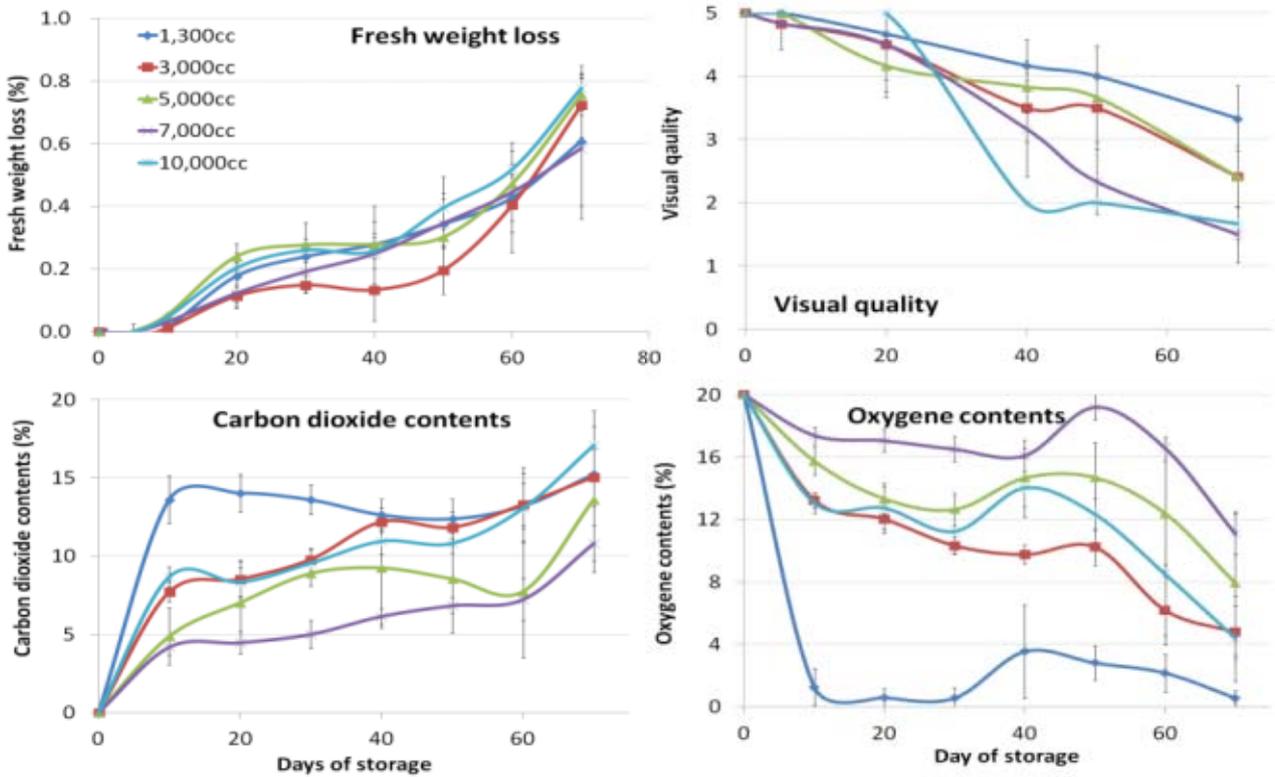


그림 60. 필름별 저장기간 동안 마늘의 생체중 감소율, 이산화탄소, 산소 변화와 외관 변화 (2℃)

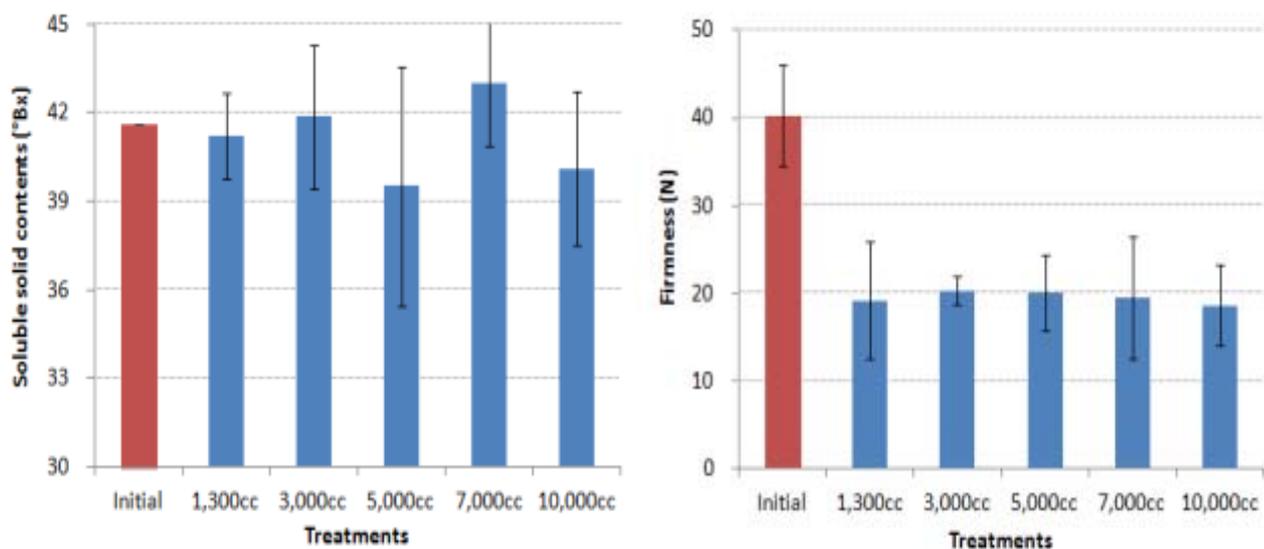


그림 61. 필름별 마늘의 저장 전 당도, 경도와 저장 종료일 당도, 경도의 비교(2℃)



그림 62. 저온(2℃) 저장 종료일의 마늘의 외관



그림 63. 상온(25℃) 저장종료일의 마늘의 외관

나. 과실류 2개 품목(사과, 바나나, 계곡 1품목)에 대한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

(1) 유통온도별 세척 사과에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

-연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 8℃, 상온(25℃)에 저장

8℃: 1,300cc(대조구), 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc

25℃: 1,300cc(대조구), 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc

세척사과를 대상으로 하여 저장전 포장내 가스조성 및 경도, 당도 조사, 저장기간중 생체중 변화, 이산화탄소, 산소 농도변화, 에틸렌 농도변화를 측정 후 저장 종료일 경도, 당도 측정

-연구결과

세척사과를 상온에 포장 저장하여 약 30일간 조사한 결과, 생체중 감소율은 산소투과율이 높을수록 감소율이 높았으나, 모든 필름 처리구에서 1.5% 이하의 감소율을 나타내며, 수분 손실로 인한 품질 저하라고 보기 힘들다. 저장 기간 중 이산화탄소 농도와 산소 농도의 경우 생체중 감소율과 마찬가지로 산소투과율에 따라 높은 산소투과율의 필름으로 포장된 처리구에서 높은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도를 나타냈다. 에틸렌 농도는 처리구간의 차이를 나타내지 않았다.

표 10. 안심사과 저장 전 특성

과실 표면온도(℃)	포장내 이산화탄소 농도(%)	포장내 산소 농도(%)	당도 (°Bx)	경도 (N)
16.25±1.11	0.74±0.46	19.56±0.48	11.24±1.44	25.99±4.09

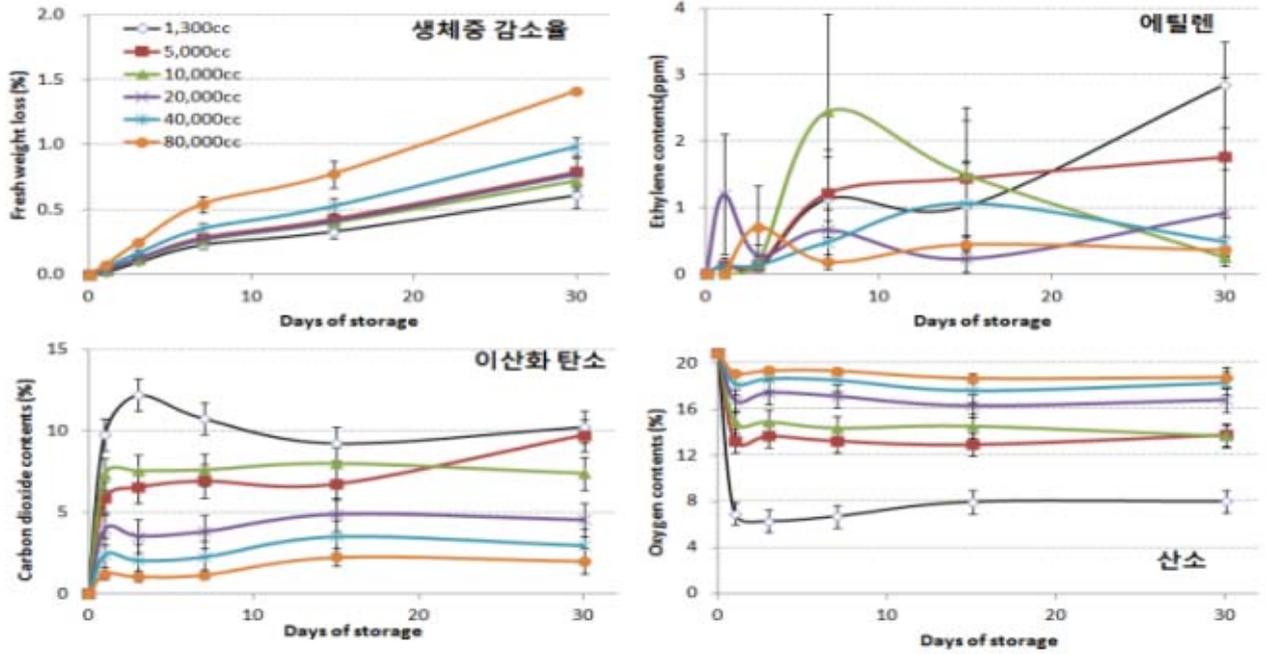


그림 64. 상온(25°C) 저장중 생체중 감소율과 MAP내 가스조성변화

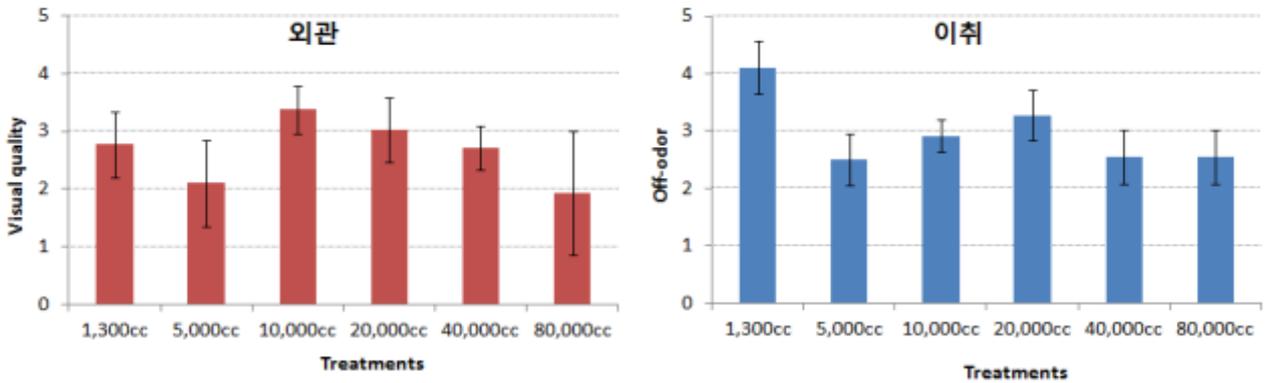


그림 65. 상온(25°C) 저장 종료일의 외관과 이취 비교

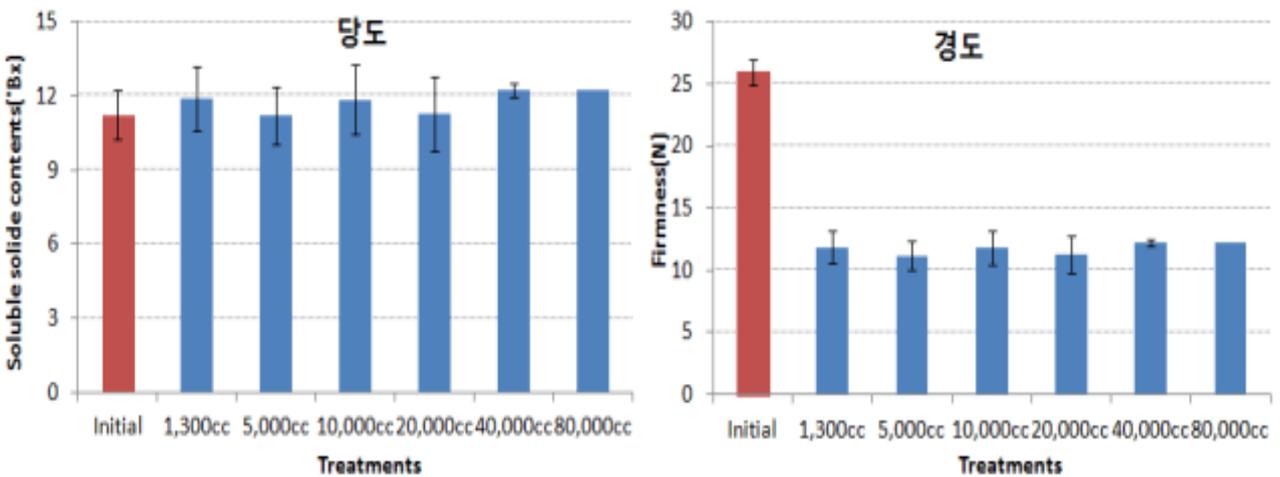


그림 66. 상온(25°C) 저장 종료일의 저장 전 당도와 경도의 비교

저장 종료일의 외관상 품질은 10,000cc 처리구가 가장 높았으며, 이취는 5,000cc, 10,000cc 순으로 적게 조사되었다. 당도는 저장 전 수치와 비교하였을 때 저장 후에도 큰 차이를 나타내지 않았다. 경도의 경우 초기값에 비해 모든 처리구가 절반 정도의 경도를 나타내며, 경도의 감소가 크다는 것을 나타냈다. 이와 같은 결과를 보았을 때, 상온 포장 유통시 저장기간 한달 이내로 하였을 때, 10,000cc 필름에 포장하는 것이 바람직하다. 저온에서 60일간 진행된 세척 사과와 생체중 변화는 무처리 필름인 1,300cc를 제외한 5,000cc 필름과 10,000cc 필름이 가장 낮게 감소하였으며, 포장내 이산화탄소 농도는 무처리구를 제외한 나머지 모든 비천공 breathable 필름이 최대 허용농도 5% 이하를 보였다. 이와 같은 사과의 저장 품질 기준이 되는 외관상 품질을 고려해 보았을 때 세척 사과의 저온 저장시 5,000cc와 10,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

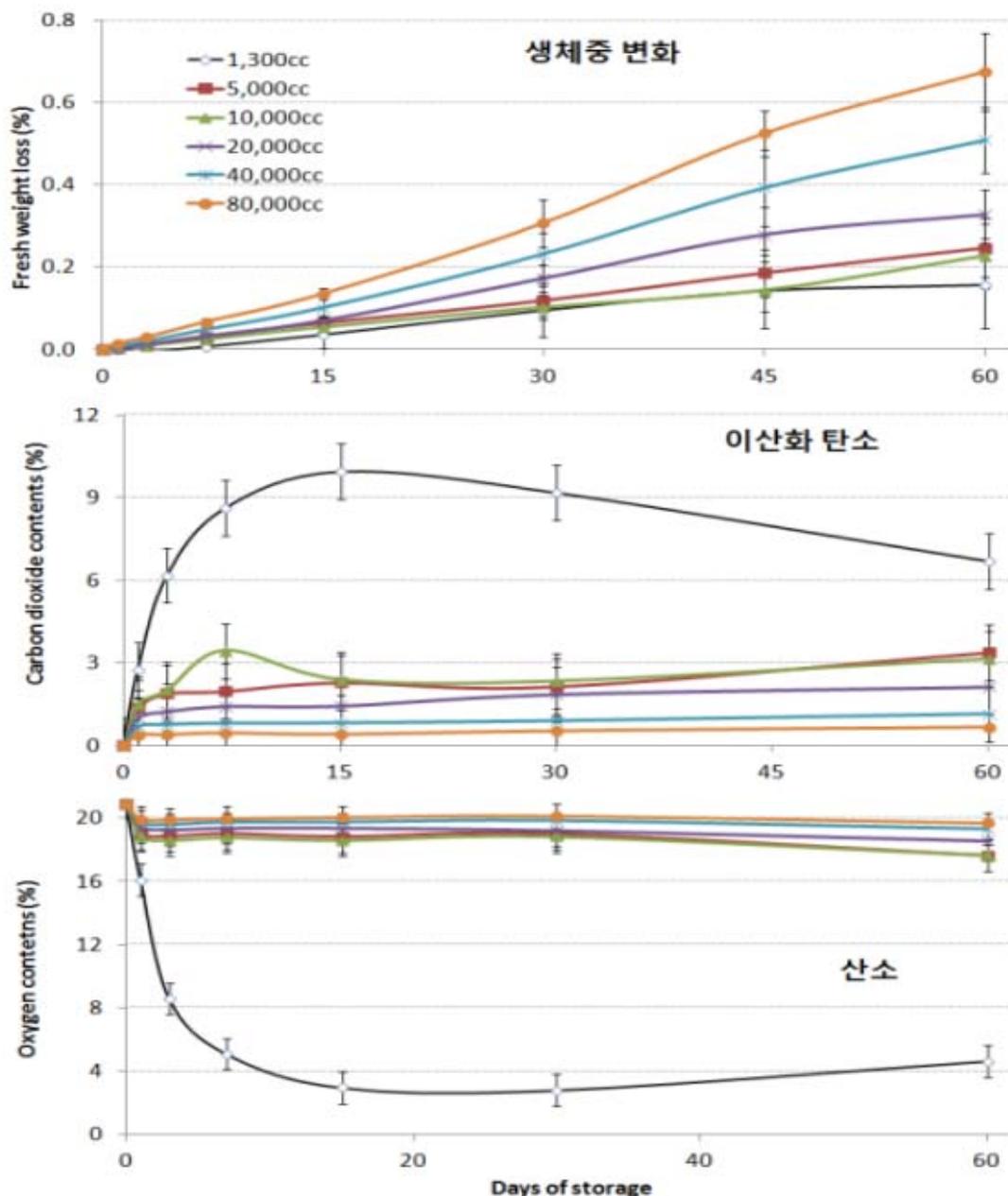


그림 67. 저온(8℃) 저장중인 사과의 생체중 감소율과 MAP내 가스조성변화

(2) 상온은도시 바나나에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 상온(25℃)에 저장

1,300cc(대조구), 10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc, 60,000cc, 70,000cc, 80,000cc

저장중 생체중 감소율, 가스조성변화 조사

저장중 3일째와 5일째 외관과 이취 조사

- 연구결과

5일간의 저장 기간중 생체중 감소율은 유공필름(대조구)에서 가장 높게 나타났으며, 유공필름임에도 높은 이산화탄소 농도를 나타냈다. 에틸렌 농도는 저장 3일째 급격한 증가를 나타낸 후 저장 4일째로 접어들며 급격히 감소하였다.

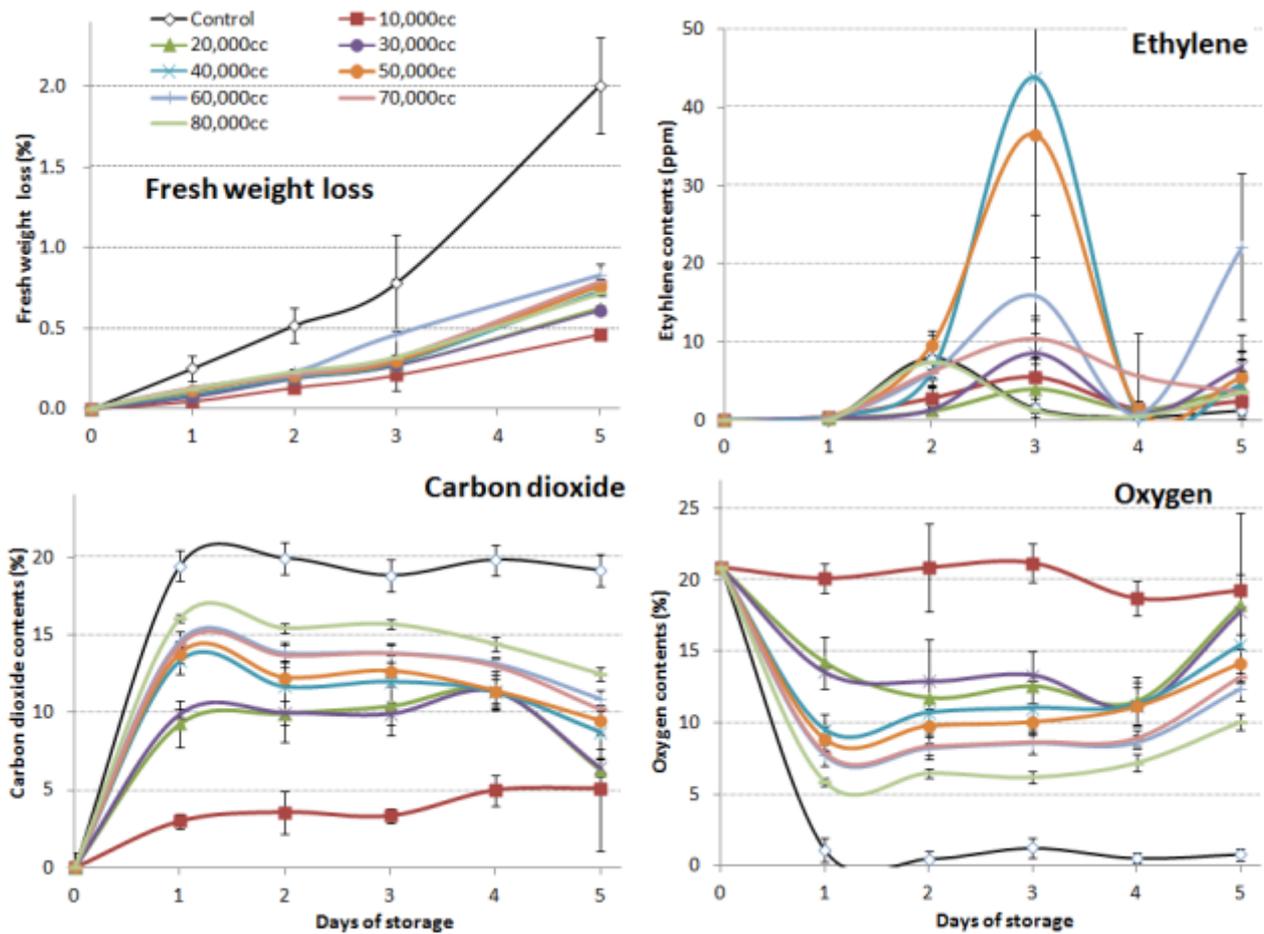


그림 68. 저장 중 생체중 감소율과 MAP 포장내 가스조성변화

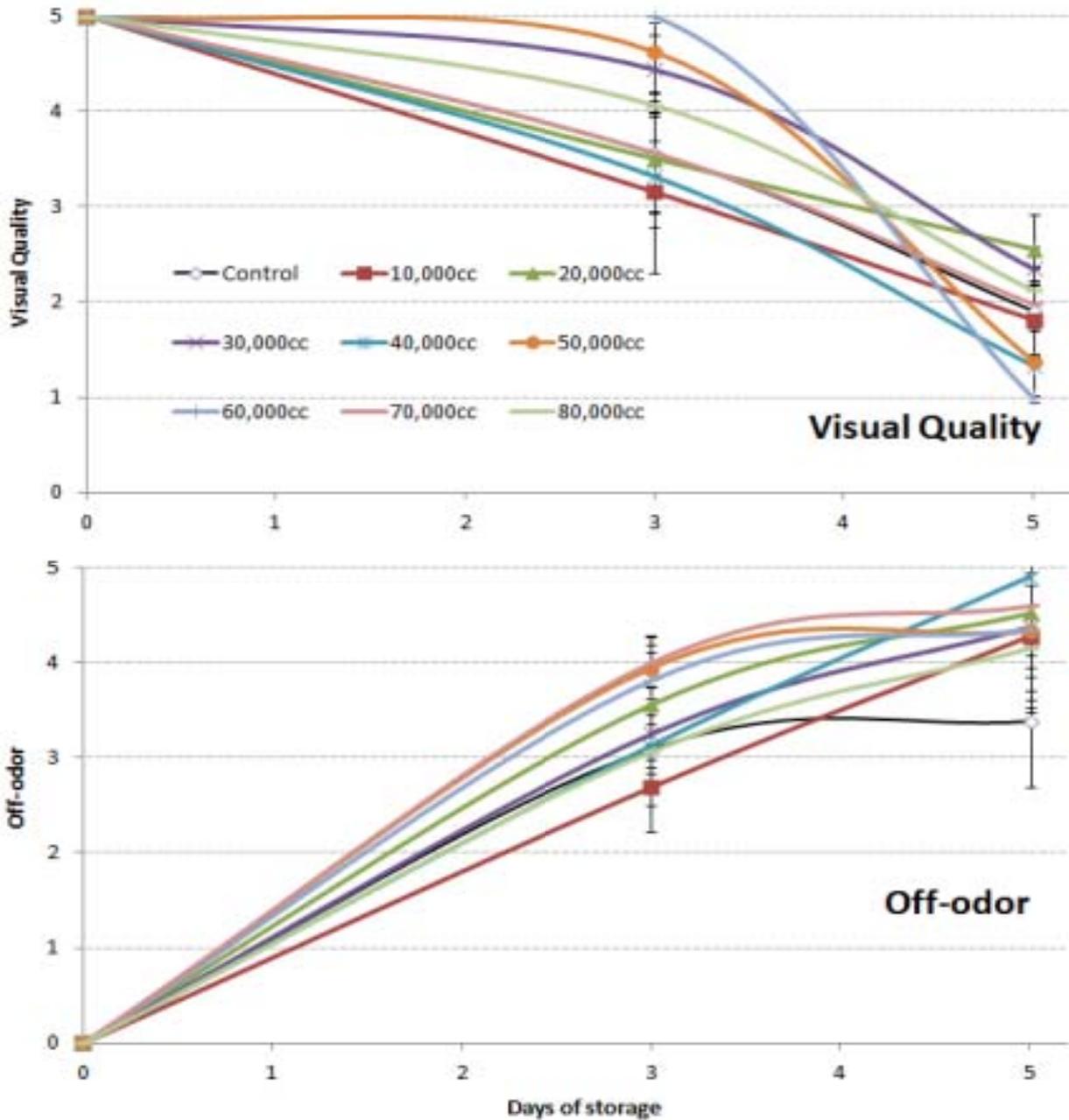


그림 69. 저장 기간중 외관과 이취 변화

저장 기간중 외관상 품질의 변화는 모든 처리구에서 저장 3일에서 저장 5일로 진행되며 시장성의 기준이 되는 3점 이하로 나타났으며, 그 중 20,000cc 처리구가 저장 종료일에 가장 좋은 외관상 품질을 나타냈다. 이취는 저장 종료일에 40,000cc에서 가장 높은 이취가 조사되었으며, 유공 필름에서 가장 적은 이취를 나타냈다.

경도는 80,000cc, 70,000cc, 20,000cc 순으로 나타났다. 따라서 이상의 결과로 보았을 때, 바나나를 상온에서 필름 저장시 20,000cc 로 포장하는 것이 적절하다.

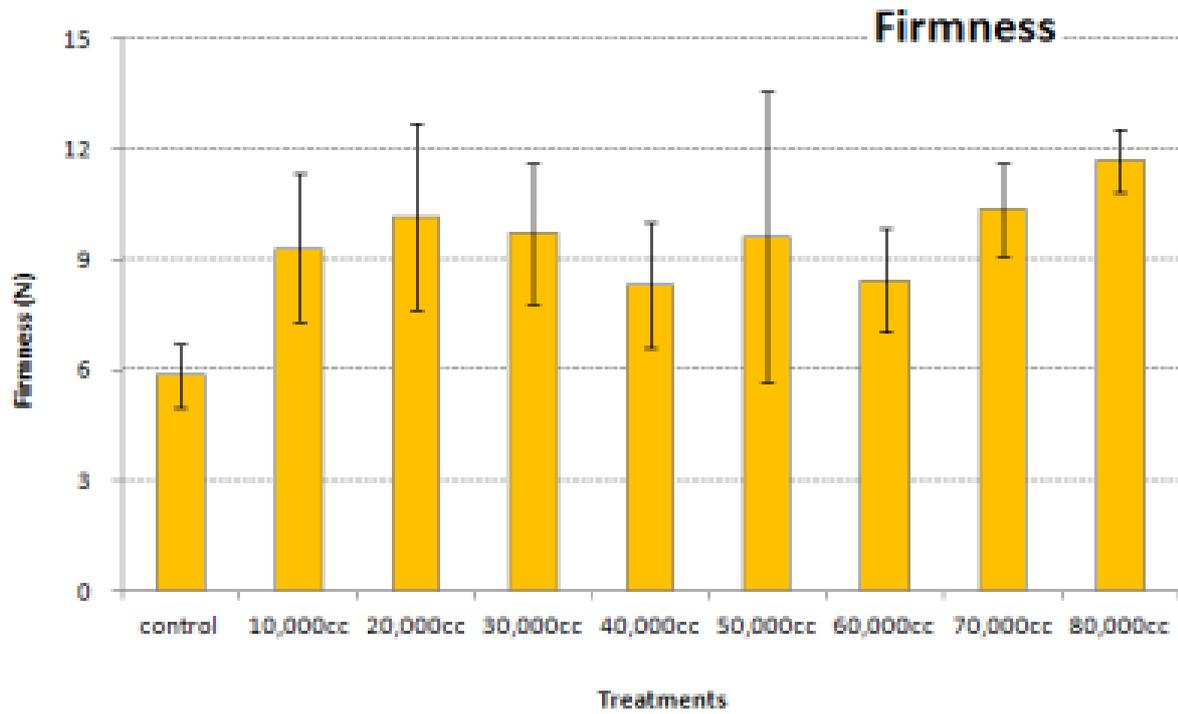


그림 70. 저장 종료일에 경도 비교



그림 71. 저장 종료일의 바나나 외관

3. 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

- 개발된 비천공 breathable 필름의 미생물 오염 분석: 대장균(계획중), 곰팡이 대상(완료)으로 하여 건조배지를 이용하여 비천공 필름 내부로 외부에서의 미생물 전염 여부 조사
- 새싹, 베이비, 통통마디 신선편이 MAP조건 확립(계획 없었음)

가. 미생물 오염 분석

(1) 곰팡이

- 농촌진흥청 농업유전자원정보센터에서 잿빛곰팡이 *Botrytis cinerea*를 분양
- 비천공 필름 확인을 위하여 PDA 배지를 사용하여 곰팡이 통과여부를 실험함
- 무가공 필름(산소투과도 1,300cc/m<sup>2</sup>/atm/24hr 이하)을 대조구로 하여, 5,000cc, 20,000cc, 그리고 40,000cc까지 곰팡이 전이 가능성에 대한 검정을 하였다.

KACC NO	40574
History	< W.G. Kim (NIAS Plant Pathol. div.)
Identifier	W.G. Kim
Source	Lycopersicon esculentum(토마토,tomato)
Characteristics	Gray mold (잿빛곰팡이병)
Literature using the isolates	[280]
Media	[47]
Temperature	25°C

그림 72. 분양신청한 균주 설명 <http://www.genebank.go.kr/>



그림 73. 필름별 잿빛 곰팡이 투과 여부 비교

- 2차년도: 2012-2013

1. 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA조건 구명  
가. 산지에서 판매단계까지 온습도기록계이용조사와 대형마트 현장조사

- 연구방법

3가지 채소(적상추, 호박잎, 고구마)를 대상으로 산지현장에서 판매장소까지 온습도 기록계를 이용하여 유통 과정 중 환경 변화를 조사함

- 연구결과

적상추(그림 74)는 5℃로 예냉한 적상추와 온습도기록계를 함께 비천공 필름으로 포장하여 유통함

- ① 포장 후 각 물류센터별로 분리 작업한 시점(오후 12시 03분) 이후 냉장보관하였으며,
- ② 오후 8시에 물류센터에 입고됨: 이 기간 중 온도가 15도 이상 유지된 것으로 보아 이동 중 냉장차의 온도는 10℃ 내외였던 것으로 판단됨, 이후 물류센터 저장 온도는 2℃내외로 저온관리됨
- ③ 물류센터에서 다음날 오전 3-4시경 다시 냉장차를 이용하여 판매처(춘천매장)까지 이동하였고 마지막 단계에서 급격히 증가한 것은 하차 과정에서 상온에 노출되었기 때문이라 판단됨

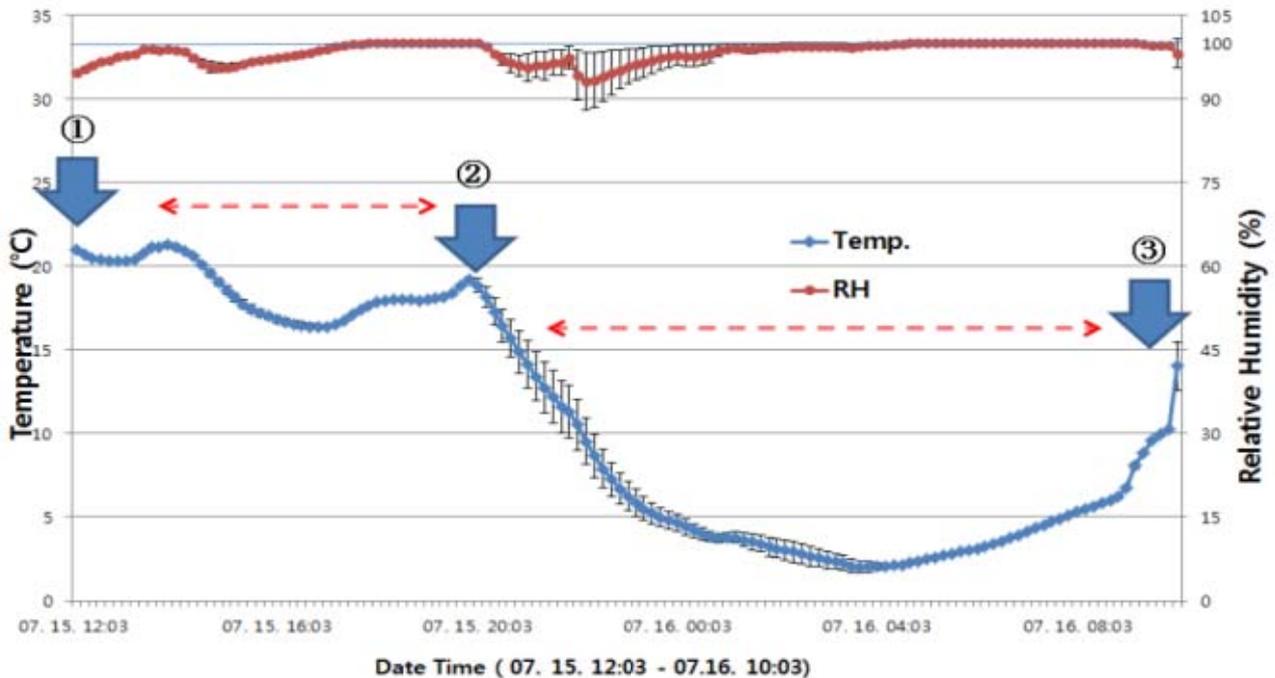


그림 74. 적상추의 산지에서 물류센터를 거쳐 판매장소까지 이동 중 온습도 변화

문제점:

- 실험설계상 온습도기록계가 원물과 함께 저장온도에서 최소 5-6시간 보관되어 온습도기록계의 온도가 원물의 품온까지 떨어진 후에 실시하여야 했음

- 유통상 온도관리에 있어 산지에서 물류센터까지는 큰 문제가 없었으나, 판매처 하차시 상온노출기간이 길어져 원물의 품온상승이 나타남.
- 고구마(그림 75)는 15℃에서 저장하다가 세척실에서 세척 등 작업 후 역시 온습도기록계와 함께 포장하여 유통함

- ① 포장 후 각 물류센터별로 분리 작업한 시점(오후 12시 03분) 이후 상온대기함
- ② 오후 8시에 물류센터에 입고됨: 이 기간 중 상온으로 이동되었으며, 물류센터 이동 후 저장 온도는 2℃내외로 저온관리됨
- ③ 물류센터에서 다음날 오전 3-4시경 다시 냉장차를 이용하여 판매처(춘천매장)까지 이동하였고 마지막 단계에서 급격히 증가한 것은 하차 과정에서 상온에 노출되었기 때문이라 판단됨

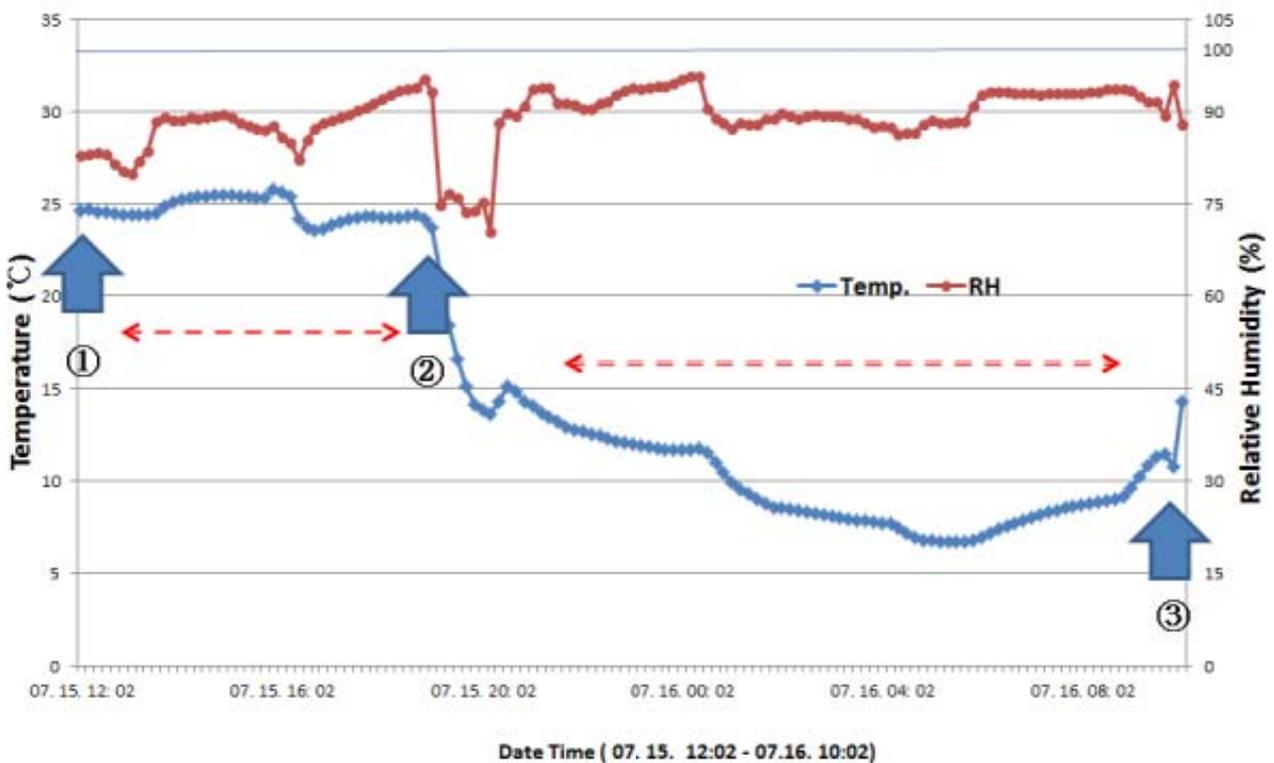


그림 75. 고구마의 산지에서 물류센터를 거쳐 판매장소까지 이동 중 온습도 변화

문제점:

- 실험설계상 적상추와 마찬가지로 온습도기록계가 원물과 함께 저장온도에서 최소 5-6시간 보관되어 온습도기록계의 온도가 원물의 품온까지 떨어진 후에 실시하여야 했음
- 유통상 온도관리에 있어 산지에서 물류센터까지는 고구마는 15℃ 내외에서 저장해야 하나 다른 품목과 함께 관리하는 관계로 12시간 이상 5℃ 이하의 저온에서 관리 되었음, 판매처 하차시 상온노출기간이 길어져 원물의 품온상승이 나타났으나, 고구마의 적정 저장온도인 15℃ 수준까지만 상승하여 하차시 문제점은 크게 나타나지 않았음

호박잎(그림 76)는 상온에서 개별포장 없이 벌크상태로 온습도기록계와 함께 상자포장하여 유통함. 앞선 두작물과 달리 중간 물류센터 경유 없이 산지에서 판매처로 이동함

- ① 산지에서 개별 포장 없이 상자포장 후 냉장 처리함: 상자에 포장한 시점(오후 12시 03분) 부터 2시간만에 상온에서 5도까지 온도 하강이 나타남
- ② 원물분래 작업 후 배송을 시작하였는데, 상온으로 수송함
- ③ 판매처(영통 홈플러스)에 오전 4시경 하차 후 입고되어 다음날 8시까지 8도이하에서 냉장보관함

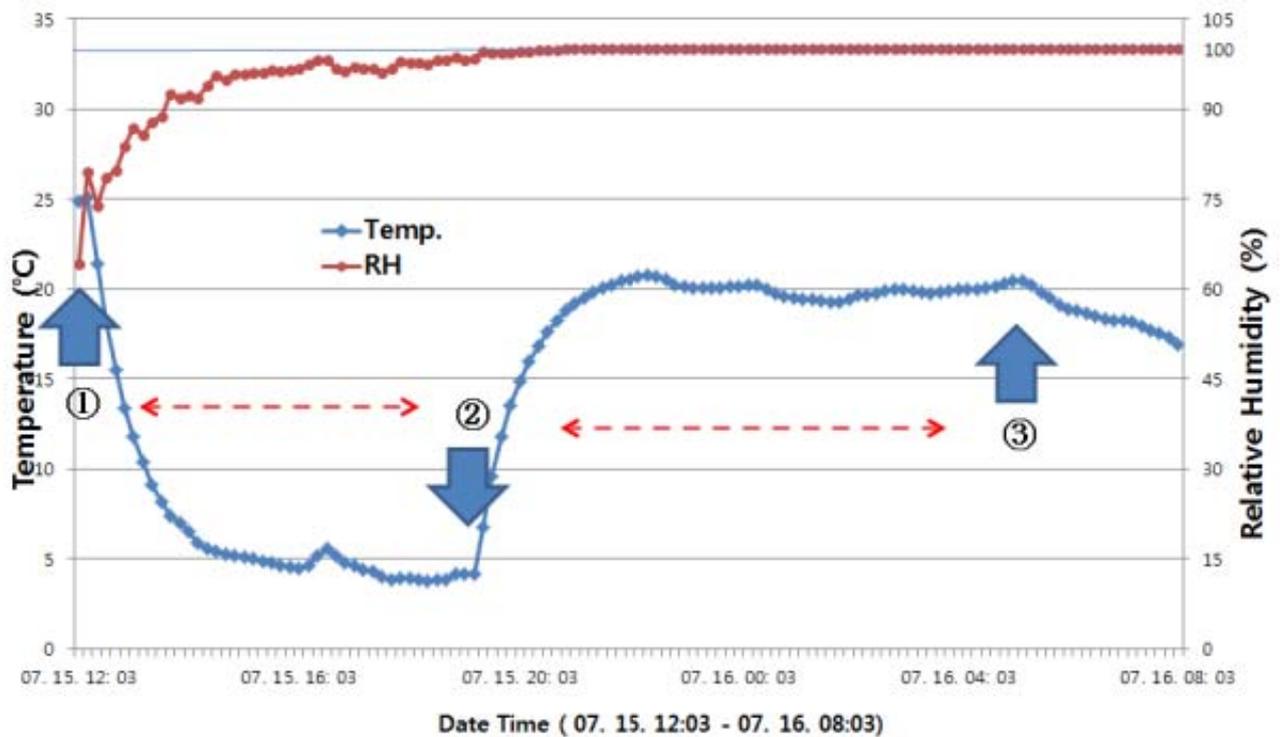


그림 76. 호박잎의 산지에서 판매장소까지 이동 중 온습도 변화 (상자포장으로 이동)

문제점:

- MA포장이 하지 않은 상태인 관계로 저온저장과정에서 급속한 온도저하가 나타남
- 유통상 온도관리에 있어 산지에서 판매처까지 상온으로 수송하여 수송기간 12시간 중 품질저하와 함께 5도에서 상온(20도이상)으로 온도가 급격히 상승하여 원물의 땀흘림 현상이 나타났을 것으로 예상됨

이상의 결과로 보아 예냉 후 비천공 필름으로 MAP할 경우 원물의 온도변화가 둔감해져 땀 흘림 현상이 완화될 수 있을 것을 예상됨. 그러나 저온에서 온도하강이 느리므로 반드시 예냉 및 냉장 저장 후 포장과정이 이루어져야 함

나. 기존 실험결과를 종합한 적정 MA조건 제시

1, 2년차 실험 결과를 토대로 총 27품목에 대한 유통관리 조건(온도)별 적정 MA조건을 제시한다.

표 11. 유통관리 조건(온도)별 적정 MA 조건

품목명	저온	상온
토마토	20,000cc	-
아워버섯	1,300-3,000cc	1,300-3,000cc
마늘	1,300-3,000cc	1,300-3,000cc
사과	5,000-10,000cc	10,000cc
바나나	-	20,000cc
통통마디(합초)	5,000cc	-
혼합 싹채소	40,000-60,000cc	-
베이비 채소	10,000cc	-
감귤	10,000cc	20,000cc
단감	5,000cc	10,000-20,000cc
배	-	60,000cc
오렌지	30,000cc	30,000-40,000cc
자몽	-	40,000cc
새송이버섯	10,000cc	10,000cc
미니 새송이버섯	10,000cc	10,000cc
미니 파프리카	40,000cc	40,000cc
돌나물	10,000cc	20,000cc
치커리	7,000cc	20,000cc
달래	10,000cc	10,000cc
유채	10,000cc	10,000cc
세발나물	20,000cc	20,000cc
청경채	3,000cc	10,000cc
쌈추	5,000cc	5,000cc
갯잎	5,000cc	10,000cc
브로콜리	5,000cc	10,000cc
신선편이 양상추	3,000cc	3,000cc
새싹채소	40,000-60,000cc	40,000-60,000cc

다. MAP 내부 결로 현상 완화 조건 제시

- 실제 비천공 필름을 적용하는 현장에서 완전 밀폐 상태에서 발생하는 결로의 문제점이 제기되어 계획상은 없었던 결로 현상 완화 실험을 실시함

(1) 상추

- 연구방법

7,000cc 필름을 사용하여 모의 유통 온도 조건(표 5)에서 7일간 저장

포장단위: 40g 내외, 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리: 생체중 감소가 없는 처리구(Wet cooling)

5% 생체중 감소를 유도한 처리구(Dry cooling)

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 및 에틸렌 농도 변화, 결로 정도

저장종료일: 외관, 이취

표 12. 모의 유통 온도 조건에 따른 처리구의 예냉 조건과 처리별 온도 조건

Pre-cooling	Handling condition	Packing	Transporting	Unloading	Temporary Storage	Selling
		0-1hr	1-4hr	4-7hr	7-12hr	12hr-7days
Wet cooling	C8℃	11℃	8℃	8℃	8℃	8℃
	F8℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	8℃
	F8℃-2	20℃	8℃	20℃	8℃	8℃
	C20℃	20℃	20℃	20℃	20℃	20℃
	F20℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	20℃
	F20℃-2	20℃	8℃	20℃	8℃	20℃
Dry cooling	DF8℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	8℃
	DF20℃-2	20℃	8℃	20℃	8℃	20℃

- 연구결과

생체중 감소는 온도변화폭에 관계없이 20℃ 저장 처리구가 8℃ 저장 처리구보다 약 4배 이상의 감소율을 보였으나, 약 1.5% 미만으로 수분감소로 인한 품질 저하는 나타나지 않았다. 상추의 이산화탄소 최대허용범위는 2%로 8℃ 저장 처리구는 저장 기간내 1-2%의 농도를 유지하였고, 20℃ 저장 처리구는 저장 종료일에 약 5% 이상의 농도를 나타내었다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 8℃ 저장 처리구들은 낮게 나타났으며 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다. 20℃ 저장 처리구의 에틸렌 농도는 정온 온도(C20)을 제외한 나머지 처리구는 높았는데 그 중 F20℃-1 처리구가 가장 높았다. 외관은 대체적으로 8℃저장 처리구가 높은 정도를 나타냈고, 이취는 20℃저장 처리구가 많이 발생하였다. 결로현상은 포장중 원예산물의 수분함량에 따른 영향은 없었고, 대체로 모의 온도 조건에서는 온도 변동이 클수록 결로가 많이 발생하였다. 온도변화가 클수록 필름내 이산화탄소 농도가 높았으며, 특히 상온의 경우 이산화탄소와 에틸렌 농도도 정온처리(C20)에 비해 크게 증가하여 품질 열화가 발생할 수 있다고 판단되었다. 따라서, 온도 변화에 민감한 원예 산물 유통과정에 각별한 주의를 요한다.

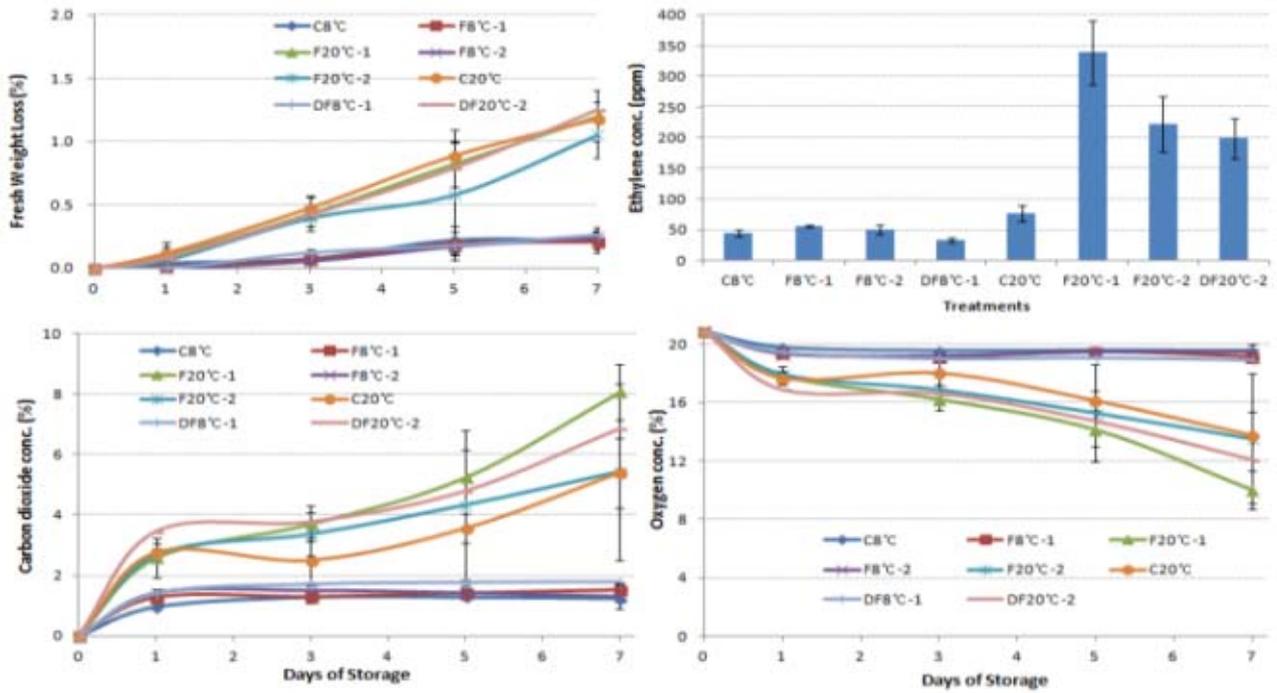


그림 77. 결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 상추 저장중 생체중 감소율, 에틸렌 농도, 이산화탄소 농도 그리고 산소 농도 변화

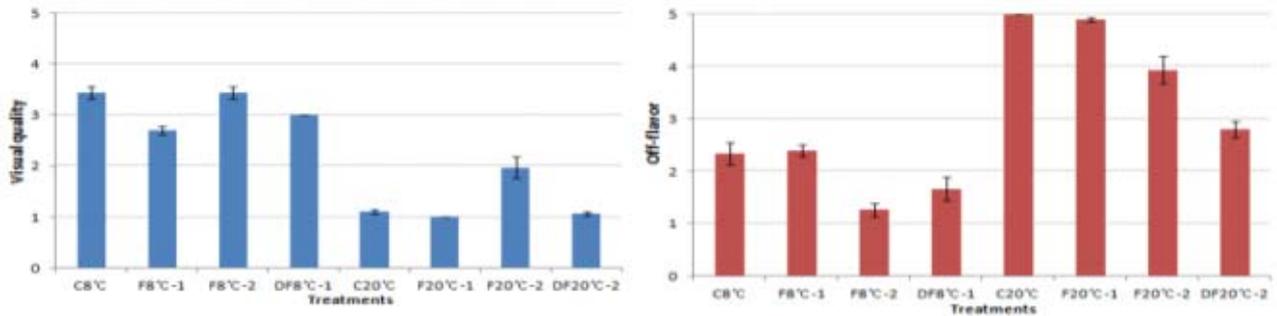


그림 78. 결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 상추 저장 종료일의 외관과 이취 정도 비교

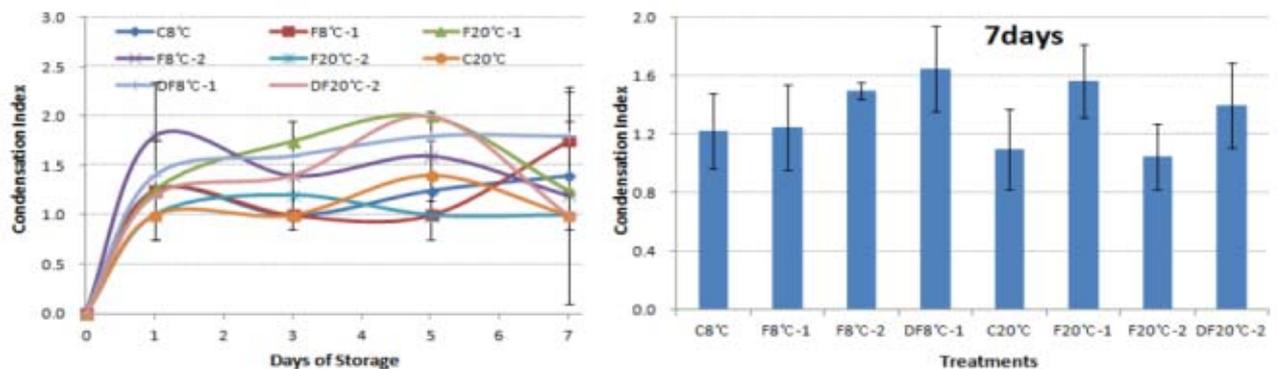


그림 79. 결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 상추 저장중 그리고 저장 종료일의 결로 현상

(2) 가지

- 연구방법

7,000cc 필름을 사용하여 모의 유통 온도 조건(표 6)에서 7일간 저장

포장단위: 125g 내외(날개포장), 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리(3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling):

1. 생체중 감소가 없는 처리구(Wet cooling)
2. 5% 생체중 감소를 유도한 처리구(Dry cooling)

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 및 에틸렌 농도 변화, 결로 정도

저장종료일: 외관, 이취, 경도

표 13. 모의 유통 온도 조건에 따른 처리구의 예냉 조건과 처리별 온도 조건

Pre-cooling	Handling condition	Packing	Transporting	Unloading	Temporary Storage	Selling
		0-1hr	1-4hr	4-7hr	7-12hr	12hr-7days
Wet cooling	C11℃	11℃	8℃	8℃	8℃	11℃
	F11℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	11℃
	F11℃-2	20℃	8℃	20℃	8℃	11℃
	C20℃	20℃	20℃	20℃	20℃	20℃
	F20℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	20℃
	F20℃-2	20℃	8℃	20℃	8℃	20℃
Dry cooling	DF11℃-1	11℃	8℃	20℃	8℃	11℃

- 연구결과

생체중 감소는 온도변화폭에 관계없이 20℃ 변온처리구가 11℃ 변온처리구보다 약 2배 이상의 감소율을 보였으나, 약 0.6% 미만으로 수분감소로 인한 품질 저하는 나타나지 않았다. 가지의 이산화탄소 최대허용범위는 5%로 11℃ 변온처리(F11℃-1)를 제외한 나머지 11℃ 변온처리구는 저장 기간내 3%내외의 농도를 유지하였고, F11℃-1 처리구와 20℃ 변온처리구는 저장 초기 약 6%이상의 농도를 유지하였고, 저장 종료일에 약 5%의 농도를 나타내었다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 F11℃-1과 F11℃-2가 가장 높게 나타났다. 외관과 이취는 온도와 처리별 차이가 나타나지 않았다. 경도는 예냉과 최종 저장온도에 관계없이 F11℃-1 처리구가 가장 높은 정도를 나타냈다. 결로현상은 포장중 원예산물의 수분함량에 따른 영향은 없었고, 20℃ 변온처리구보다 오히려 11℃ 변온처리구가 높은 결로 현상을 나타내었다. 가지는 저장 적온이 10-12℃ 범위로 써 8℃에 장기간 노출되어 저온장해를 받은 것으로 판단되어 지며 최대한 유통 중 적온을 맞추어 주는 것이 결로를 예방하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

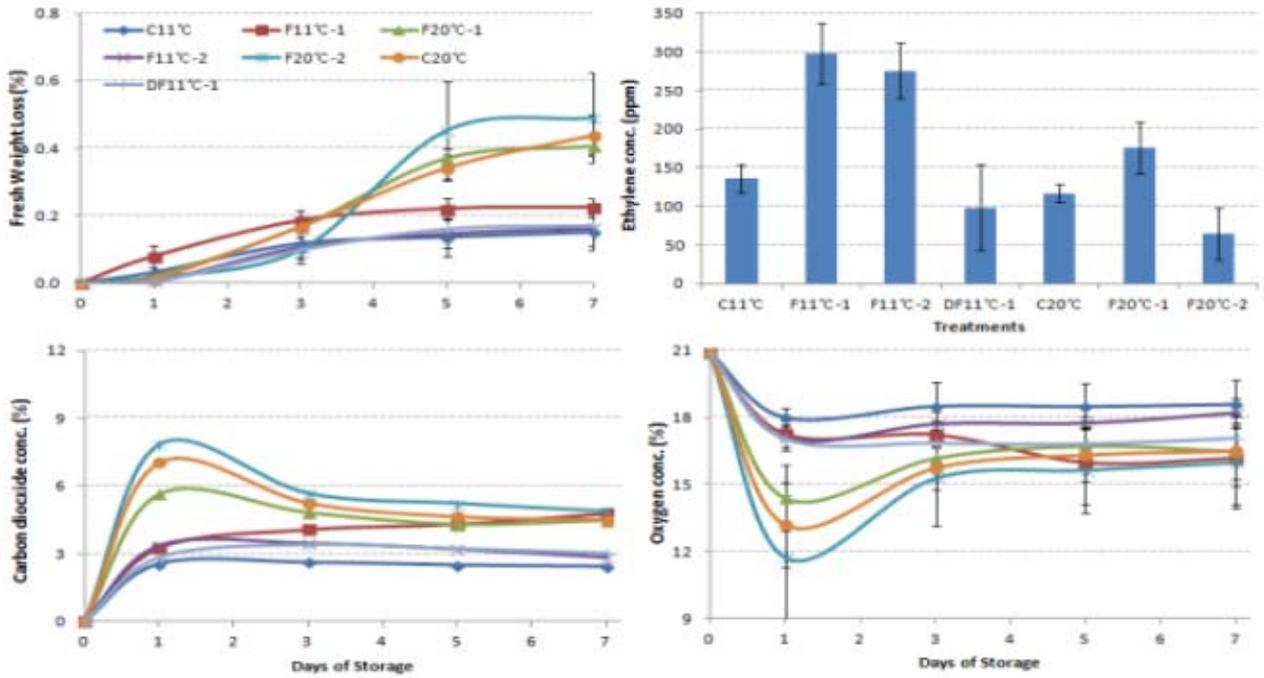


그림 80. 결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 가지 저장중 생체중 감소율, 에틸렌 농도, 이산화탄소 농도 그리고 산소 농도 변화

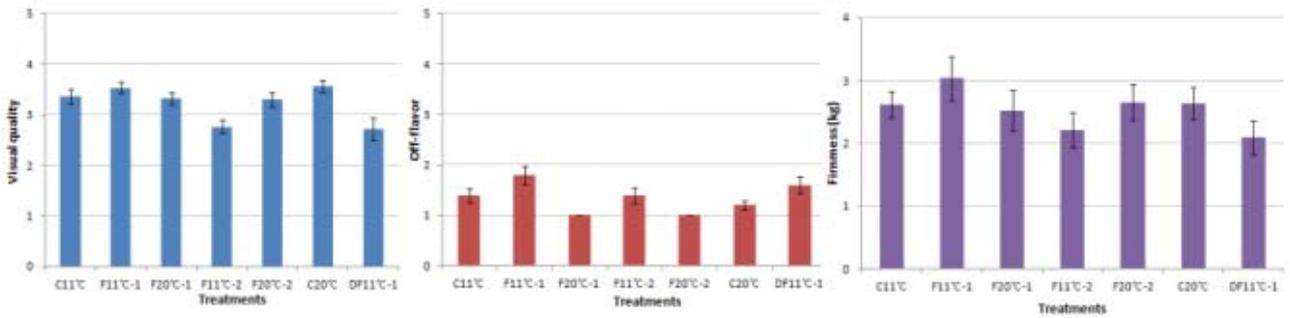


그림 81.결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 가지 저장 종료일의 외관, 이취 그리고 경도

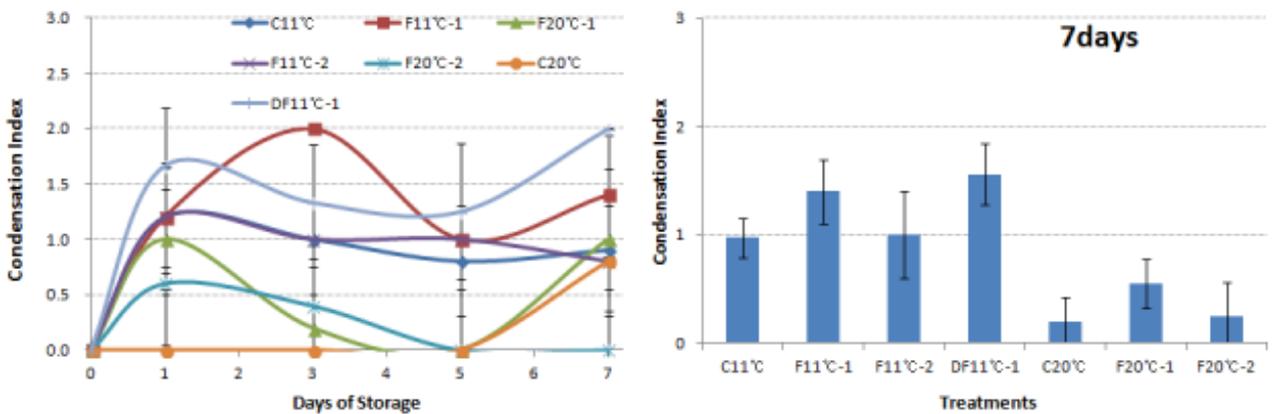


그림 82. 결로 현상 완화를 위한 모의 유통 조건에 따른 가지 저장중과 저장 종료일의 결로 현상

## 2. 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

가. 동절기 대비 과채류 8개 품목(배, 오렌지, 감귤, 단감, 한라봉, 자몽, 그린키위, 골드키위)에 대한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

### (1) 배

#### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(8℃)와 상온(20℃)에 저장  
20,000cc, 40,000cc, 60,000cc

포장단위: 200g 내외(날개포장), 품종: 신고, 수확시기: 10월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

조사방법: 이산화탄소/산소 농도는 infrared sensor (Checkmate, PMB, Denmark)로 측정

에틸렌 농도는 gas chromatography (Shimadzu GC 2010, Japan)를 사용하여 측정

경도는 penetrometer(DFT-01, tr, Italy)를 사용하여 측정

당도는 pocket refractometer(PAL-1, Atago, Japan)를 사용

#### - 연구결과

상온에 9일간 저장중 배의 생체중은 0.3% 이내로 감소하며, 생체중 감소에 따른 품질 저하는 나타나지 않았다. 배의 적정 CA 조건은 0-3%의 이산화탄소, 2-4%의 산소 이며, 최대 허용 이산화탄소 농도는 2%, 최소 허용 산소 농도는 2%로 보고된 것과 비교하였을 때, 상온저장 종료일인 저장후 9일째 이산화탄소 농도는 20,000cc가 약 4.7%, 40,000cc가 약 3.0%, 그리고 60,000cc가 약 1.6% 정도의 수치를 나타내었다. 산소 농도는 저장 종료일까지 모든 처리구가 15% 이상을 나타내었다. 저장 종료일의 에틸렌 발생량은 60,000cc가 가장 낮았으며, 페닐테스트를 통한 외관은 모든 처리구가 비슷한 4점 정도의 수치를 나타내었으며, 이취는 40,000cc가 가장 낮았다. 경도는 20,000cc. 당도의 경우 60,000cc가 가장 높았으나 처리구간의 통계적 유의성은 나타나지 않았다.

따라서, 생체중 감소량이 가장 적었고, 이산화탄소와 산소 농도가 적정 허용범위내에서 유지되었으며, 배는 대체적으로 에틸렌 발생량과 민감도가 높은 원예산물로써 에틸렌 농도가 가장 낮았던 60,000cc가 배의 상온 저장시 가장 적합한 것으로 판단된다.

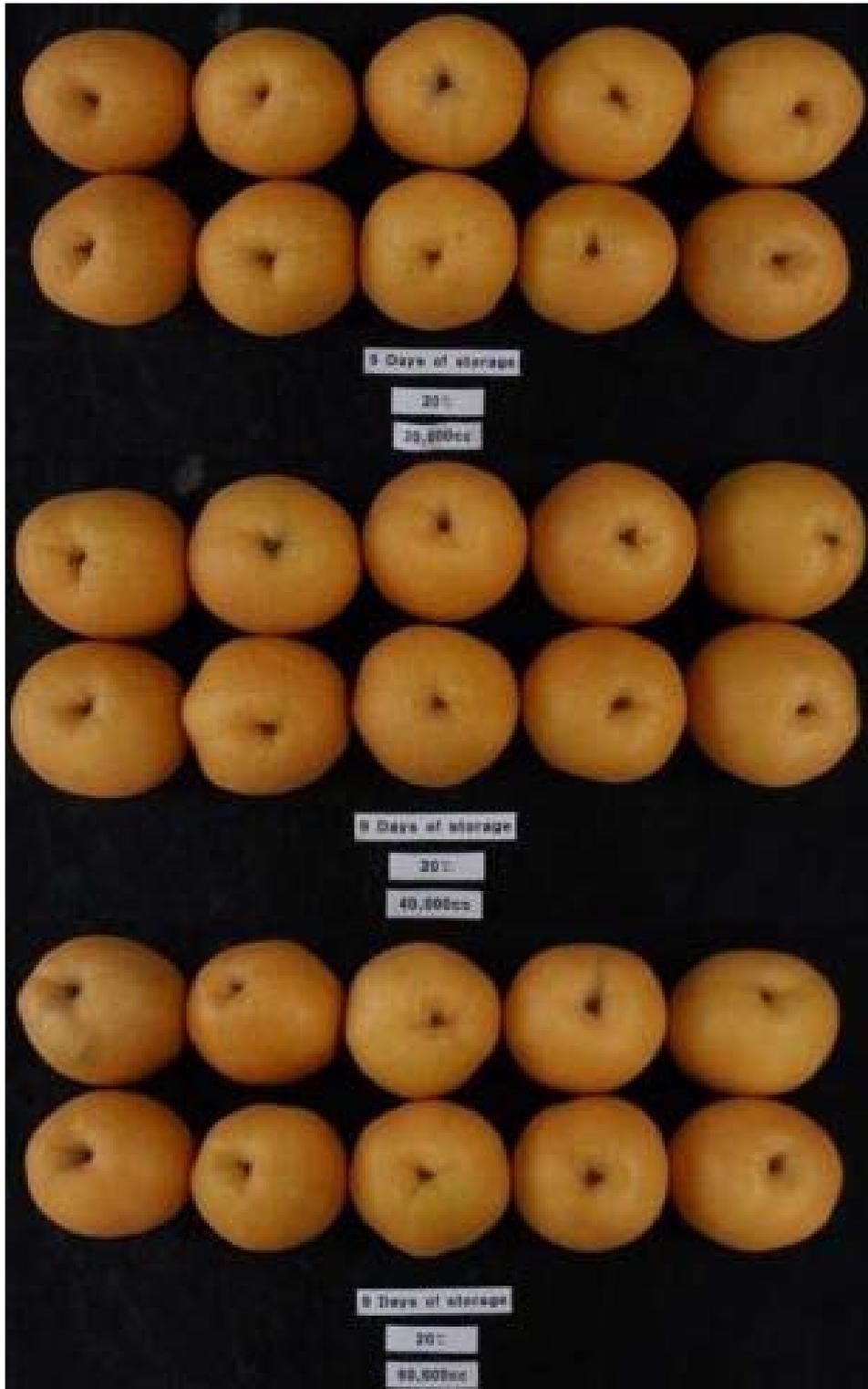


그림 83. 상온 저장 종료일(9일째) 배의 외관

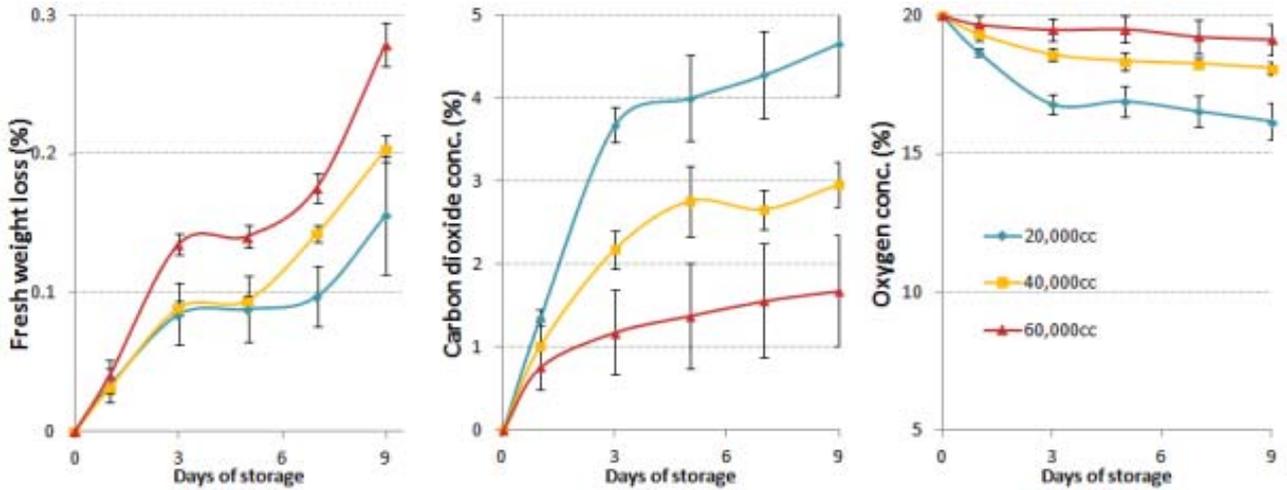


그림 84. 배의 상온 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도 변화

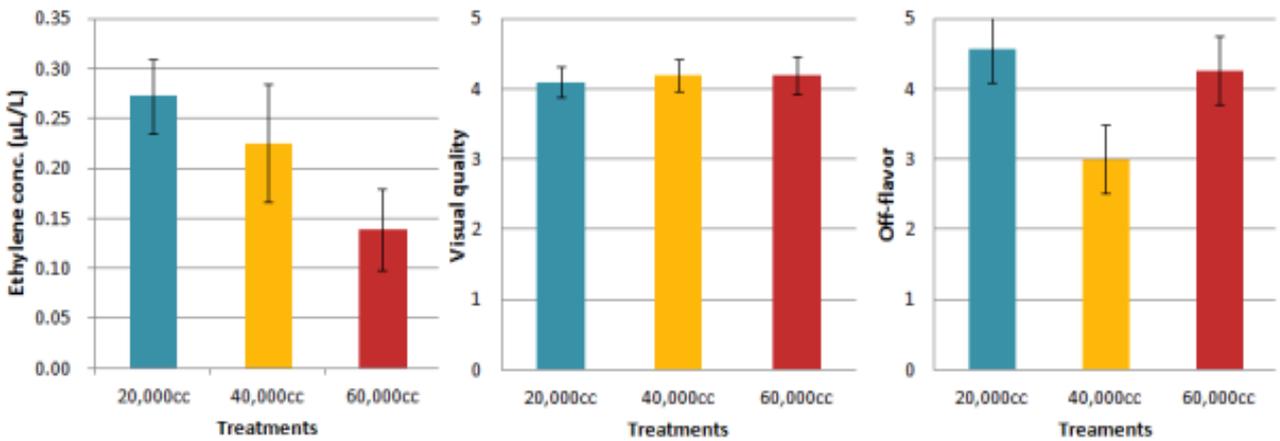


그림 85. 배의 상온 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도.(외관: 5-아주 좋음, 3-보통, 1-아주 나쁨, 이취: 5-아주 높음, 3-보통, 1-아주 낮음)

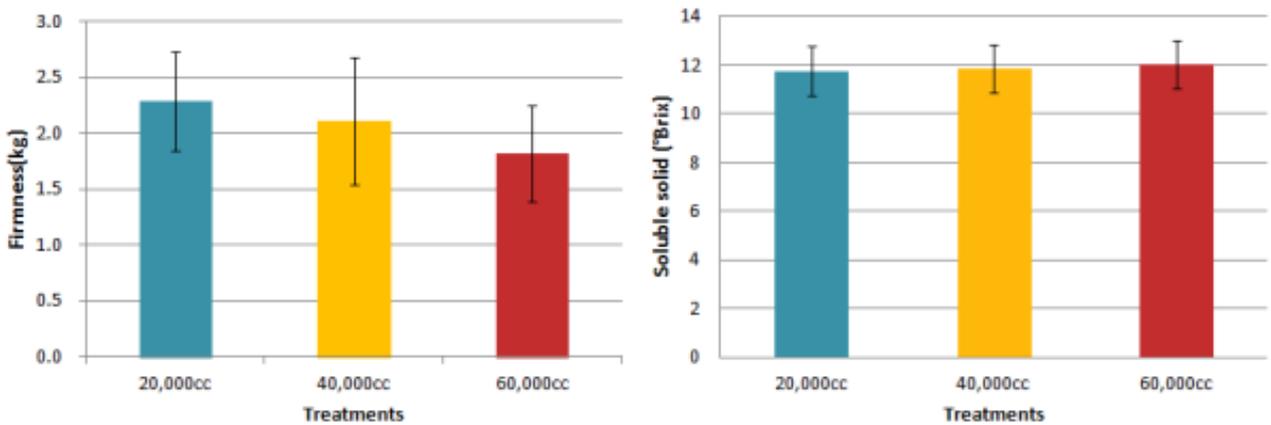


그림 86. 배의 상온 저장 종료일 과실의 경도와 당도

## (2) 오렌지

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(8℃)와 상온(20℃)에 저장  
10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc, 60,000cc  
포장단위: 1300g 내외(6개 묶음포장), 수확시기: 1월초순  
저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도변화, 외관 변화  
저장종료일: 에틸렌 농도, 이취, 경도, 당도

### - 연구결과

레이저 가공을 통해 산소투과도를 다르게 한 비천공 Breathable 필름이 오렌지 MA 저장에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 본 연구를 수행하였다. MA 저장용 필름은 산소투과도가 서로 다른 1,300cc, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm인 필름을 사용하였으며, 1℃, 8℃는 각 40일, 그리고 상온 (20℃) 에서 9일동안 저장하였다. 저장 종료일의 생체중 감소율은 1℃에서 약 0.4%, 8℃는 약 0.6%, 20℃는 약 0.6% 미만을 나타냈으며, 수분손실로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 오렌지의 이산화탄소 최대허용범위는 5%, 산소의 최소허용범위는 10% 로써 1℃와 8℃는 20,000cc와 40,000cc가 적합한 필름내 대기조성을 유지하였고, 20℃는 60,000cc가 범위내외로 유지되었다. 에틸렌 농도는 1℃에서 50,000cc, 8℃에서 40,000cc, 그리고 20℃에서 60,000cc가 가장 낮았다. 저장 종료일의 경도는 1℃에서 40,000cc, 8℃는 60,000cc, 20℃는 40,000cc가 가장 높았다. 당도는 1℃, 8℃, 20℃는 30,000cc가 가장 높았고, 패널테스트를 통한 외관은 1℃는 20,000cc, 8℃는 10,000cc, 그리고 20℃는 60,000cc를 제외한 모든 처리구가 우수하였다. 이취는 패널테스트와 Acetaldehyde, Ethanol의 상대적인 차이로 측정하였는데 1℃는 10,000cc, 8℃는 30,000cc, 20℃는 대조구와 40,000cc가 낮았다. 이상의 결과로 보아 오렌지 1℃의 경우 20,000cc, 8℃는 10,000cc, 그리고 20℃는 40,000cc 필름에 저장하는 것이 적합하다고 판단된다.

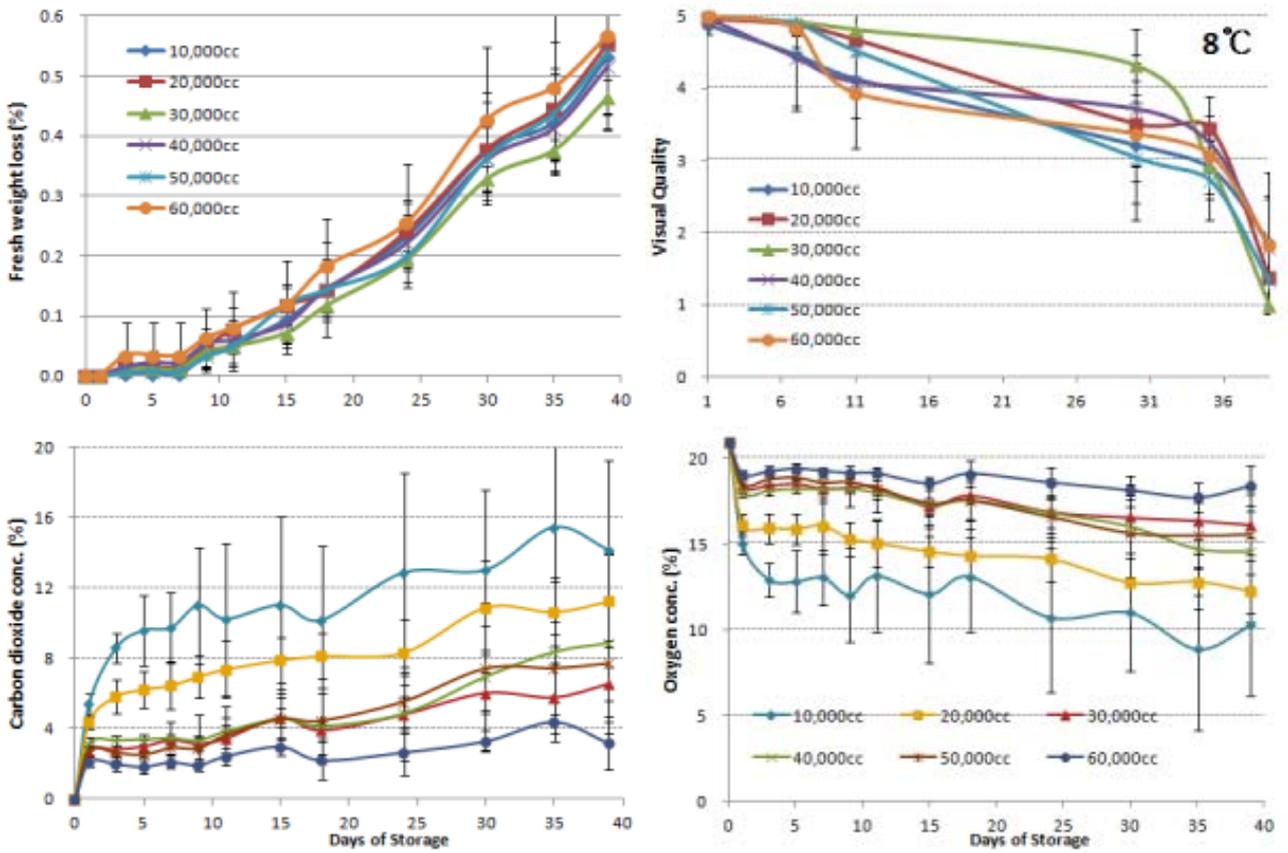


그림 87. 오렌지의 저온(8°C) 저장 중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도 변화, 그리고 외관 변화

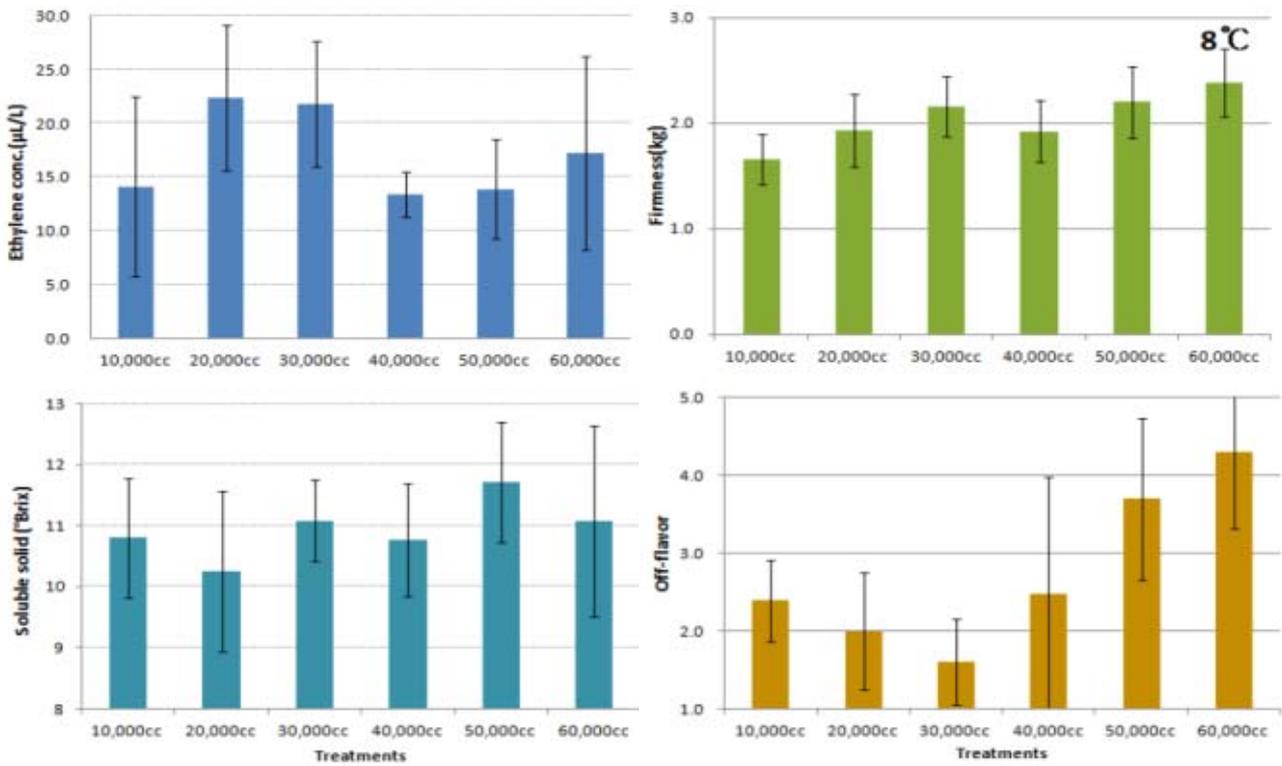


그림 88. 오렌지 저온(8°C) 저장 종료시 에틸렌 농도, 경도, 당도, 그리고 이취 정도

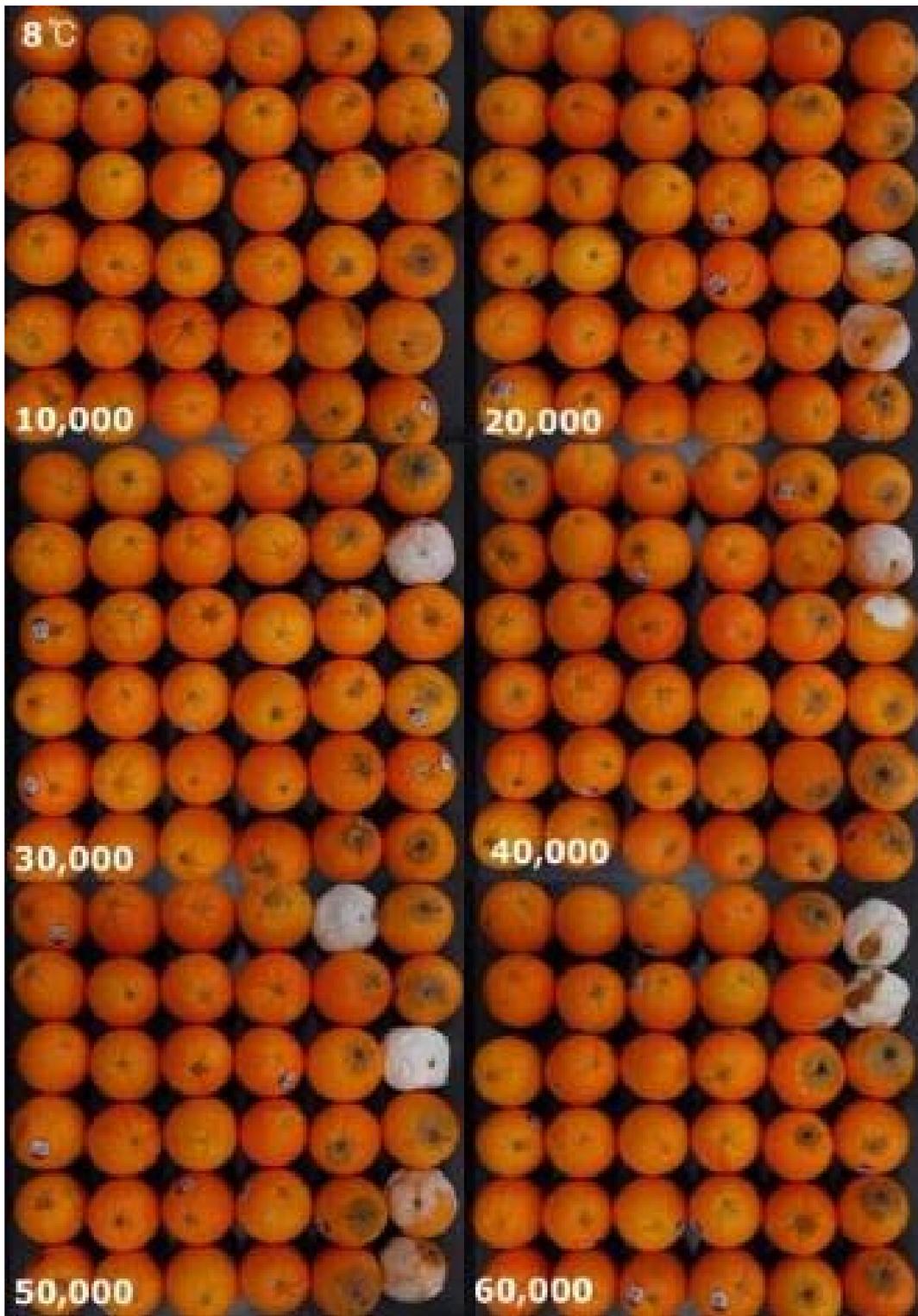


그림 89. 오렌지 저온 저장 종료일의 외관

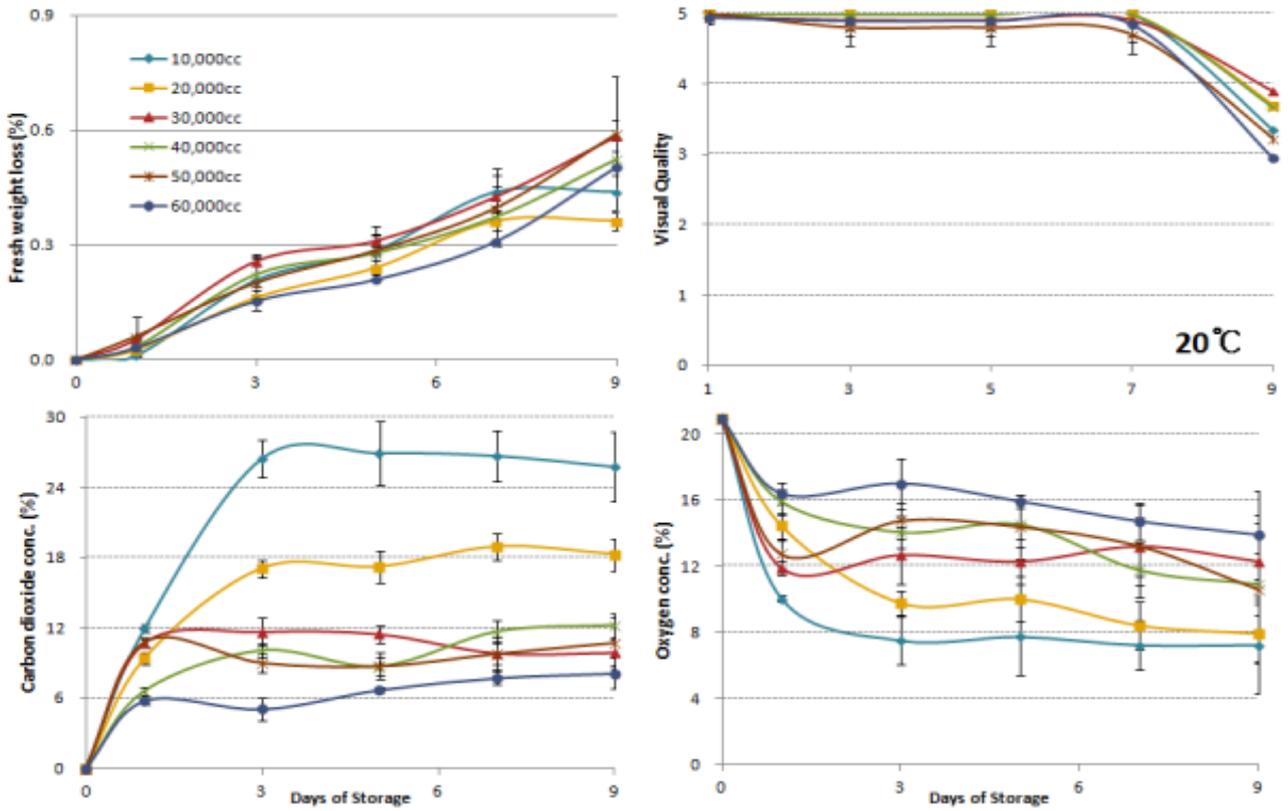


그림 90. 오렌지의 상온(20°C) 저장 중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도 변화, 그리고 외관 변화

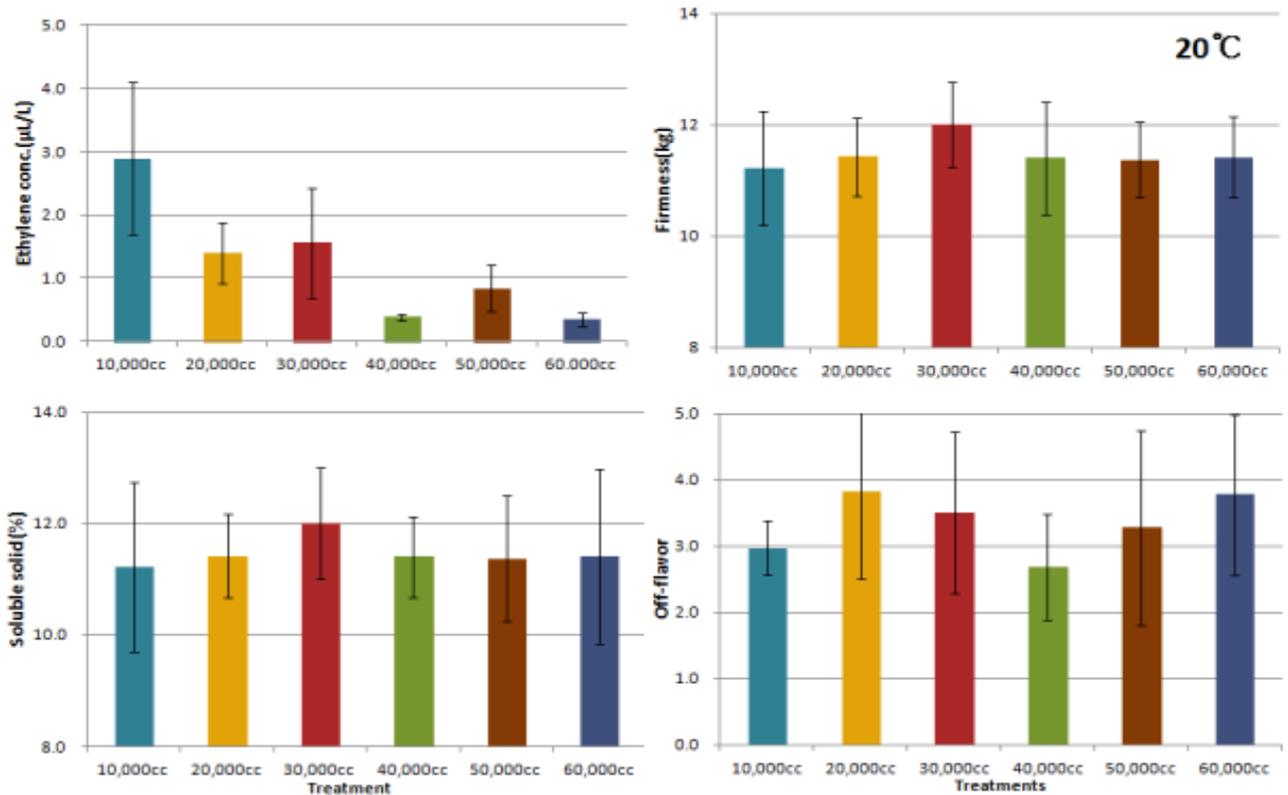


그림 91. 오렌지 상온(20°C) 저장 종료시 에틸렌 농도, 경도, 당도, 그리고 이취 정도

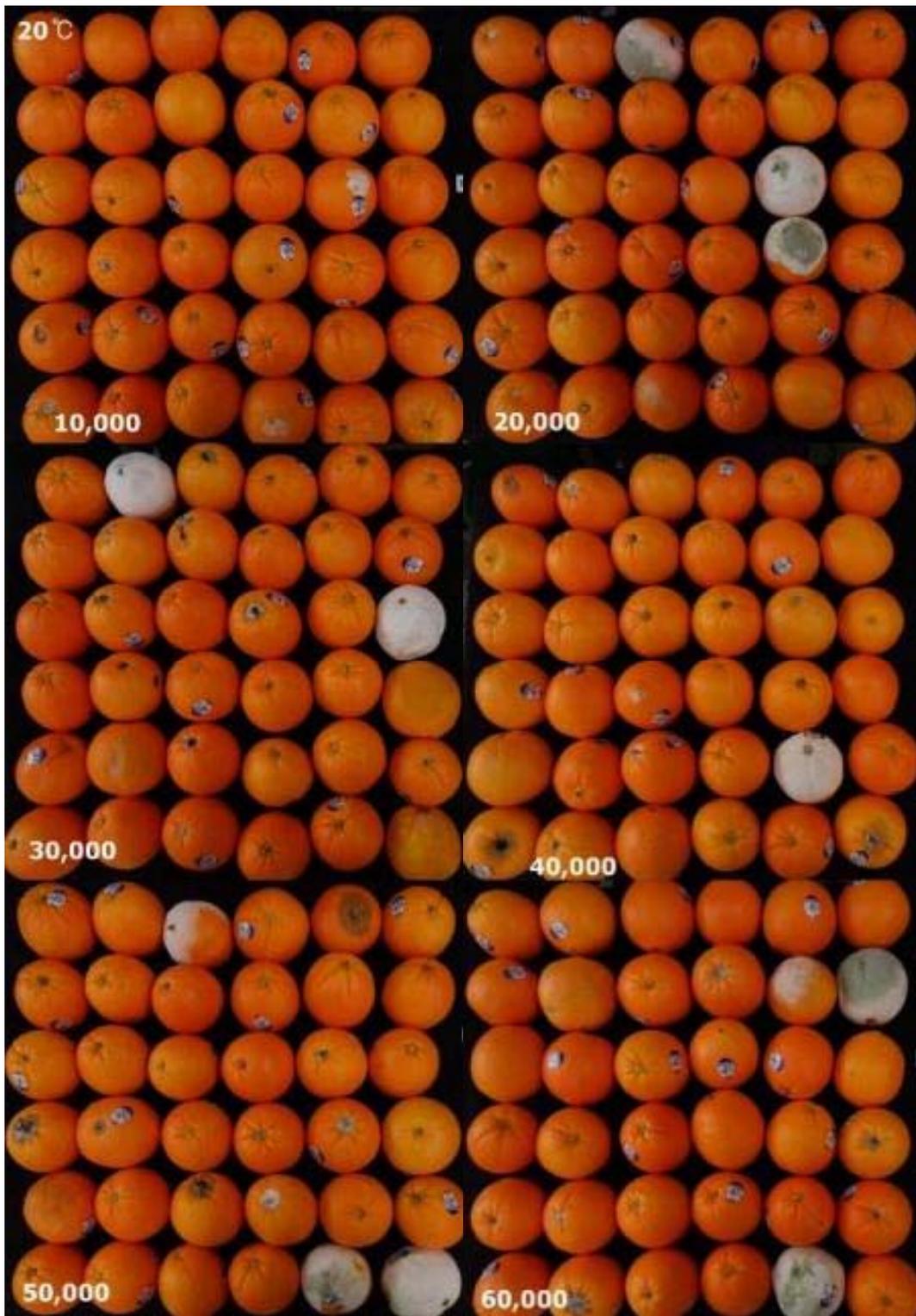


그림 92. 오렌지 상온 저장 종료일의 외관

### (3) 감귤

#### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(8℃)와 상온(20℃)에 저장  
1,300cc(대조구), 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 유공필름(Perforated)  
포장단위: 860g 내외(12개 묶음포장), 수확시기: 12월중순  
저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도, 에틸렌 농도변화  
저장종료일: 외관, 이취, 경도, 당도

#### - 연구결과

비천공 Breathable 필름이 감귤의 MA 저장에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 본 연구를 수행하였다. 본 실험에서는 산소투과도가 1,300cc, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm인 필름을 사용하였고, Perforated film을 대조구로 두어 1℃는 40일, 8℃는 35일, 상온 (20℃) 에서 10일동안 저장하였다. 생체중 감소율은 MA 저장 처리구는 1℃는 0.5%, 8℃는 0.5%, 그리고 20℃는 1.2% 미만의 감소율을 나타내며 수분손실로 인한 품질저하는 나타나지 않았고, 대조구는 1℃에서 약 2.0%, 8℃에서 약 1.6%, 그리고 20℃에서 약 3.3% 감소하였다. 감귤의 이산화탄소 최대허용범위는 2%, 산소의 최소허용범위는 3%로 1℃와 8℃는 20,000cc와 40,000cc, 20℃에서 40,000cc가 범위내외로 유지되었다. 에틸렌 농도는 1℃와 8℃에서 40,000cc, 20℃는 10,000cc가 가장 낮았다. 저장 종료일의 경도는 1℃에서 1,300cc가 가장 높았지만, 모든 처리구가 저장 전보다 약 50%이상 감소하였고, 8℃에서 1,300cc가 가장 높았으며, 20℃에서는 5,000cc, 20,000cc, 그리고 대조구가 저장전과 유사한 경도 수치를 나타냈다. 당도는 1℃에서 40,000cc, 8℃에서 20,000cc가 가장 높았고, 20℃에서는 모든 처리구가 저장전과 유사한 수치를 나타냈다. 패널테스트를 통해 조사한 외관은 1℃에서 대조구, 8℃에서 10,000cc, 그리고 20℃에서는 대조구와 1,300cc가 높은 결과값을 나타냈다. 이취는 관능검사와 Acetaldehyde, Ethanol의 상호비교를 통해 측정하였는데, 1℃ 관능검사에서는 5,000cc가 낮았지만 Acetaldehyde와 Ethanol은 40,000cc가 상대적으로 낮았으며, 8℃에서 1,300cc가 낮았고, 20℃에서는 대조구와 40,000cc가 낮았다. 이상의 결과로 보아 감귤은 1℃는 10,000cc, 8℃는 40,000cc, 20℃는 1,300cc가 적합한 것으로 판단된다.

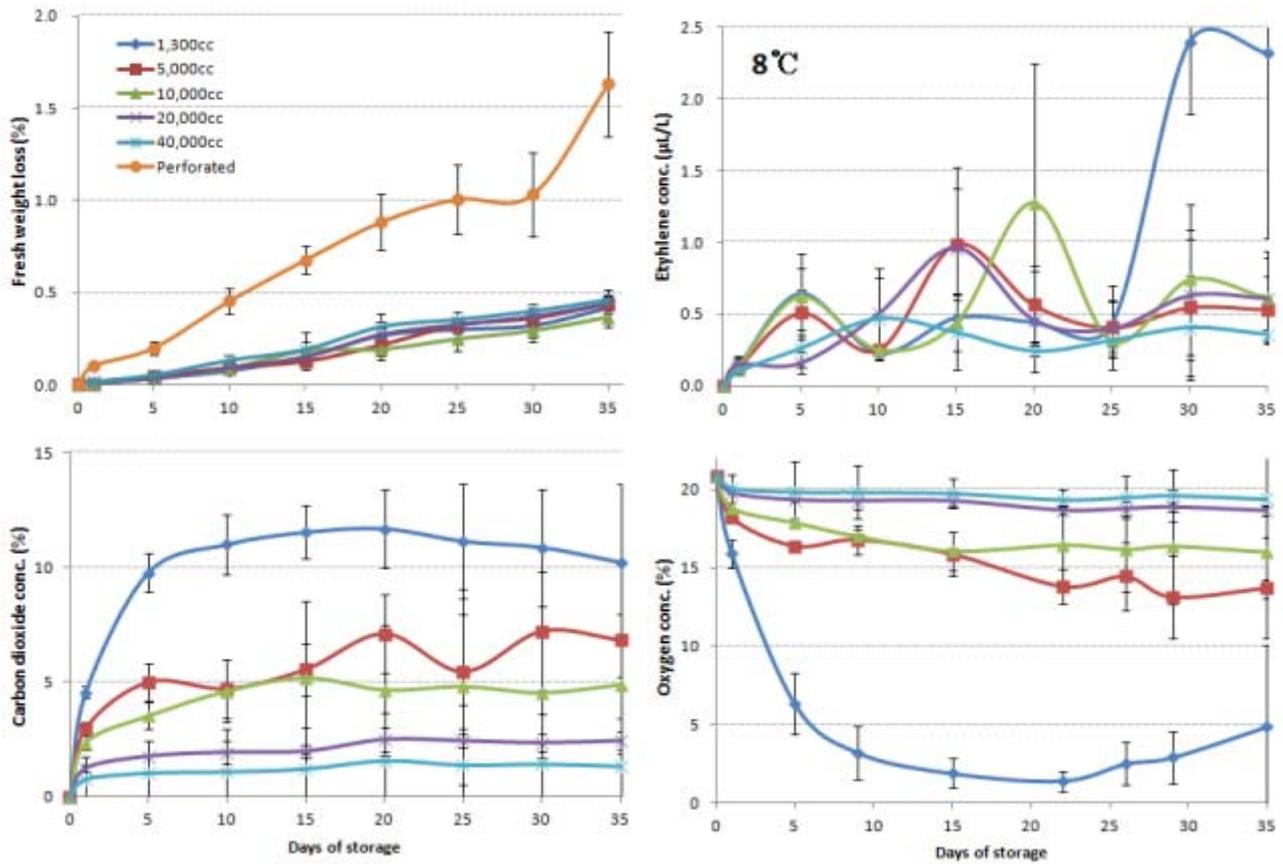


그림 93. 감귤의 8°C 저장 중 생체중 감소율과 에틸렌, 이산화탄소, 그리고 산소 농도 변화

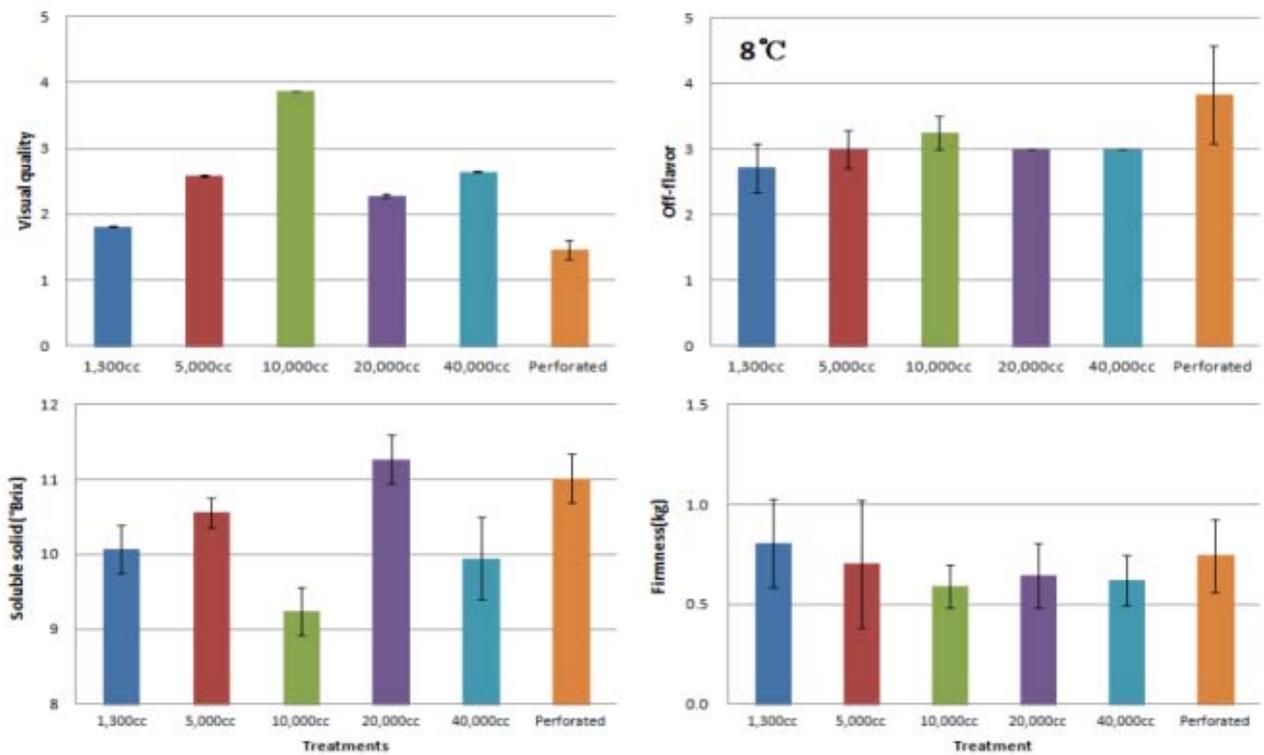


그림 94. 감귤의 8°C 저장 종료 시점의 외관, 이취, 당도, 그리고 경도

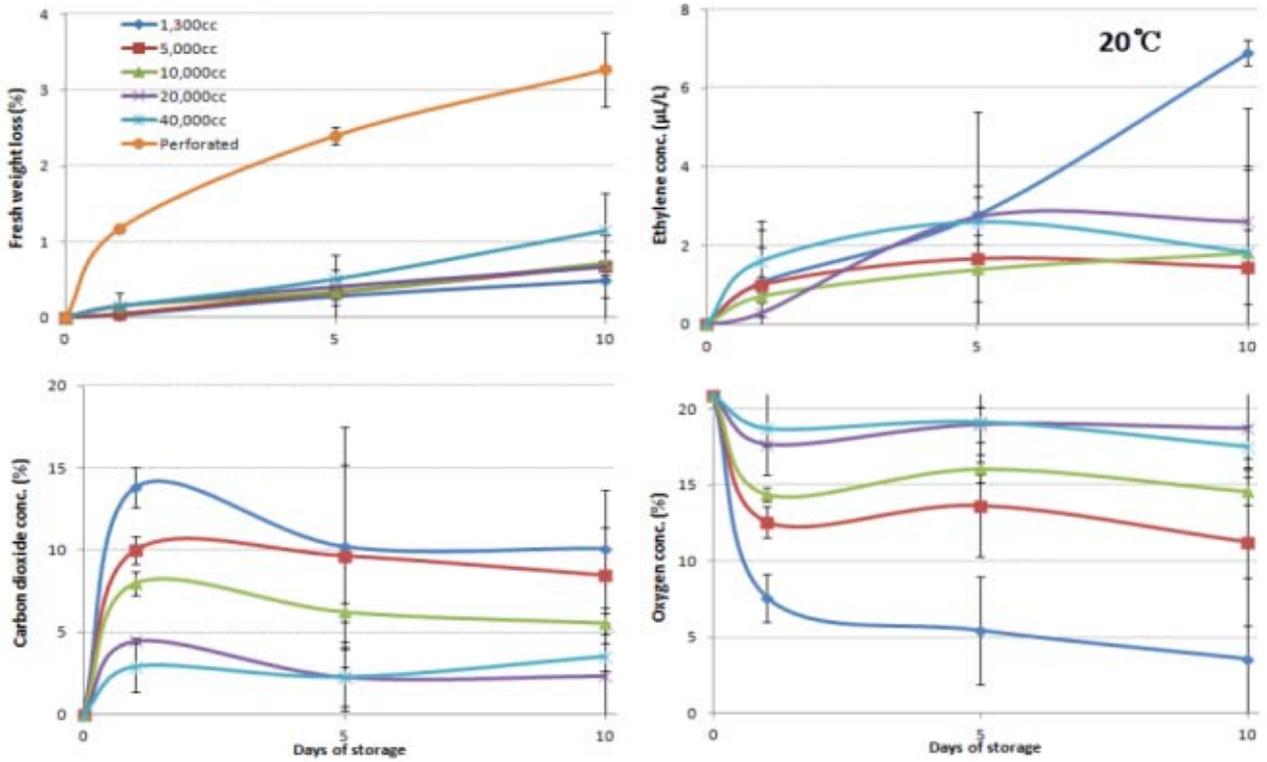


그림 95. 감귤의 상온(20°C) 저장 중 생체중 감소율과 에틸렌, 이산화탄소, 그리고 산소 농도 변화

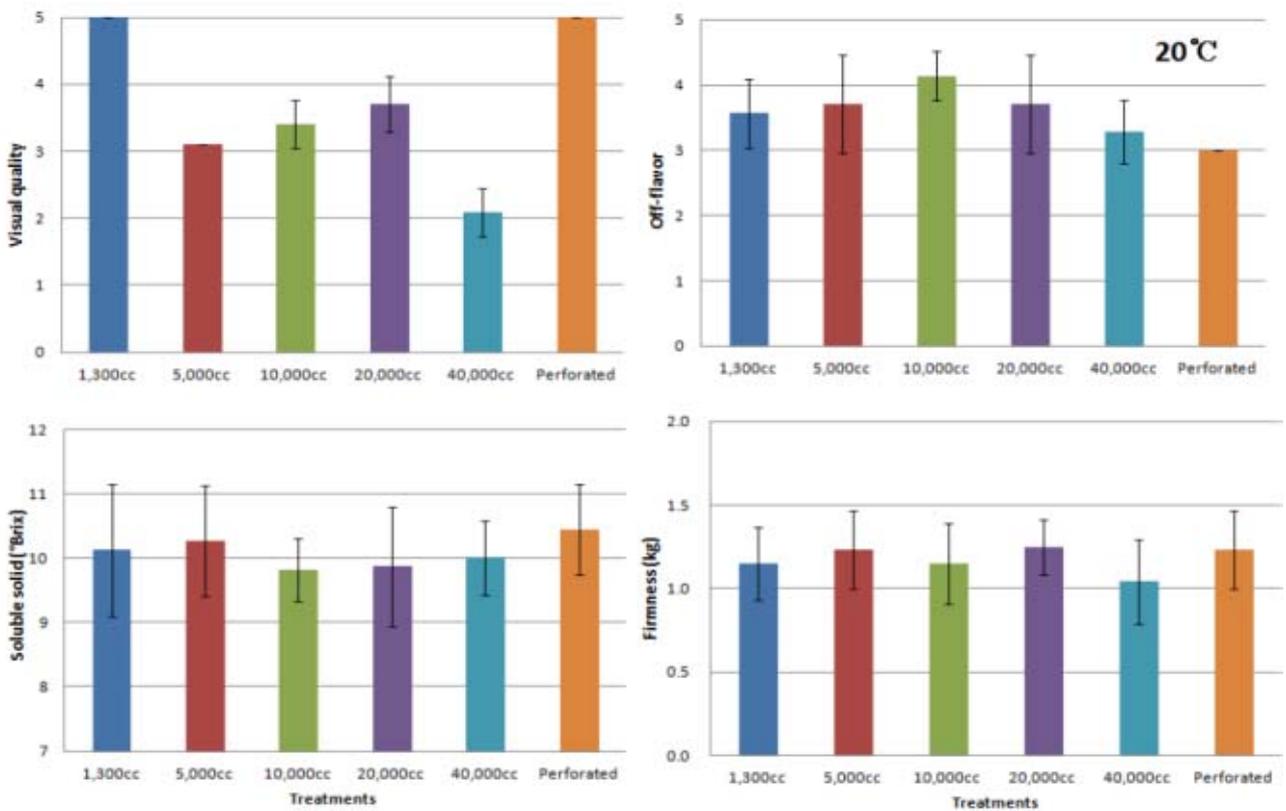


그림 96. 감귤의 상온(20°C) 저장 종료일의 외관, 이취, 당도, 그리고 경도

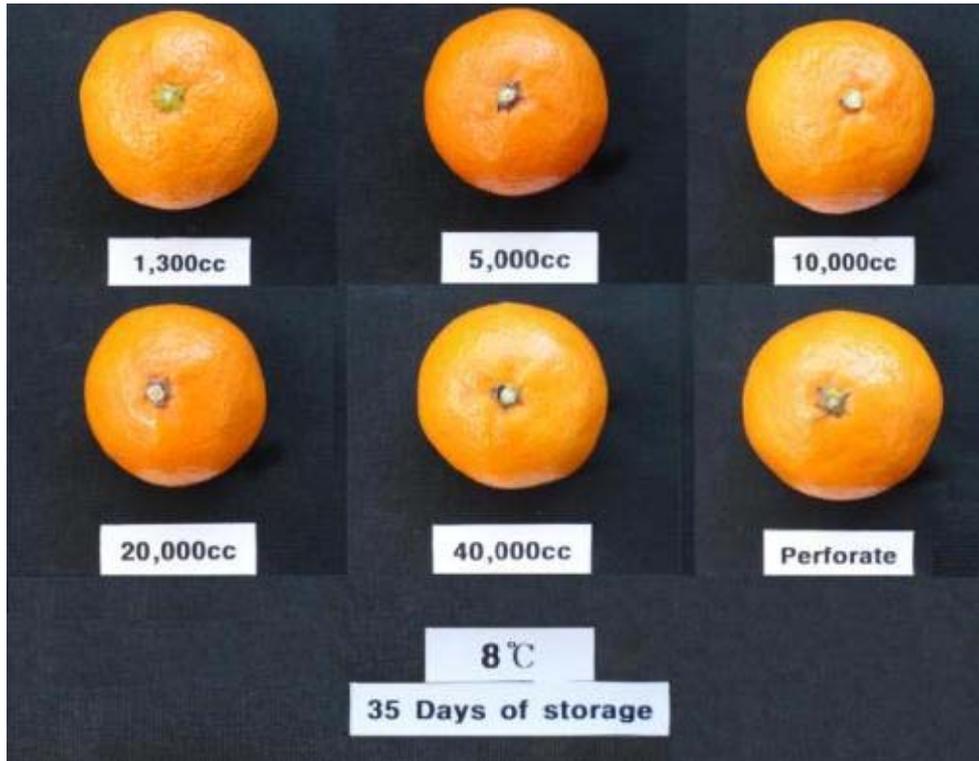


그림 97. 8°C 저장 종료일의 감귤의 외관

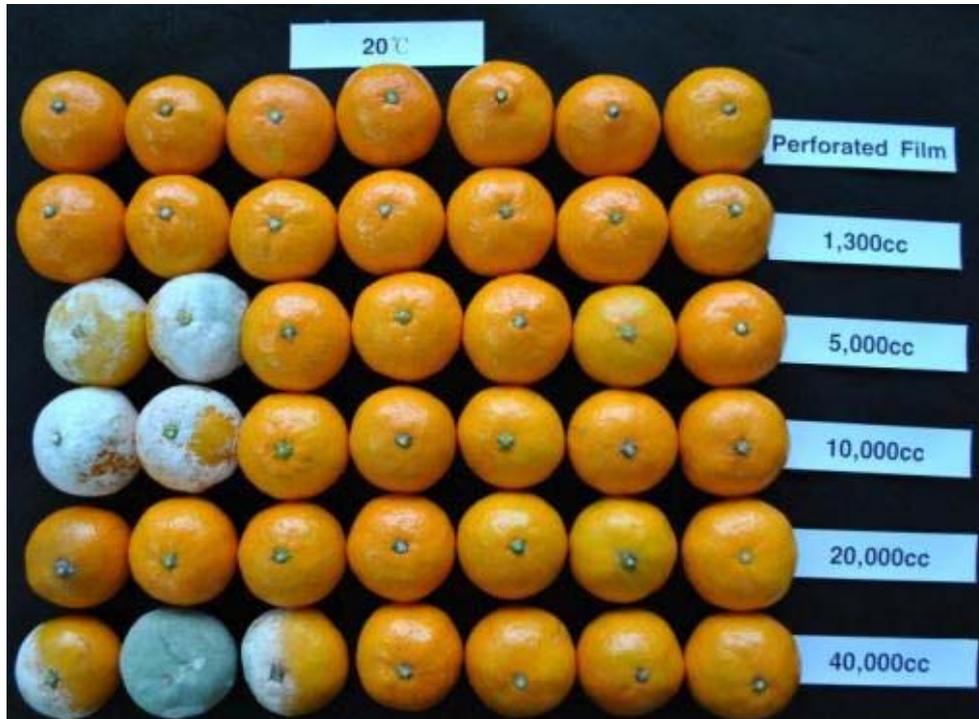


그림 98. 상온(20°C) 종료일의 감귤 외관

#### (4) 단감

##### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 1℃, 8℃와 상온(20℃)에 저장  
 1,300cc(대조구), 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 유공필름(Perforated)  
 포장단위: 940g 내외(5개 묶음포장), 품종:온주밀감, 수확시기: 12월중순  
 저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 에틸렌 농도변화  
 저장종료일: Vit. C, 외관, 이취, 경도, 당도

##### - 연구결과

산소 투과도를 다르게 한 비천공 Breathable 필름이 감의 MA 저장에 미치는 영향에 대해 알아보려고 본 연구를 수행하였다. MA 저장 처리구의 생체중 감소율은 각각 1℃에서 0.3%, 8℃에서 0.4%, 그리고 20℃에서 1.5% 미만의 감소율을 나타내었으며, 수분손실로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 적정 이산화탄소 농도 범위(10~12%)에 해당되었던 조건은 1℃저장에서는 1,300cc와 5,000cc, 20℃저장에서는 5,000cc와 10,000cc였으며, 8℃저장에서는 모든 필름이 적정범위 이상이었다. 필름 내 산소 농도는 3% 이상 유지해야 하는데 8℃와 20℃ 1,300cc만이 3% 이하였다. 에틸렌 농도는 1℃와 8℃에서는 대체로 1.0 μL/L이하로 유지되었으며, 20℃ 저장 1,300cc와 5,000cc만이 1.0 μL/L이상을 나타내었다. 저장 종료일의 경도는 1℃에서 10,000cc가 가장 높았지만, 모든 처리구가 저장전보다 약 62%이상 감소하였으며, 8℃는 1,300cc가 저장전에 비해 약 23% 감소하며 가장 높았고, 20℃는 40,000cc가 가장 높았으나 초기값에 비해 약 72% 감소하였다. 당도는 모든 처리구가 초기값과 유사한 값을 나타내었고, 1℃ 10,000cc, 8℃ 40,000cc에서 감소하는 경향을 보이며, 20℃에서는 유공필름처리에서 가장 높았다. 패널테스트를 통한 외관상 품질은 1℃와 8℃에서는 1,300cc, 20℃는 유공필름에서 가장 높았다. 이취는 1℃와 8℃에서는 5,000cc, 상온은 40,000cc가 낮았다. 이상의 결과로 보아 1℃와 8℃저장의 경우 이취는 많이 발생하였지만, 외관상 품질과 경도 등 품질 저하가 가장 적었던 1,300cc필름이, 20℃저장에서는 이취 발생이 가장 적었고, 외관상 품질과 경도가 양호하였던 40,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

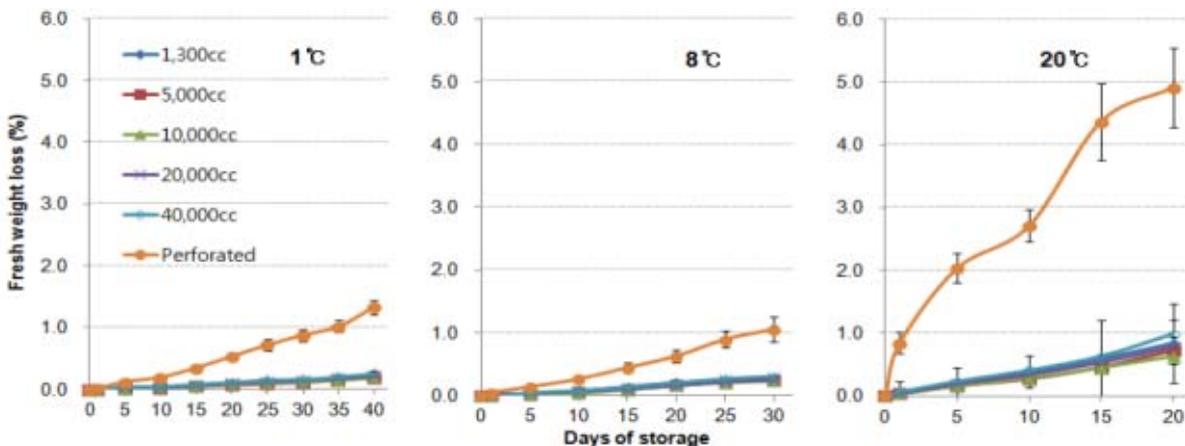


그림 99. 단감의 1℃, 8℃ 그리고 20℃ 저장중 생체중 감소율

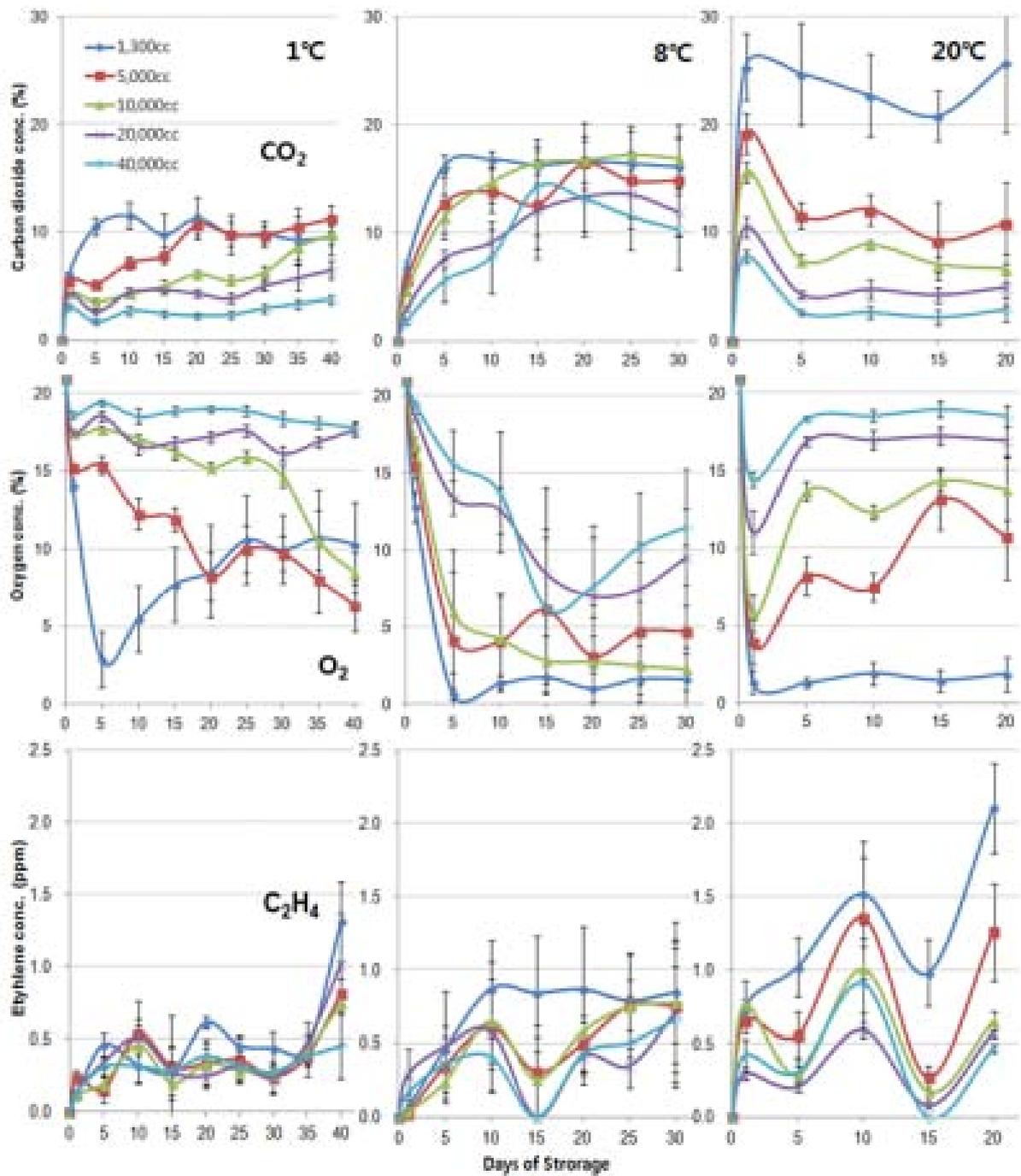


그림 100. 단감의 1°C, 8°C 그리고 20°C 저장중 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화

표 14. 저장 종료일의 비타민C, 경도, 당도, 외관 그리고 이취 정도  
(1℃: 40일, 8℃: 30일, 20℃: 20일)

Storage Temp.	Film treatments	Vitamin C (mg/100g FW)	Firmness (Kg)	Soluble solid (°Brix)	Visual quality <sup>z</sup>	Off-odor <sup>y</sup>
	Initial	108.2±2.6 <sup>x</sup>	5.11±0.12	15.63±0.19	5.00±0.00	-
1℃	1,300cc	68.9±0.2	1.79±0.28	15.44±0.11	3.66±0.11	3.09±0.15
	5,000cc	42.7±0.9	1.69±0.32	15.22±0.10	2.80±0.07	1.71±0.11
	10,000cc	41.0±0.3	1.99±0.34	14.07±0.54	2.51±0.10	1.73±0.11
	20,000cc	85.2±0.8	1.66±0.28	15.04±0.18	2.30±0.14	2.69±0.03
	40,000cc	71.1±0.5	1.05±0.11	15.60±0.34	2.14±0.06	2.88±0.10
	Perforated	80.5±1.0	1.00±0.14	15.44±0.35	1.94±0.09	3.16±0.10
8℃	1,300cc	54.0±0.2	3.96±0.32	16.02±0.43	3.48±0.11	3.50±0.10
	5,000cc	80.6±2.6	1.62±0.15	15.88±0.18	2.92±0.11	2.60±0.11
	10,000cc	51.6±1.2	1.07±0.07	15.92±0.19	2.44±0.09	2.92±0.12
	20,000cc	47.7±0.9	0.64±0.07	16.14±0.27	1.00±0.00	3.25±0.15
	40,000cc	53.7±0.2	0.85±0.10	14.62±0.23	1.94±0.12	3.71±0.15
	Perforated	18.5±0.5	0.50±0.12	15.15±0.06	1.00±0.00	3.57±0.10
20℃	1,300cc	77.8±0.7	0.96±0.13	15.47±0.28	2.32±0.09	4.00±0.30
	5,000cc	55.6±1.0	0.77±0.23	15.22±0.30	1.71±0.18	2.16±0.28
	10,000cc	45.5±0.3	0.75±0.14	15.06±0.29	2.39±0.15	1.17±0.18
	20,000cc	49.8±0.3	0.57±0.09	15.55±0.24	2.17±0.12	2.16±0.37
	40,000cc	43.2±0.6	1.42±0.21	14.55±0.34	2.35±0.18	1.16±0.15
	Perforated	54.9±1.2	0.47±0.08	16.67±0.44	2.71±0.18	1.57±0.20

<sup>z</sup> Visual quality was measured that 5 was fresh condition, 4 was good, 3 was moderate, 2 was bad, 1 was most severe; unmarketable.

<sup>y</sup> Off-flavor was measured that 5 was most severe; unmarketable, 4 was severe, 3 was moderate, 2 was traceable, 1 was little, 0 was fresh condition.

<sup>x</sup> Means ± Standard Deviation (n=7).

## (5) 한라봉

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 8℃와 상온(20℃)에 저장  
10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 60,000cc,  
포장단위: 1020g 내외(4개 묶음포장), 수확시기: 12월중순  
저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화  
저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

### - 연구결과

생체중 감소율은 저장 종료일에 모든 필름이 8℃에서 1.8% 미만, 상온저장에서 0.7% 미만의 감소를 보이며 수분 감소로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 필름내 이산화탄소 농도는 8℃는 50,000cc가 저장중 3% 내외를 유지하며, 오렌지의 이산화탄소 최대허용범위인 3%와 유사하였고, 상온은 모든 필름이 3% 이상을 유지하였는데, 그 중 50,000cc가 가장 낮게 유지되었다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 8℃는 60,000cc, 상온은 30,000cc가 가장 낮았고, 외관은 8℃는 10,000cc과 20,000cc, 상온은 20,000cc와 30,000cc가 높았다. 이취는 8℃는 10,000cc, 상온은 30,000cc가 가장 낮았다. 당도는 8℃에서 60,000cc, 상온은 20,000cc가 높았고, 경도는 8℃에서 60,000cc, 상온은 40,000cc가 높았다. 따라서 한라봉은 8℃에 저장하는 것이 적합하며, 외관이 높고 이취가 적었던 10,000cc-20,000cc 필름에 저장하는 것이 바람직하다.



그림 101. 한라봉 저온 저장 종료일의 외관

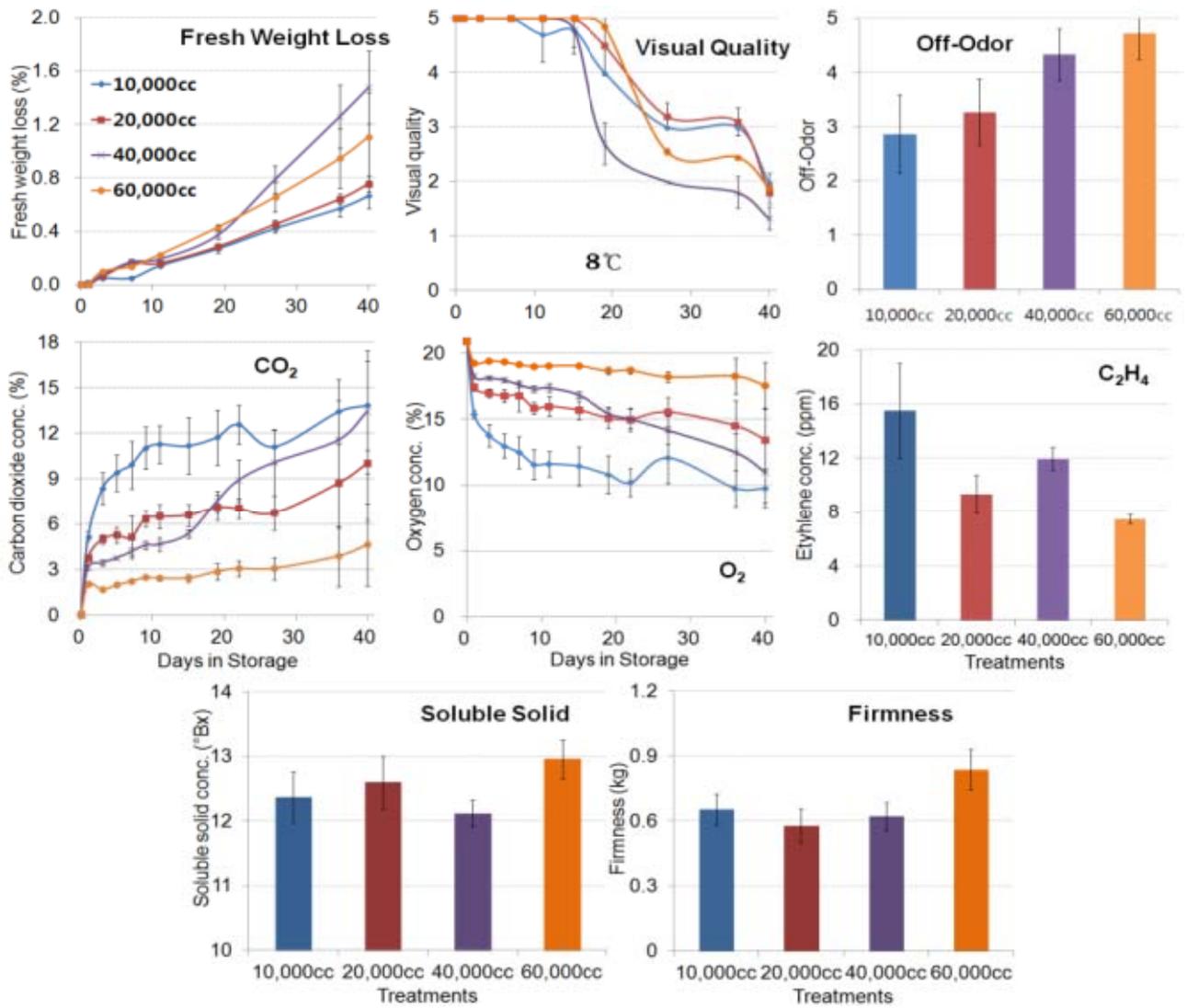


그림 102. 한라봉 저온(8°C) 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 외관 변화 그리고 저장 종료일의 에틸렌 농도, 이취, 경도, 당도

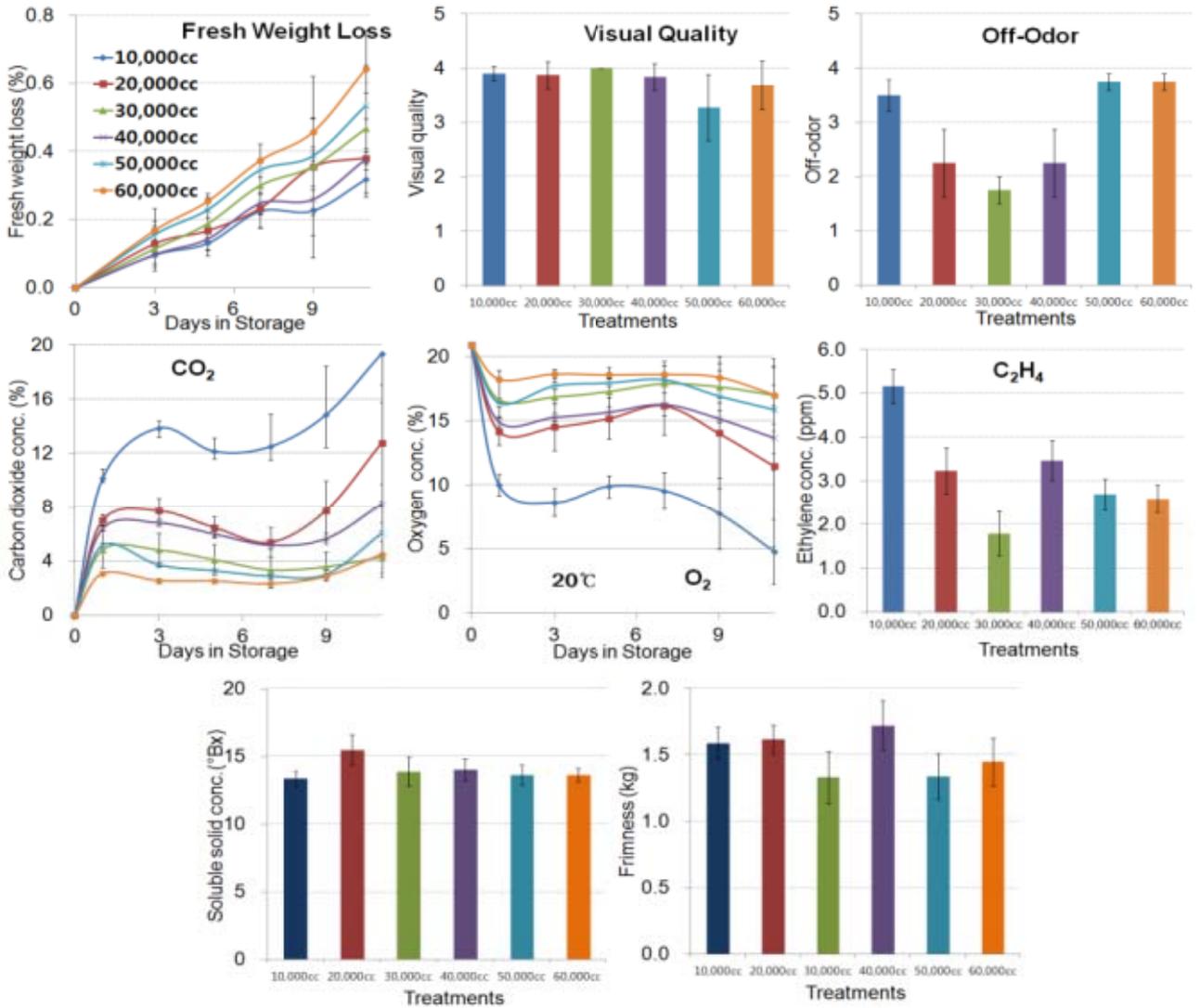


그림 103. 한라봉 상온(20°C) 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 외관 변화 그리고 저장 종료일의 에틸렌 농도, 이취, 경도, 당도

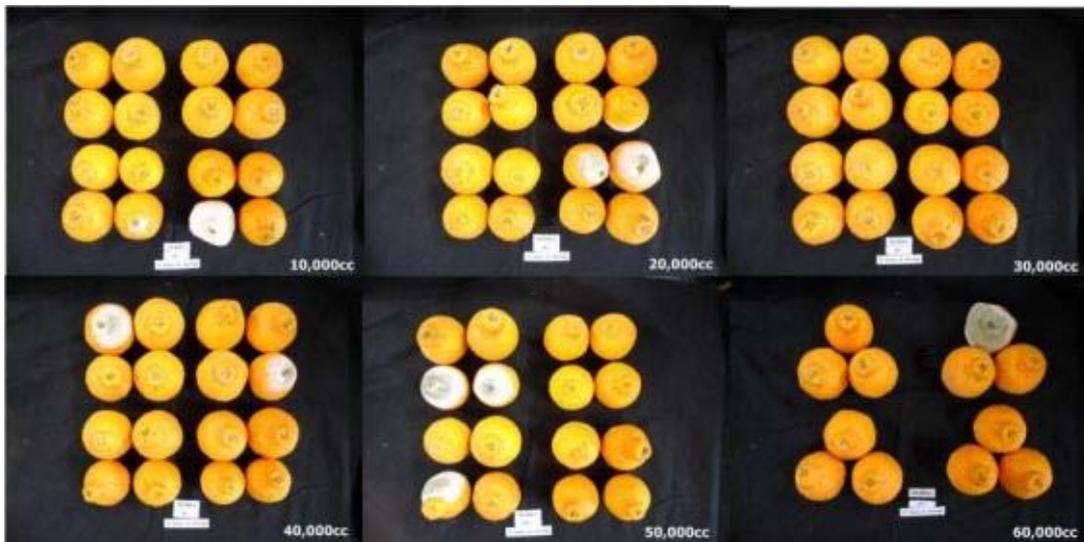


그림 104. 한라봉 상온 저장 종료일의 외관

(6) 자몽

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 8℃와 상온(20℃)에 저장

10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 60,000cc

포장단위: 640g 내외(2개 묶음포장), 수확시기: 1월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

- 연구결과

상온 20℃ 저장 종료시까지 생체중 감소율은 모든 처리구가 약 0.4% 미만으로 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상은 나타나지 않았다. 이산화탄소는 모든 처리구가 약 6.0% 미만의 농도를 나타내었는데 자몽의 경우 이산화탄소 최대허용범위는 10%로써 모든 필름이 허용범위에 적합하였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 모든 처리구가 약 0.8μL/L 이하의 수치를 나타내었는데, 그 중 20,000cc가 가장 낮은 농도를 보였다. 외관은 40,000cc가 가장 높았으며, 이취는 60,000cc가 가장 낮았으며 10,000cc가 ,가장 낮아 필름간의 일정한 경향을 보였다. 경도와 당도는 처리구간의 차이가 나타나지 않았다. 이에 에틸렌 발생량이 상대적으로 낮았고, 외관수치가 높았으며, 이취도 낮았던 40,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

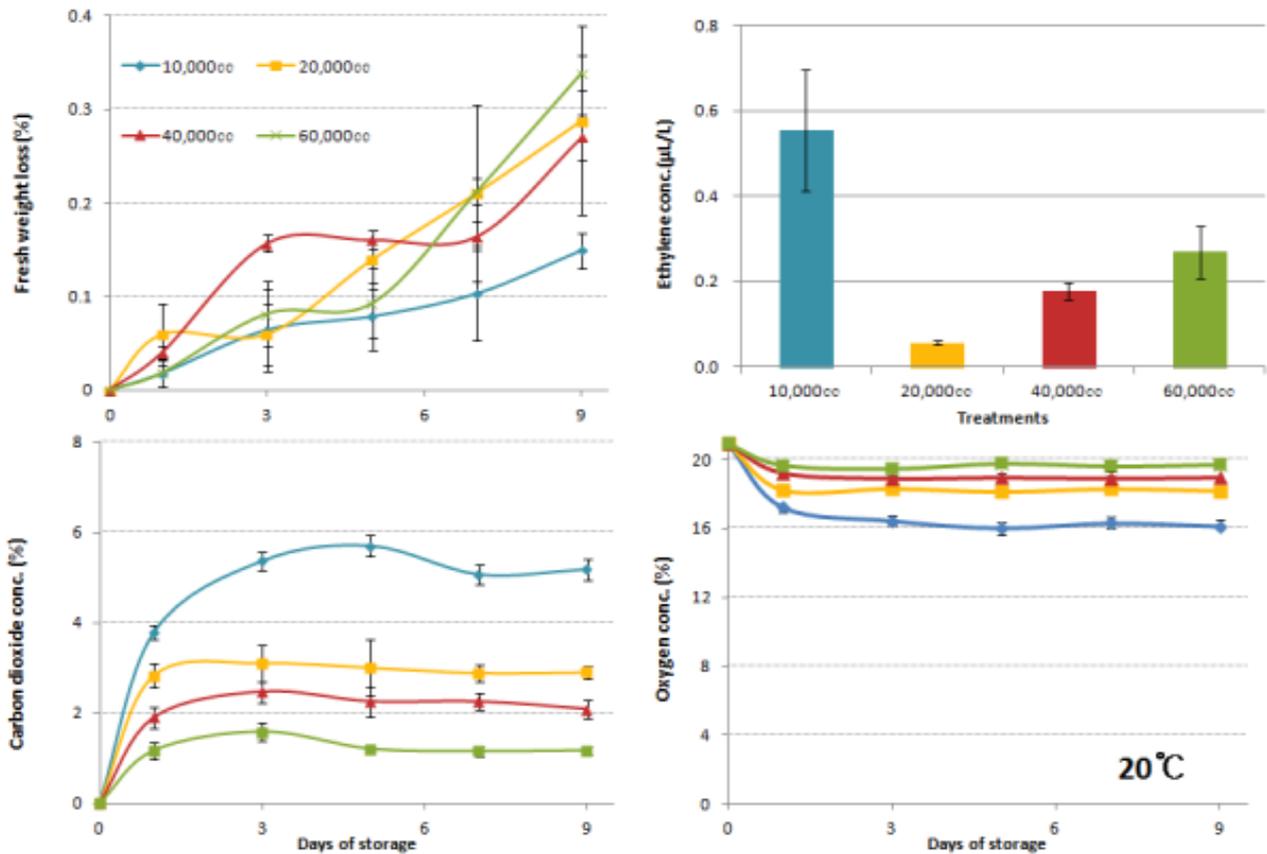


그림 105. 자몽 상온(20℃) 저장 중 생체중 감소율과 이산화탄소/산소 농도변화와 저장 종료일의 에틸렌 농도

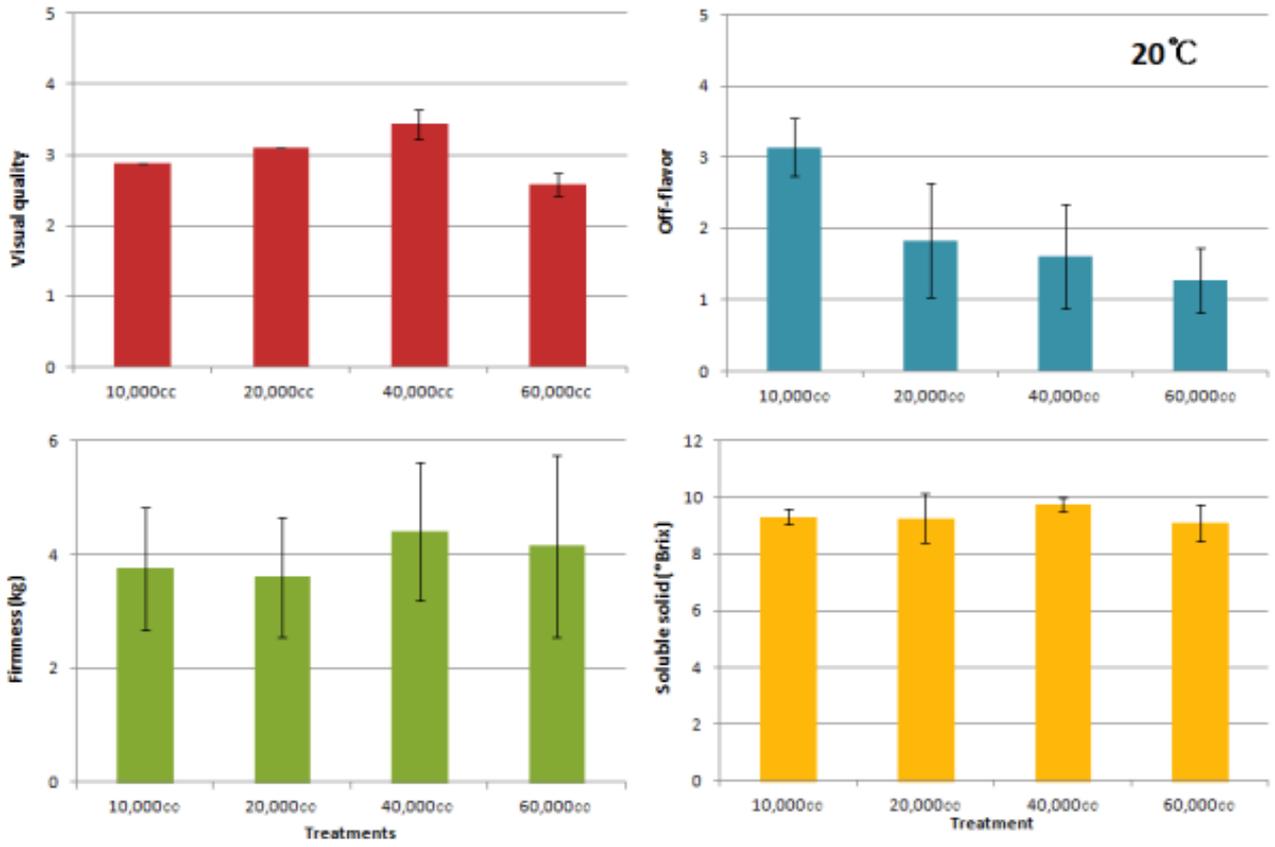


그림 106. 자몽의 상온 저장 종료일의 외관, 이취, 경도 그리고 당도



그림 107. 자몽 상온 저장 종료일의 외관

## (7) 키위(그린키위, 골드키위)

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 8℃와 상온(20℃)에 저장  
5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 30,000cc(20℃), 40,000cc, 50,000cc  
포장단위: 830g 내외(그린키위 묶음포장), 620g(골드키위 묶음포장), 수확시기: 12월중순  
저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화  
저장종료일: 에틸렌 농도, Vit C., 당도, 경도 외관, 이취

### - 연구결과

그린키위 생체중 감소율은 8℃와 상온저장 종료일에 모든 필름처리구에서 0.4% 이하의 감소를 보이며 수분 감소로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 8℃ 저장에서는 포장내 이산화탄소 농도가 CA 및 MA 적정 범위에 해당했던 필름은 20,000cc였고, 20℃에서는 40,000cc와 50,000cc에서 6%내외로 가장 낮았다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 8℃는 50,000cc, 20℃는 40,000cc가 가장 낮은 수치를 나타내었고, 외관상 품질은 8℃는 20,000cc, 20℃는 10,000cc이 가장 높았으며, 이취는 8℃의 경우 50,000cc가 가장 낮았다. 당도는 8℃에서 20,000cc와 40,000cc, 20℃는 40,000cc가 높았다. 골드키위 생체중 감소율은 8℃와 20℃저장 종료일에 모든 필름이 0.6% 이하의 감소를 보이며 수분 감소로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 필름내 대기조성은 8℃에 저장하였을 때 20,000cc와 30,000cc가 저장중 5% 내외의 이산화탄소 농도를 유지하였고, 20℃는 50,000cc이 6%내외로 가장 낮았다. 산소 농도는 8℃와 20℃저장 처리구 모두 최소 허용범위인 2% 이상의 농도를 보였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 8℃와 20℃저장 처리구중 40,000cc가 가장 낮았고, 외관은 8℃에서 5,000cc, 20℃에서는 40,000cc가 높았다. 이취는 8℃에서 50,000cc가 가장 낮았으며, 당도는 8℃에서 40,000cc, 20℃에서는 20,000cc가 높았다. 따라서 20℃에서 저장기간은 7일 미만이었는데 필름 처리구중에서는 에틸렌 농도와 당도, 외관상 품질을 종합해볼 때 그린키위와 골드키위 모두 40,000cc가 적합하였다. 27일간 저장이 가능하였던 8℃는 이산화탄소 농도, 외관상 품질과 당도를 고려해 볼 때 그린키위와 골드키위는 20,000cc가 적합하다고 판단된다.

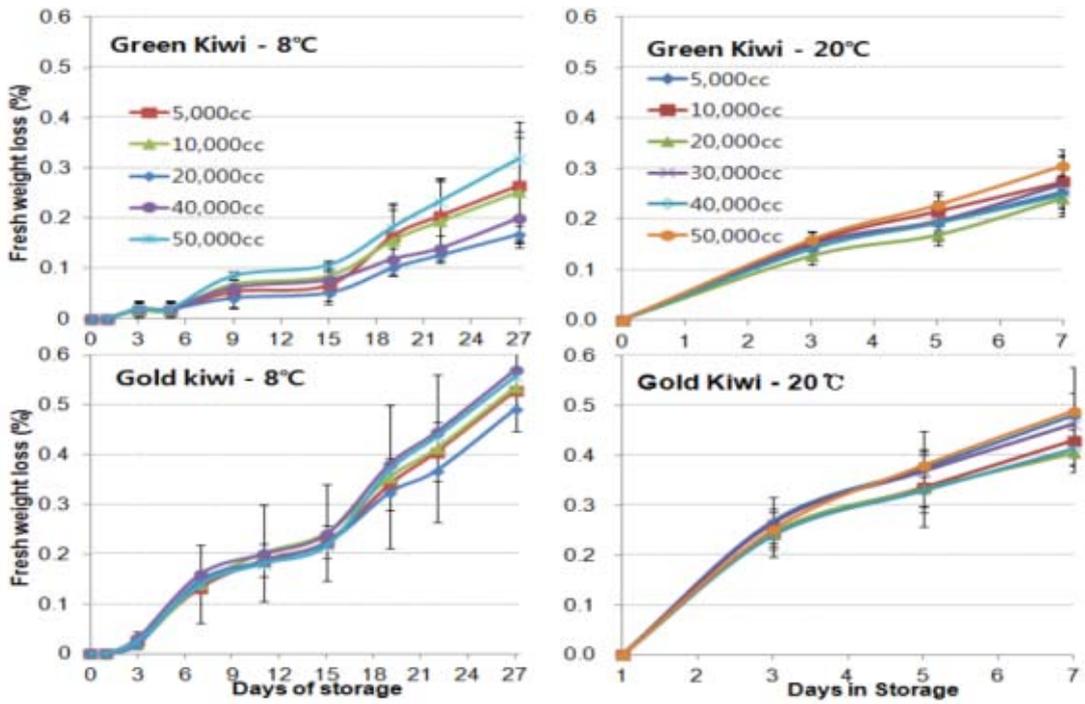


그림 108. 그린키위와 골드키위의 8°C, 20°C 저장 중 생체중 감소율

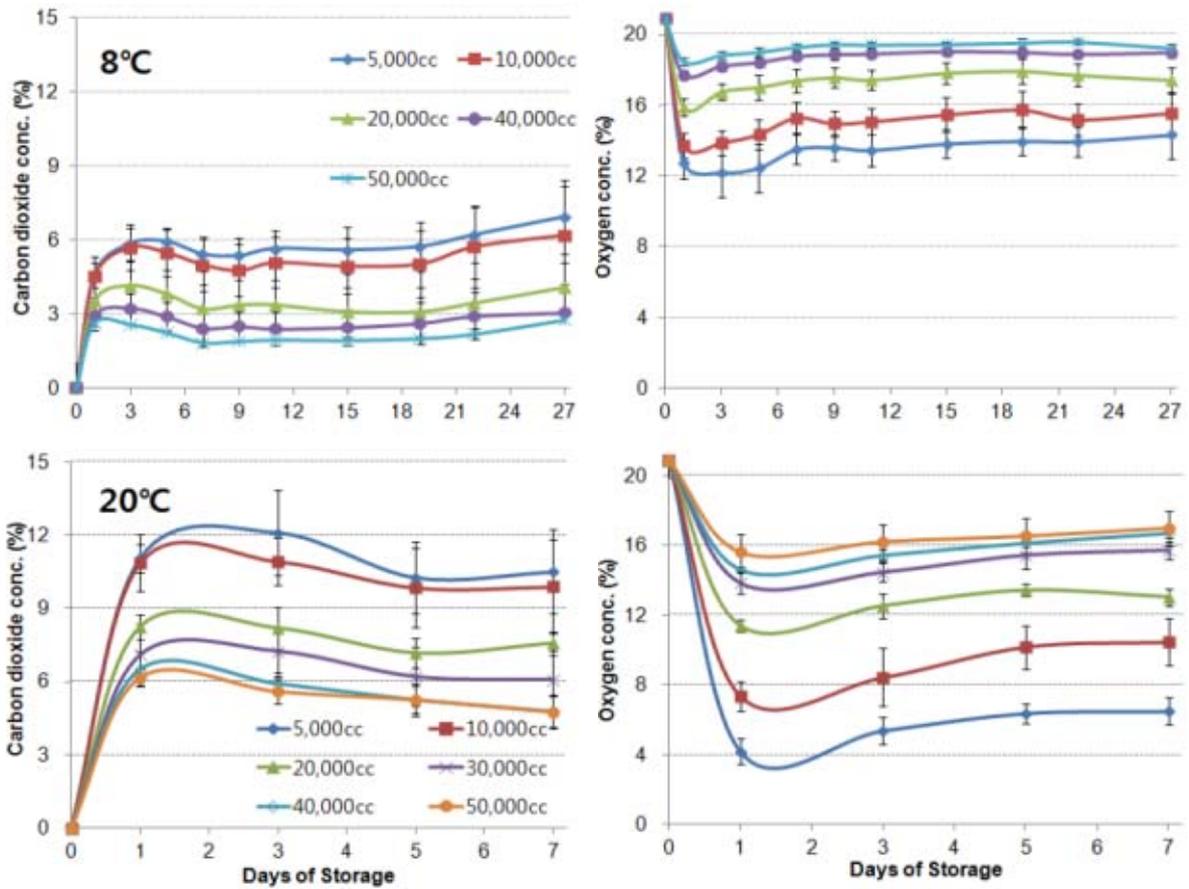


그림 109. 그린키위의 저장중 이산화탄소와 산소 농도 변화

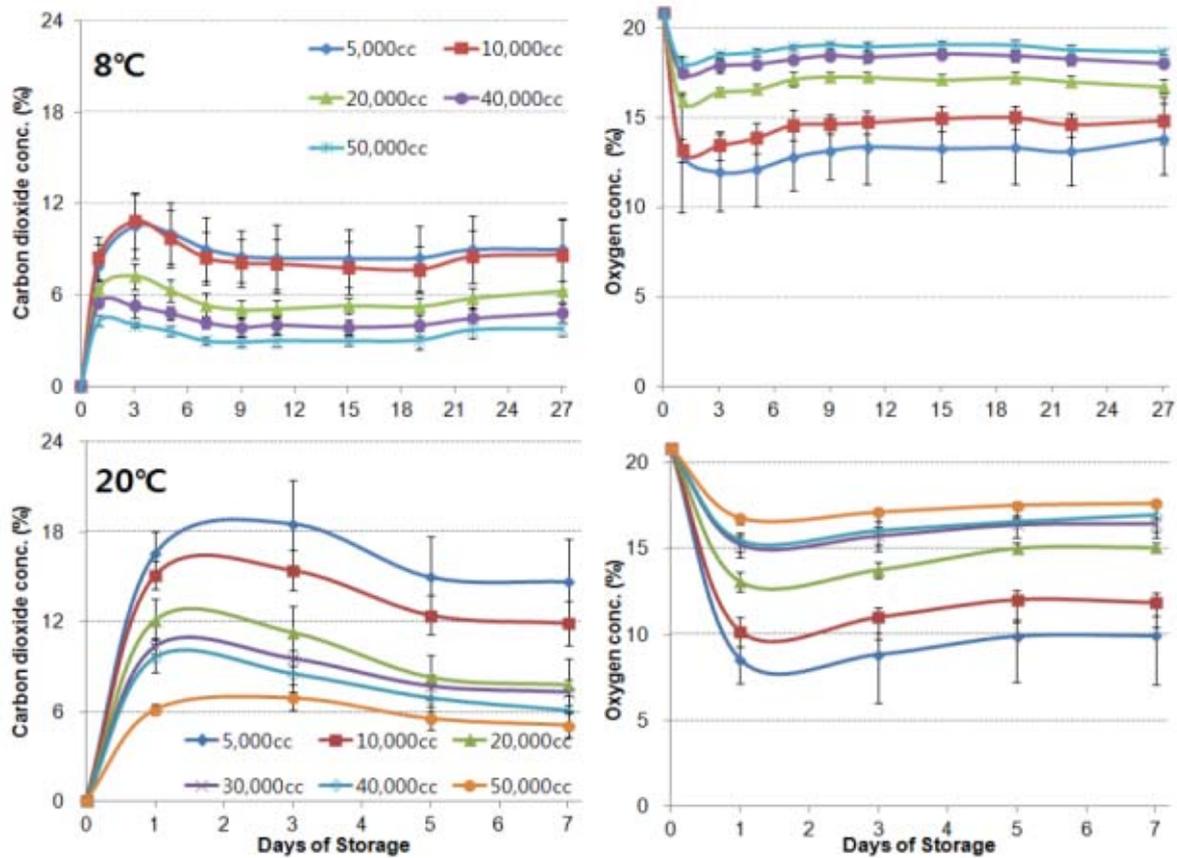


그림 110. 골드키위의 저장중 이산화탄소와 산소 농도 변화

표 15. 그린키위와 골드키위의 저온(8°C) 저장 종료일의 에틸렌 농도, 비타민 C, 당도, 경도, 외관 그리고 이취 정도.

Cultivars	Film treatments	Ethylene conc. ( $\mu\text{l}/\text{l}$ )	Vit. C (mg/100g FW)	Soluble solid ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	Firmness (kg)	Visual quality <sup>z</sup>	Off-flavor <sup>y</sup>
Green kiwifruit	5,000cc	0.87±0.12 <sup>x</sup>	29.60±5.53	12.58±0.77	0.54±0.05	3.1±0.1	2.7±0.1
	10,000cc	0.53±0.13	21.20±0.55	13.28±0.82	0.54±0.05	3.0±0.1	2.7±0.0
	20,000cc	0.36±0.08	20.41±1.73	13.55±0.62	0.58±0.06	3.9±0.1	1.5±0.2
	40,000cc	0.38±0.07	24.11±1.63	13.39±0.54	0.59±0.10	2.8±0.2	1.5±0.2
	50,000cc	0.27±0.03	26.00±1.52	12.78±0.70	0.41±0.06	3.3±0.5	1.3±0.1
Gold kiwifruit	5,000cc	0.36±0.03	18.16±0.40	16.02±1.38	0.36±0.03	3.9±0.3	3.6±0.2
	10,000cc	0.44±0.04	21.16±1.96	14.69±0.55	0.44±0.04	3.6±0.1	2.5±0.2
	20,000cc	0.45±0.05	19.14±0.83	15.17±0.66	0.45±0.05	3.5±0.2	2.9±0.0
	40,000cc	0.31±0.04	17.47±1.53	14.98±0.54	0.31±0.03	3.5±0.3	2.5±0.1
	50,000cc	0.43±0.05	17.07±1.22	15.05±0.54	0.43±0.05	3.7±0.5	2.4±0.2

<sup>z</sup> Visual quality was measured that 5 was fresh condition, 4 was good, 3 was moderate, 2 was bad, 1 was most severe; unmarketable.

<sup>y</sup> Off-flavor was measured that 5 was most severe; unmarketable, 4 was severe, 3 was moderate, 2 was traceable, 1 was little, 0 was fresh condition.

<sup>x</sup> Means ± Standard Deviation (n=7).

표 16. 그린키위와 골드키위의 상온 저장 종료일의 에틸렌 농도, 당도, 그리고 외관

Cultivars	Film treatments	Ethylene conc. ( $\mu\text{l}/\ell$ )	Soluble solid ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	Visual quality <sup>z</sup>
Green kiwifruit	5,000cc	0.37±0.09 <sup>y</sup>	14.56±0.39	3.1±0.5
	10,000cc	0.71±0.09	14.07±0.29	3.4±0.5
	20,000cc	0.48±0.11	14.67±0.42	3.1±0.2
	30,000cc	0.42±0.12	14.41±0.83	3.1±0.4
	40,000cc	0.24±0.03	15.26±0.68	3.2±0.5
	50,000cc	0.37±0.07	14.56±0.39	3.0±0.3
Gold kiwifruit	5,000cc	0.24±0.06	14.64±0.94	3.5±1.4
	10,000cc	0.19±0.07	15.04±1.30	3.4±0.8
	20,000cc	0.27±0.05	15.51±0.70	3.0±1.2
	30,000cc	0.36±0.05	14.13±0.36	3.3±1.3
	40,000cc	0.17±0.03	14.91±0.35	4.3±0.5
	50,000cc	0.35±0.02	14.20±0.68	2.6±0.9

<sup>z</sup> Visual quality was measured that 5 was fresh condition, 4 was good, 3 was moderate, 2 was bad, 1 was most severe; unmarketable.

<sup>y</sup> Means ± Standard Deviation (n=7).



그림 111. 8°C 저장한 그린키위와 골드키위의 내부사진

나. 하절기 대비 채소류 12개 품목(새송이 버섯, 미니 새송이 버섯, 미니 파프리카, 돌나물, 치커리, 달래, 유채, 세발나물, 청경채, 미니 참추, 깻잎, 브로콜리)의 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립

(1) 새송이 버섯

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 12°C와 상온(25°C)에 저장

5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)

포장단위: 310g 내외(2 묶음포장), 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

- 연구결과

12°C에서 7일간 저장중 생체중 감소율은 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 1% 미만으로 생체중 감소로 인한 품질저하 현상은 나타나지 않았으며, 유공필름 처리구는 저장 종료일에 약 5% 정도의 감소율을 나타내었다. 이산화탄소 농도는 저장 직후 급격히 증가하여 저장 1일째 모든 처리구가 약 18% 이상의 고농도를 나타내었고, 반면에 산소 농도는 저장 직후 급격히 감소하여 5% 이하의 저농도를 보였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으며, 외관은 10,000cc 처리구만이 상품성이 있게 조사되었다. 이취는 20,000cc가 가장 낮았다.

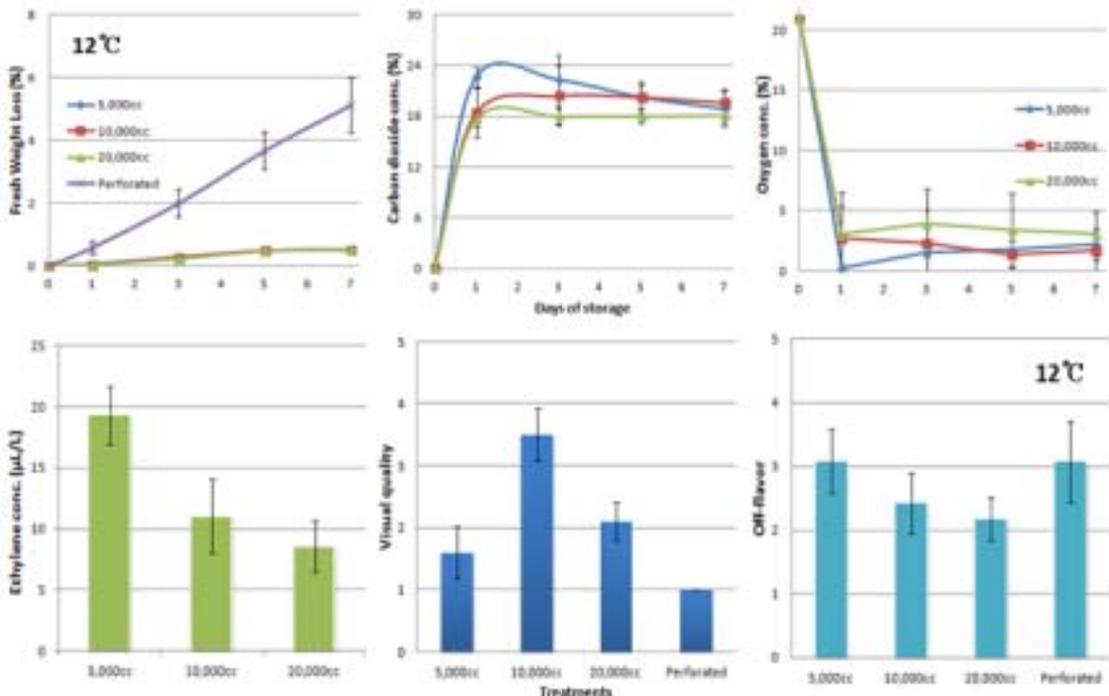


그림 112. 12°C 저장한 새송이 버섯의 저장중 생체중 감소율, 포장재내 이산화탄소와 산소 농도변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

새송이버섯을 상온(25℃)에서 7일간 저장하였을 때 비천공 필름은 약1.5% 미만의 생체중 감소율을 나타내었지만, 유공필름 저장 종료일에 약 20%의 감소율을 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상을 나타내었다. 저장중 이산화탄소는 12℃ 저장 처리구와 마찬가지로 저장 직후 급격한 증가를 하였는데, 12℃ 처리구들에 비해 다소 높은 약 25% 이상의 높은 농도를 나타내었다. 산소 농도도 저장 직후 급격히 감소하였고, 저장 종료일의 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았다. 외관은 10,000cc가 가장 높았으며, 이취는 유공이 가장 낮았다. 따라서 상온보다는 저온에 저장하는 것이 적절하며, 외관에서 높은 점수를 나타낸 10,000cc가 새송이버섯의 저장에 적합한 것으로 판단된다.

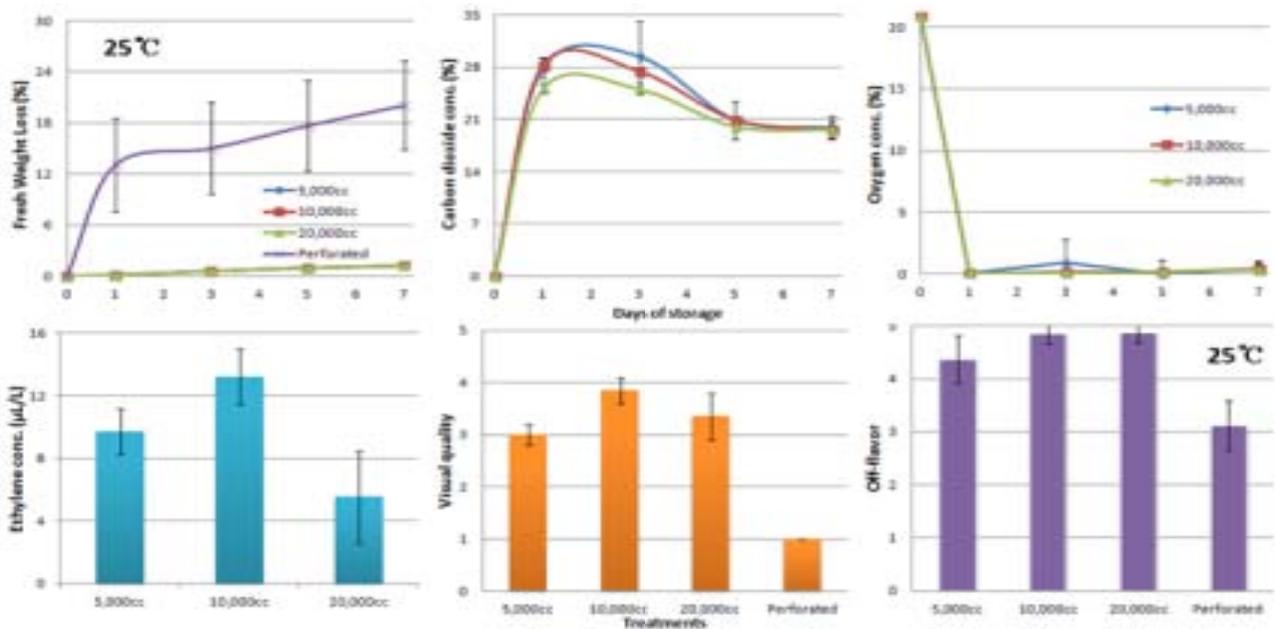


그림 113. 25℃ 저장한 새송이버섯의 저장중 생체중 감소율, 포장재내 이산화탄소와 산소 농도변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교



그림 114. 25℃에서 7일간 저장한 새송이버섯의 저장 종료일의 외관

## (2) 미니 새송이 버섯

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 12℃와 상온(25℃)에 저장

5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)

포장단위: 240g 내외(묶음포장), 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

### - 연구결과

미니 새송이 버섯을 저온(12℃)에서 7일간 저장하며 조사한 결과, 생체중 감소율은 유공 필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 1% 미만의 낮은 감소율을 나타내었고, 이산화탄소 농도와 산소 농도는 새송이 버섯과 마찬가지로 저장 직후 급격한 이산화탄소 농도 증가와 급격한 산소 농도 감소를 보였다. 저장 종료일에 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으며, 외관은 10,000cc가 가장 높았고, 이취도 10,000cc가 가장 낮았다. 상온 저장중 생체중 감소율은 저장 종료일에 약 13% 감소를 보인 유공필름을 제외한 비천공 필름은 약 2%의 감소율을 보였고, 이산화탄소와 산소 농도는 저온 저장과 마찬가지로 급격한 변화로 약 20%의 높은 이산화탄소, 약 1-5%의 낮은 산소 농도를 저장기간내 유지하였다. 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으며, 외관과 이취는 10,000cc에서 좋은 품질을 나타내었다. 따라서 미니 새송이 버섯의 저장에 적합한 비천공 필름은 높은 외관과 낮은 이취 정도를 보인 10,000cc인 것으로 판단된다.

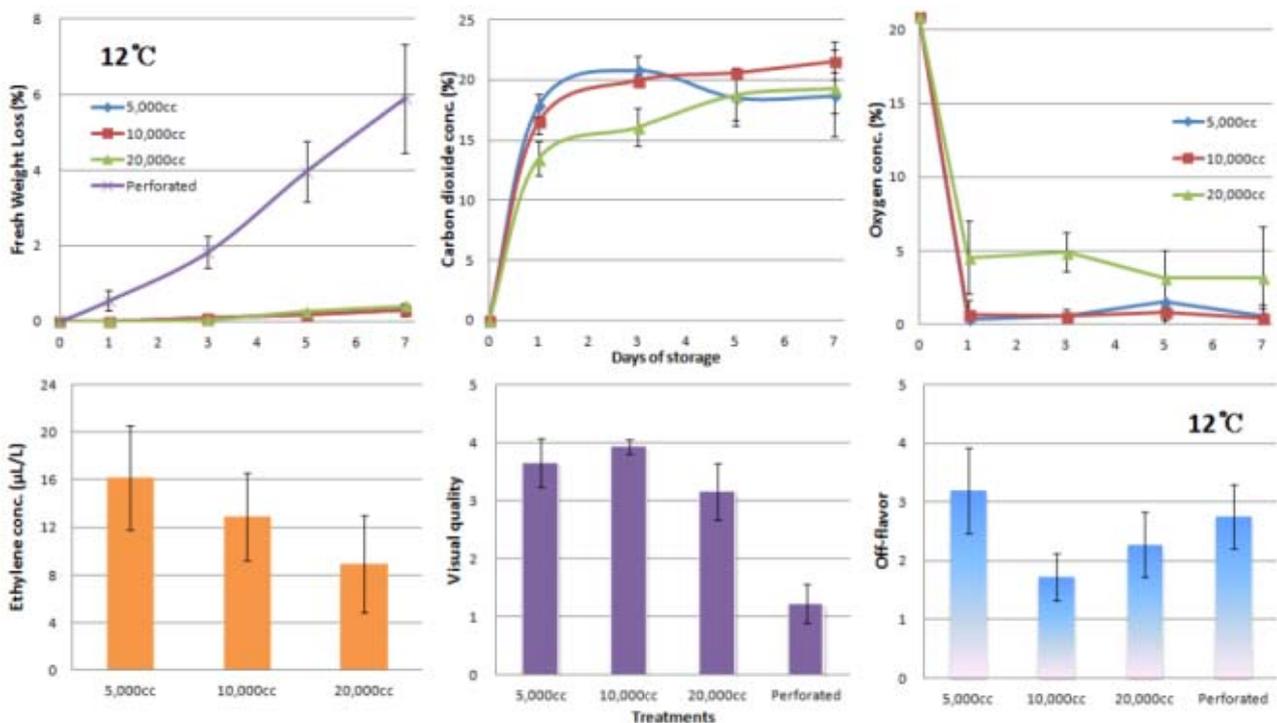


그림 115. 12℃ 저장한 새송이 버섯의 저장중 생체중 감소율, 포장재내 이산화탄소와 산소 농도변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

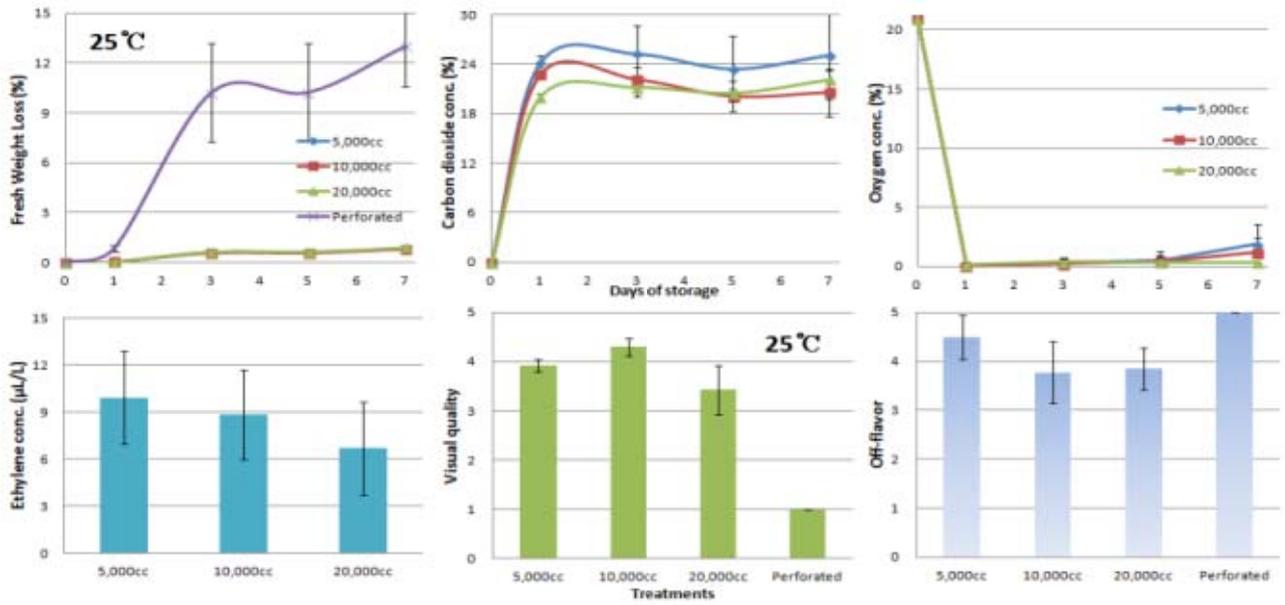


그림 116. 25°C 저장한 미니 새송이 버섯의 생체중 감소율, 이산화탄소 산소 농도변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도.



그림 117. 12°C 저장한 미니 새송이 버섯의 외관



그림 118. 25°C 저장한 미니 새송이 버섯의 외관

### (3) 미니 파프리카

#### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 12℃와 상온(25℃)에 저장  
 12℃: 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc, 유공필름(Perforated)  
 25℃: 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc, 60,000cc, 유공필름(Perforated)  
 포장단위: 105g 내외(6개 묶음포장), 품종: , 수확시기: 4월초순  
 저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화  
 저장종료일: 에틸렌 농도, 외관

#### - 연구결과

각각 12℃와 25℃에 7일간 미니 파프리카를 저장하였을 때, 생체중 감소율은 두 온도 모두 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 약 2% 미만의 감소율을 나타내었고, 유공필름은 두 온도 모두 약 5% 이상의 감소율을 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상을 나타내었다. 이산화탄소 농도는 12℃ 저장 처리구는 50,000cc가 가장 낮았고, 25℃는 60,000cc가 가장 낮았는데, 가장 높았던 20,000cc와 30,000cc 처리구의 포장내 이산화탄소 농도도 약 1.6% 미만의 농도를 나타내며, 두 온도의 모든 처리구에서 다소 낮은 이산화탄소 농도를 보였다. 산소 농도의 경우 두 온도 모든 처리구가 19.8-20.7%내외의 농도를 나타내었다. 실험계획한 7일 이후에도 다소 좋은 품질을 유지하여 12℃ 저장 처리구는 저장 30일째, 25℃ 저장 처리구는 15일째에 종료하며 에틸렌 농도와 외관을 조사하였다. 에틸렌 농도는 12℃의 경우 30,000cc, 25℃의 경우 50,000cc가 처리구중 가장 낮았다. 패널테스트를 통한 외관은 12℃와 25℃ 저장 처리구 모두 40,000cc가 가장 높았다. 이에 외관상 품질이 가장 우수하였던 40,000cc가 미니 파프리카 저장에 적합한 것으로 판단된다.

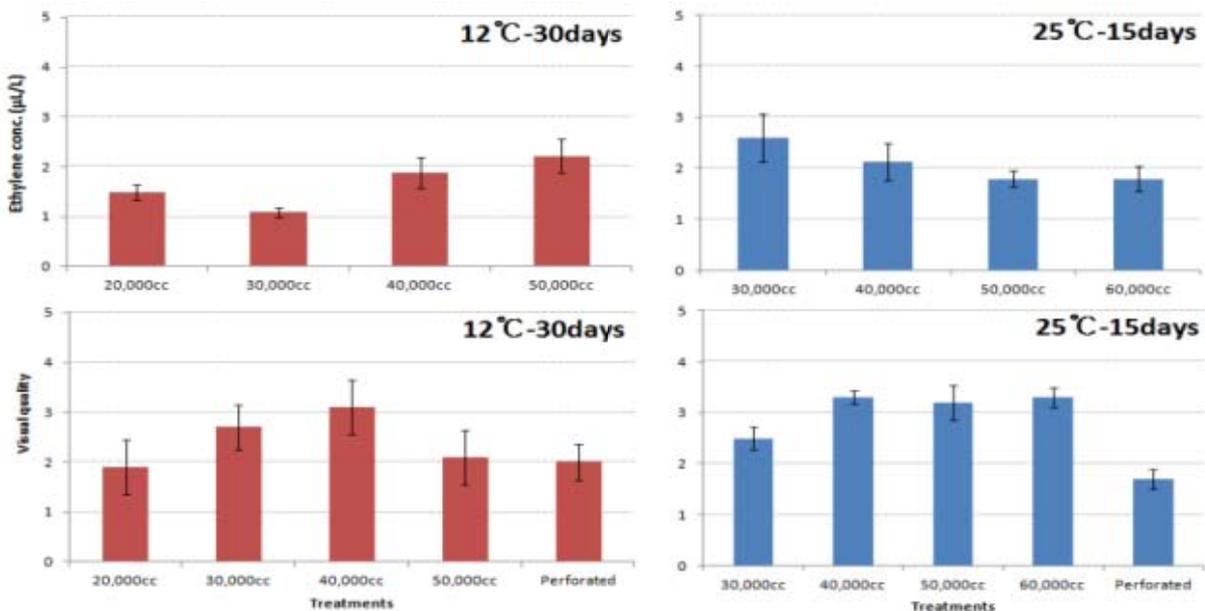


그림 119. 저장 종료일의 에틸렌 농도와 외관 비교

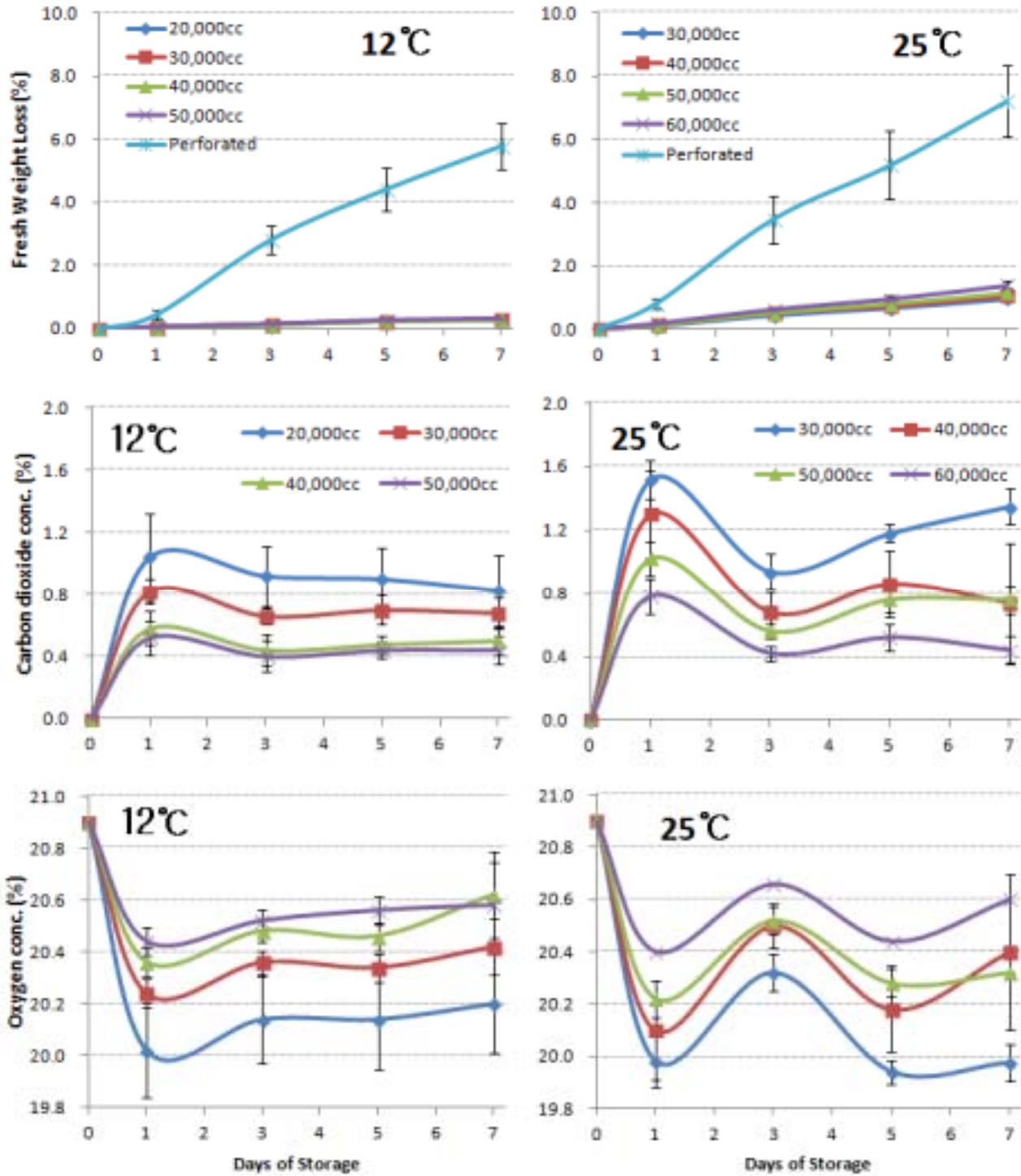


그림 120. 12°C와 25°C에 저장한 미니 파프리카의 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도 변화 그리고 산소 농도 변화

#### (4) 들나물

##### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장  
 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)  
 포장단위: 86g 내외, 품종: , 수확시기: 4월중순  
 저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간  
 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화  
 저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

##### - 연구결과

12°C에 저장한 들나물의 생체중 감소율은 유공 필름을 제외한 나머지 비천공 필름 모두 0.5% 미만의 감소율을 보였으며, 포장내 이산화탄소 농도는 저장 종료일에 10,000cc와 20,000cc가 약 2.8%의 농도를 나타내었다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으나 통계적 유의성은 없었고, 외관은 10,000cc가 가장 높았으며, 이취는 모든 처리구가 낮은 이취정도를 나타내었다.

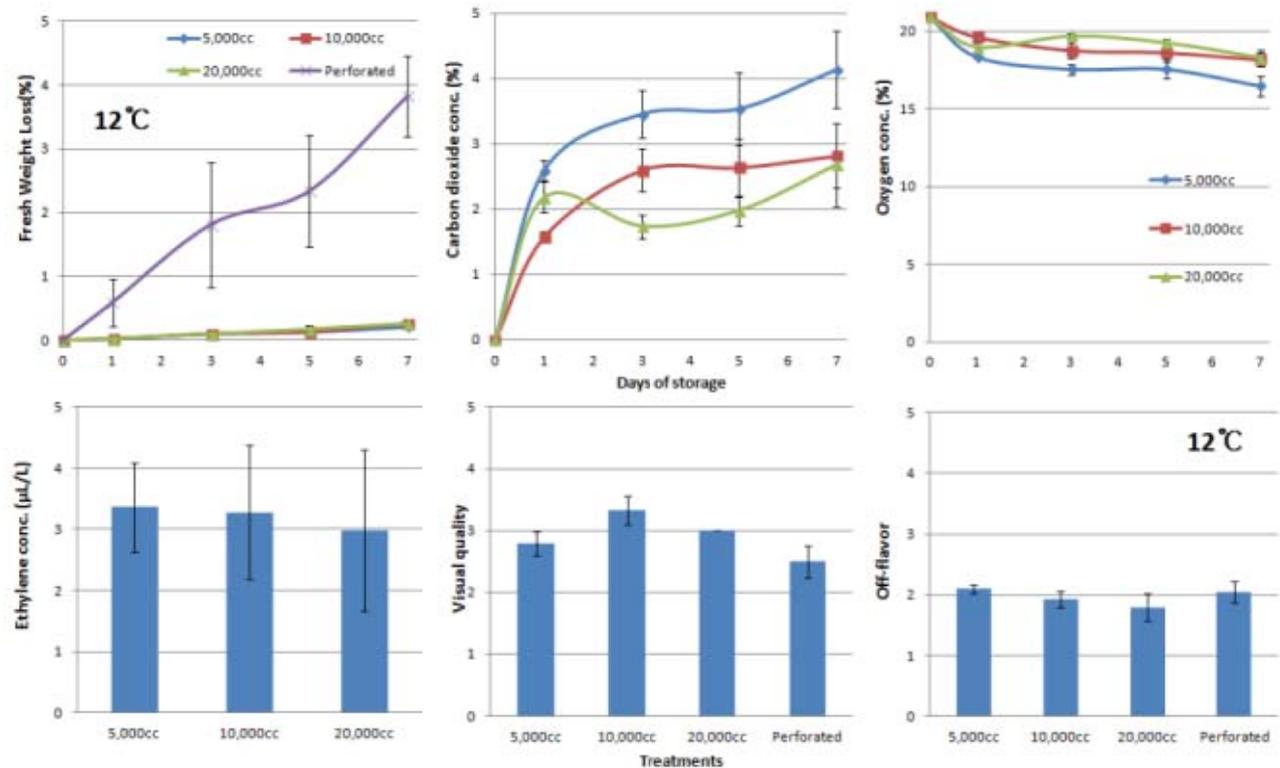


그림 121. 들나물 저온(12°C) 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 그리고 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관, 이취

25°C에 7일간 저장한 들나물의 생체중 감소율은 비천공 필름의 경우 저장 종료일에 약 1%의 감소를 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상은 나타나지 않았으며, 유공필름의 경우 약

7%로 높은 감소율로 품질 저하 현상의 원인으로 생각된다. 포장내 이산화탄소 농도는 20,000cc가 가장 낮았으나 저장 종료일에 약 5%의 농도로 다소 높은 수치를 나타내었으며, 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으며, 외관은 모든 처리구가 다소 낮은 2점 정도를 보였고, 이취는 유공 필름이 가장 높았으며, 20,000cc가 가장 낮았다. 따라서 12℃의 경우 외관에서 다소 높은 수치를 나타내었던 10,000cc, 25℃의 경우는 이산화탄소 농도와 에틸렌 농도 그리고 이취가 처리구중 가장 낮았던 20,000cc가 들나물 저장에 가장 적합한 것으로 생각되어진다.

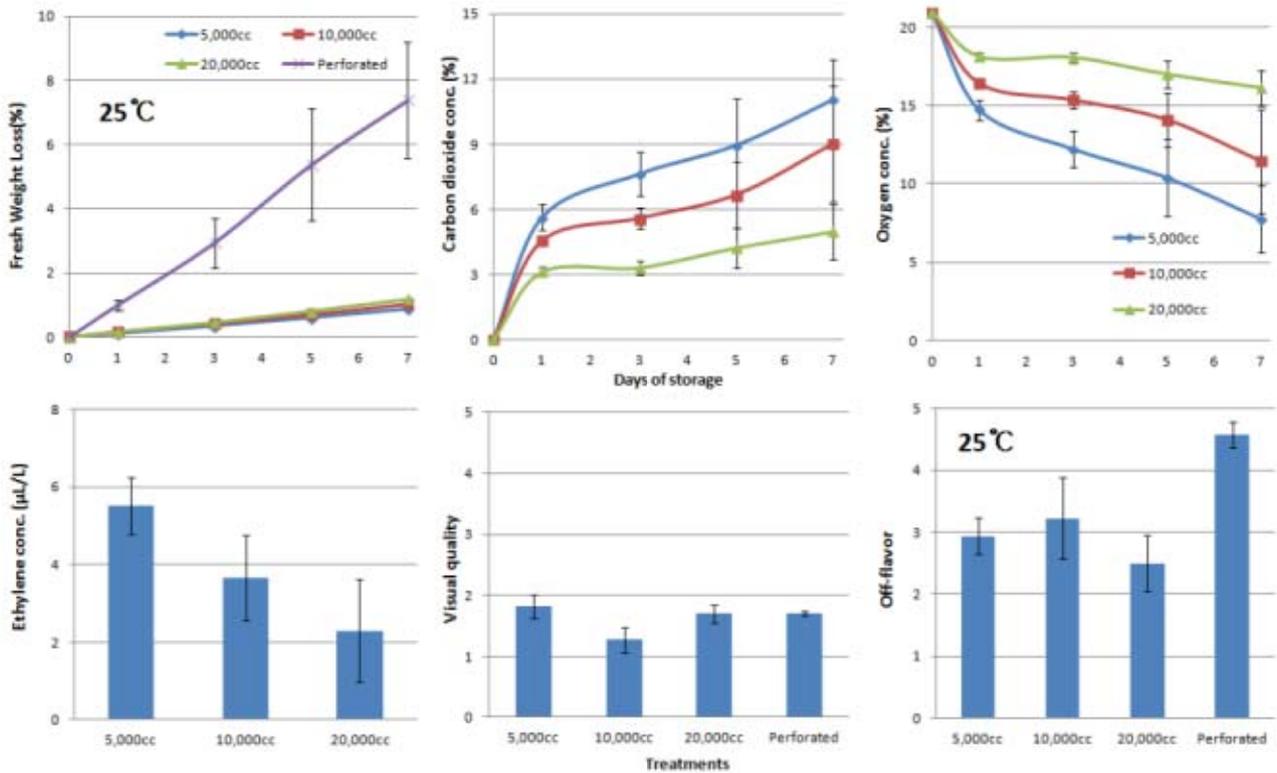


그림 122. 25℃에 저장한 들나물의 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도와 외관, 이취 비교



그림 123. 돌나물 저장 종료일의 외관

#### (5) 치커리

##### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장

5,000cc, 7,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)

포장단위: 104g 내외, 품종: , 수확시기: 4월중순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

##### - 연구결과

저온 저장한 치커리의 생체중 감소율은 유공 필름을 제외한 나머지 비천공 필름 처리구에서 1% 미만의 감소율을 보였고, 유공필름은 저장 종료일까지 약 6% 감소를 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상을 나타내었다. 저장중 포장내 이산화탄소 농도는 20,000cc가 약 3%로 가장 낮았으며, 저장 종료일의 포장내 에틸렌 농도는 10,000cc가 가장 낮았다. 패널 테스트를 통한 외관은 20,000cc가 가장 높았으며, 이취는 7,000cc가 가장 낮았다. 25°C에 저장한 치커리의 생체중 감소율은 비천공 필름 처리구는 2% 미만의 감소율을 나타내었고, 포장내 이산화탄소 농도는 20,000cc가 저장 종료일에 약 12%의 농도를 보이며 처리구중 가장 낮았다. 저장중 포장내 산소 농도는 저장후 꾸준한 감소로 인해 처리구중 저장 종료일에 가장 높은 농도를 나타낸 20,000cc 처리구가 약 6%의 농도를 보였다. 저장 종료일의 포장내 에틸렌 농도는 5,000cc가 가장 낮았으며, 외관과 이취는 모든 처리구가 상품성이 없는 것으로 조사되었다. 치커리의 저장시 품질 기준이 되는 외관상 품질과 이취가 기준이 되는데, 저온(12°C) 저장하는 것이 바람직하며, 가장 낮은 이취와 다소 높은 외관을 나타낸 7,000cc, 상온(25°C) 저장시 20,000cc필름이 적합하다고 판단된다.

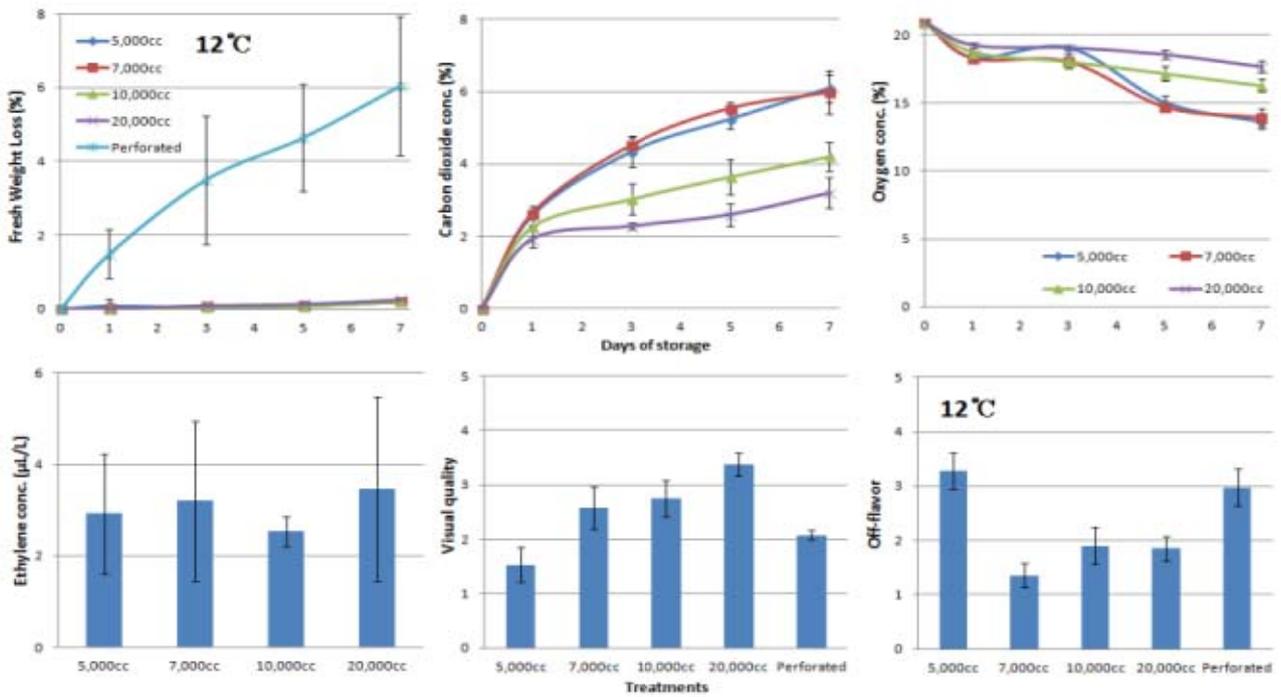


그림 124. 치커리 저온 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관, 이취 비교

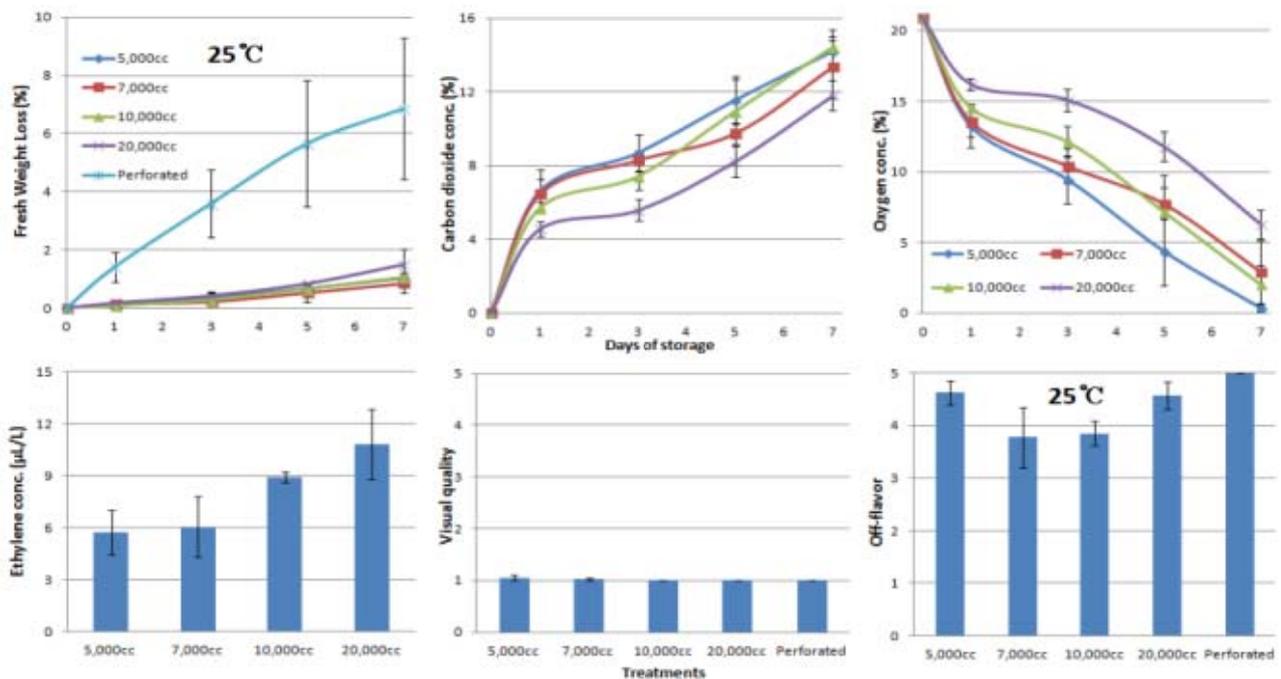


그림 125. 치커리 상온 저장시 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교.

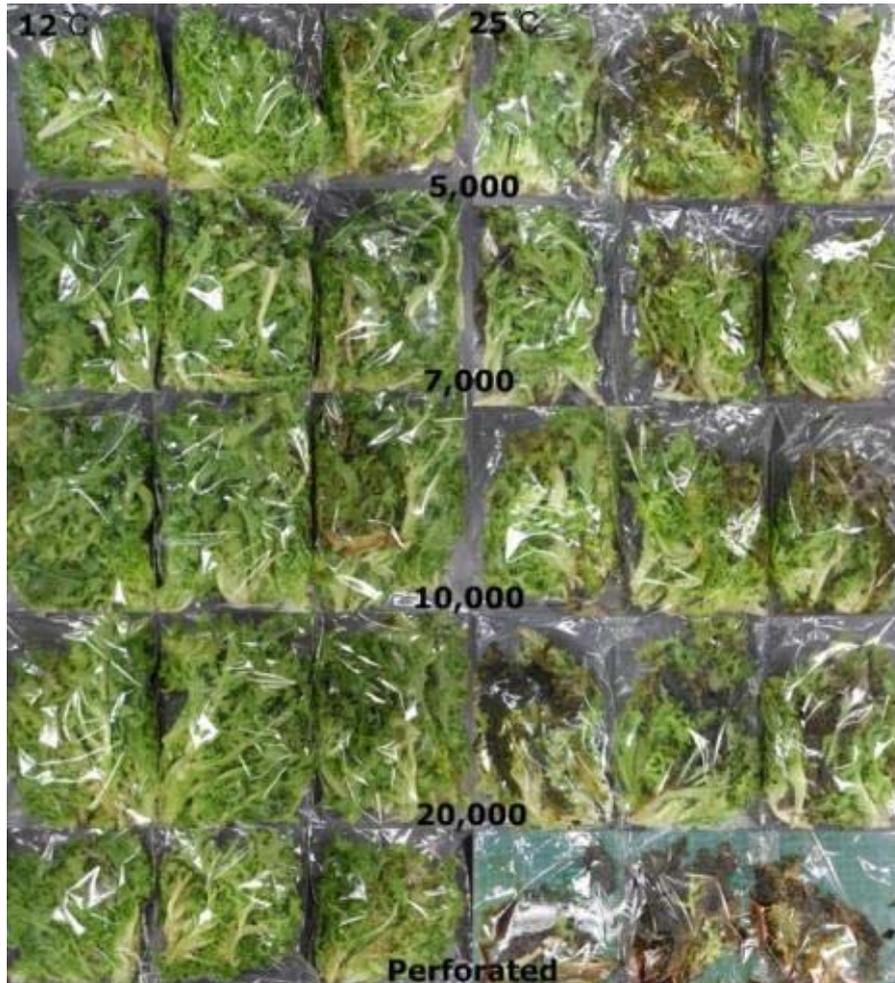


그림 126. 저장 종료일의 치커리 외관

#### (6) 달래

##### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장

5,000cc, 7,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)

포장단위: 65g 내외(날개포장), 품종: , 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

##### - 연구결과

달래의 12°C 저장중 생체중 감소율은 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 약 1% 미만으로 생체중 감소로 인한 품질저하 현상은 나타나지 않았다. 포장내 이산화탄소 농도는 20,000cc 필름이 가장 낮은 약 4-5% 정도의 농도를 유지하였으며, 저장 종료일의 포장내 에틸렌 농도는 10,000cc가 가장 낮았다. 페널테스트를 통한 외관은 유공 필름을 제외한 나머지 처리구에서 3점 이상의 외관 정도를 나타내었다. 이취는 5,000cc와 20,000cc가 가장 낮았다. 달래의 상온(25°C) 저장하였을 때 생체중 감소율은 12°C 저장 처리구와 유사하게 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름 처리구는 약 2% 내외의 감소율을 보였으며, 포

장내 이산화탄소 농도는 20,000cc가 가장 낮은 약 13%의 농도를 보였다. 산소 농도는 모든 처리구가 저장 후 꾸준히 감소하여 5,000cc 처리구를 제외한 나머지 처리구는 저장 종료일에 0%에 가까운 수치를 나타내었다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 20,000cc가 가장 낮았으며, 외관은 10,000cc가 처리구중 높았으며, 이취는 10,000cc가 가장 낮았다. 따라서 달래 저장시 에틸렌 농도가 낮고, 외관점수가 높았던 10,000cc가 적합하다고 생각된다.



그림 127. 저장 종료일 달래의 외관

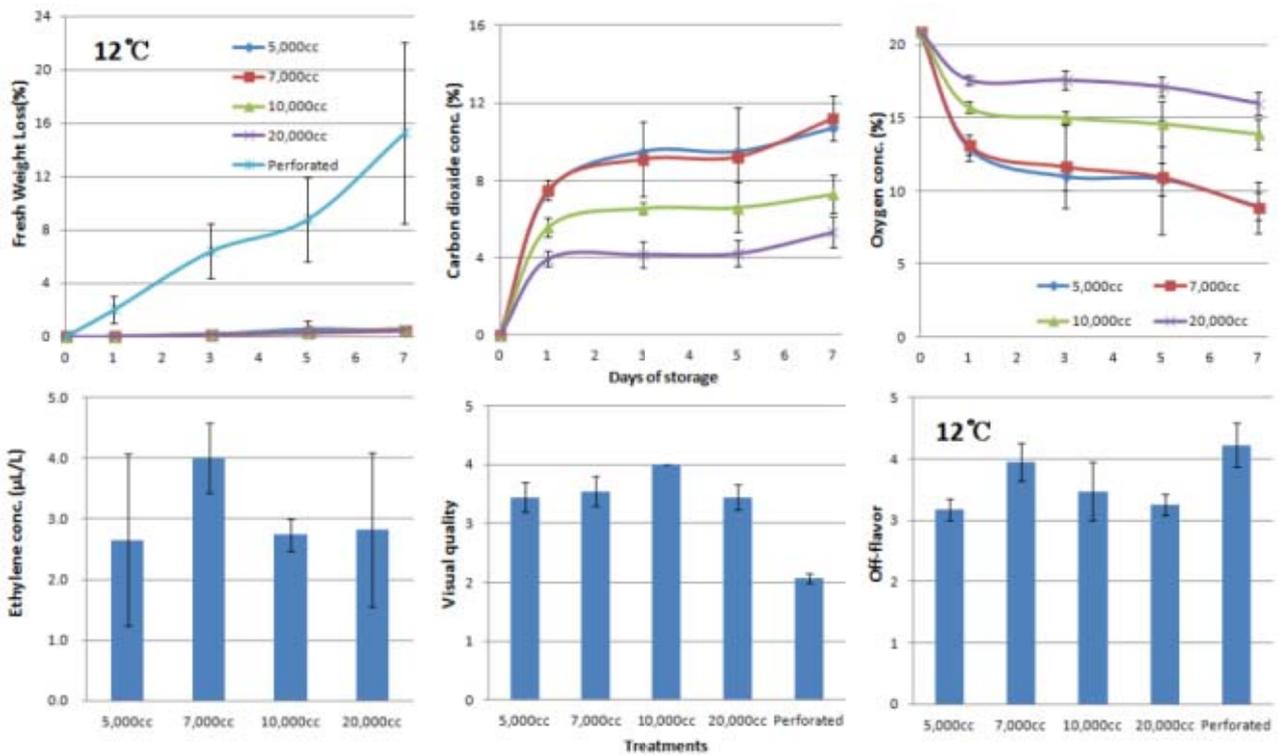


그림 128. 달래의 저온(12°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

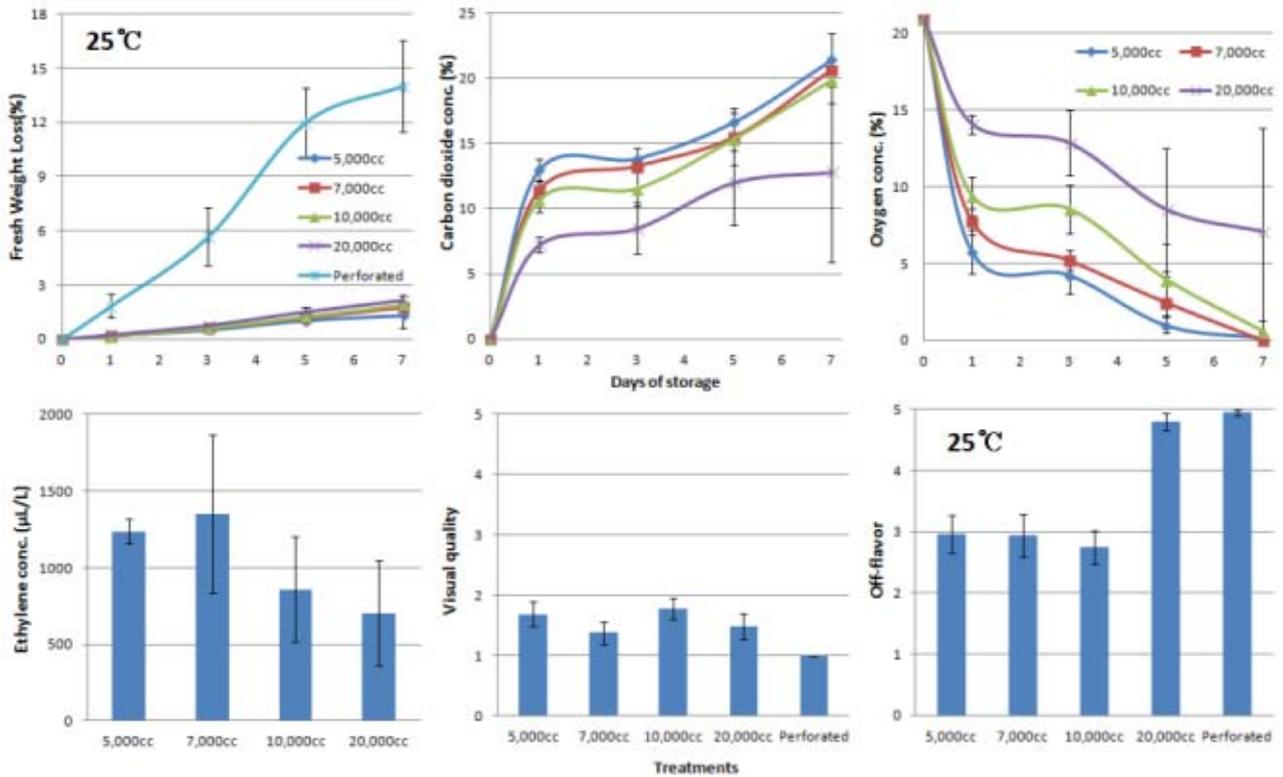


그림 129. 달래의 상온(25°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

## (7) 유채

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장  
10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc 유공필름(Perforated)

포장단위: 88g 내외, 품종: , 수확시기: 4월말

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

### - 연구결과

유채를 저온 저장하였을 때 생체중 감소율은 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 약 1% 미만의 감소를 보였으며, 이산화탄소 농도는 40,000cc가 가장 낮은 약 3.5%의 농도를 나타내었다. 산소 농도는 저장직후 다소 감소하여 모든 처리구가 약 14-18%의 농도를 저장 종료시까지 유지하였다. 저장 종료일의 포장내 에틸렌 농도는 10,000cc 처리구를 제외한 나머지 세 처리구가 비슷한 4μL/L의 농도를 나타내었고, 패널 테스트를 통한 외관은 10,000cc가 처리구중 높았지만 상품성은 낮았으며, 이취는 40,000cc가 가장 낮았다. 상온에 5일간 저장하였을 때 생체중 감소율은 비천공 필름 처리구의 경우 약 2% 미만의 감소를 나타내었다. 저장중 포장내 이산화탄소 농도는 40,000cc가 가장 낮았으며, 저장 종료일의 에틸렌

농도는 10,000cc가 가장 낮았으며, 외관은 10,000cc가 처리구중 다소 높았으며, 이취는 40,000cc가 가장 낮았다. 따라서 유채는 외관이 다른 처리구들에 비해 다소 높았던 10,000cc가 적합하다고 판단된다.

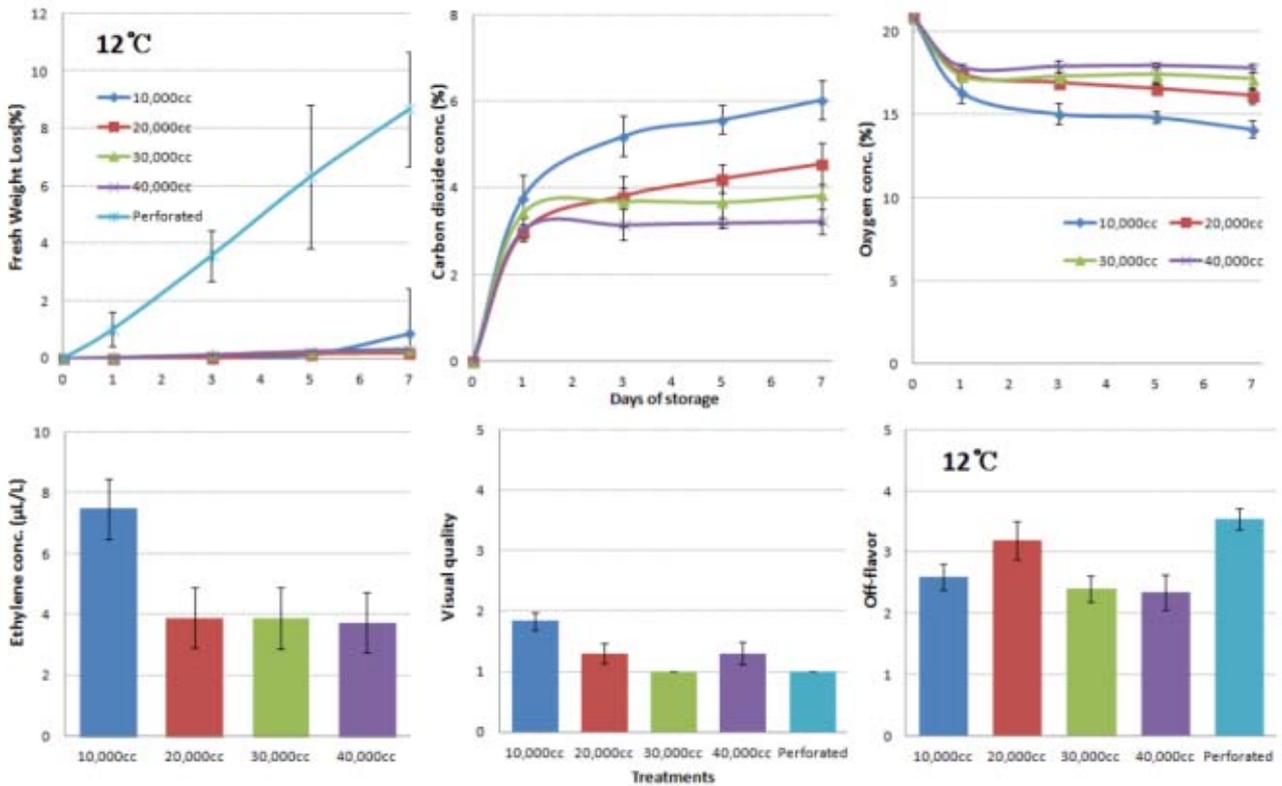


그림 130. 유채의 저온(12°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소의 농도 변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

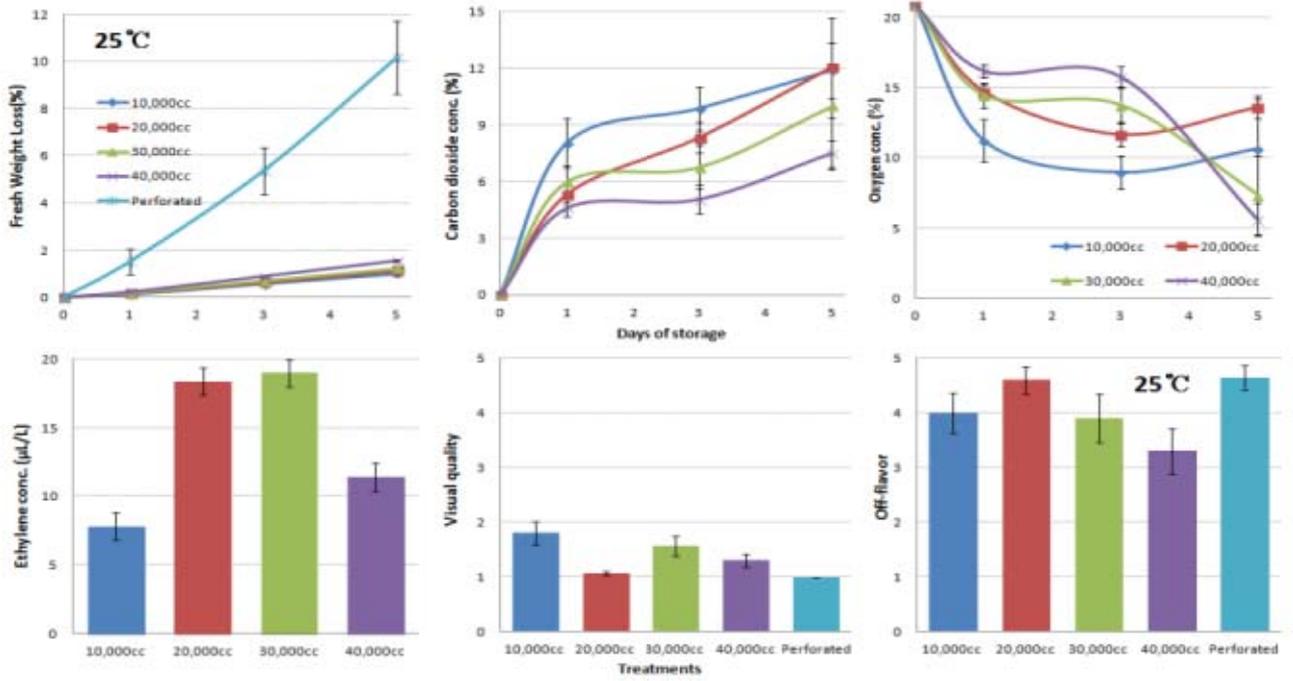


그림 131. 유채의 상온(25°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소의 농도 변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교



그림 132. 유채 저장 종료일의 외관

(8) 세발나물

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장  
10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc 유공필름(Perforated)

포장단위: 125g 내외, 품종: , 수확시기: 4월말

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

- 연구결과

전라남도 신안과 진도 등지 갯벌에서 자라는 세발나물(갯나물)을 저온과 상온 비교 저장 하였다. 저장 중 생체중 감소율은 12°C(저온)과 25°C(상온)에 저장 하였을 때 유공필름을 제외한 비천공 필름은 약 2% 미만의 감소율을 보이며 생체중 감소로 인한 품질저하현상은 나타나지 않았다. 포장내 이산화탄소 농도는 두 온도 모두 40,000cc가 가장 낮았으며, 산소 농도는 10,000cc가 가장 낮았는데 저온 저장은 약 15% 정도, 상온 저장은 약 10%정도의 농도를 저장 1일째부터 저장 종료일까지 유지하였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 12°C 저장시 30,000cc와 40,000cc, 25°C는 10,000cc와 20,000cc가 낮았다. 패널테스트를 통한 외관은 12°C는 유공필름, 25°C는 10,000cc가 다른 처리구에 비해 다소 높았다. 이취는 12°C의 경우 20,000cc, 25°C의 경우 유공필름이 낮았다. 따라서 세발나물 저장시 이취 발생이 적고 다른 처리구와 외관의 정도가 유사한 20,000cc 필름이 적합하다고 생각된다.

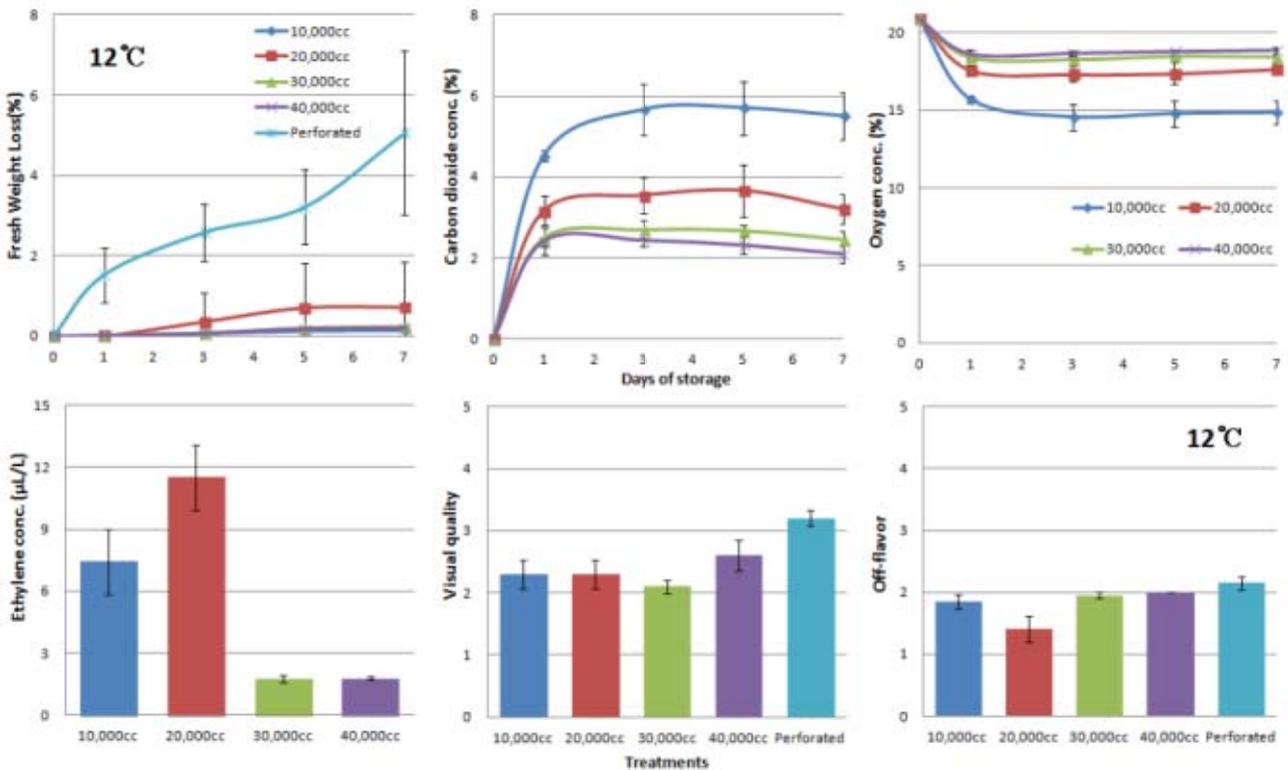


그림 133. 세발나물의 저온(12°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교

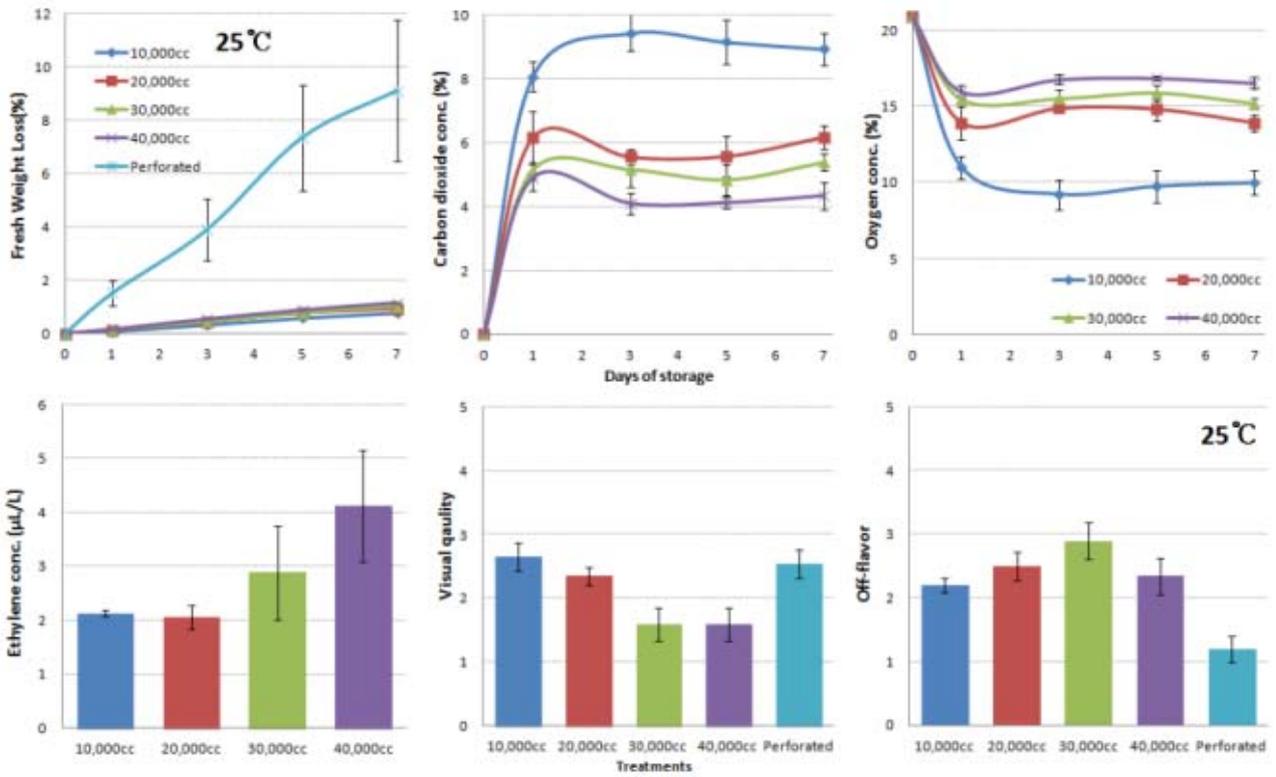


그림 134. 세발나물의 상온(25°C) 저장시 생체중 감소율, 이산화탄소와 산소 농도변화, 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 비교



그림 135. 세발나물의 저장 종료일의 외관

(9) 청경채

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장

3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc 유공필름(Perforated)

포장단위: 195g 내외(2개 묶음포장), 품종: , 수확시기: 4월말

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

- 연구결과

청경채를 저온과 상온에 저장한 결과, 생체중 감소율은 두 온도 모두 유공 필름을 제외한 나머지 비천공 필름 처리구는 저장 종료일인 7일째까지 약 1% 미만의 감소율을 나타내었고, 유공 필름은 저온에서 약 3% 미만, 상온에서 약 4% 미만의 감소를 보였다. 기존의 보고에 따른 쌈채소의 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상이 나타난 3% 정도의 감소율을 보여 유공 필름 처리구의 품질 저하 현상은 미세한 것으로 판단된다.

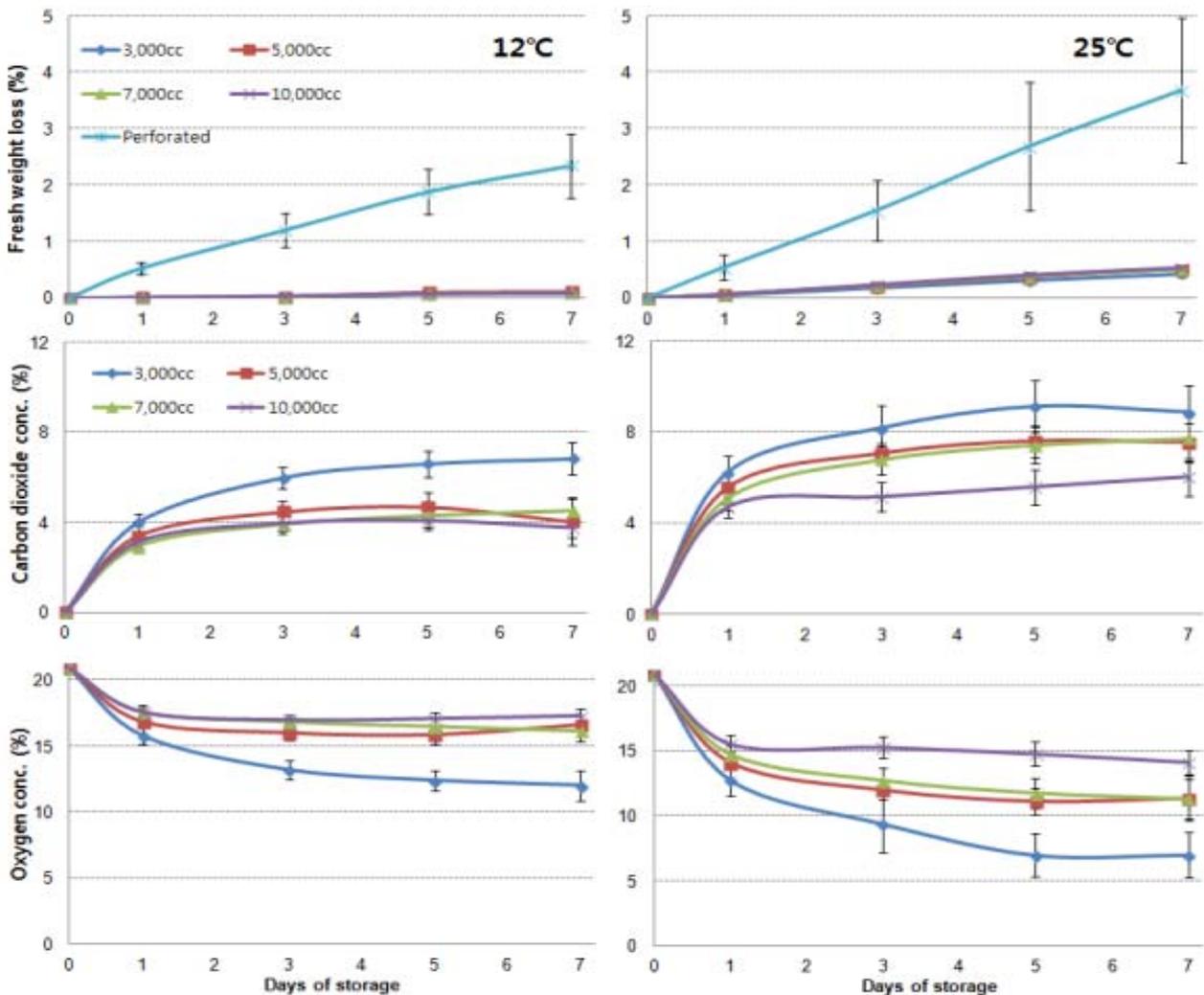


그림 136. 청경채 저온과 상온 저장중 생체중 감소, 이산화탄소 농도 그리고 산소 농도 변화

저장중 포장내 이산화탄소 농도는 두 온도 모두 10,000cc 필름이 처리구중 가장 낮았으며, 나머지 처리구는 12°C에서 약 4-8%, 25°C에서 약 6-10% 정도의 농도를 나타내었다. 저장 종료일의 포장내 에틸렌 농도는 12°C의 경우 7,000cc, 25°C는 10,000cc 처리구가 가장 낮았다. 패널 테스트를 통한 외관의 경우 12°C와 25°C 모두 3,000cc 처리구가 가장 높았으나 처리구간의 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 이취는 저온의 경우 3,000cc와 유공필름, 상온의 경우는 10,000cc와 유공필름이 처리구중 가장 낮았다. 따라서 청경채 저온과 상온 저장시 외관 품질이 높고, 이취가 낮게 조사된 3,000cc(12°C)와 10,000cc(25°C)에 저장하는 것이 적합하다.

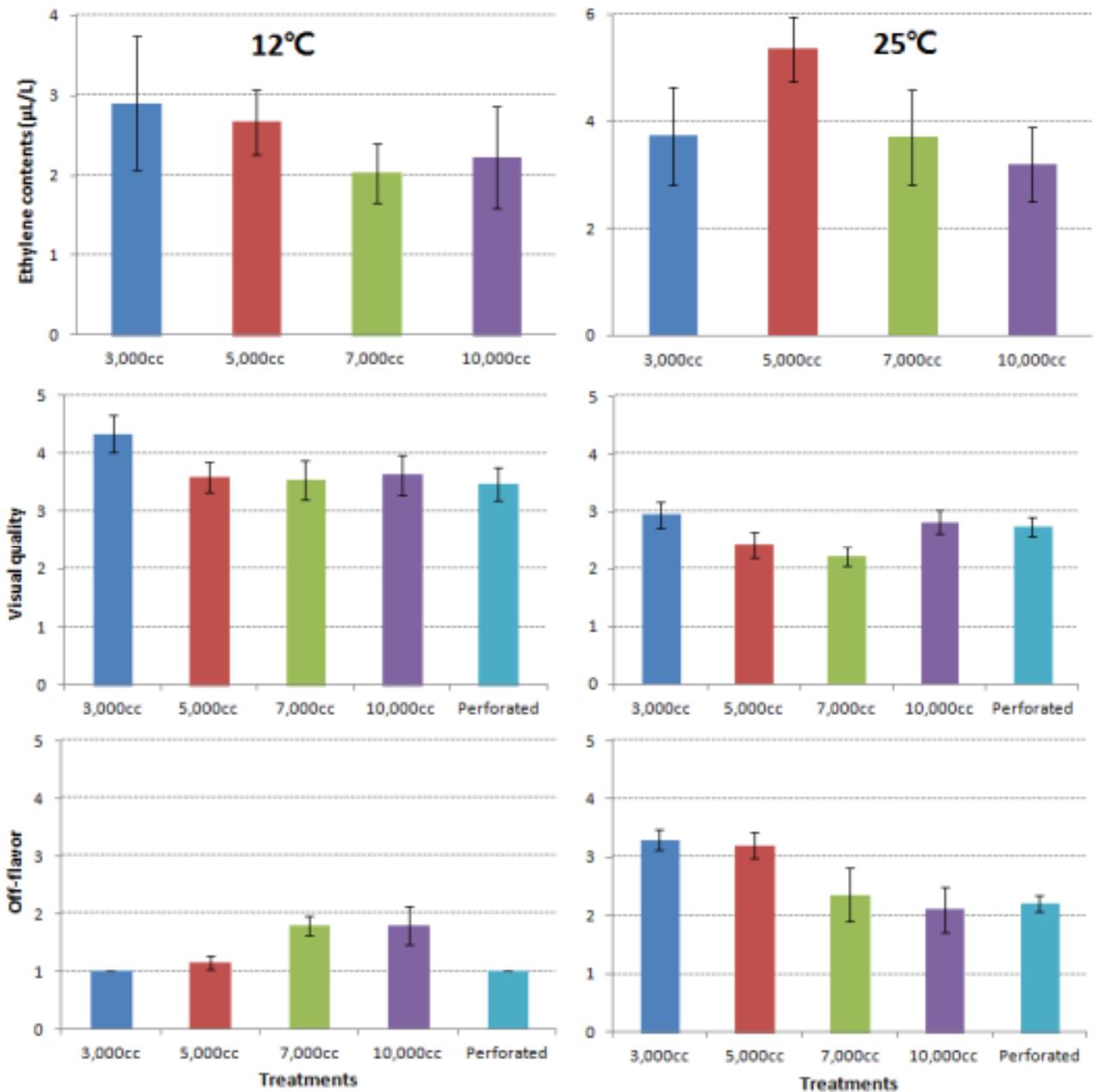


그림 137. 청경채 저온과 상온 저장 종료시 포장내 에틸렌 농도와 패널테스트를 통한 외관과 이취 정도 비교



그림 138. 청경채 저온(12°C) 저장 종료일의 외관 정도

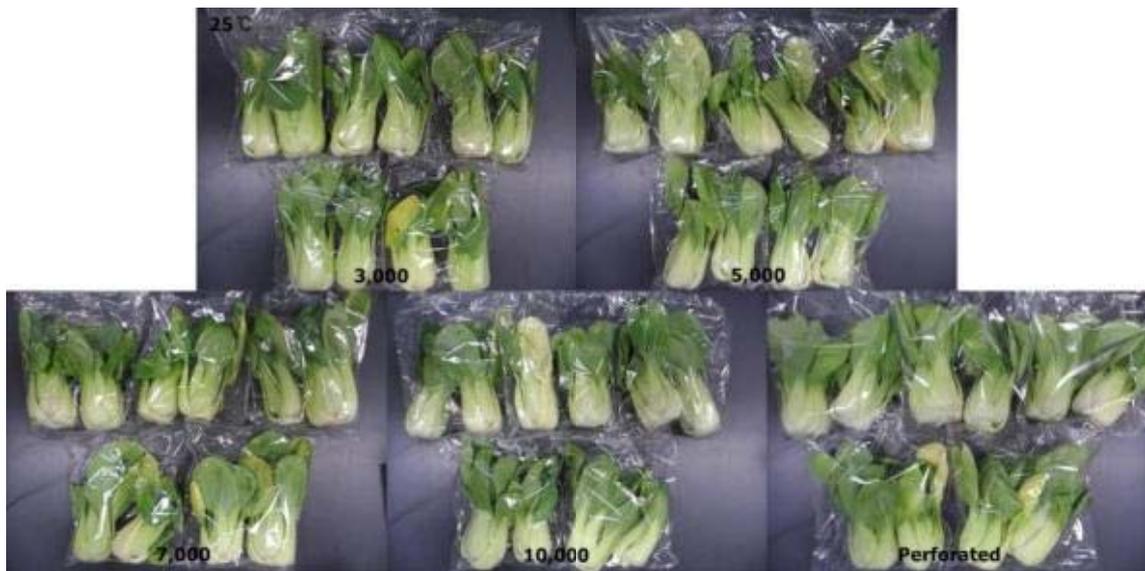


그림 139. 청경채 상온(25°C) 저장 종료일의 외관 정도

(10) 미니 쌈추

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12℃)과 상온(25℃)에 저장

3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc 유공필름(Perforated)

포장단위: 75g 내외(4개 묶음포장), 품종: , 수확시기: 5월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

- 연구결과

미니 쌈추 저온 저장시 생체중 감소율은 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름의 경우 저온은 약 1% 미만, 상온은 약 2%미만의 감소를 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하는 나타나지 않았다. 그에 반해 유공 필름은 저온과 상온 모두 8% 이상의 감소를 보이며 품질 저하 현상을 보였다. 포장내 이산화탄소 농도는 두 저장 온도 모두 10,000cc가 가장 낮았으며, 산소 농도는 처리구 중 3,000cc가 가장 낮았고 10,000cc가 가장 높았다. 저장 종료일의 포장재내 에틸렌 농도는 저온의 경우 10,000cc가 가장 낮았으며, 외관상 품질은 10,000cc가 가장 높았으며, 이취의 경우도 10,000cc가 가장 낮았다. 상온 저장 처리구의 에틸렌 농도는 3,000cc가 가장 낮았고, 외관상 품질은 처리구 중 5,000cc가 가장 높았지만 모든 처리구가 상품성의 범위인 3점 이하로 품질의 상태가 양호하지 못했다. 이취는 10,000cc가 가장 낮았다. 이에 미니 쌈추 저장시 외관상 품질이 다소 높았던 5,000cc에 저장하는 것이 적절하다고 판단된다.

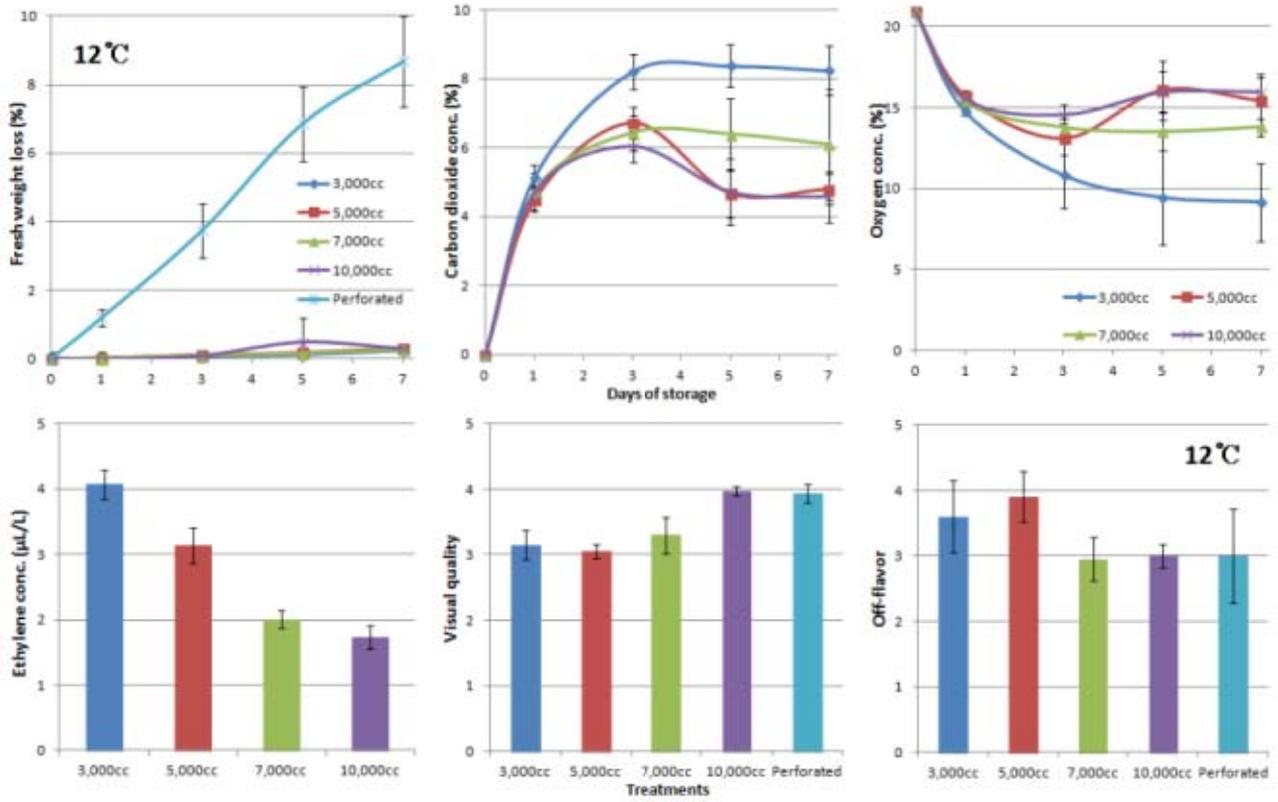


그림 140. 미니 쌈추 저온(12°C) 저장시 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도



그림 141. 미니 쌈추 저온 저장 종료일의 외관

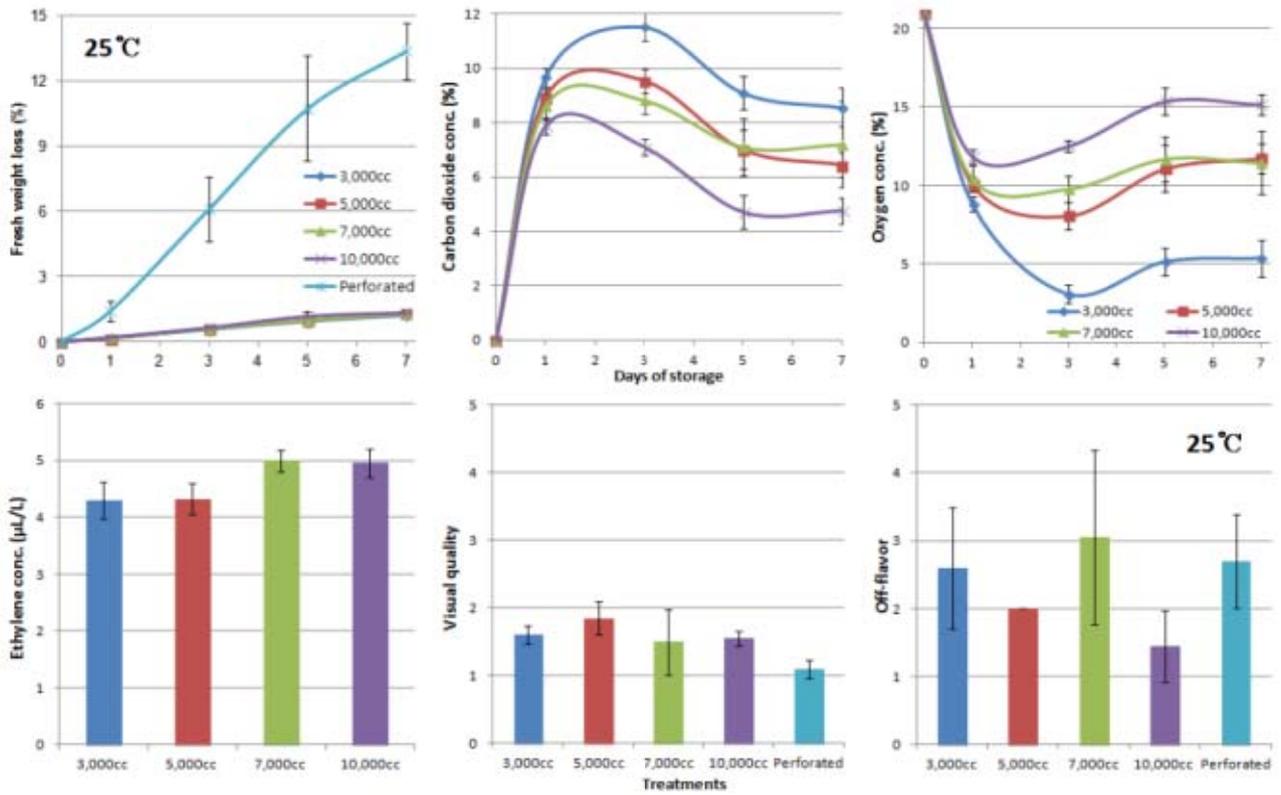


그림 142. 미니 쌈추 상온(25°C) 저장시 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도



그림 143. 미니 쌈추 상온 저장 종료일의 외관

(11) 깻잎

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12°C)과 상온(25°C)에 저장

3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc 유공필름(Perforated)

포장단위: 27g 내외, 품종: , 수확시기: 5월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 외관 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도

- 연구결과

깻잎 저온 저장하였을 때 생체중 감소율은 비천공 필름 처리구의 경우 1% 미만의 감소를 보인 반면 상온 저장하였을 때 약 3%의 감소를 보였다. 저장중 포장재내 이산화탄소 농도는 두 온도 모두 10,000cc 처리구가 가장 낮은 저장 종료일에 약 3% 정도의 농도를 나타내었다. 산소 농도는 저온과 상온의 모든 비천공 필름 처리구가 약 12% 이상의 농도를 유지하였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 저온과 상온 저장 처리구 모두 10,000cc 처리구가 가장 낮았으며, 패널테스트를 통한 외관상 품질은 저온 저장 처리구의 경우 모든 처리구가 4점 내외의 품질을 보였고, 상온 처리구는 7,000cc가 가장 높았다. 이취는 저온 저장 시 유공 필름이 가장 낮았으며, 상온 저장에서는 3,000cc와 유공필름이 가장 낮았다. 깻잎 저장시 품질의 기준이 되는 외관과 이취 정도를 고려해 보면, 외관상 품질이 우수하며 이취정도가 낮았던 5,000cc(12°C) 와 10,000cc(25°C)가 적합하다.

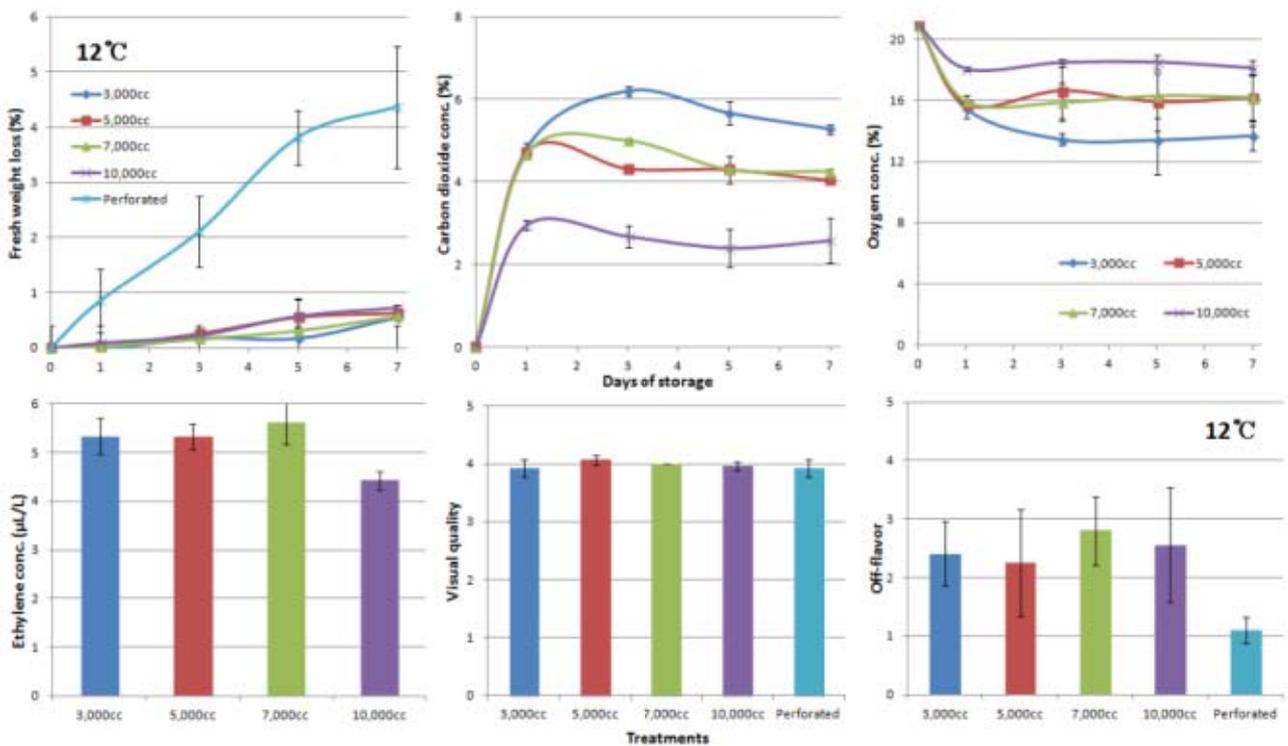


그림 144. 깻잎 저온 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도

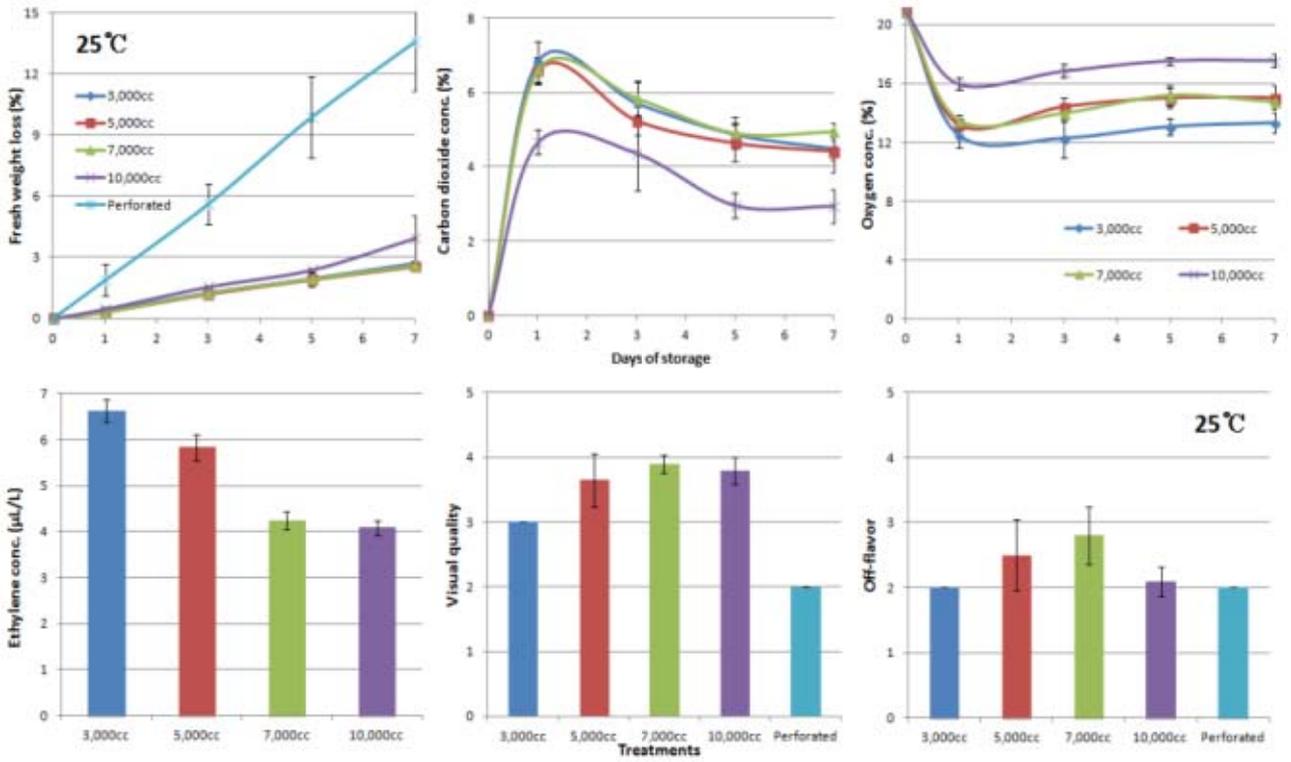


그림 145. 깻잎 상온 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화, 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도



그림 146. 깻잎 저장 종료일의 외관

## (12) 브로콜리

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12℃)과 상온(25℃)에 저장

5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 유공필름(Perforated)

포장단위: 240g 내외(날개포장), 품종: , 수확시기: 7월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

### - 연구결과

브로콜리를 저온과 상온에서 7일간 저장 하였을 때, 저장중 생체중 감소율은 유공필름을 제외한 나머지 비천공 필름은 저장 종료일까지 약 1% 미만의 감소를 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상은 나타나지 않았다. 저장중 포장재내 이산화탄소 농도는 저장후 꾸준한 증가로 인해 저온 처리구는 저장 종료일에 약 10-14%, 상온 처리구는 약 16% 내외의 높은 농도를 나타냈다. 산소 농도는 저온과 상온 처리구 중 20,000cc가 가장 높은 약 10%(12℃)과 약 5%(25℃)의 농도를 보였다. 저장 종료일의 포장재내 에틸렌 농도는 두 온도 모두 20,000cc가 가장 낮았으며, 페널테스트를 통한 외관상 품질은 저온에서 10,000cc와 20,000cc, 상온에서 10,000cc가 양호하였다. 이취는 5,000cc가 가장 낮았으며 유공 필름임에도 불구하고 처리구중 가장 높은 이취를 발생하였다. 따라서 브로콜리 저장시 저온에서는 외관상 품질이 다소 우수하였고, 이취가 낮았던 5,000cc, 상온에서는 외관이 우수하며 이취가 낮았던 10,000cc가 적합한 것으로 판단된다.

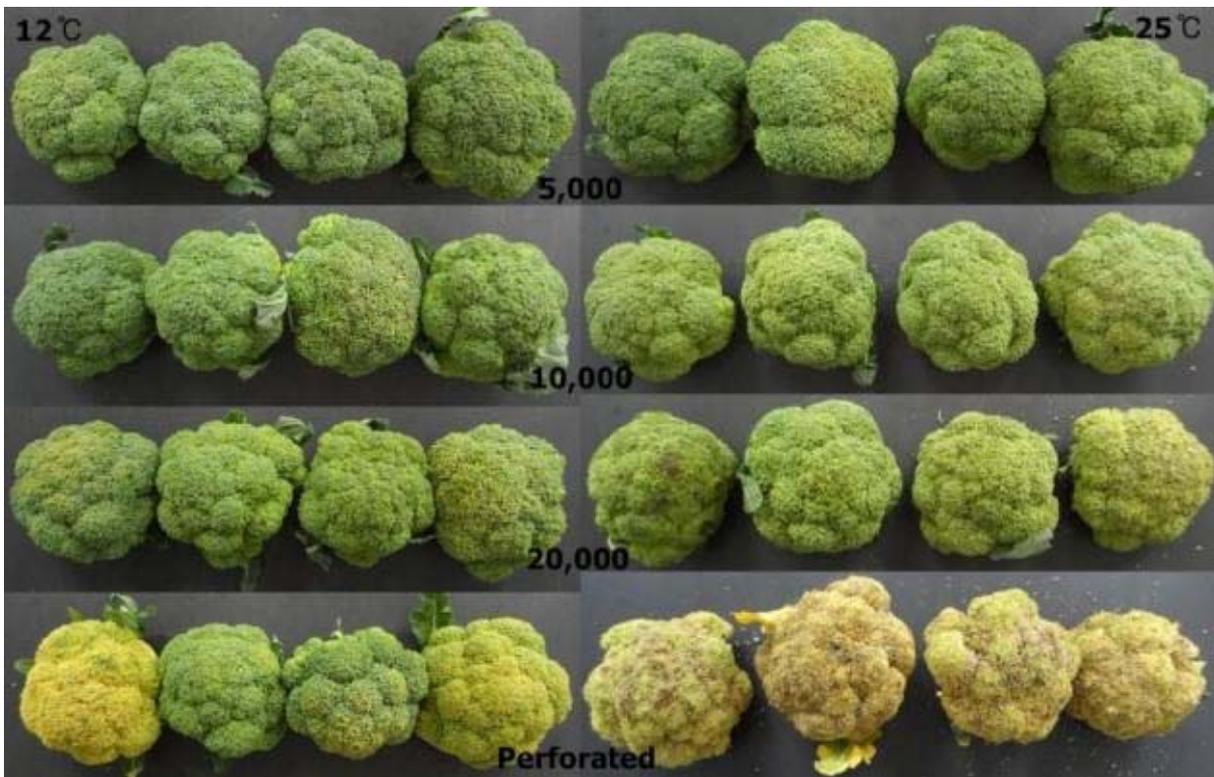


그림 147. 브로콜리 저온과 상온 저장 종료일의 외관

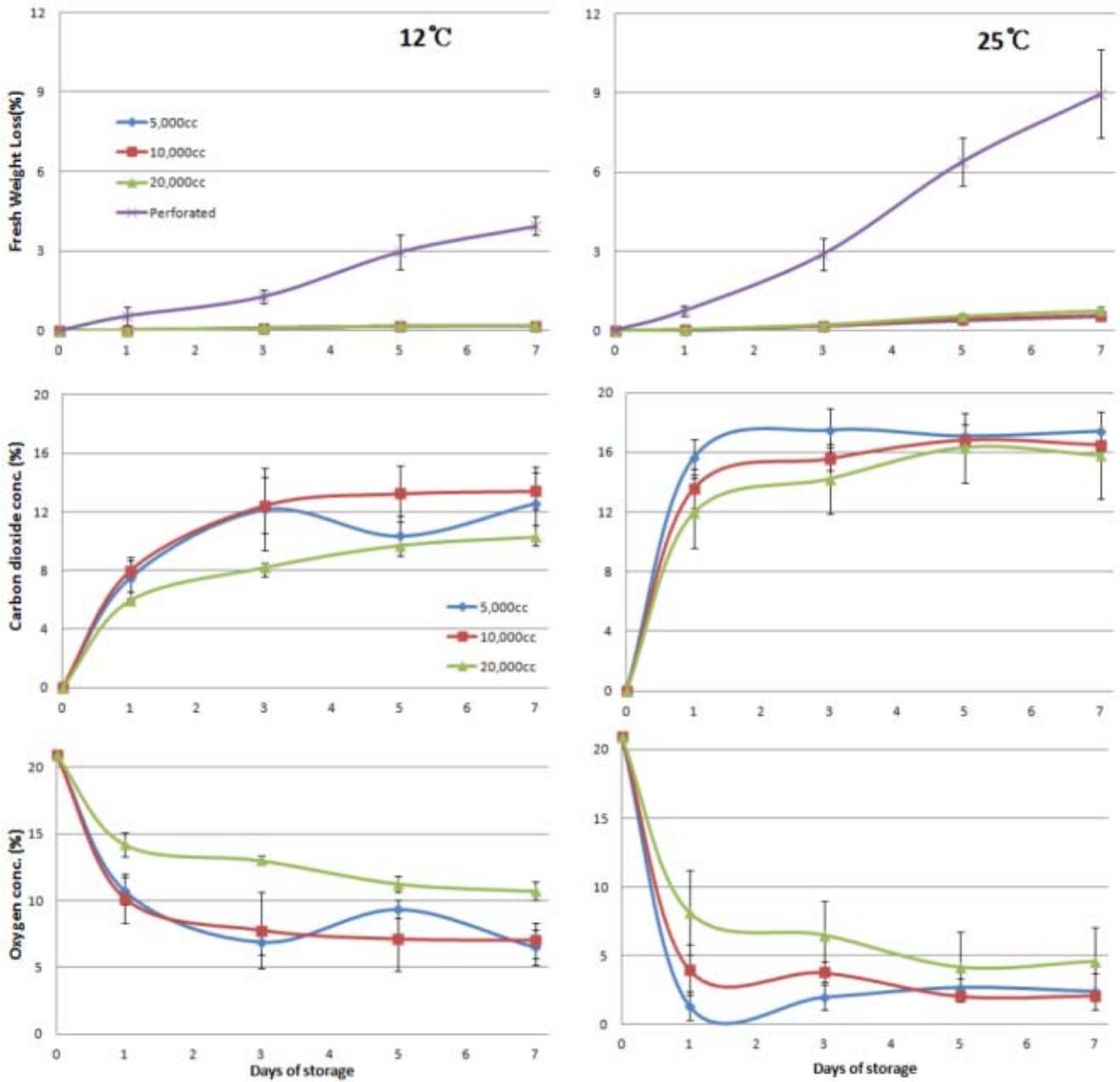


그림 148. 브로콜리 저온(12°C)과 상온(25°C) 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도 변화

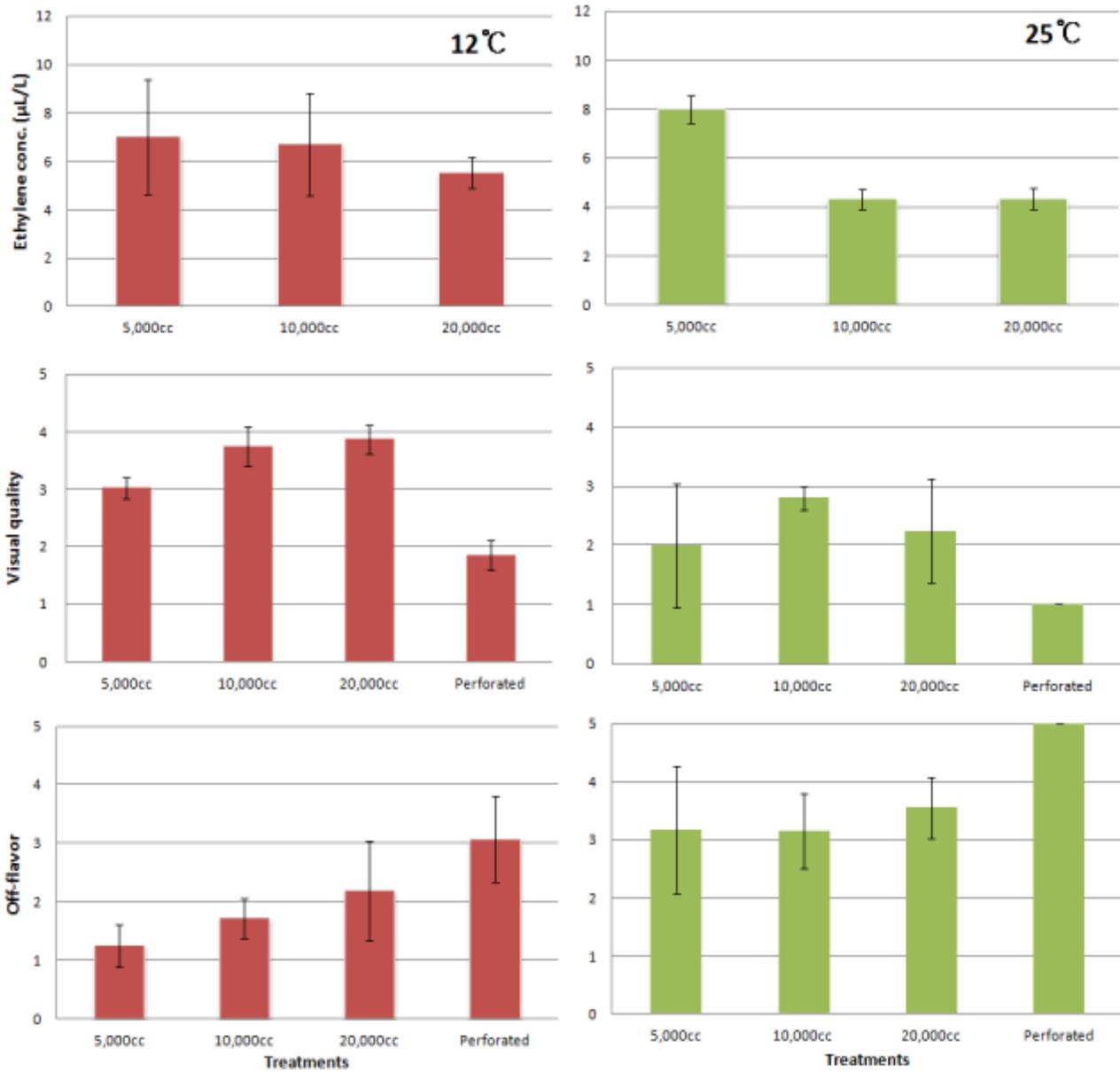


그림 149. 브로콜리 저온(12°C)과 상온(25°C) 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관 그리고 이취 정도

브로콜리의 저장시 품질의 기준이 되는 외관상 품질을 비교하였을 때, 그림 147과 같이 육안으로 한눈에 비친공 breathable 필름이 기존 유통시 적용되는 유공필름(perforated) 저장에 비해 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립  
가. 업체류 신선편이 MAP 기술 확립

(1) 양상추

- 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 저온(12℃)과 상온(25℃)에 저장

12℃: 3,000cc, 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc

25℃: 5,000cc, 7,000cc, 10,000cc, 20,000cc

포장단위: 230g 내외(12℃), 220g 내외(25℃) 품종: , 수확시기: 4월초순

저장전 예냉처리: 3m/sec 의 순환팬을 이용한 room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 농도 변화

저장종료일: 에틸렌 농도, 외관, 이취

조사방법: 이산화탄소/산소 농도는 infrared sensor (Checkmate, PMB, Denmark)로 측정

에틸렌 농도는 gas chromatography (Shimadzu GC 2010, Japan)를 사용하여 측정

경도는 penetrometer(DFT-01, tr, Italy)를 사용하여 측정

당도는 pocket refractometer(PAL-1, Atago, Japan)를 사용

- 연구결과

신선편이 양상추를 저온에서 7일, 상온에서 5일간 저장 하였을 때 생체중 감소는 저온과 상온의 모든 비천공 필름이 약 0.6% 미만의 감소율을 보이며 생체중 감소로 인한 품질 저하 현상은 나타나지 않았다. 저장중 포장재내 이산화탄소 농도는 저온 처리구의 경우 저장 종료일에 약 12-16%, 상온 처리구는 약 20-24%의 높은 농도 나타내었다. 산소의 경우 저온 처리구 중 10,000cc가 처리구중 가장 높은 약 6%의 농도를 나타내었고, 상온 처리구는 저장 종료일에 모든 처리구가 약 1%의 낮은 산소 농도를 보였다. 저장 종료일의 에틸렌 농도는 저온 처리구중 3,000cc, 상온 처리구중 5,000cc와 7,000cc가 낮게 나타났다. 페널테스트를 통한 외관상 품질을 상온 저장 종료일인 5일째 비교해 보았을 때 저온 처리구중 3,000cc와 7,000cc, 상온 처리구중 20,000cc가 높았으나, 모든 처리구가 상품성 한계점인 3점에 도달하였다. 이취는 저온과 상온 처리구 모두 5,000cc가 가장 낮았다. 신선편이 양상추의 경우 절단으로 인한 갈변이 빠르게 진행되어 저장수명이 저온(12℃)에서는 최대 5일, 상온(25℃)에서는 최대 3일 미만인 것으로 판단되며 외관상 품질과 이취 정도가 다소 양호하였던 3,000cc가 적합하다고 생각된다.

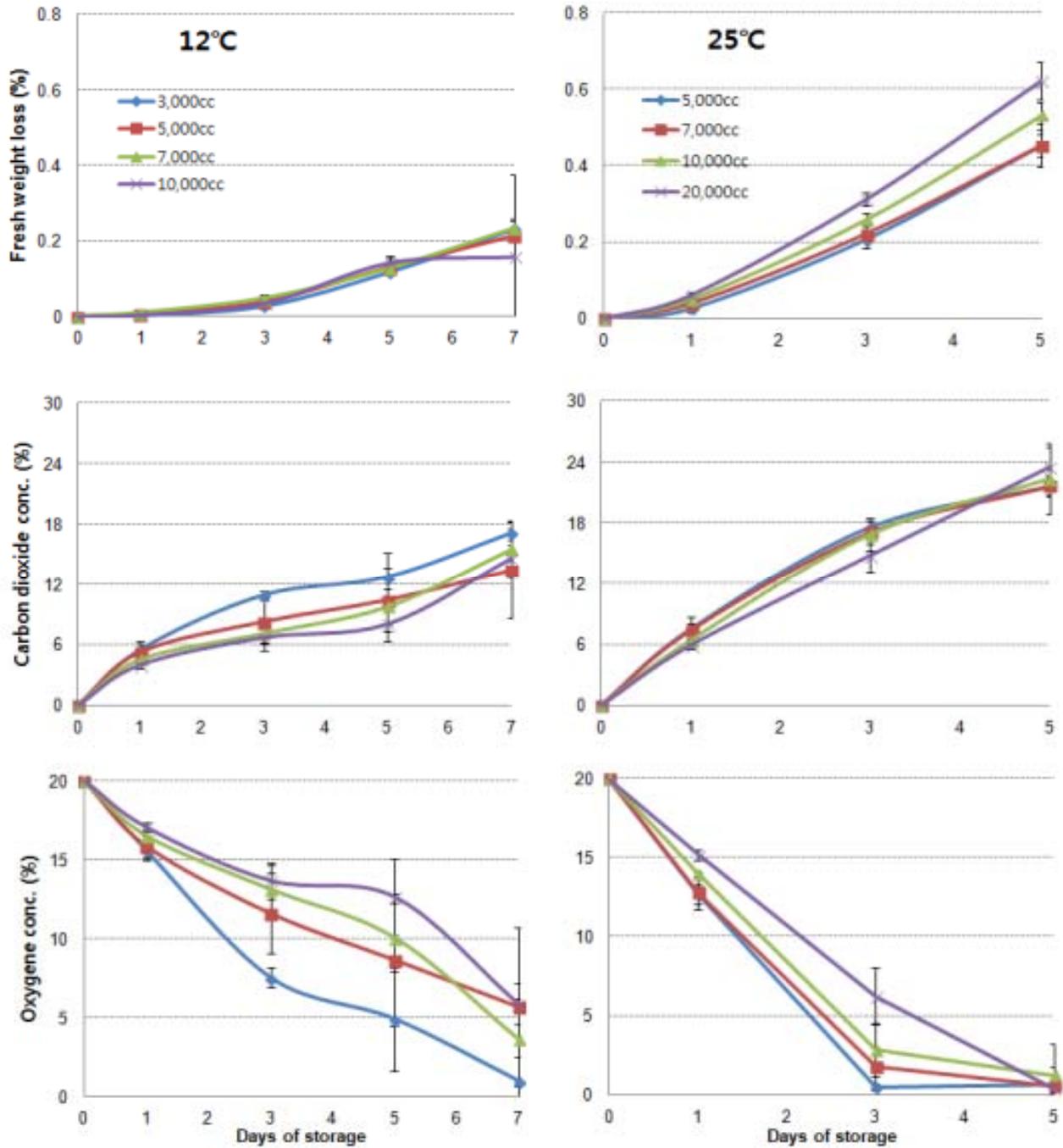


그림 150. 신선편이 양상추의 저온(12°C)과 상온(25°C) 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도 그리고 산소 농도 변화.

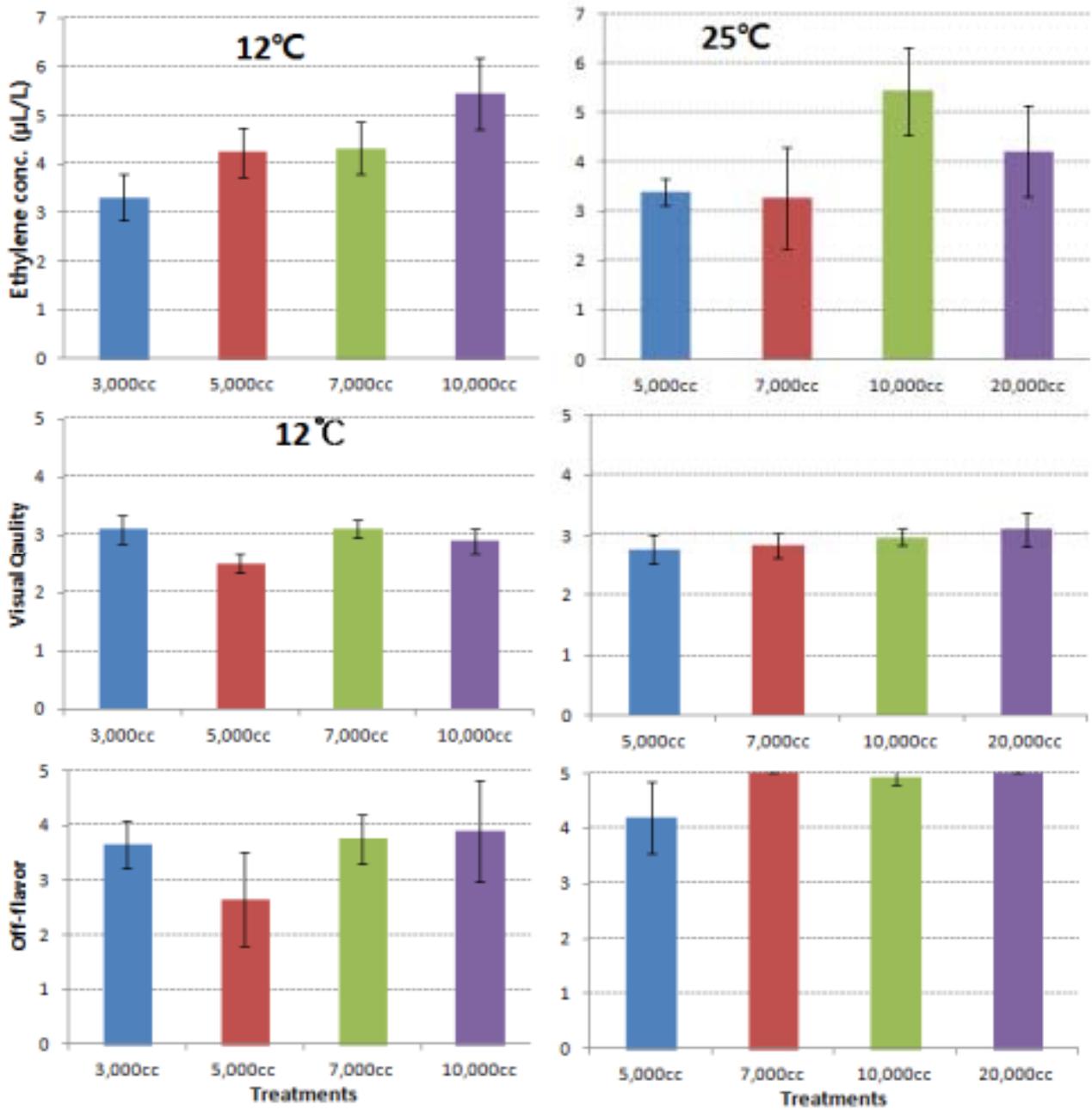


그림 151. 신선편이 양상추의 저온(12°C)과 상온(25°C) 저장 종료일의 에틸렌 농도, 외관(5일째) 그리고 이취 정도



그림 152. 신선편이 양상추의 저온 저장 2일째 외관



그림 153. 신선편이 양상추의 저온 저장 2일째 외관

## (2) 새싹채소

### - 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 10℃에 7일간 저장  
20,000cc, 60,000cc, 100,000cc, 순간 가열식 용기접착기를 사용하여 용기 포장  
포장단위: 100g내외 여섯 품종 묶음 포장, 수확시기:4월 초순  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 에틸렌 농도 변화  
저장종료일: 호흡률, 에틸렌 발생률

### - 연구결과

본 연구는 레이저 가공 비천공 breathable 필름을 포장재로 이용하여 새싹채소의 저장성을 구명하기 위해 다채, 콜라비, 유채, 배추, 적무, 브로콜리 등 여섯 종류의 새싹채소를 개별포장하여 10℃에서 저장중 생체중의 변화와 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화를 측정하고 저장종료 후 패널테스트를 통해 외관상의 품질과 이취정도를 측정하였다. 20,000cc, 60,000cc, 그리고 100,000cc 비천공 필름을 사용하였을 때 필름의 가스 투과도에 의한 새싹채소들의 수분 손실로 발생하는 생체중의 변화는 모든 처리구에서 0.5% 미만으로 매우 적었다. 가스의 변화는 20,000cc 필름에서 산소 농도는 감소하고 이산화탄소의 농도는 증가하는 경향을 보였는데 이것은 최적의 MA 조건에 가까운 것으로 저장성 향상에 도움을 주는 것으로 판단된다. 동일한 필름에서 관능검사를 통한 외관상 품질과 이취 발생정도도 가장 우수한 결과를 보여주었다. 호흡에 의한 변화율에 비해 필름의 이산화탄소와 산소의 투과성에 의한 교환비율이 적은 20,000cc 비천공 필름은 관능검사에서 외관은 우수하였으나 다량의 이취가 발생하여 새싹채소의 포장재로는 적절하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 40,000cc 또는 60,000cc 비천공 breathable 필름이 새싹채소 저장에는 유리한 것으로 판단된다.

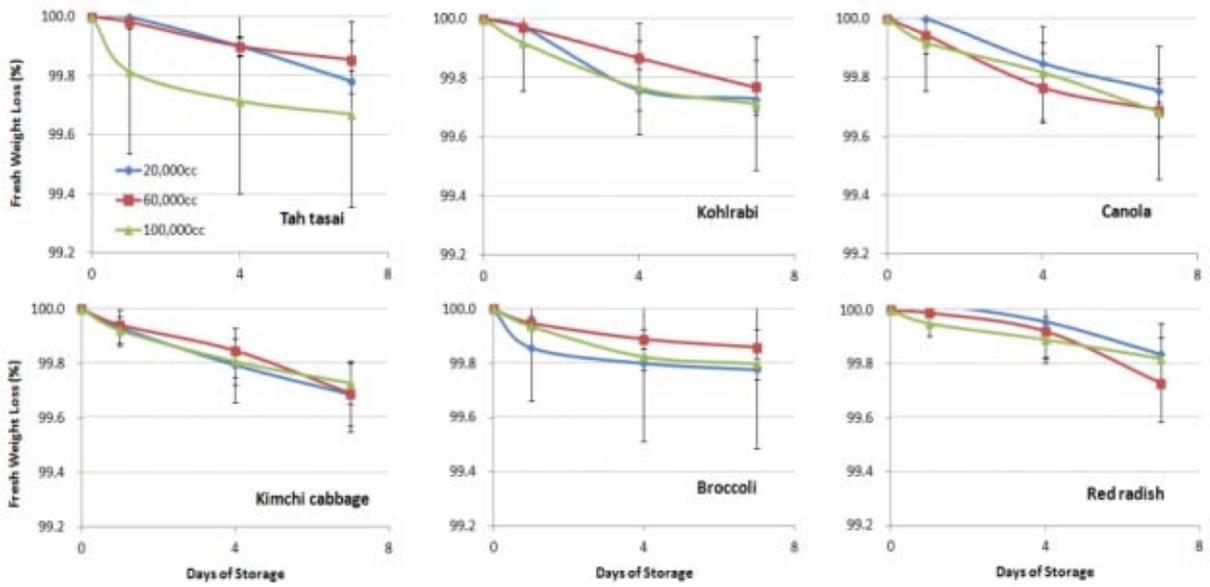


그림 154. 6가지 새싹채소의 저장중 생체중 감소율(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

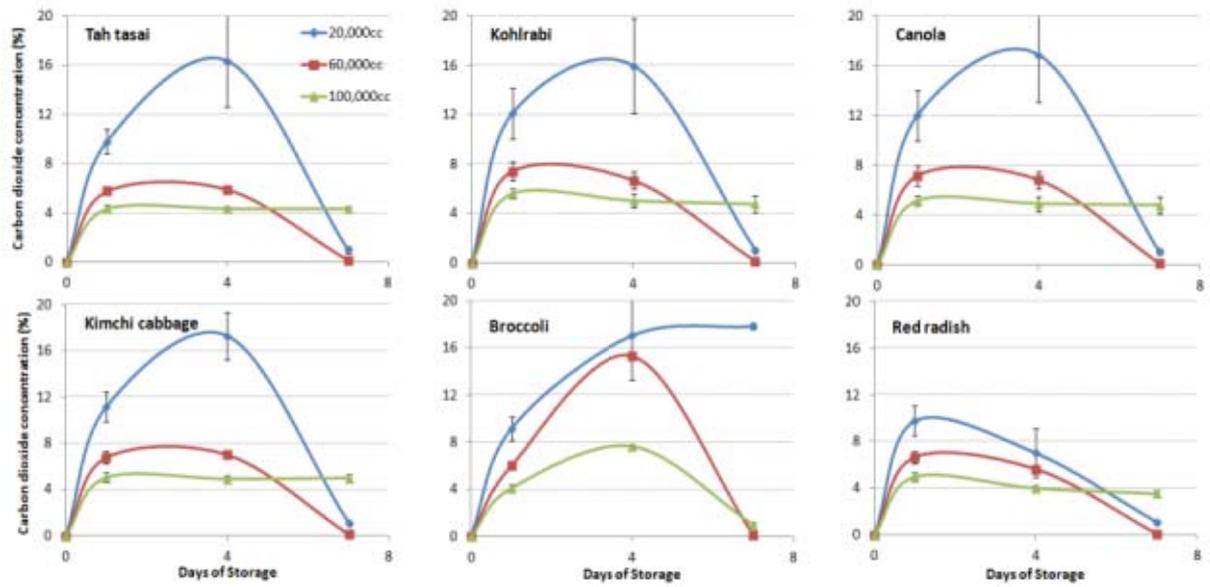


그림 155. 6가지 새싹채소의 저장중 이산화탄소 농도 변화(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

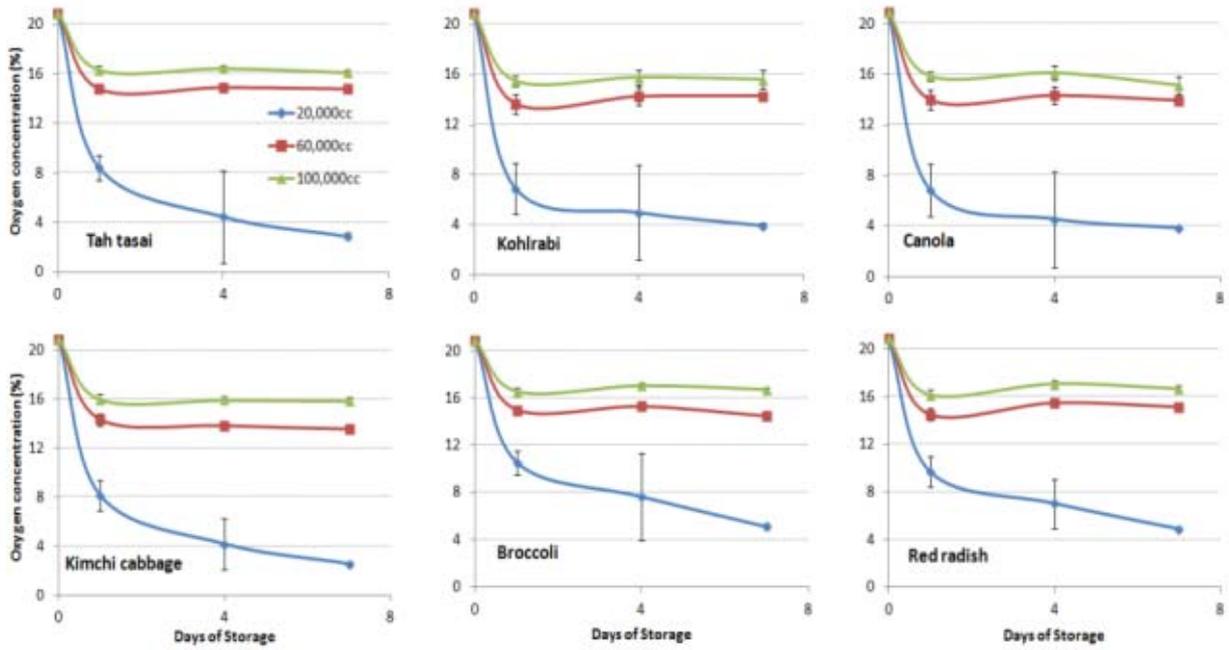


그림 156. 6가지 새싹채소의 저장중 산소 농도 변화(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

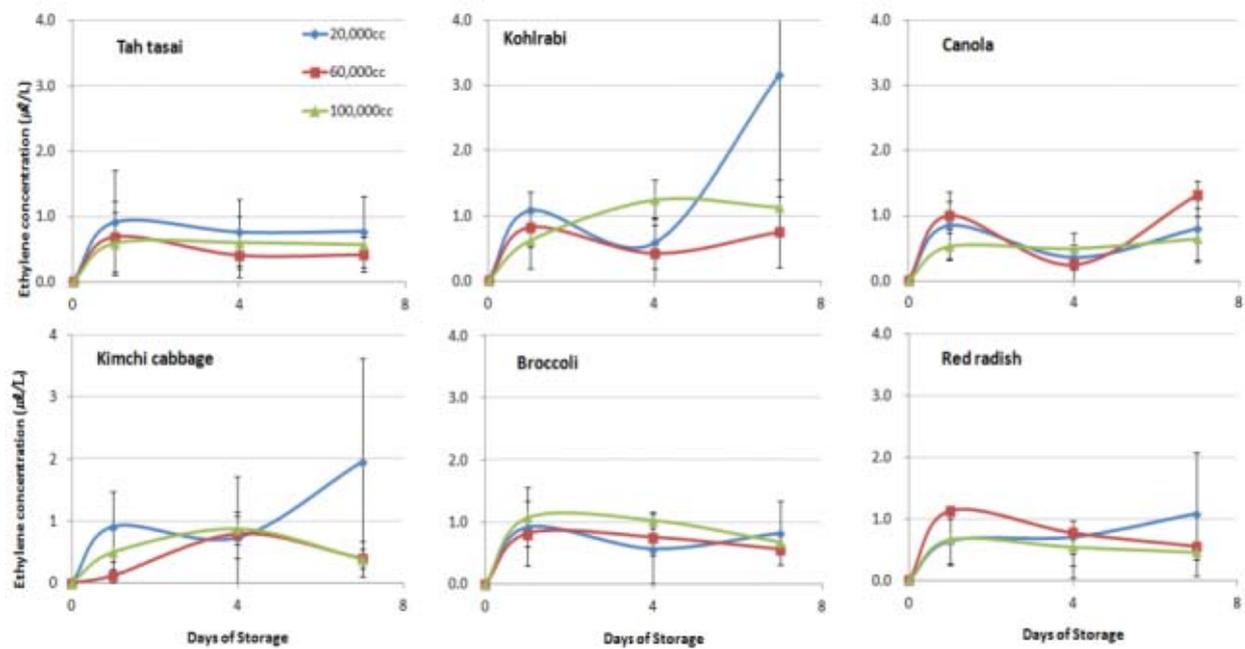


그림 157. 6가지 새싹채소의 저장중 에틸렌 농도 변화(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

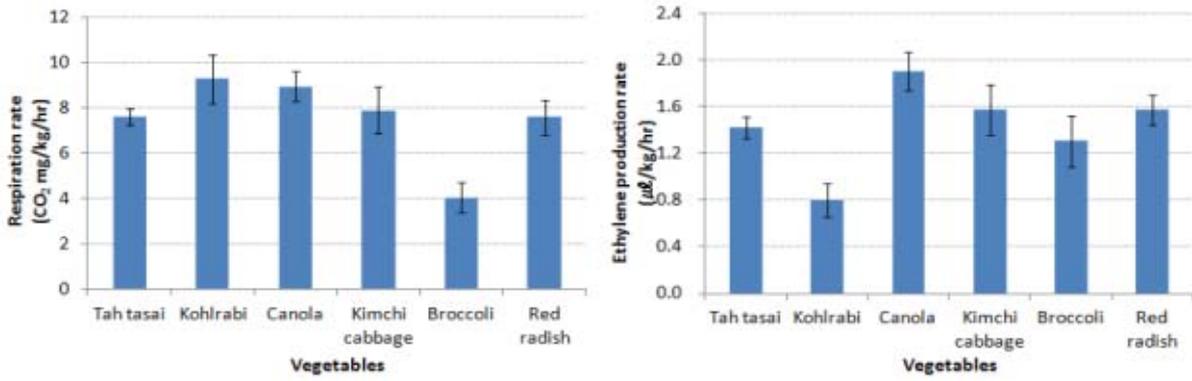


그림 158. 6가지 새싹채소 호흡률과 에틸렌 발생율(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

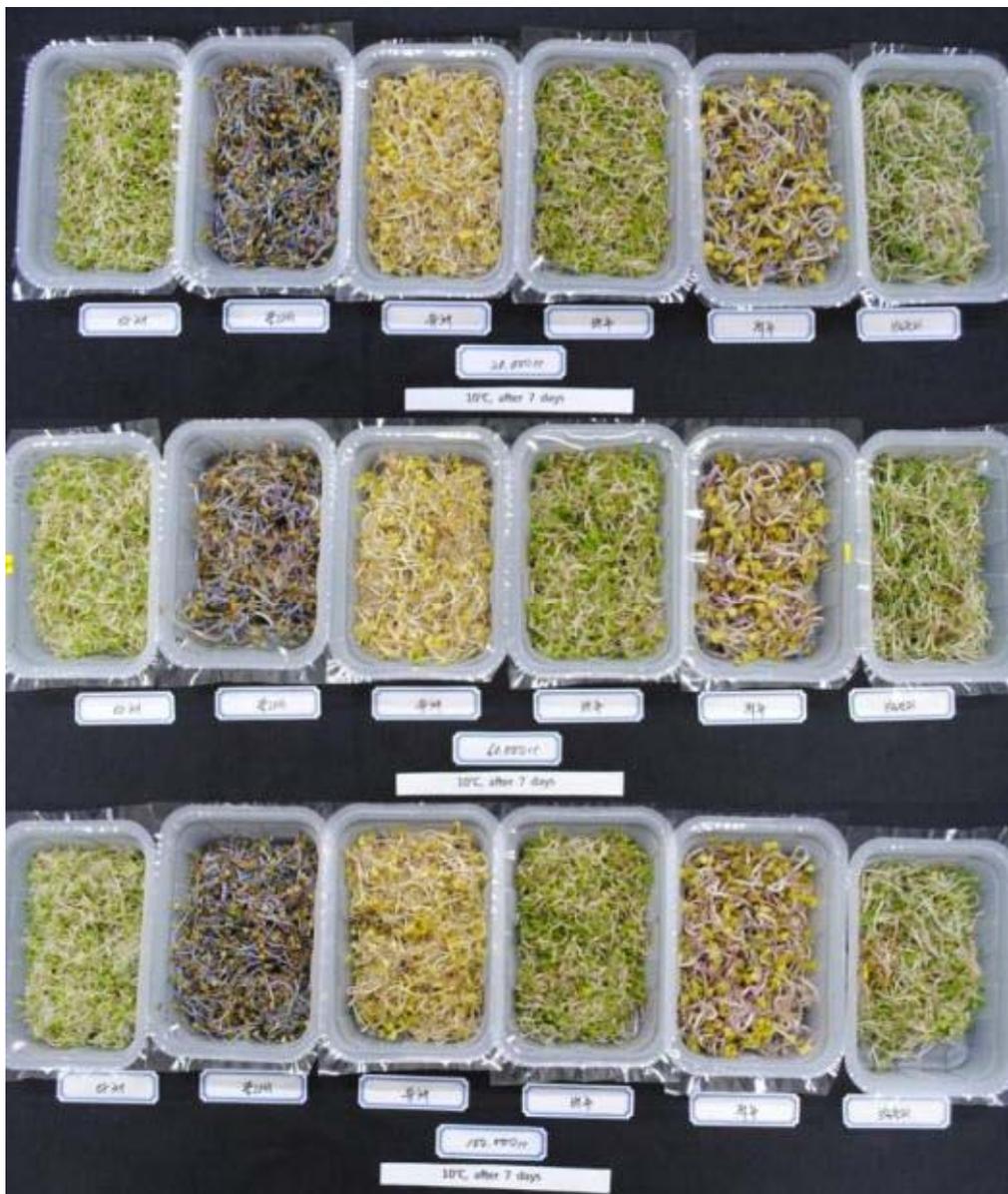


그림 159. 6가지 새싹채소의 저장 종료일의 외관(다채, 콜라비, 유채, 배추, 브로콜리, 적무)

### (3) 대장균

- 대장균 (*Escherichia coli*, *E. coli*)를 대상으로 필름 투과 여부 연구를 준비중.
- 대장균 검출용 건조필름배지(Aerobic Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 대조구로 가공 필름(산소투과도  $1,300\text{cc}/\text{m}^2/\text{atm}/24\text{hr}$  이하)와 진공필름(지름 3 mm)을 처리하고 5,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc, 150,000cc 까지 처리한 후 대장균 검출용 건조필름배지 처리 조건에서 배양후 역시 20일 동안 저온에서 보관하면서 대장균 전이 여부를 관찰할 계획이다.

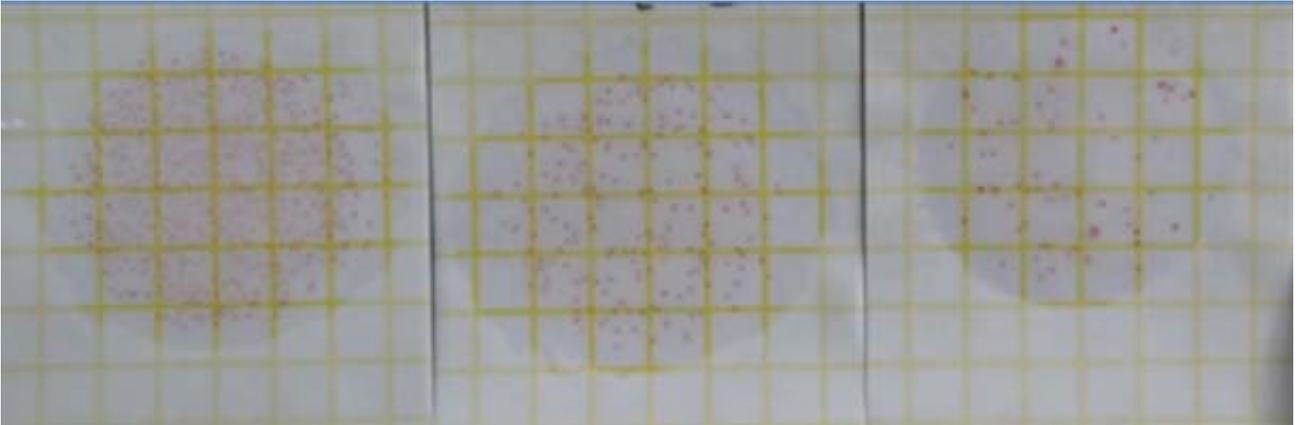


그림 160. 건조필름배지를 이용한 미생물 오염도 측정

### 나. 신선편이 농산물 MAP조건 확립

#### (1) 통통마디 신선편이

5℃에서는 25일, 10℃에서는 15일 동안 저장되었는데, 생체중 감소는 대체적으로 100,000cc 필름에서 가장 많은 생체중 감소를 보였다. 5℃에서는 부위별 차이는 나타나지 않았고, 모든 처리구에서 98% 이상의 생체중을 보이며, 생체중 감소로 인한 저장성 저하는 나타나지 않았다. 10℃에서는 100,000cc 필름에 포장된 5cm 처리구가 가장 많은 생체중 감소를 나타내었다. 산소투과도가 가장 높았던 필름에서 저장기간 수분이 증발하며 큰 중량감소를 보이며 저장성에 영향을 미친 것으로 생각되어 진다. 이산화탄소 농도와 산소 농도는 진공필름(PVPP) 처리구에서 다른 처리구와는 다르게 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소 농도를 나타내었다. 부위에 따른 차이는 나타나지 않았다. 진공필름을 제외한 나머지 처리구중 5,000cc 처리구에서 1-2%의 이산화탄소 농도와, 18% 정도의 산소농도를 나타내며 MA 저장시의 특징을 나타내었다. 외관과 이취는 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소농도를 나타내었던 진공필름에서 다른 처리구에 비해 낮은 외관 점수와 높은 이취 점수를 나타내었다. 나머지 처리구중 5,000cc 처리구가 다소 높은 외관 점수와 낮은 이취 점수를 나타내었다. 따라서 저장온도는 10℃보다는 5℃에서, 필름 중 5,000cc에서 저장하는 것이 효과적이라 생각되어지고, 3, 5, 10cm 부위별 차이는 나타나지 않았다.

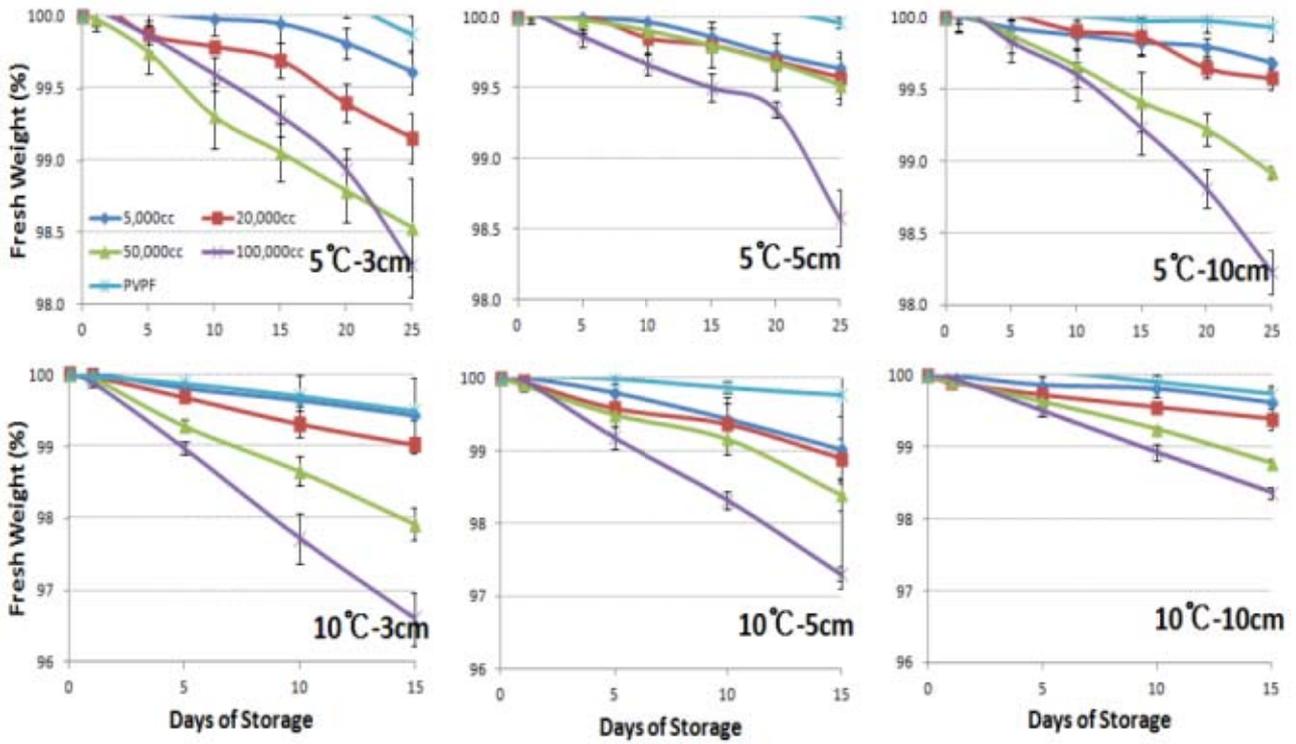


그림 161. 크기 및 온도별 신선편이 통통마디의 저장 중 생체중의 변화

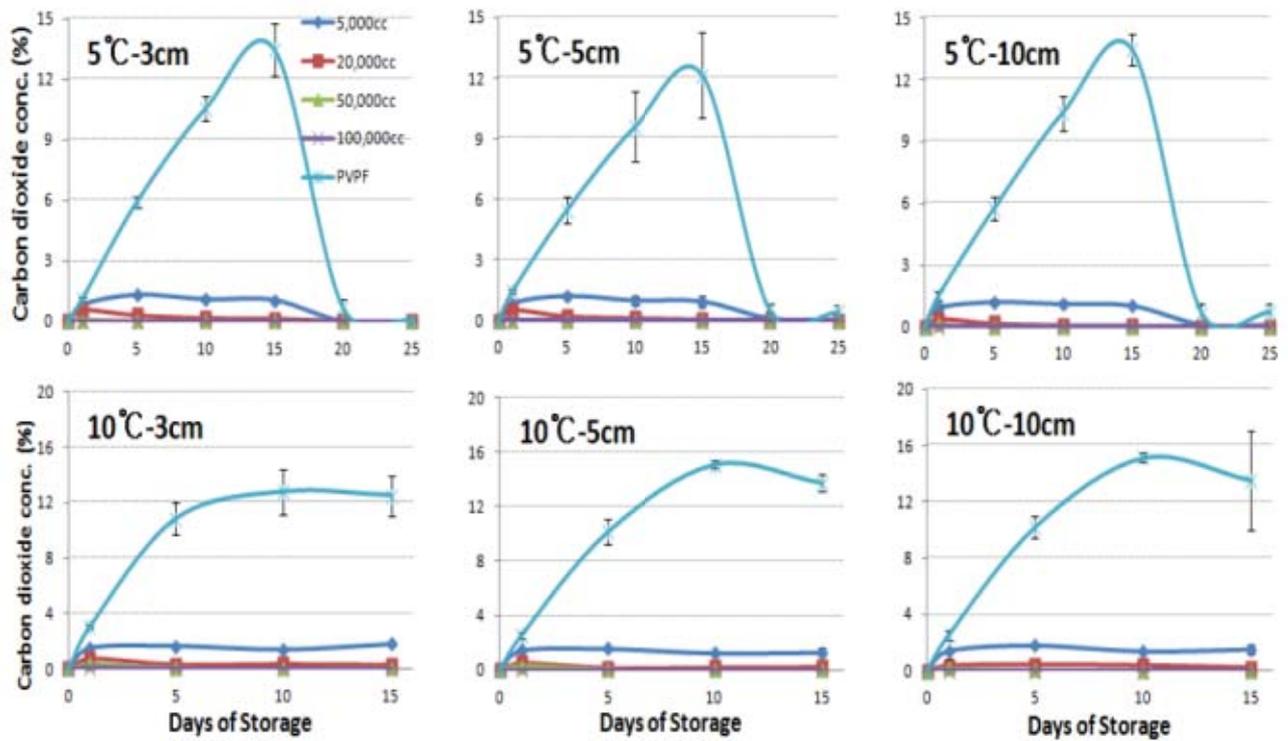


그림 162. 크기 및 온도별 신선편이 통통마디의 저장 중 이산화탄소 농도의 변화

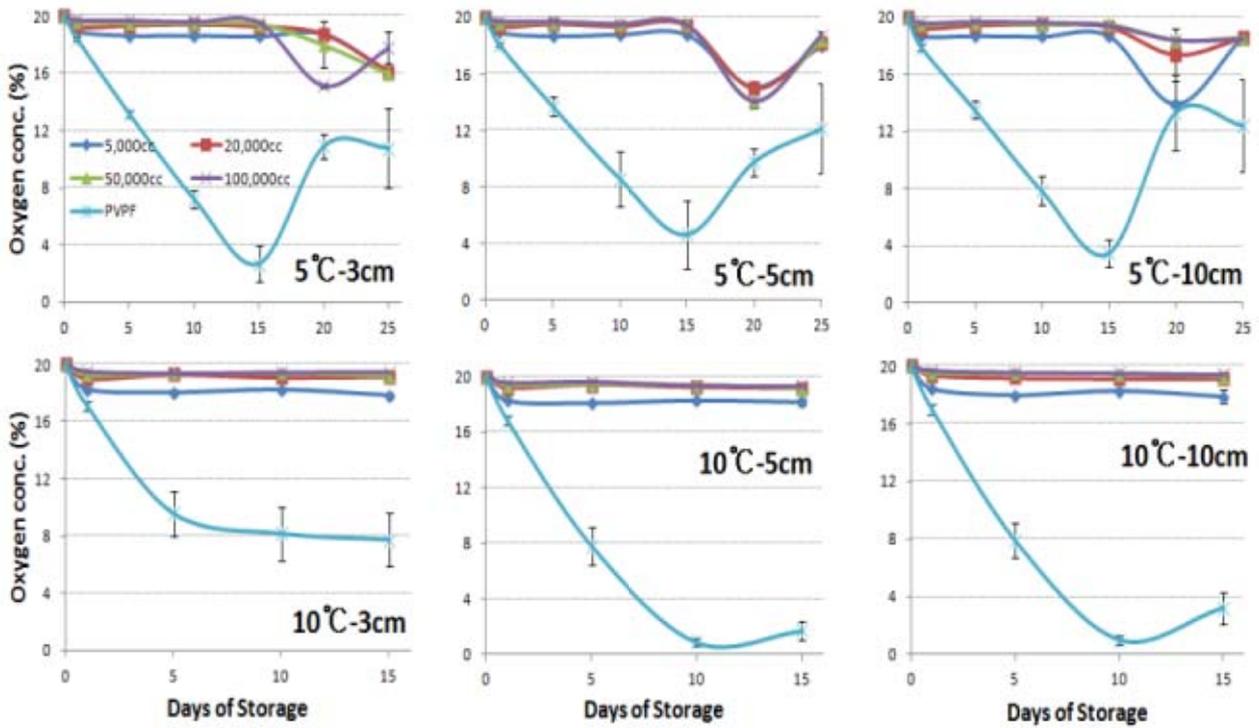


그림 163. 크기 및 온도별 신선편이 통통마디의 저장 중 산소 농도의 변화

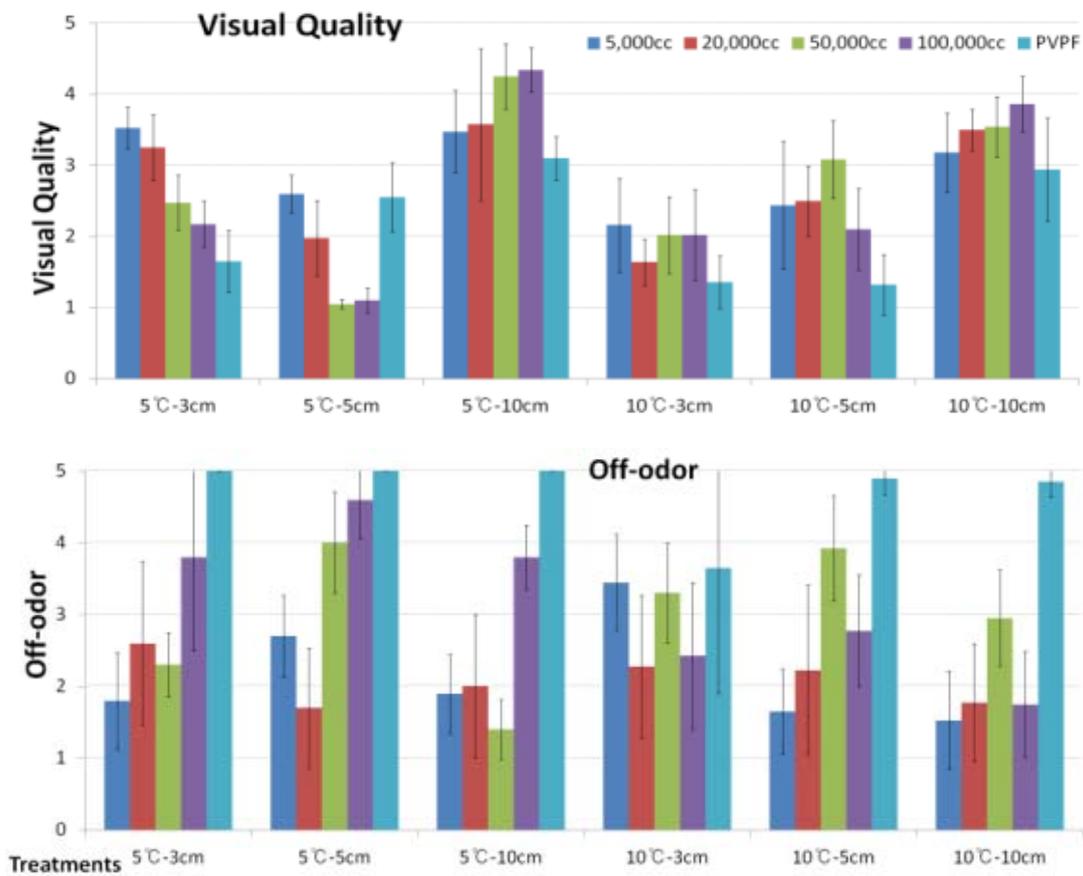


그림 164. 크기 및 온도별 신선편이 통통마디의 저장 종료일의 외관과 이취 비교

(2) 혼합 싹채소에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

-연구방법

재료: 다채, 콜라비, 유채, 배추, 적무, 브로콜리

필름: 유공필름(개공률 0.598%)과 산소투과도가 각각 20,000cc, 40,000cc, 60,000cc, 80,000cc, 100,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm PP 용기(137x95x30mm)를 사용하여 순간 가열식 용기접착기(SC200-IP, Kumkang, Korea)로 포장. 10℃에 7일간 저장

-연구결과

저장중 생체중 감소는 유공필름 처리구에서 가장 급격한 감소를 보이며 저장 종료일에 약 2.5%의 감소율을 보였다. 유공필름 처리구를 제외한 나머지 비천공 필름은 0.2-0.35% 내외로 수분 손실로 인한 생체중 감소가 나타나지 않았다. 유공필름 처리구를 제외한 나머지 모든 처리구에서 저장 직후 이산화탄소 농도가 급격히 증가하고, 산소 농도가 급격히 감소하며, 산소 투과도가 가장 낮은 20,000cc 필름 처리구에서 가장 높은 이산화탄소 농도와, 가장 낮은 산소 농도를 나타냈다. 60,000cc, 80,000cc, 100,000cc 필름 처리구는 8% 내외의 이산화탄소 농도를 저장 종료일까지 유지되었고, 12% 내외의 산소 농도도 저장 종료일까지 유지되었다. 에틸렌 농도는 저장기간중 처리구간의 변화는 각각 다르게 나타났으나, 1.1ppm내의 낮은 농도를 유지하였다.

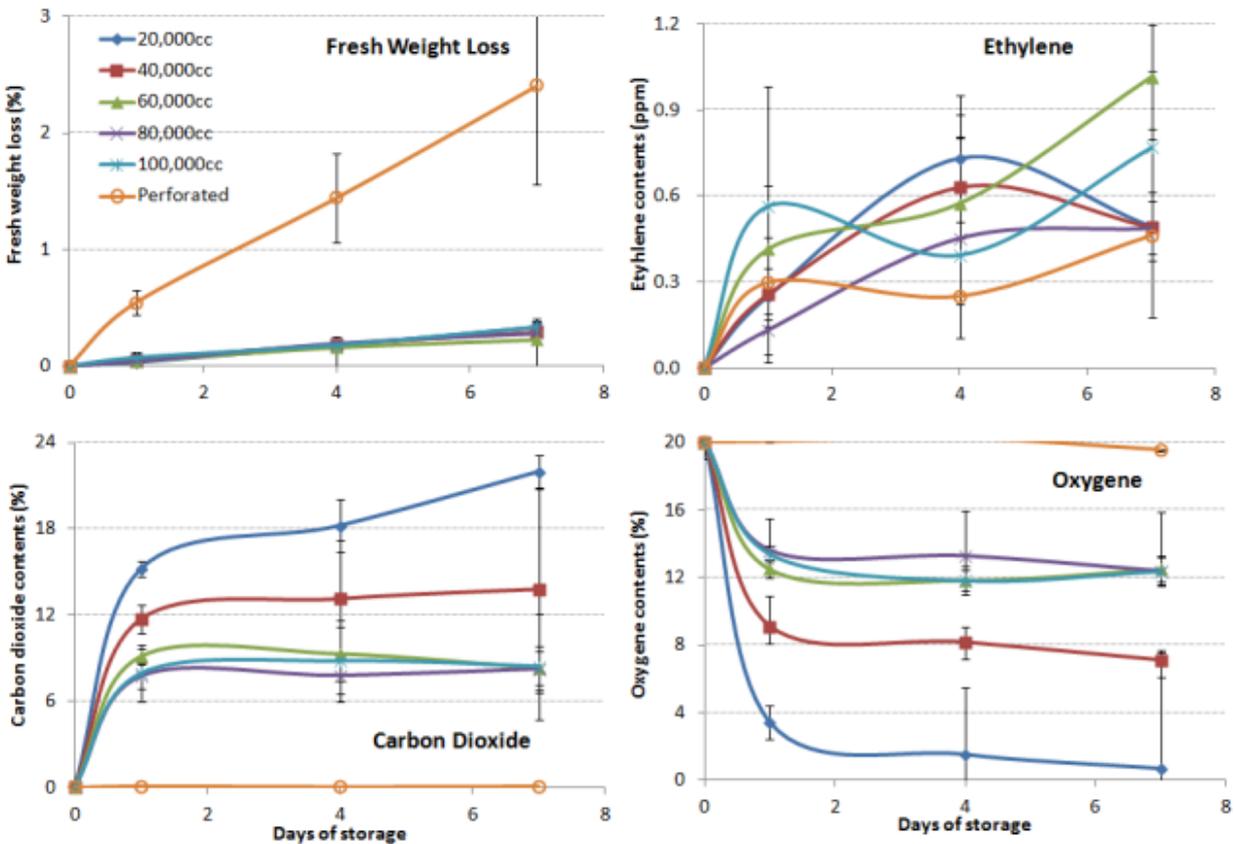


그림 165. 혼합 싹채소(다채, 콜라비, 유채, 배추, 적무, 브로콜리)의 저장 기간중 생체중 감소율과 MAP 내의 가스 조성 변화

저장종료일의 패넬테스트를 통한 외관을 조사한 결과, 20,000cc 필름처리구가 가장 높은 외관 품질을 나타냈고, 나머지 비천공 처리구는 유공필름 처리구보다 높은 외관 품질을 보였다. 이취는 외관 품질이 우수하였던 20,000cc처리구에서 가장 많은 이취를 발생하였으며, 60,000cc 필름 처리구에서 가장 적은 이취를 발생하였다. 따라서, 외관과 이취의 결과로 40,000-60,000cc 필름으로 저장하는 것이 적절하며, 혼합 싹채소 각기 다른 저장성으로 인해 혼합 싹채소 유통시 적절한 싹채소를 선별하여 포장하는 것이 요구된다.

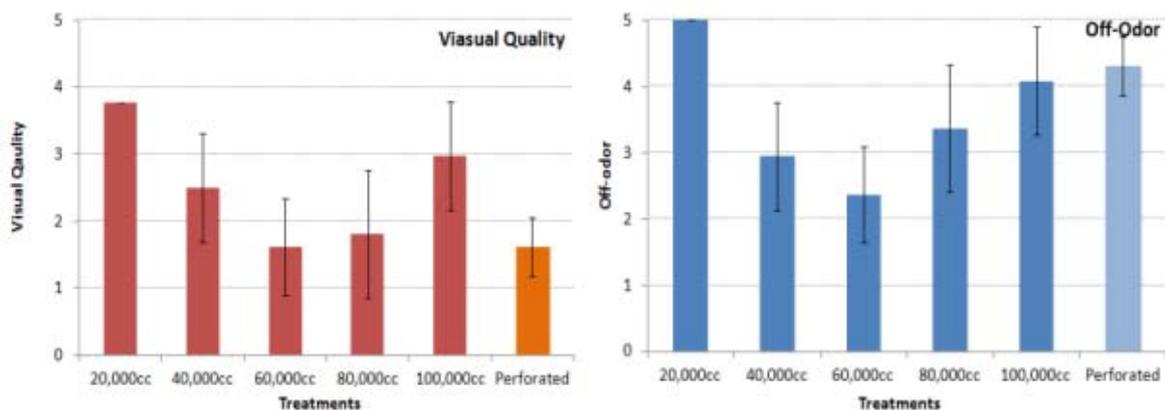


그림 166. 혼합 싹채소(다채, 콜라비, 유채, 배추, 적무, 브로콜리)의 저장 종료일의 외관과 이취 비교

### (3) 베이비 채소에 적합한 비천공 투과성 필름을 이용한 MAP조건 구명

-연구방법

재료: 청경채, 다채

필름: 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc, 100,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm, PP 용기(137x95x30mm)를 사용하여 순간 가열식 용기접착기(SC200-IP, Kumkang, Korea)로 포장, 10℃에 7일간 저장

-연구결과

청경채의 저장 기간중 생체중 감소율은 10,000cc 필름 처리구가 가장 높았으나, 0.3% 이내로 기존의 보고에 수분 손실로 인한 생체중 감소율 정도를 3%로 보았을 때, 상대적으로 낮게 나타났다. 10,000cc 필름 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 이산화탄소 농도는 1-2% 내외, 산소 농도는 18-19% 내외를 유지하였다. 저장종료일에 패넬테스트를 통한 외관 품질은 모든 처리구에서 잎이 누렇게 변하는 황화현상으로 인한 품질저하로 시장성(3점)의 기준 이하로 나타났다. 저장종료일의 높은 이산화탄소 농도를 나타낸 10,000cc 필름 처리구에서 상대적으로 적은 황화현상을 나타내며 가장 높은 외관 품질을 나타냈다. 기존의 보고에 의하면 고농도 이산화탄소는 황화현상을 억제 한다고 보고된바 있다. 이취는 100,000cc 필름 처리구가 가장 높게 나타났고, 나머지 처리구에서는 비슷한 수치를 나타냈다. 다채의 저장기간중 생체중 감소율은

청경채와 마찬가지로 수분 손실로 인한 품질 저하는 나타나지 않았다. 10,000cc 필름 처리구와 20,000cc 필름 처리구는 상대적으로 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소 농도를 나타냈다. 두 처리구를 제외한 나머지 처리구는 2-3% 내외의 이산화탄소 농도와, 18-19% 내외의 산소 농도를 유지하였다. 저장 종료일의 외관상 품질은 10,000cc 필름 처리구가 처리구중 가장 높게 조사되었고, 이취도 가장 적게 발생되었다.

따라서, 청경채와 다채 베이비 채소는 고농도 이산화탄소로 황화현상이 억제된 10,000cc 필름으로 포장 유통하는 것이 적합하다.

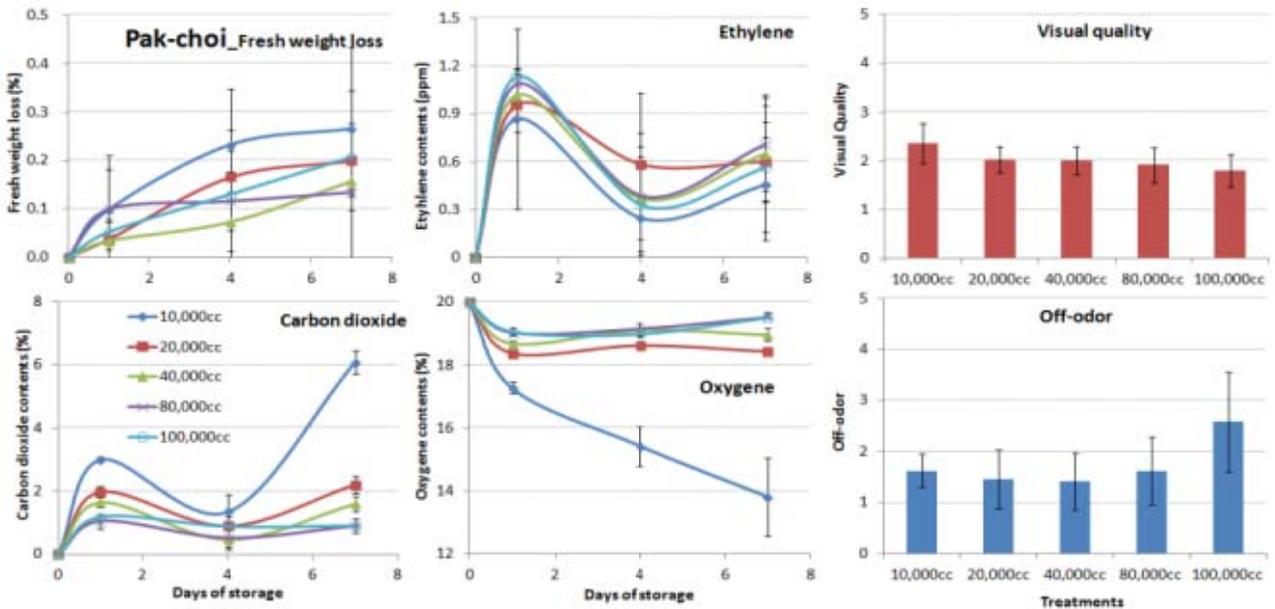


그림 167. 청경채 어린잎의 저장중 생체중 감소율, 에틸렌 농도변화와 저장 종료일에 외관과 이취 비교.

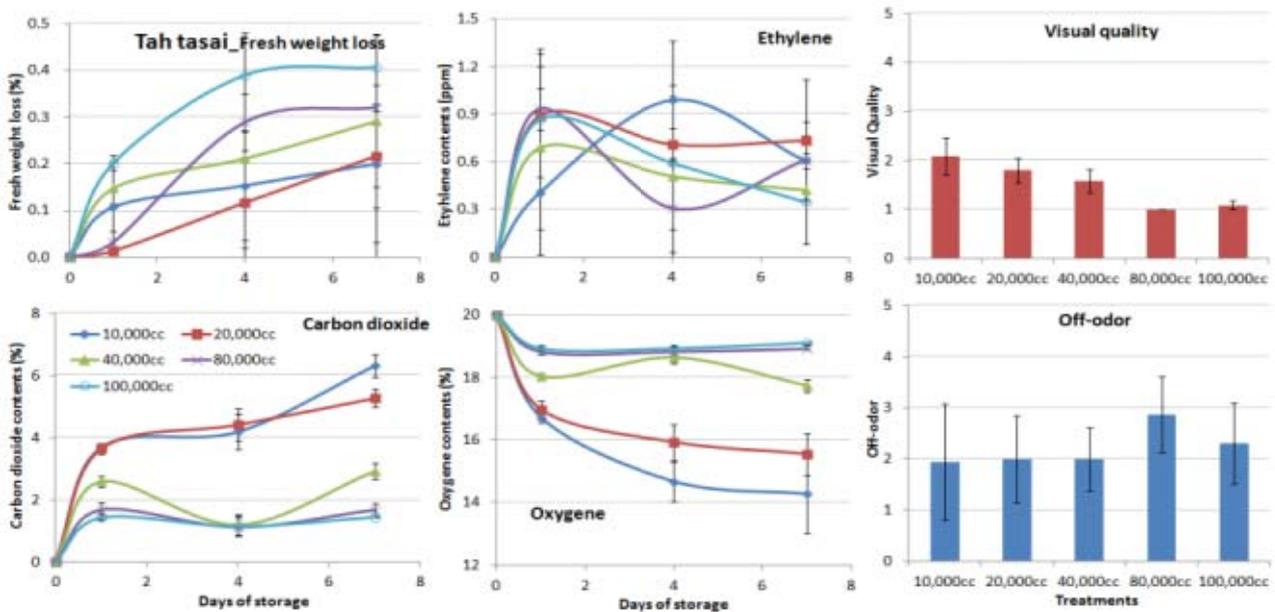


그림 168. 비타민 어린잎의 저장중 생체중 감소율, 에틸렌 농도변화와 저장 종료일에 외관과 이취 비교.

1. 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA조건 구명  
 가. 총 20품목에 대한 국내 저장 및 유통 실정에 적합한 MA 조건 제시

본 과제는 연구계획서에서는 20품목에 대한 최적 MA조건 구명이 목표였으나, 과제 수행중 참여업체의 요청 등에 의해 총 35품목의 저장 유통 조건별 적정 비천공 breathable 필름을 조사하였다. 35품목에 대한 작물별 세세한 설명은 “2. 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술확립”에서 설명할 것이며, 본 장에서 작물별 최적 MA조건만 기술하겠다.

35품목에 대한 결과를 비천공 breathable 필름 종류와 유통 조건별로 나열하면, 1,300cc는 마늘(저온), 아워버섯(저온), 3,000cc는 양상추(신선편이-저온&상온), 청경채(저온), 5,000cc는 깻잎(저온), 브로콜리(저온), 쌈추(저온&상온), 단감(저온), 사과(저온), 통통마디(저온), 7,000cc는 치커리(저온)이 적합하다. 10,000cc는 깻잎(상온), 달래(저온&상온), 들나물(저온), 베이비채소(저온), 브로콜리(상온), 유채(저온&상온), 청경채(상온), 감귤(저온), 단감(상온), 배(저온), 사과(상온), 자몽(저온), 한라봉(저온), 미니&새송이버섯(저온&상온), 곰취장아찌(저온&상온), 20,000cc는 들나물(상온), 세발나물(저온&상온), 치커리(상온), 감귤(상온), 바나나(상온), 그린&골드키위(저온), 한라봉(상온), 파프리카(저온), 토마토(저온)을 저장하기에 적합하다.

표 17. 최적 MAP 조건 구명(필름 종류 구명)

구분	품목명	저온(8℃)	상온(20℃)
엽채류	양상추(신선편이)	3,000cc	3,000cc
	청경채	3,000cc	10,000cc
	쌈추	5,000cc	5,000cc
	깻잎	5,000cc	10,000cc
	브로콜리	5,000cc	10,000cc
	치커리	7,000cc	20,000cc
	달래	10,000cc	10,000cc
	유채	10,000cc	10,000cc
	들나물	10,000cc	20,000cc
	베이비 채소	10,000cc	-
	세발나물	20,000cc	20,000cc
	새싹채소	40,000-60,000cc	-
	새싹채소(혼합)	40,000-60,000cc	-
	시금치	80,000cc	80,000cc

30,000cc는 오렌지(저온&상온), 40,000cc는 새싹채소(저온) 또는 혼합 새싹채소(저온), 자몽(상온), 그린&골드키위(상온), 미니파프리카(저온&상온), 토마토(상온)이다. 60,000cc는 배(상온)

저장에 알맞으며, 80,000cc는 신선편이 사과(저온), 알스트로메리아 절화(상온), 시금치(저온&상온), 그리고 100,000cc는 파프리카(상온)을 저장하는데 적합하였다(표 17,18).

표 18. 최적 MAP 조건 구멍(필름 종류 구멍) (계속)

구분	품목명	저온(8℃)	상온(20℃)
	마늘	1,300-3,000cc	1,300-3,000cc
	아워버섯	1,300-3,000cc	1,300-3,000cc
	단감	5,000cc	10,000-20,000cc
	사과	5,000-10,000cc	10,000cc
	통통마디 (함초-염생식물)	5,000cc	100,000cc
	새송이버섯	10,000cc	10,000cc
	새송이버섯(미니)	10,000cc	10,000cc
	곰취 장아찌	10,000cc	10,000cc
	감귤	10,000cc	20,000cc
과실류	한라봉	10,000-20,000cc	20,000cc
과채류	바나나	-	20,000cc
기타	자몽	10,000cc	40,000cc
	배	10,000cc-20,000cc	60,000cc
	키위(그린)	20,000cc	40,000cc
	키위(골드)	20,000cc	40,000cc
	토마토(대과)	20,000cc	40,000cc
	토마토(방울)	20,000cc	40,000cc
	알스트로메리아(절화)	20,000-40,000cc	80,000cc
	파프리카	20,000cc	100,000cc
	오렌지	30,000cc	30,000-40,000cc
	파프리카(미니)	40,000cc	40,000cc
	사과 (신선편이)	80,000cc	-

나. 호흡률 및 에틸렌 발생률 등 수확 후 생리 특성에 따른 MA저장 모델 제시

실험에 적용한 35개 품목중에서 호흡률과 에틸렌 발생률, 그리고 에틸렌 민감도, 그 외에 CA조건 및 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 허용범위가 기존에 보고된 작물들은 표 19에 정리하였다. 이중 호흡률의 경우 실험에 적용한 대다수의 작물에서 보고되었으며, 저온과 상온으로 정리된 작물도 다수였다. 그러나 에틸렌 발생률의 경우 그 범위가 매우 컸으며, 특히 발생률이 적은 작물은 0.1nl/kg/hr 이하로만 명기 되었으며, 많은 작물은 반대로 100nl/kg/hr 이상으로 표기되어 MA저장 모델 개발에 이용하기에는 무리가 컸다. 수확 후 저장시 수분손실로 인한 생체중 감소 최대 허용량은 조직이 연한 엽채류의 경우 대부분 5.0%이하를 나타내며, 엽채류에 반해 단단한 조직을 가진 과실·과채류 등은 5.0% 이상의 높은 감소율을 엮을 시에 외관상으로 주글거림 등의 품질 저하 현상이 일어난다.

이에 반해 호흡률은 작물별 저장온도별 다양하게 분포되어 이를 모델 개발에 적용하였다. 예측 모델은 작물의 호흡률과 저장실험을 통해 얻은 각 작물의 저장 유통별 최적 비천공 breathable 필름의 산소투과도간의 회귀분석을 통해 관계식과 결정계수( $r^2$ )를 조사를 통해 개발 하였다. 관계식과 결정계수 계산은 전체 작물과 작물의 형태적 분류(과실, 엽경)로 실시하였다. 예측모델 개발을 위해 35개 품목의 최적 MAP조건을 저온과 상온으로 나누어 데이터화하고, 이중 호흡률이 보고된 30여 품목의 값을 대상으로 회귀분석을 통해 호흡률과 비천공 breathable 필름의 산소투과도간의 관계식과 결정계수( $r^2$ )를 조사하였다. 관계식과 결정계수 계산은 전체 작물과 작물의 형태적 분류(과실, 엽경)로 실시하였다.

표 19. 작물별 수확 후 생리 특성 - 엽채류

구분	품목명	온도	호흡률 (mgCO <sub>2</sub> / kg/hr)	에틸렌 발생량	에틸렌 민감도	CA 조건	CO <sub>2</sub> 허용 범위	O <sub>2</sub> 허용 범위	생체중 감소 최대 허용량 (%)
엽채류	양상추 (신선편이)	저온 상온	11-20 25-30	< 0.1(20℃)	높음	2-5% O <sub>2</sub> 0% CO <sub>2</sub>	0%	2%	8.0 (통)
	청경채	저온 상온		> 100(20℃)	높음				
	깻잎	저온 상온		> 100(20℃)	보통				
	브로콜리	저온 상온	16-18 140-160	매우 낮음	높음	1-2% O <sub>2</sub> 5-10% CO <sub>2</sub>	10%	1%	4.0
	치커리	저온 상온	14-17 35-44	< 0.1(20℃)	중간	3-4% O <sub>2</sub> 4-5% CO <sub>2</sub>	5%	3%	
	달래	저온 상온		> 100(20℃)	높음				
	유채	저온 상온			매우 높음				
	시금치	저온 상온	110 230	매우 낮음	높음	7-10% O <sub>2</sub> 5-10% CO <sub>2</sub>	15%		3.0

참조: Technology of Postharvest(<http://postharvest.ucdavis.edu/producefacts/>), site

Kays J. Stanley and Paull E. Robert. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA.

Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd edition. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.

표 20. 작물별 수확 후 생리 특성 - 과실·과채류, 기타

구분	품목명	온도	호흡률 (mgCO <sub>2</sub> /kg/hr)	에틸렌 발생량 (μL/L)	에틸렌 민감도	CA조건	CO <sub>2</sub> 허용 범위	O <sub>2</sub> 허용 범위	생체중 감소 최대 허용량 (%)
과실류 과채류 기타	마늘	저온	16	매우 낮음	낮음	0.5% O <sub>2</sub> 6-10% CO <sub>2</sub>	10%	1%	
		상온	20						
	버섯	저온	35	매우 낮음	중간	3-21% O <sub>2</sub> 5-15% CO <sub>2</sub>	15%	1%	
		상온	132-158						
	단감	저온	2-4	0.1-0.5 (20℃)	높음	3-5% O <sub>2</sub> 5-8% CO <sub>2</sub>	8%	3%	13.3
		상온	10-12						
	사과	저온	17	2-4(0℃)	높음	1.5-2% O <sub>2</sub> 0.5% 이하 CO <sub>2</sub>	0.5%	1.5 %	7.5
		상온	31						
	감귤	저온	3-5	<0.1(20℃)	매우 높음	5-10% O <sub>2</sub> 0-5% CO <sub>2</sub>	5%	5%	
		상온	10-15						
	한라봉	저온	3-5	<0.1(20℃)	매우 높음	5-10% O <sub>2</sub> 0-5% CO <sub>2</sub>	5%	5%	
		상온	10-15						
	바나나	저온	10-30	0.1-2(13℃)	높음	2-5% O <sub>2</sub> 2-5% CO <sub>2</sub>	5%	2%	
		상온	20-70						
	자몽	저온	3-5	<0.1(20℃)	매우 높음	3-10% O <sub>2</sub> 5-10% CO <sub>2</sub>	10%	3%	
		상온	7-12						
	배	저온	1-4	1-3(0℃)	높음	1-3% O <sub>2</sub> 2-5% CO <sub>2</sub>	5%	3%	5.9
		상온	10-15						
키위	저온	5-7	<0.1(0℃)	높음	1-2% O <sub>2</sub> 3-5% CO <sub>2</sub>	5%	1%		
	상온	15-20							
토마토	저온	15	1.2-1.5(10℃)	낮음	3-5% O <sub>2</sub> 3-5% CO <sub>2</sub>	2%	3%	7.0	
	상온	35							
파프리카	저온	3-4	낮음	낮음	2-5% O <sub>2</sub> 2-5% CO <sub>2</sub>	2%	3%	7.0 (고추)	
	상온	18-20							
오렌지	저온	3-5	<0.1(20℃)	매우 높음	5-10% O <sub>2</sub> 0-5% CO <sub>2</sub>	5%	5%		
	상온	11-17							

참조: Technology of Postharvest(<http://postharvest.ucdavis.edu/producefacts/>), site

Kays J. Stanley and Paull E. Robert. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA.

Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd edition. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.

호흡률을 대상으로 회기분석을 통한 관계식 도출 결과 총 35작물을 분석하였을 때는 관계식은  $y=18.438x+19972$  였고, 결정계수( $r^2$ )로 0.0002로 계산되어 작물의 특성을 고려하지 않고 단순 호흡률만으로는 MA저장 모델 제시는 불가능하였다.

이에 반해 작물의 형태 및 이용 분야별로 크게 과실과 경엽부위를 나누어 계산한 결과 과실·과채류에서는 관계식  $y=2535.4x+6047.8$ 였고, 결정계수( $r^2$ )가 0.4698로 상관관계가 인정되었으며, 엽경채류의 경우에서도 관계식  $y=438.51x-3231.8$ 에, 결정계수( $r^2$ ) 0.5814의 상관관계가 나타났다.

여기에 추가적으로 에틸렌 발생량과 민감도 그리고 이산화탄소, 산소의 허용범위를 감안할 경우 작물의 저장 유통 온도에서의 호흡률만 계산된다면, 적합한 비천공 breathable 필름 종류의 예상이 가능할 것으로 판단되었다.

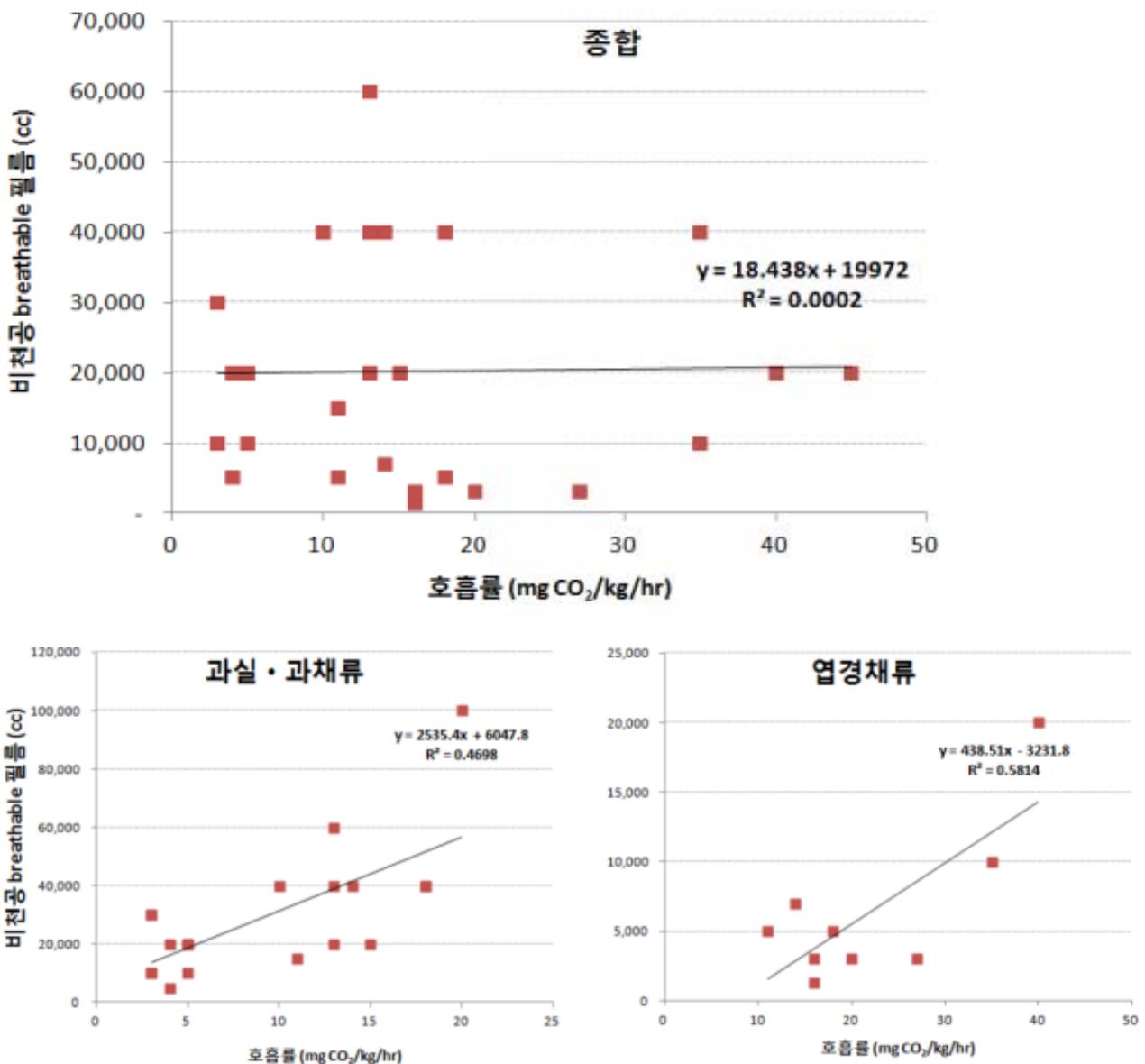


그림 169. 호흡률과 비천공 breathable 필름의 상관관계

## 2. 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술확립

가. 기타 농산물(화훼류, 등)의 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립, 일부작물 예냉효과 비교

### (1) 비천공 breathable 필름을 이용한 알스트로에메리아 절화 수명 비교

#### - 연구방법

전라남도 광양에서 재배된 알스트로에메리아 품종 'Meribel'(Könst)의 절화를 대상으로 레이저 가공 OTR(oxygen transmission rate) 필름을 이용하여 포장 후 상온에서 각각 3일, 5일 동안 저장하였다. 산소투과도가 3,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm 필름을 사용하였으며, 대조구는 유공필름(Perforated)을 적용하였다. 저장중 생체중 감소율, 포장내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도 변화를 조사하였다. MA 저장 후 필름을 제거하여 증류수 50ml이 담겨져 있는 튜브에 꽂아, 3일 처리구는 4일, 5일 처리구는 2일 상온에서 비치하였다. 모든 처리구의 저장 7일 경과 후 잎의 경도, 잎의 엽록소 함량, 개화정도, 그리고 흡수정도에 대해 실험하였다.

#### - 연구결과

저장중 생체중 감소율은 OTR 필름 처리구가 1.5% 미만의 감소를 보였고, 유공필름은 약 5%의 높은 수치를 나타내었다. 필름내 이산화탄소 농도는 80,000cc 필름이 가장 낮은 3% 내외를 유지하였고, 투과도가 가장 낮았던 3,000cc 필름이 15%에 육박하는 높은 농도를 보였다. 산소 농도는 3,000cc 필름이 3%로 가장 낮았던 반면 나머지 OTR 필름은 약 16% 이상이었다. 에틸렌 농도는 모든 처리구가 저장 1일째 급격한 상승을 보였으나, 저장이 진행될수록 감소하여 80,000cc 필름이 가장 낮은 2 $\mu$ L/L 내외의 농도를 보였다.



그림 170. 비천공 breathable을 이용하여 상온저장한 알스트로에메리아 절화의 저장 종료일 외관

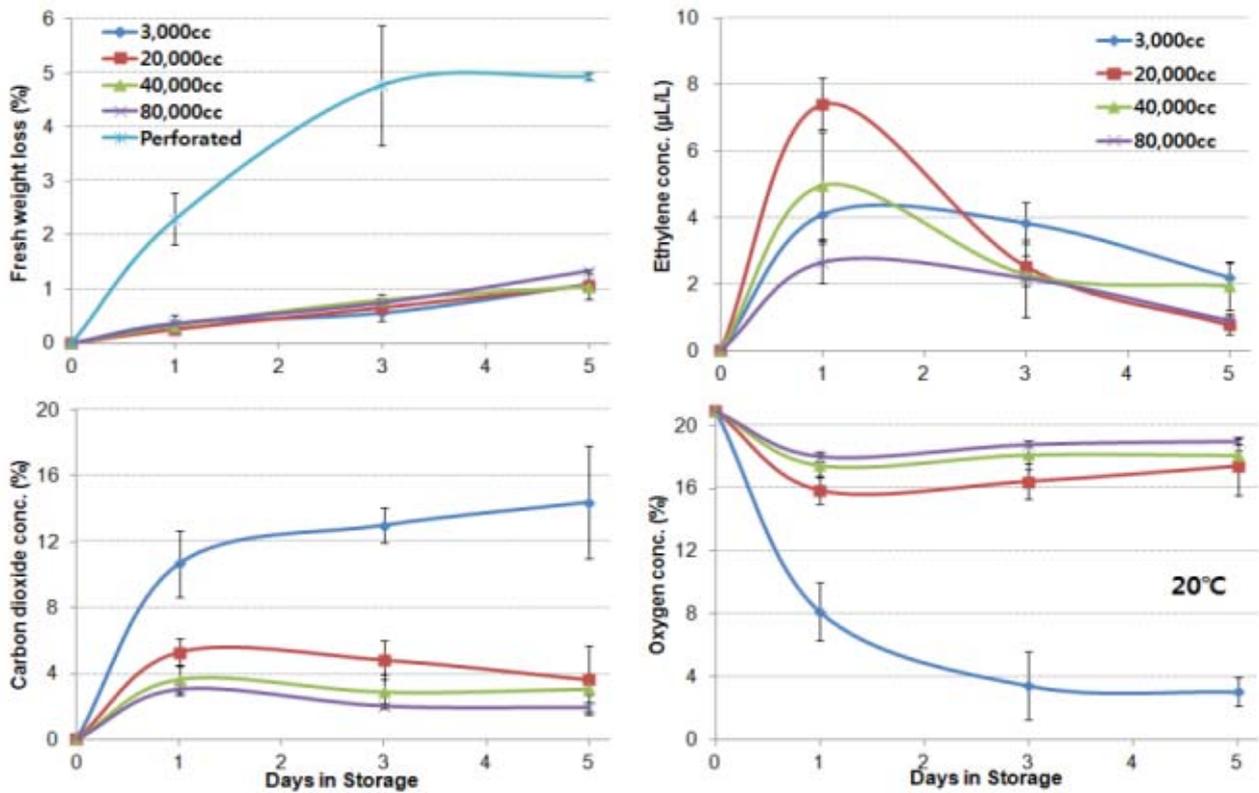


Fig. 171. Changes of fresh weight loss, carbon dioxide concentration, oxygen concentration, and ethylene concentration of cut *alstroemeria aurantiaca* packaged with several OTR films and perforated film stored at 20°C. Vertical bars represent  $\pm$  SD (n=10).

저장 종료일의 줄기 경도는 모든 처리구가 초기값에 비해 감소하였고 투과도에 따른 처리간의 차이는 나타나지 않았다. 엽록소 함량은 3일 MA처리구중 3,000cc필름과 5일 MA처리구중 유공필름이 높았다. 개화율은 두처리구의 유공필름 처리구가 가장 높았고, 필름을 개봉하여 상온 비치하였을 때 꽃잎이 시들거나 낙화하여 개화율이 줄어드는 경향을 보였다. 개화정도는 MA 저장처리 일수에 상관없이 OTR필름의 산소투과가 높을수록 큰 경향을 보였다. 절화의 흡수정도는 3일 MA저장처리에서는 3,000cc와 유공필름, 5일 MA저장처리는 유공필름이 가장 많았다. 이상의 결과로 상온에서 진행된 알스트로에메리아 절화의 MA저장처리는 절화의 개화시기를 늦추는 경향을 보였으나, 절화수명에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Table 21. The firmness, leaf chlorophyll content, total Chlorophyll, anthesis rate, flower width, and water loss rate of cut *alstroemeria aurantiaca* packaged with several OTR films and stored at 20°C for 7days

Date of storage	Trt.	Firmness of stem (kg)	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Total Chlorophyll (mg/g)	Anthesis rate (%)		Flower width (cm)		Water loss (ml)
					Stor. day	Final day	Stor. day	Final day	
	Initial	3.4 ± 0.2 <sup>z</sup>		8.69 ± 1.18	0	0	0	0	-
3 days	3,000cc	3.0 ± 0.1	37.6 ± 2.8	7.57 ± 1.84	60	57	2.0	3.2	15.7 ± 3.8
	MA 20,000cc	2.7 ± 0.3	30.2 ± 5.5	6.41 ± 1.05	90	71	4.4	2.2	7.9 ± 2.7
	40,000cc	2.9 ± 0.3	31.4 ± 3.4	5.97 ± 1.03	100	93	5.2	2.9	7.1 ± 1.9
	80,000cc	3.2 ± 0.5	33.3 ± 2.6	5.30 ± 1.45	100	86	4.9	2.8	6.9 ± 1.2
	Perforated	3.3 ± 0.3	32.6 ± 2.6	6.23 ± 1.07	100	100	5.4	6.3	14.1 ± 1.3
5 days	3,000cc	3.2 ± 0.6	30.5 ± 5.7	6.14 ± 2.17	57	14	2.4	0.9	6.3 ± 4.2
	MA 20,000cc	3.1 ± 0.3	26.8 ± 5.3	5.50 ± 0.95	36	36	4.3	2.0	3.3 ± 1.3
	40,000cc	2.6 ± 0.4	29.1 ± 4.5	4.80 ± 0.99	50	43	4.6	2.3	3.1 ± 1.3
	80,000cc	3.3 ± 0.7	26.9 ± 6.1	5.15 ± 0.93	50	43	4.7	2.7	4.6 ± 3.4
	Perforated	2.9 ± 0.4	31.0 ± 1.5	5.54 ± 1.02	100	100	6.1	6.3	14.9 ± 0.6

<sup>z</sup> Mean ± standard deviation (n=10)

(2) 비천공 breathable 필름이 곱취 장아찌의 MA 저장성에 미치는 영향

- 연구방법

강원도 양구에서 재배된 Handaeri Gom-chewi(*Ligularia fischeri* var. *spicifoprmsis*)를 사용하여 장아찌로 가공하였다. 산소투과도가 각기 다른 필름으로 포장하여 7°C(10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc)에서 90일, 20°C(10,000cc, 30,000cc, 70,000cc, 100,000cc/m<sup>2</sup>· day · atm)에서 20일동안 저장하였으며, 레이저 가공되지 않은 PP필름(1,300cc)을 대조구로 하여 비교하였다. 저장중 생체중 감소율, 포장내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도를 조사하였으며, 저장 종료일에 염도, pH, 경도, 외관, 이취를 측정하였다.

- 연구결과

생체중 감소율은 두 온도의 10,000cc 필름이 2.0%이하의 감소를 보이며 처리구중 낮은 수치를 나타내었다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 산소투과도가 가장 높았던 80,000cc(7°C)와 100,000cc(20°C)필름이 가장 낮은 각각 2.0%와 6.4% 내외의 수치를 보인대 반해, 대조구는 상온에서는 최고 35%, 저온에서도 15% 이상 높은 이산화탄소 농도를 보여 포장재가 부풀어 오르는 현상이 나타났다. 산소 농도는 대조구에서 2.5%(7°C)와 0.8%(20°C)로 감소하였다. 에틸렌 농도는 처리간의 유의성은 없었고, 상온저장(10-25µL/L)에 비해 저온저장(0.3-1.7µL/L)의 처리구들이 매우 낮은 농도를 보였다.

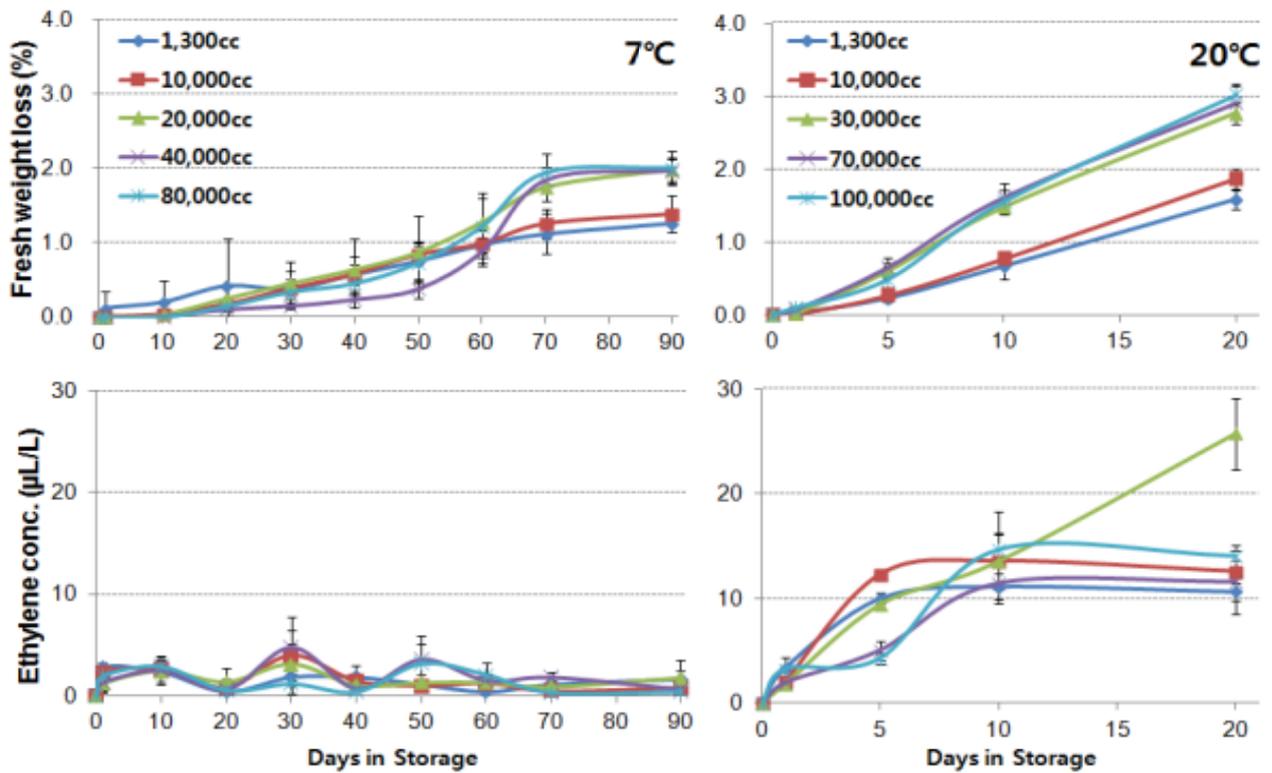


Fig. 172. The Changes of fresh weight loss and ethylene concentration of *Handaeri-gomchwi* jangajii packaged with several OTR films stored at 7°C and 20°C Vertical bars represent  $\pm$  SD (n=10).

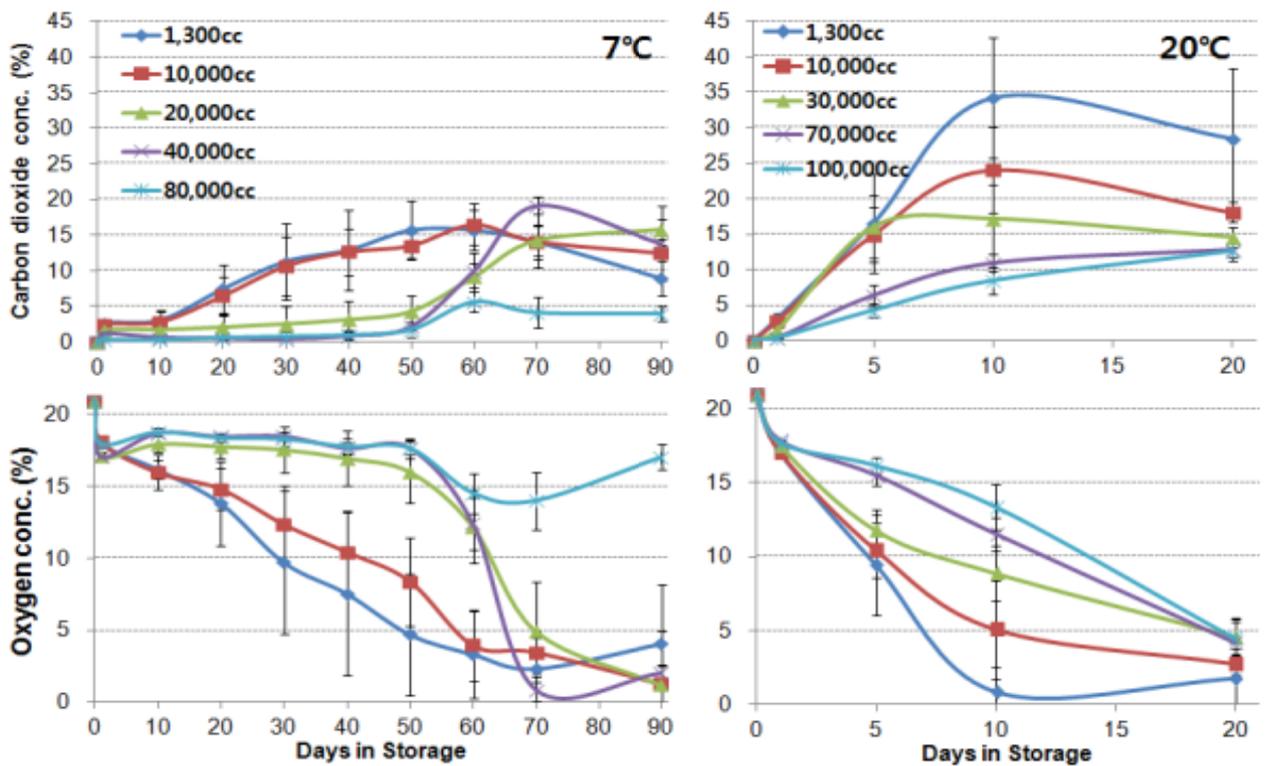


Fig. 173. The Changes of carbon dioxide and oxygen concentration of *Handaeri-gomchwi* jangajii packaged with several OTR films stored at 7°C and 20°C Vertical bars represent  $\pm$  SD (n=10).

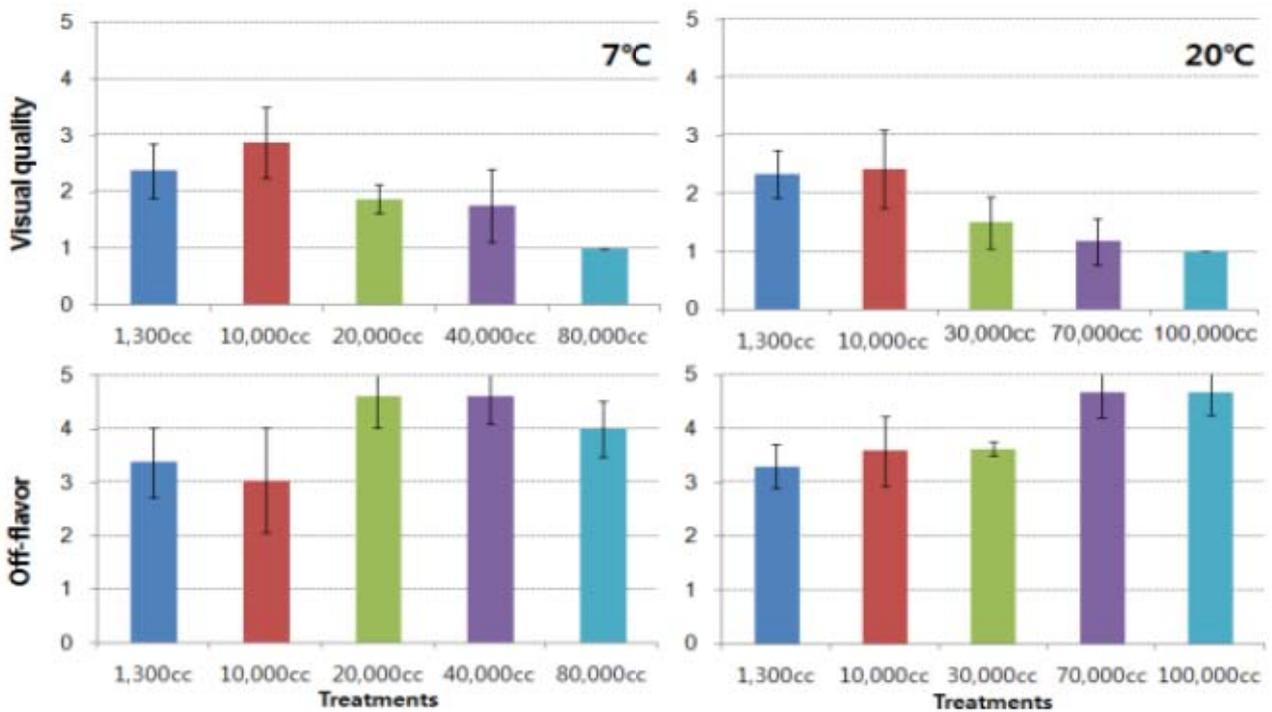


Fig. 174. The visual quality and off-flavor of *Handaeri-gomchwi jangajii* packaged with several OTR films stored at 7°C and 20°C on final days. Vertical bars represent  $\pm$  SD (n=10).

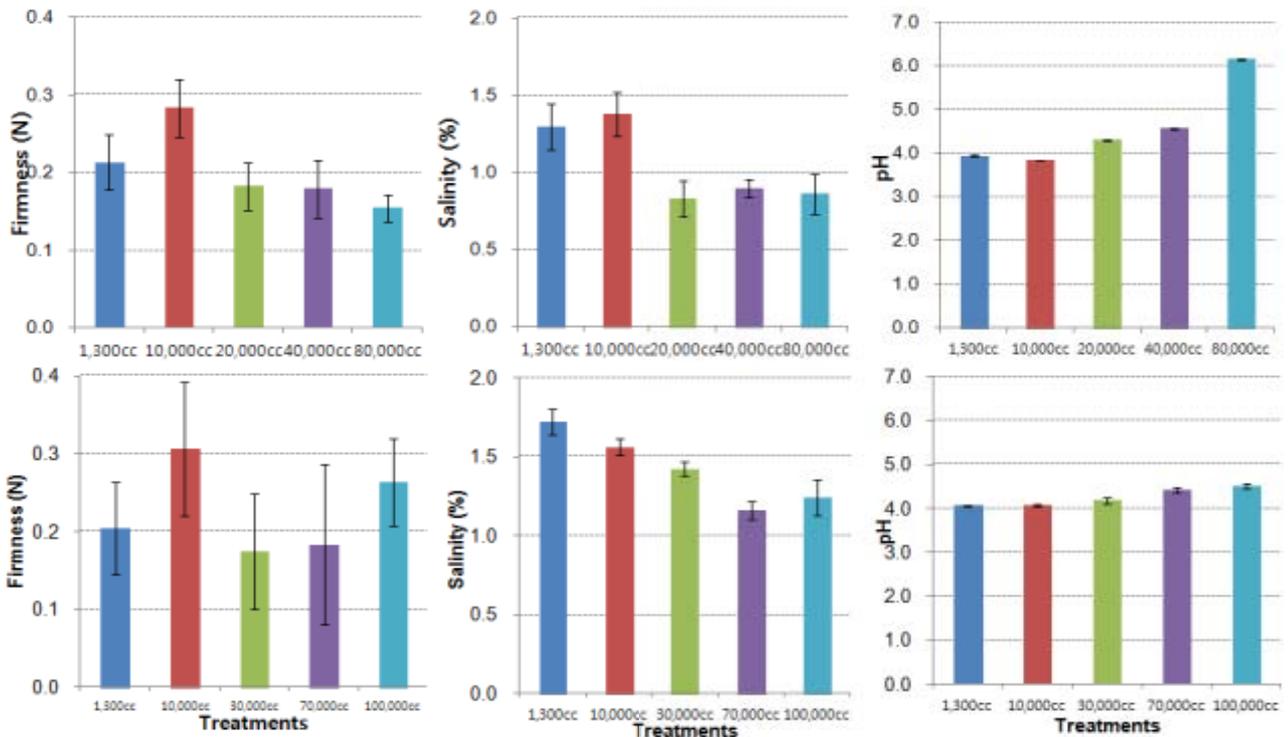


Fig. 175. The firmness, salinity, and pH of *Handaeri-gomchwi jangajii* packaged with several OTR films stored at 7°C and 20°C on final days. Vertical bars represent  $\pm$  SD (n=10).

저장 종료일의 곰팡이 발생정도는 두 온도의 10,000cc 필름을 제외한 모든 처리에서 발생하였고, 산소투과도가 높아짐에 따라 pH는 증가하였고 염도는 낮아졌다. 경도와 이취는 두 온도 모두 10,000cc 필름이 우수한 결과를 보였다. 이상의 결과를 종합해보면, 10,000cc 필름은 적당한 산소투과도로 인해 포장재가 부풀어 오르지 않고 양호한 품질을 보여 한대리 곰취 저장에 적합한 것으로 판단된다.

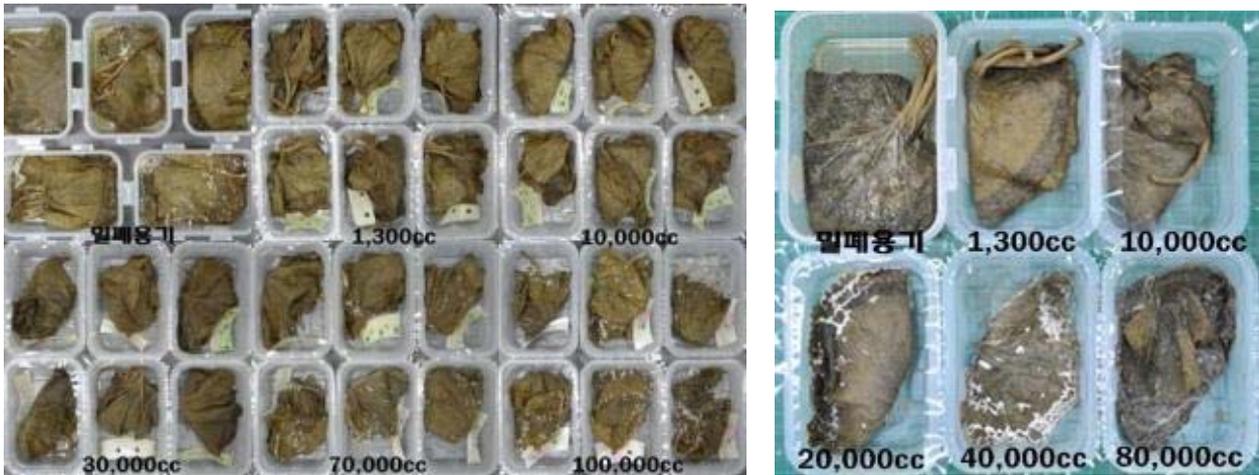


그림 176. 곰취 장아찌의 저장종료일 처리별 외관 비교 - (좌) 상온, (우) 저온

### (3) 예냉이 알스트로에메리아 절화 수명에 미치는 영향

#### - 연구방법

전라남도 광양에서 재배된 'Meribel' 품종의 알스트로에메리아를 2℃에 6시간동안 예냉처리 후 OTR필름에 포장하여 14일간 저장하였다. MA저장에 이용한 레이저 가공 OTR필름은 산소투과도가 3,000, 20,000, 40,000, 그리고 80,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm이었으며, 대조구로 유공필름을 사용하였다. 처리구 총 10반복으로 하였고 1반복에는 3송이를 두었는데 2℃ 저장 5일 후 5반복을 먼저 상온으로 옮겨 50ml 증류수가 담긴 튜브에 넣어 파라필름으로 튜브 상부를 막아 9일간 보관하였고 나머지 5반복은 2℃ 저장 10일 후에 상온으로 옮겨 역시 같은 조건에서 4일간 보관하였다. 생체중 감소율, 포장내 대기조성, 에틸렌 농도를 측정하였고, MA저장 후 상온으로 옮기는 날부터 2일 간격으로 개화율과 개화정도를 알아보기 위한 화폭을 조사하였다. MA저장 후 상온 보관 종료일(14일)에 줄기의 경도와 잎의 엽록소 함량을 조사하였다.

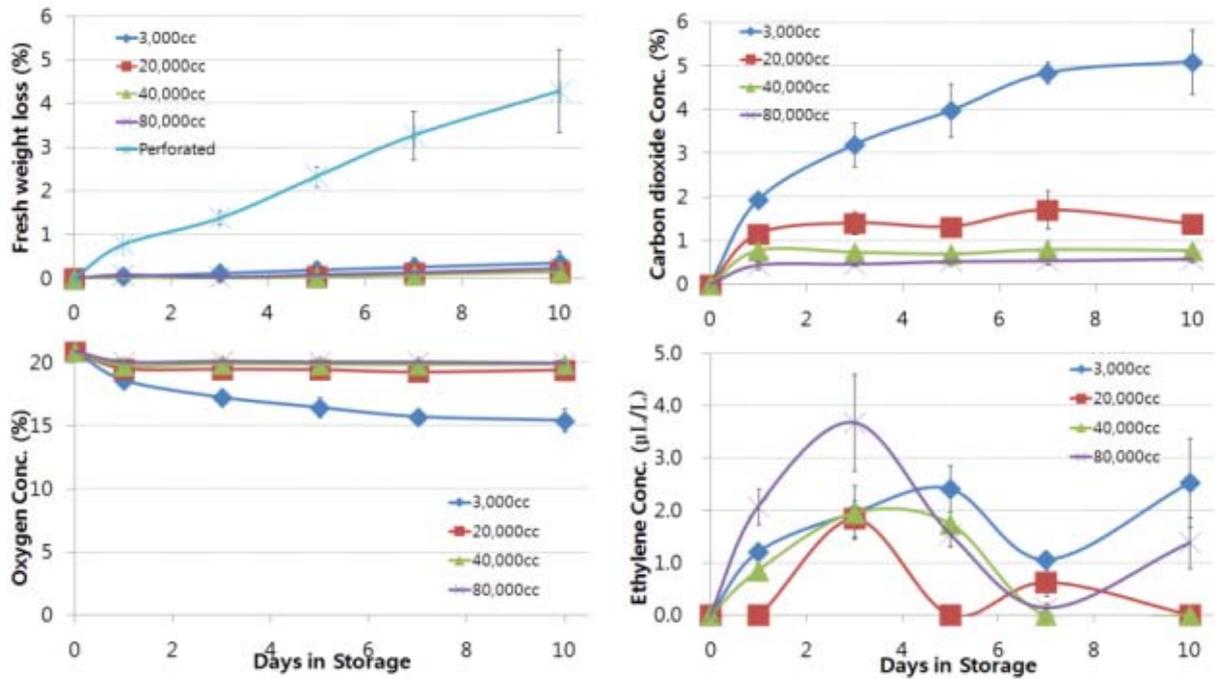


Fig. 177. The fresh weight loss, carbon dioxide conc., oxygen conc. And ethylene conc. of *alstroemeria* packed with several OTR films (3,000, 20,000, 40,000, and 80,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm) and stored at 2 terms of storage(2°C 5D+20°C 9D, 2°C 10D+20°C 4D). Vertical bars represent ±SD (n=10).

- 연구결과

생체중 감소율은 저장종료일에 대조구를 제외한 모든 필름이 0.4%미만의 감소를 보이며 이로 인한 품질저하는 나타나지 않았다. 포장 내 이산화탄소 농도는 3,000cc가 3-5%, 나머지 필름들은 0.5-2%를 유지하였으며, 산소농도는 3,000cc를 제외한 모든 필름에서 19%이상을 유지하였다. 저장종료일의 에틸렌 농도는 3,000cc에서 가장 높은 수치를 나타내었고, 20,000cc와 40,000cc에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 모든 처리는 총 14일후 품질변화를 조사하였는데, 2°C에서 5일 그리고 10일 MA저장후 각각 9일과 4일동안 상온 보관하였다. 경도는 MA저장기간이나 저장중 사용한 필름종류에 큰 영향을 받지 않았으나, 엽록소 함량은 상온 보관기간이 짧았던 10일 저장 처리구에서 높았으며, 필름 종류별로는 5일 저장 처리구의 경우 20,000cc와 80,000cc에서 10일 저장 처리구에서는 40,000cc에서 높게 유지되었다.

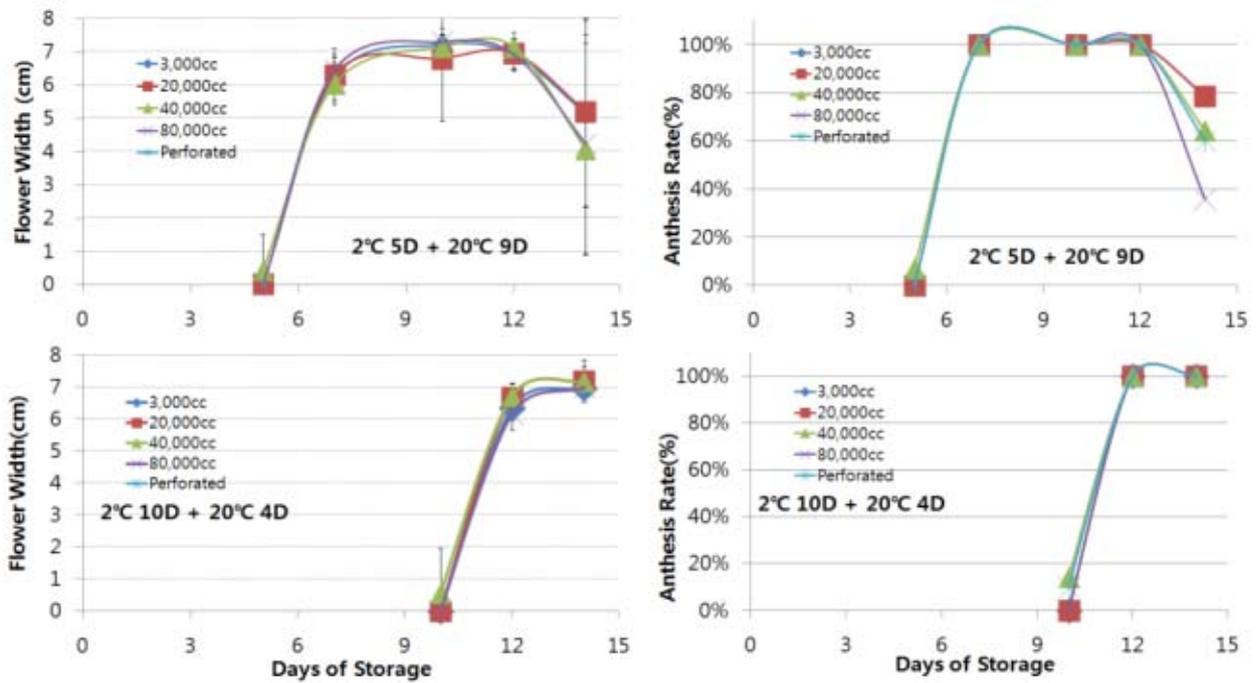


Fig. 178. The flower width and anthesis rate of *alstroemeria* packed with several OTR films (3,000, 20,000, 40,000, and 80,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm) and stored at 2 terms of storage(2°C 5D+20°C 9D, 2°C 10D+20°C 4D). Vertical bars represent ±SD (n=10).

화폭은 5일 저장 처리구에서 MA저장 종료시 40,000cc가, 상온 보관종료일에는 20,000cc가 넓게 전개되었으며 10일저장 처리구에서는 MA저장 종료시에는 40,000cc에서 가장 넓었으나, 상온보관종료일에는 차이에 통계적 유의성은 없었다. 개화율은 5일저장 처리구에서 MA저장 종료시에는 40,000cc가, 상온 보관종료일에는 3,000cc와 20,000cc이 높았고, 10일저장 처리구에서는 MA저장 종료시에는 40,000cc가, 상온 보관종료일에는 모든 처리구에서 100%를 보였다. 이상의 결과를 종합하면, 2°C에서 5일과 10일간 MA저장을 할 경우, 저장중 포장내 에틸렌 농도가 낮고 상온 보관 후 화폭은 넓고, 줄기 경도, 잎의 엽록소 그리고 개화율이 높게 유지되었던 20,000cc(5일저장)와 40,000cc필름(10일저장)이 알스트로에메리아 저온 MA저장에 적합한 것으로 판단되었다.

Table. 22. The firmness of stem, leaf chlorophyll cont. and total chlorophyll cont of alstroemeria packed with several OTR films (3,000, 20,000, 40,000, and 80,000cc/m<sup>2</sup>·day·atm) and stored 2 terms storage(2°C 5D+20°C 9D, 2°C 10D+20°C 4D). Vertical bars represent ±SD (n=10).

Storage term	Film Treatment(cc)	Firmness of stem (kg)	Leaf chlorophyll (SPAD)	Total chlorophyll (mg/g)
	Initial	3.8±0.2 <sup>z</sup>	-	8.6±1.1
2°C 5D+20°C 9D	3,000	2.7±0.3	30.9±3.8	4.9±0.5
	20,000	2.8±0.3	37.8±4.5	6.9±0.6
	40,000	2.8±0.2	30.6±3.7	4.6±0.5
	80,000	2.5±0.2	38.2±3.3	6.9±0.8
	Perforated	2.6±0.2	31.0±1.9	4.7±0.4
2°C 10D+20°C 4D	3,000	2.8±0.5	37.3±2.9	6.9±0.6
	20,000	2.5±0.3	33.6±3.8	4.1±2.1
	40,000	2.4±0.3	38.0±1.9	7.2±0.8
	80,000	2.5±0.2	31.4±1.3	5.1±0.3
	Perforated	2.6±0.5	37.1±3.4	7.0±0.3

<sup>z</sup>Means ± SD (n=10).



그림 179. 알스트로에메리아 예냉 후 저온저장 종료일의 외관 비교

3. 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립  
 가. 과실류 신선편이용 소포장 MAP 기술 확립 (저온 유통, 저온 저장)

(1) 사과 신선편이 소포장 MAP 기술 확립

- 연구방법

강원도 춘천에서 재배된 '시나노' 품종을 대상으로 하여 실험을 실시하였다. 사과의 중앙에 위치 한 종자를 제거한 후 8편으로 절단하여 100g 내외로 포장하였다. 비타민 C 침지 처리는 0.5% 농도의 비타민 C 용액에 10분간 침지한 후 실험용 페이퍼를 이용하여 물기를 간단히 제거한 후에 포장하였다. 무처리와 비타민 C 처리구는 산소투과도가 각각 1,300cc, 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 80,000cc 인 비천공 breathable 필름과 대조구인 유공필름으로 포장하여 8℃에서 3일간 저장하였다. 저장중 생체중 감소율, 이산화탄소 농도와 산소 농도를 측정하였고, 저장 종료일에 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도, 색도를 조사하였다.

- 연구결과

산소투과도가 각기 다른 비천공 breathable 필름으로 포장하여 8℃에서 3일간 저장한 사과 신선편이의 생체중 감소율은 무처리와 VitC처리 모두 저장 종료일까지 0.1% 미만이었고, 유공필름 처리구는 저장 1일 후 급격한 감소로 무처리 0.6%와 VitC처리 0.8%까지 감소하였다.

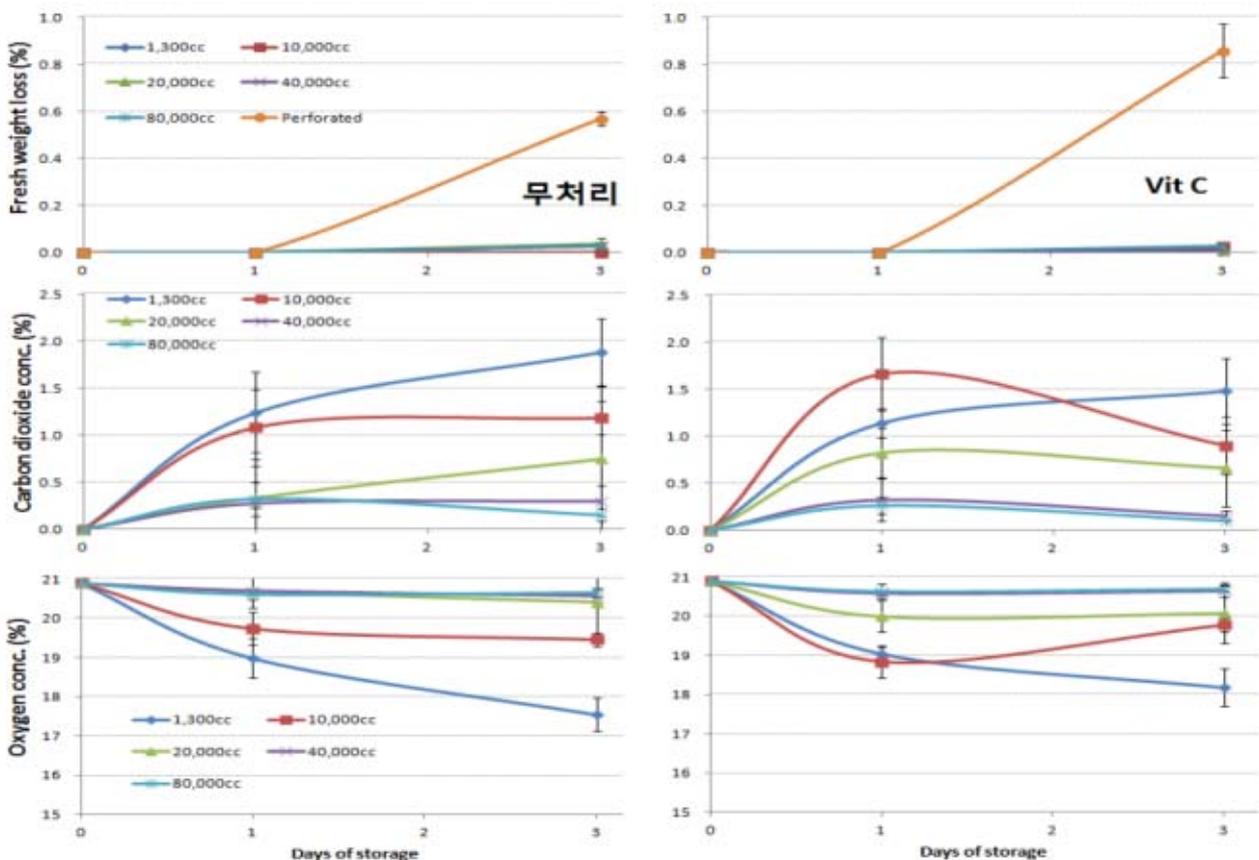


그림 180. 비천공 breathable 필름을 이용한 사과 신선편이의 저장 기간의 생체중 감소율, 포장 내 이산화탄소, 산소 농도의 변화

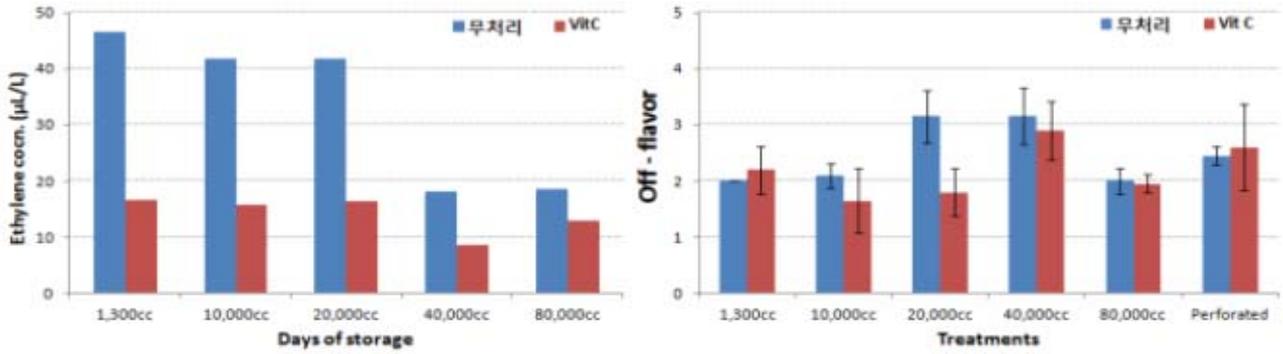


그림 181. 사과 신선편이의 저장 종료일의 에틸렌 농도와 이취 정도

저장 종료일의 에틸렌 발생량은 무처리구에 비해 VitC처리가 최대 50%이상 낮았고, VitC처리구중에서도 40,000cc 필름이 가장 낮은 수치를 보였다. 포장내 이취 정도는 무처리구의 20,000cc와 40,000cc가 처리구중 가장 높은 수치를 나타내었다.

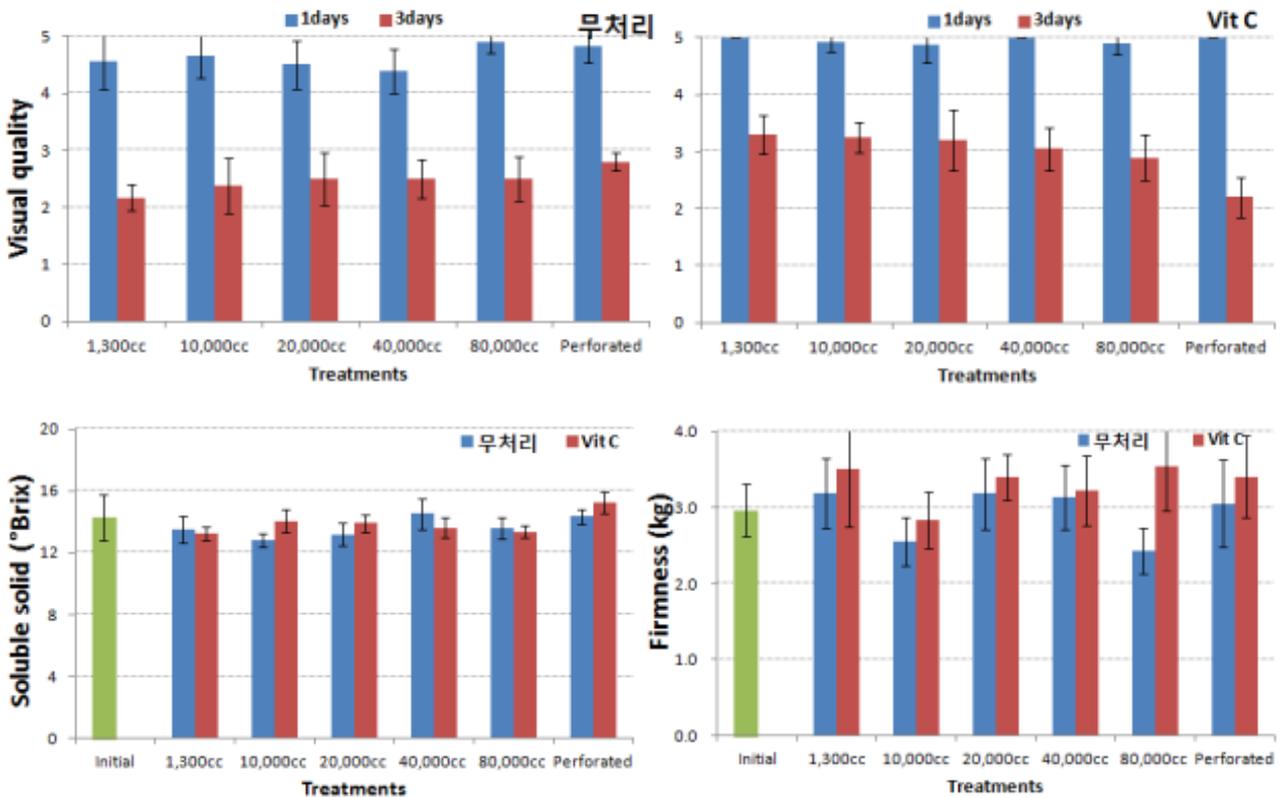


그림. 182. 사과 신선편이 저장 종료일의 외관, 당도, 그리고 경도

외관은 무처리와 VitC처리 모두 저장 1일째에 비해 종료일인 3일 경과일에 급격히 외관상 품질이 저하되는 현상을 보였고, 무처리구에 비해 VitC처리가 다소 높았지만 통계적 유의성은 없었다. 처리구 중에는 VitC 처리구의 1,300cc, 10,000cc, 그리고 20,000cc 필름이 우수하였다. 당도는 초기값에 비해 처리에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았고, 유공필름 처리구가 다소 높았는데 이는 생체중 감소가 가장 높았던 것으로 미루어 보아 수분 손실로 인한 당 집적 현상으로 판단된다. 경도는 무처리에 비해 VitC 처리가 우수한 수치를 나타내었다.

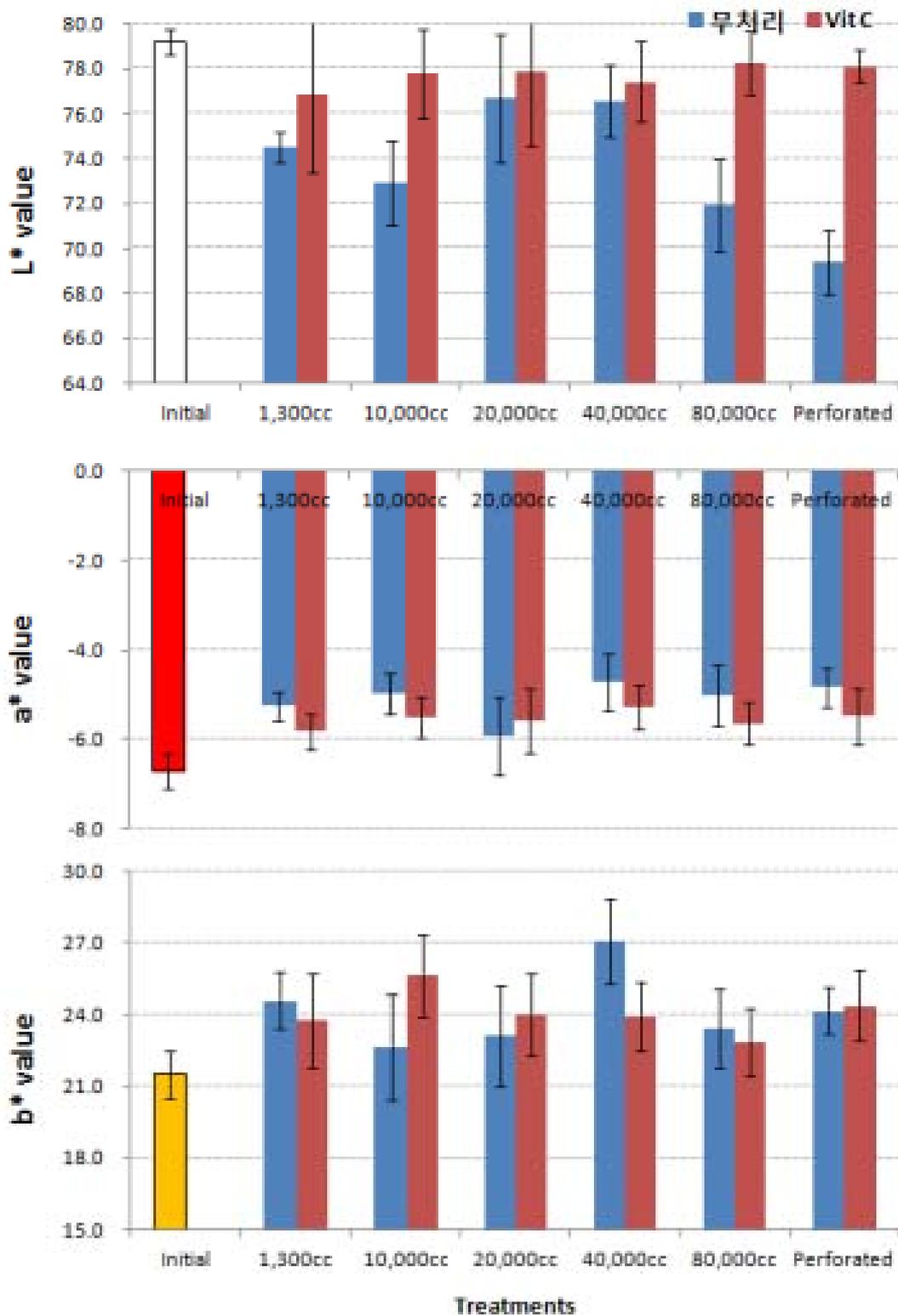


그림 183. 사과 신선편이 저장 종료일의 과육 색도 비교

종료일의 사과 신선편이 과육 부분의 색도를 비교한 결과, 명도의 차이를 나타내는 L\* 값은 모든 처리구가 초기값에 비해 과육의 갈변현상으로 인해 낮아지는 현상을 나타내었다. 무처리구에 비해 VitC처리가 높은 명도를 나타내었다. 적색의 정도를 나타내는 a\* 값은 명도값에 반

해 무처리구가 VitC처리보다 높았고, 황색의 정도를 나타내는 b\* 값은 무처리구에서는 10,000cc 필름이, VitC처리는 80,000cc가 가장 낮았다. 이상의 결과를 종합해보면, 무처리보다 VitC처리가 사과 신선편이에 유리하며, 80,000cc 필름으로 저장하는 것이 적합하다고 판단된다.



그림 184. 사과 신선편이의 저장 종료일 외관 비교

나. 미생물 투과 여부 확인

(1) E.coli 대상 비천공 breathable 필름 투과 여부 확인

- 연구방법

대장균 E.coli를 대상으로 비천공 breathable 투과 여부를 확인하였다. E.coli 중 strain DH5a를 가지고 LB 배지(Lysogeny broth)에 배양하여 산소투과도가 1,300cc, 5,000cc, 50,000cc, 100,000cc 인 비천공 필름과 대조구로 유공필름으로 실링하였다. 실링후 무균 배지를 비천공 필름의 레이저 가공부분을 가운데 비치 후 배지가 서로 마주보게 하여 진공필름으로 다시 포장하였다.



그림 185. 비천공 breathable 필름 투과 여부 확인을 위한 포장법

- 연구결과

위의 그림과 같이 포장 후 37℃ 챔버에서 필름 투과 여부를 확인하였다. 포장 후 3일 경과일에 대조구 무균배지에서 대장균(E.coli)이 배양되는 것을 확인 할 수 있었으며, 5일 경과 후 각기 다른 산소투과도를 가진 비천공 breathable 필름은 대장균이 투과되지 않았음을 확인 할수 있었고, 대조구인 유공필름만이 투과되어 3.29 log<sub>10</sub>CFU/g가 검출되었다. 따라서 비천공 breathable 필름은 대장균이 투과되지 않음을 확인 할 수 있었다.



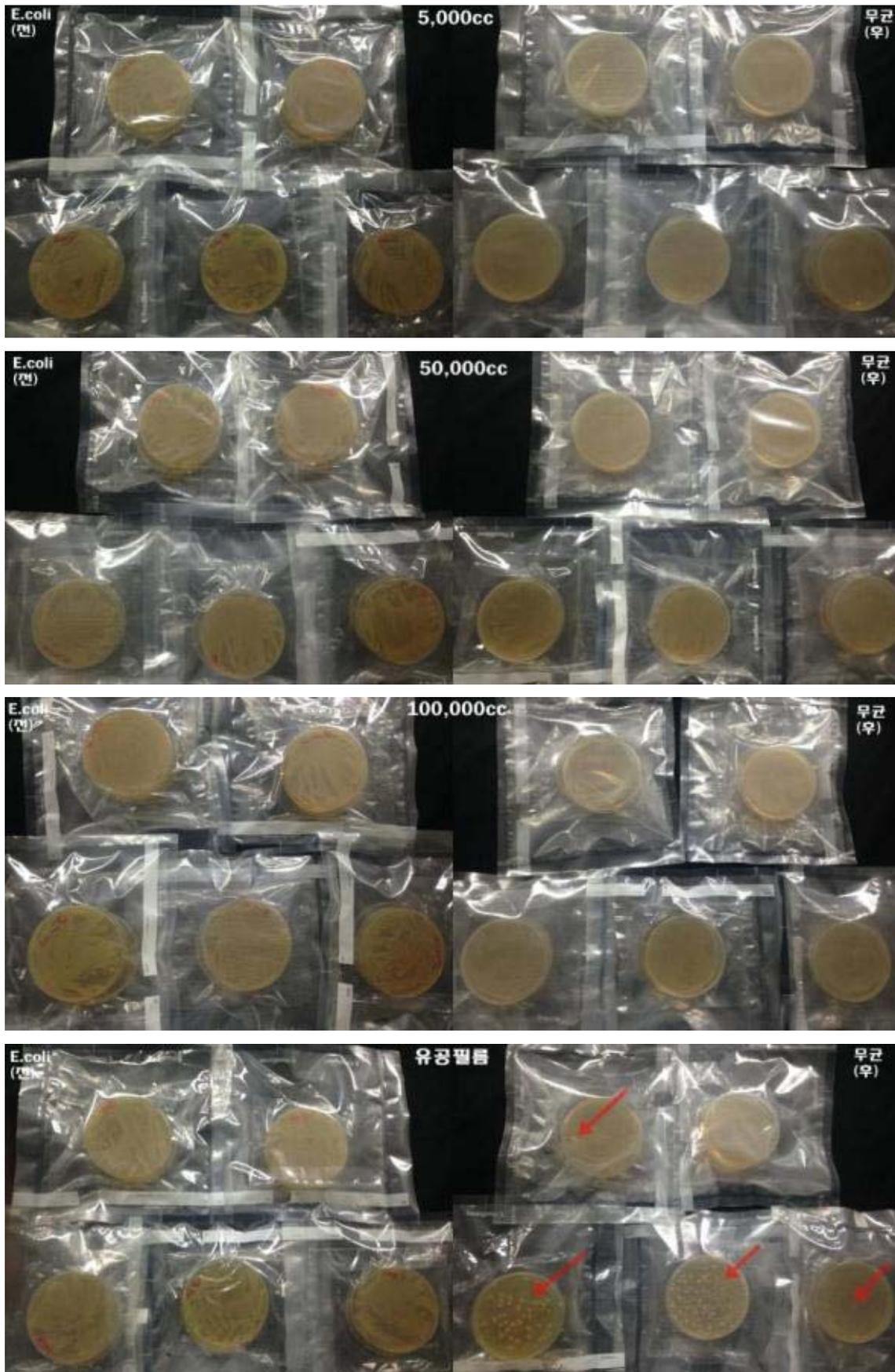


그림 186. 대장균(E.coli)의 비천공 breathable 필름 투과 여부 비교

다. 저온유통조건과 상온 유통조건으로 나누어 최적 MAP 조건 구명(필름 종류 구명)

표. 23 최적 MAP 조건 구명(필름 종류 구명)

구분	품목명	저온(8℃)	상온(20℃)
엽채류	양상추(신선편이)	3,000cc	3,000cc
	청경채	3,000cc	10,000cc
	쌈추	5,000cc	5,000cc
	깻잎	5,000cc	10,000cc
	브로콜리	5,000cc	10,000cc
	치커리	7,000cc	20,000cc
	달래	10,000cc	10,000cc
	유채	10,000cc	10,000cc
	돌나물	10,000cc	20,000cc
	베이비 채소	10,000cc	-
	세발나물	20,000cc	20,000cc
	새싹채소	40,000-60,000cc	-
	새싹채소(혼합)	40,000-60,000cc	-
	시금치	80,000cc	80,000cc
	과실류 과채류 기타	마늘	1,300-3,000cc
아위버섯		1,300-3,000cc	1,300-3,000cc
단감		5,000cc	10,000-20,000cc
사과		5,000-10,000cc	10,000cc
통통마디 (함초-엽생식물)		5,000cc	100,000cc
새송이버섯		10,000cc	10,000cc
새송이버섯(미니)		10,000cc	10,000cc
곰취 장아찌		10,000cc	10,000cc
감귤		10,000cc	20,000cc
한라봉		10,000-20,000cc	20,000cc
바나나		-	20,000cc
자몽		10,000cc	40,000cc
배		10,000cc-20,000cc	60,000cc
키위(그린)		20,000cc	40,000cc
키위(골드)		20,000cc	40,000cc
토마토(대과)		20,000cc	40,000cc
토마토(방울)		20,000cc	40,000cc
알스트로메리아(절화)		20,000-40,000cc	80,000cc
파프리카		20,000cc	100,000cc
오렌지		30,000cc	30,000-40,000cc
파프리카(미니)	40,000cc	40,000cc	
사과 (신선편이)	80,000cc	-	

### 제 3절 식용작물 및 특용작물(산채, 버섯, 약용식물) MAP 기술 확립

1. Breathable film을 이용한 포장재가 식량작물 저장성에 미치는 효과  
 가. 식량작물(백미, 현미, 밀) 저장에 있어서 breathable film의 효과

(1) 연구방법

산소투과도가 다른 필름을 포장하여 5, 10, 15, 20, 25℃에 저장  
 0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film(Perforated)  
 포장단위: 250g 내외  
 생산지: 경상남도 사천군, 진주시 (밀의 경우 수매 당일 직접 수령)  
 공시재료: 백미(동진1호), 현미(동진1호), 밀(조경밀)  
 저장전 예냉처리: Room cooling  
 저장중(1년차): 생체중 감소율, 이산화탄소/산소, 이취, 외관 변화 및 유충발생 정도 조사  
 (1년차 종료 후 TTC검증, 지방산가 측정)  
 저장종료일(2년차): 지방산가, 환원당합량 측정 및 단백질2차원전기영동

(2) 연구결과

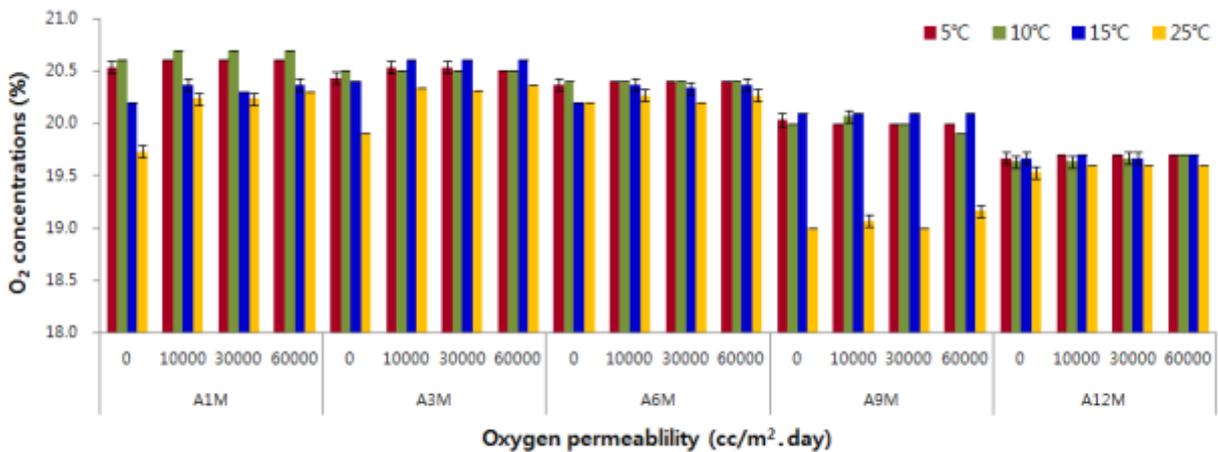


그림 187. 백미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도

곡류 중 백미(동진벼)의 포장지 내 산소 농도는 온도와 무관하였다. 다만 저장 9개월에서 25℃에서 일시적으로 산소 농도가 감소하는 것을 관찰하였다. 천공 유무에 따른 차이는 천공이 없는 포장지(0 cc/m<sup>2</sup>·day)에서 감소하는 경향을 보였다. 그러나 투과도 수준 간에 산소 농도 차이는 크지 않았다(그림 187). 곡류 중 백미(동진벼)의 포장지 내 이산화탄소 농도는 온도와 포장지 천공 유무 무관하였다. 6개월 저장부터 이산화탄소 농도가 일관되게 증가하였고 산소 농도와 반대로 9개월 차에 일시적으로 높아졌다가 다시 감소하는 것으로 관찰되었다(그림 188). 곡류의 경우 다른 채소류와는 달리 수분 함량이 15% 이하로 낮고 호흡량이 낮아 포장지 내

기체 조성 변화 정도가 매우 느리게 변화하였다.

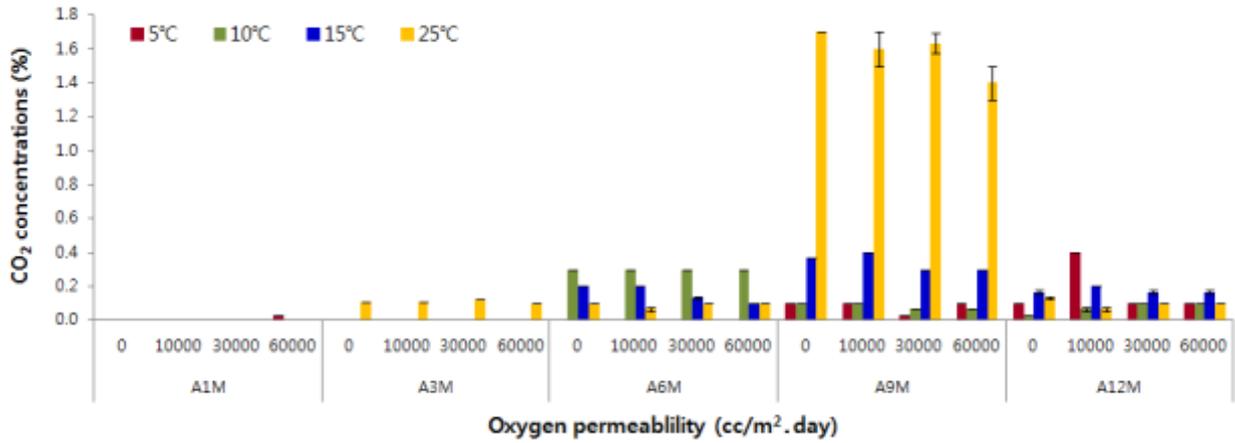


그림 188. 백미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

백미 저장에서 저장 전 무게에서 저장 후 무게 차이를 보면 5°C에서 저장한 백미의 경우 일정하게 저장 기간이 길어질수록 증가하는 것을 보였고, 투과도가 0에서 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day로 갈수록 감소폭이 적었다(그림 189). 5°C 저장의 경우, 6개월 저장에서는 투과도가 클수록 무게 변화가 적었으나, 9~12개월 저장에서는 오히려 투과도가 클수록 무게 변화가 증가하였다.

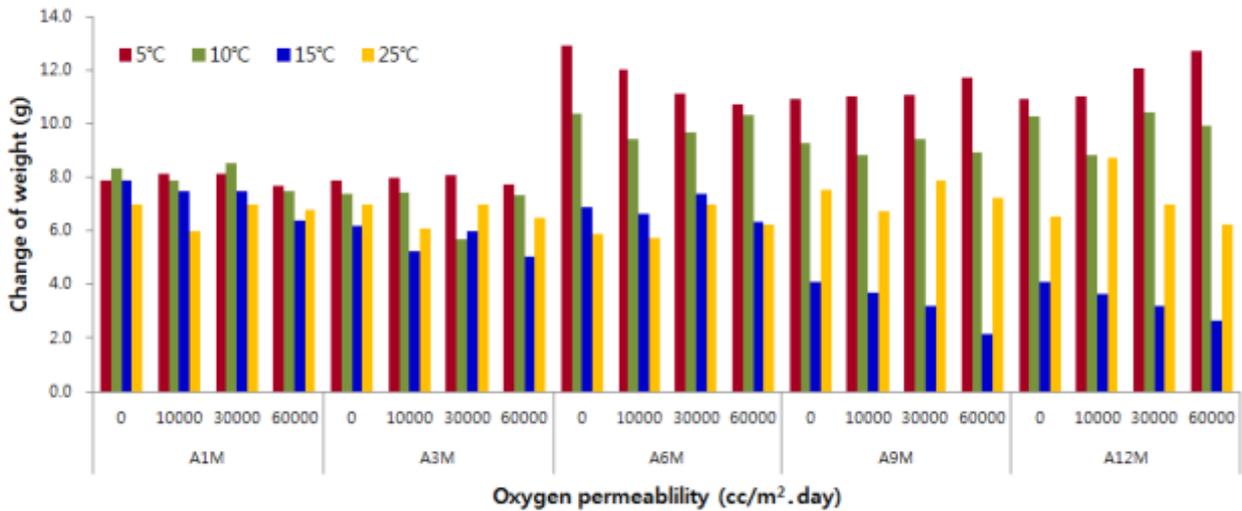


그림 189. 백미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 백미의 무게 감소율

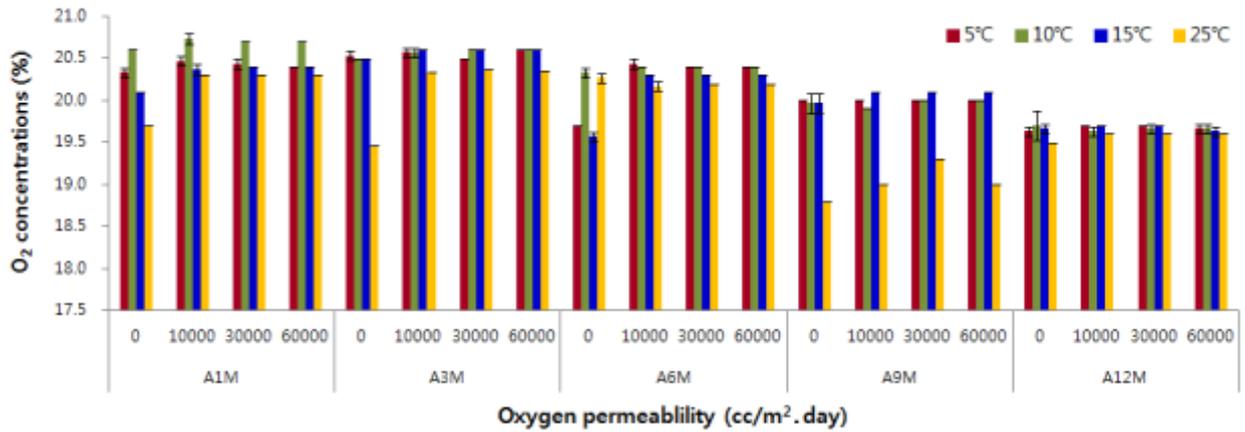


그림 190. 현미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도

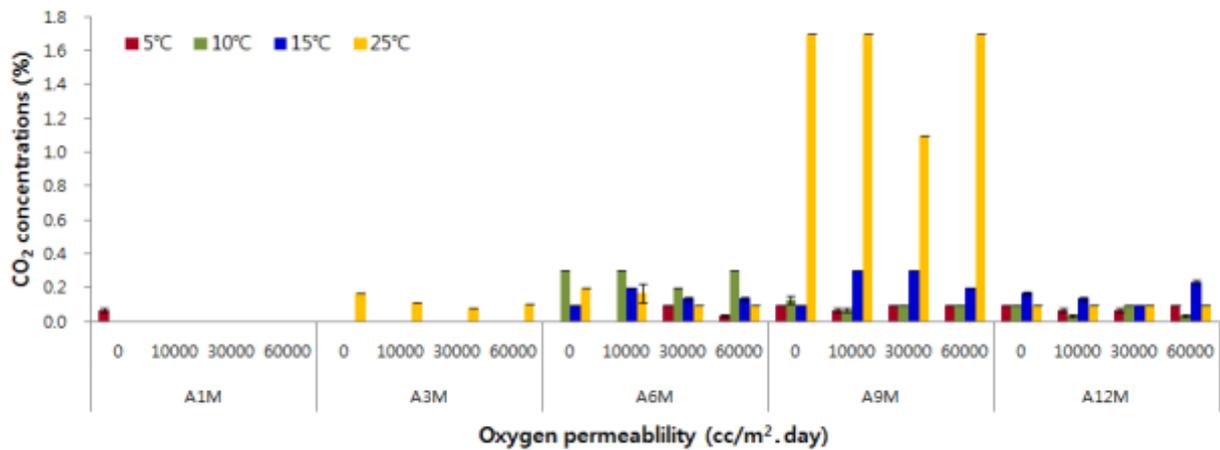


그림 191. 현미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

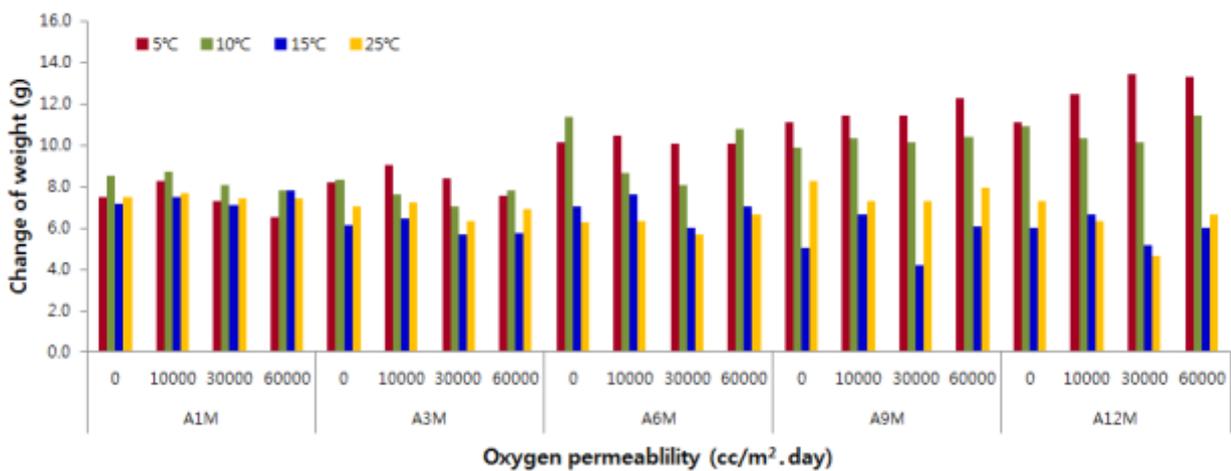


그림 192. 현미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 현미의 무게 감소율

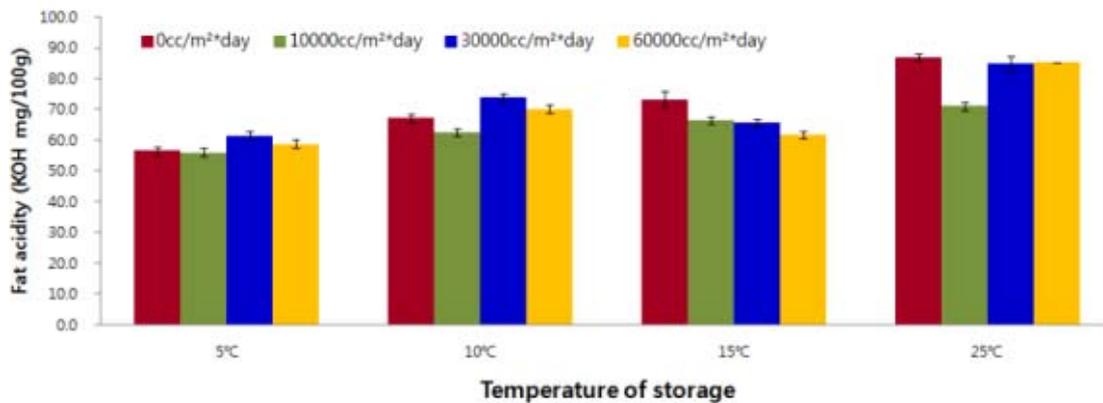


그림 193. 현미(동진벼) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 현미의 지방산가

곡류 중 현미(동진벼)의 포장지 내 산소 농도는 온도와 무관하였다. 다만 천공이 없는 포장지 (0 cc/m<sup>2</sup>·day)에서 저장 9개월까지는 감소하는 경향을 보였다. 곡류 중 현미(동진벼)의 포장지 내 이산화탄소 농도는 온도와 포장지 천공 유무와 무관하였다(그림 190). 6개월 저장부터 이산화탄소 농도가 일관되게 증가하였고, 9개월 저장에서 이산화탄소 농도가 가장 높았다(그림 191). 또한 저장 전 무게에서 저장 후 무게 차이를 보면 저장온도, 저장기간, 포장지의 천공상태에 따른 일관된 결과를 보이지 않았다(그림 192). 저장 1년 후, 현미 내 지방산가를 조사한 결과, 온도가 높을수록 지방산가가 높았으며, 포장지 천공 유무에서 큰 차이를 보이지는 않았지만 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 일반적으로 지방산가가 낮은 것으로 측정되었다(그림 193).

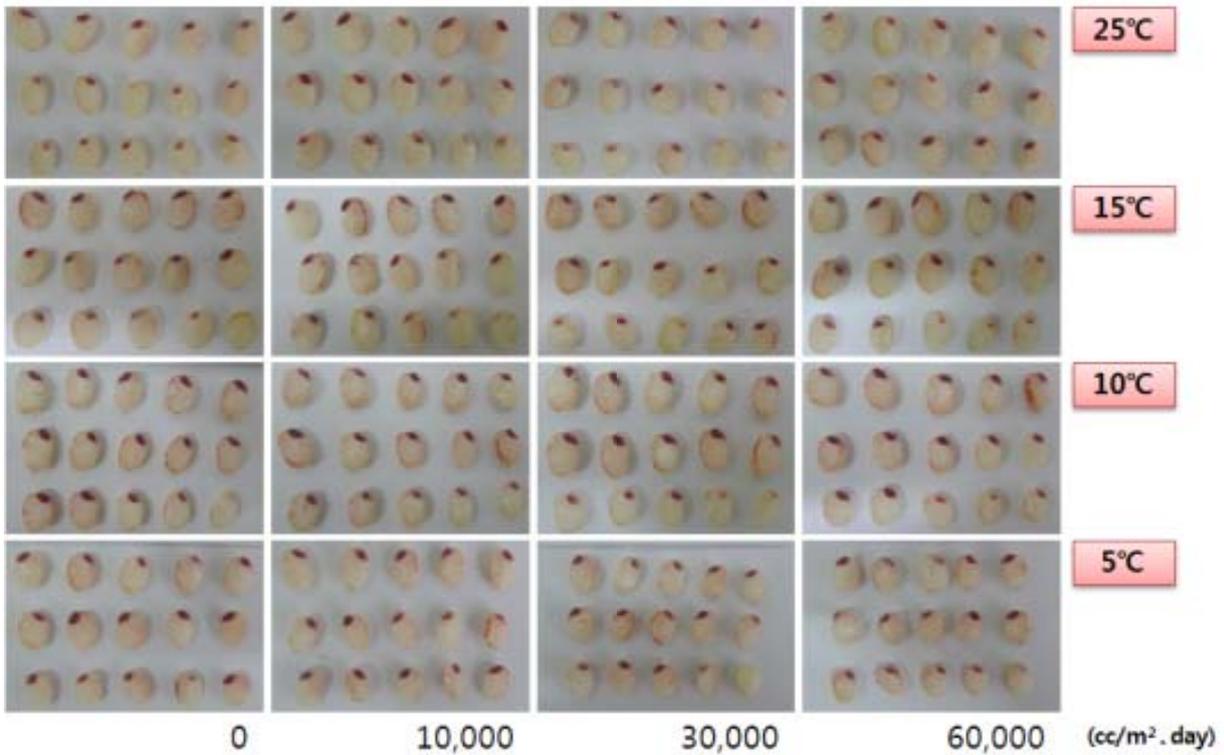


그림 194. 저장 1년 후의 저장 온도와 필름 투과도에 따른 현미 종자의 활력 변화

현미 저장 과정 중 현미 종자의 활력 변화를 알아보기 위하여 triphenyl tetrazolium chloride 를 이용한 활력 변화를 확인한 결과 온도와 천공 유무에 상관없이 모든 현미 종자의 활력을 보였다(그림 194).

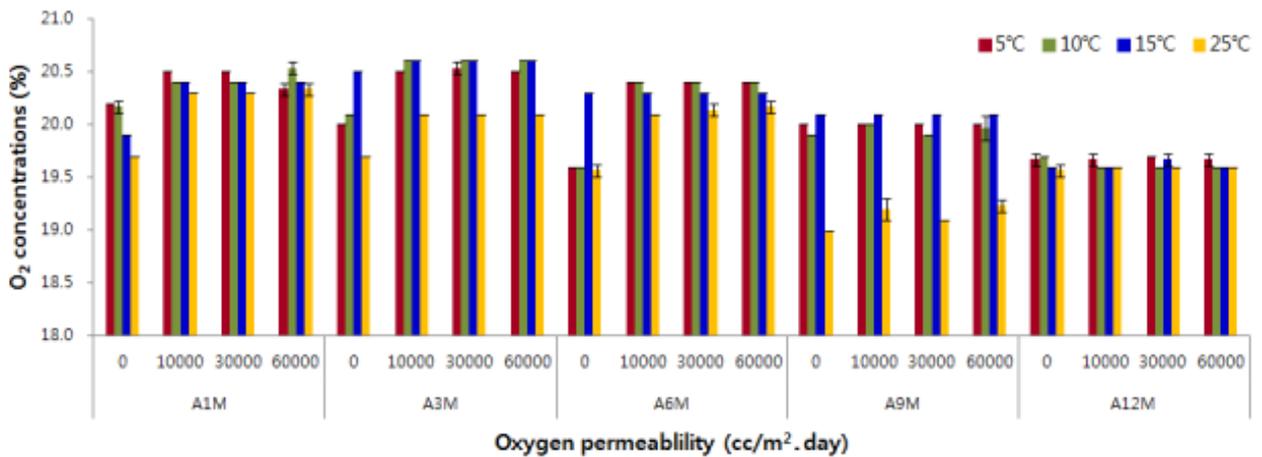


그림 195. 밀(조경밀) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도

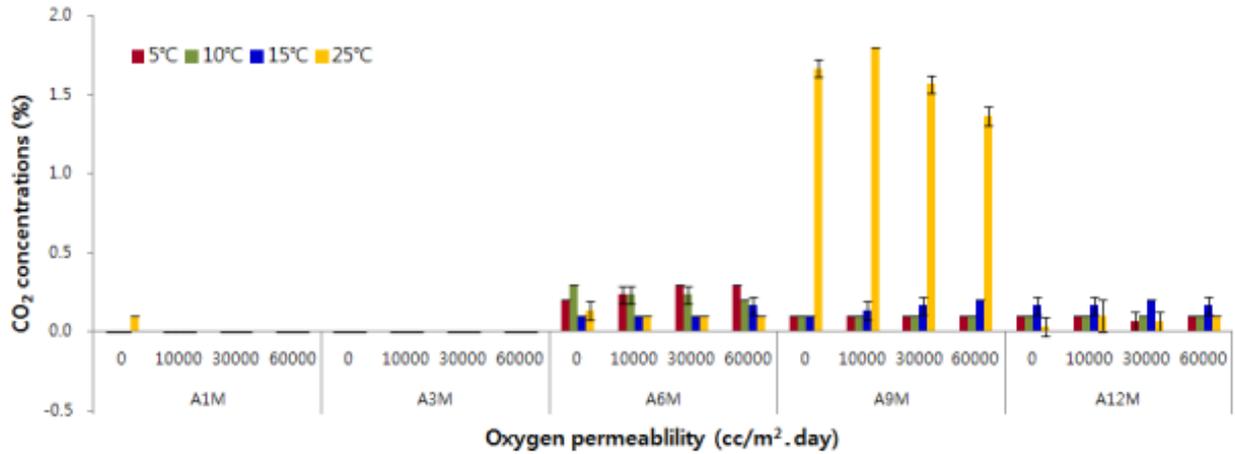


그림 196. 밀(조경밀) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

밀의 경우는 쌀 저장과는 다소 상이한 결과를 보였는데, 포장지 내 산소 농도는 온도와 무관하였다. 다만 투과도가 0인 무처리 포장지(0 cc/m<sup>2</sup>·day)에 넣어 저장한 경우 감소하는 경향을 보였다(그림 195). 포장지 내 이산화탄소 농도는 온도와 포장지 투과도 정도와 큰 관련이 없는 결과를 보였다. 전반적으로 6개월 저장부터 이산화탄소 농도가 일관되게 증가하였다(그림 196). 저장기간 동안 무게 변화를 보면 저장 전 무게에서 저장 후 무게 차이를 보면 저장온도, 저장기간, 포장지의 천공상태에 따른 일관된 결과를 보이지 않았다. 그러나 전반적으로 무처리 보다 투과하는 breathable film에 넣어 저장한 경우 시간이 지날수록 무게 감소 정도가 낮은 경향이 나타났다. 또한 저장 1년차에서는 온도가 높을수록 무게 감소 정도가 낮은 것으로 관찰되었다(그림 197).

저장 1년 후의 밀 종자의 발아율을 조사해본 결과, 저장 온도가 높을수록 발아율은 감소하는 경향을 보였으며, 천공정도의 따른 차이를 보면 유의적인 차이는 보이지는 않지만, 대체로 천공이 없는 포장지에 저장한 밀 종자의 발아율이 높은 경향을 보였다(그림 198). 지방산가의 경우 온도가 높을수록 지방산가가 높은 값을 보였다. 5°C 저장보다 25°C 저장에서 10~20% 높은 지방산가를 보였다(그림 199).

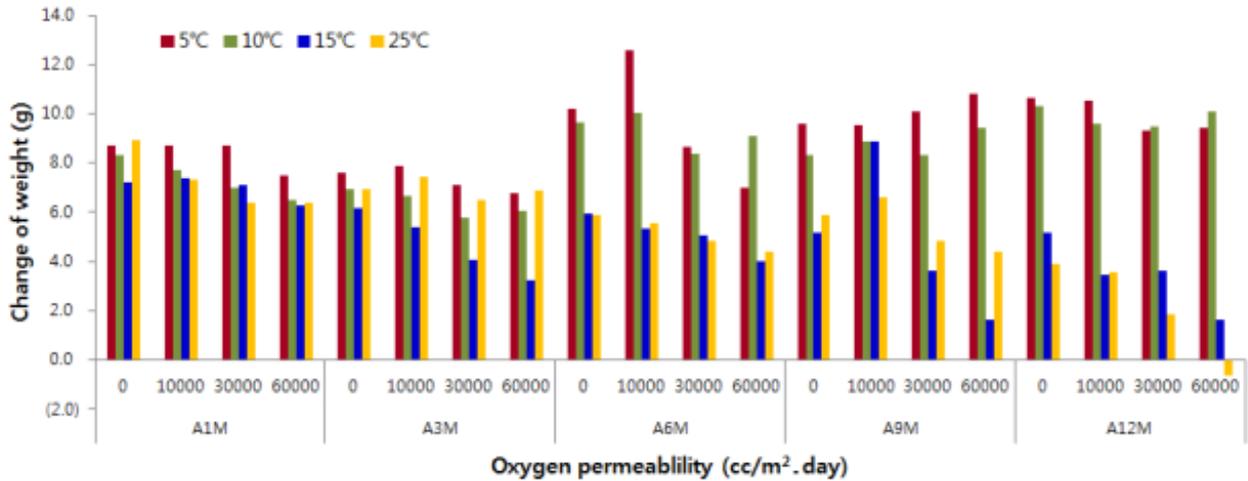


그림 197. 밀(조경밀) 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 밀의 무게 감소

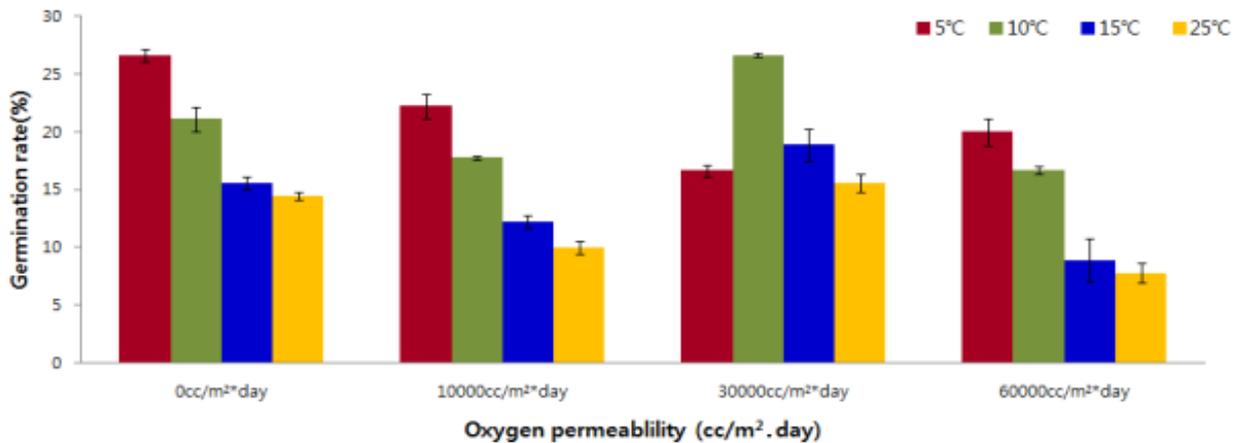


그림 198. 밀(조경밀) 1년 저장 후, 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 밀의 발아

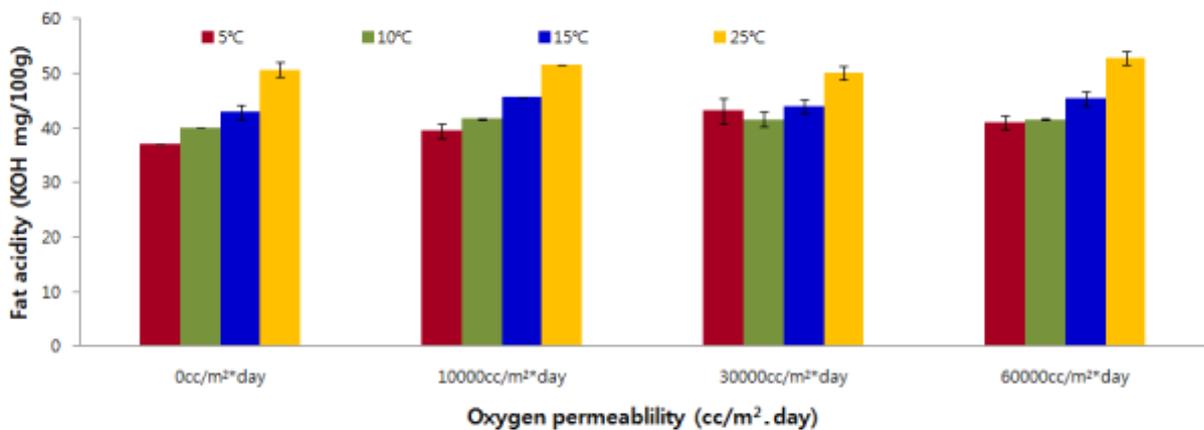


그림 199. 밀(조경밀) 1년 저장 후, 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 밀의 지방

밀 저장 과정 중 현미 종자의 활력 변화를 알아보기 위하여 triphenyl tetrazolium chloride를 이용한 활력 변화를 확인한 결과 온도와 천공 유무에 상관없이 모든 밀 종자의 활력을 보였다 (그림 200).

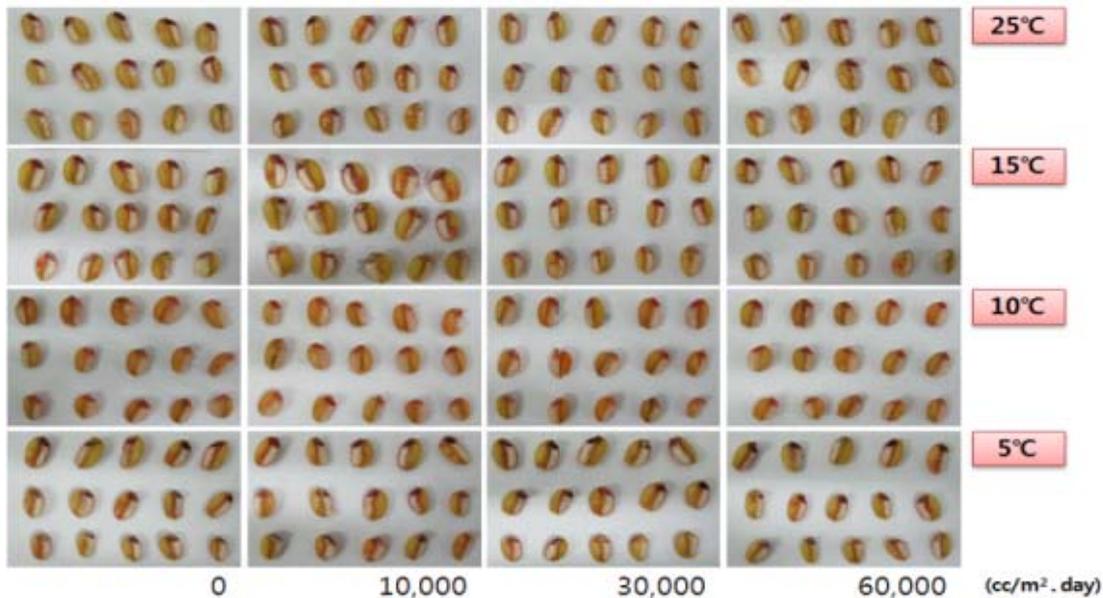


그림 200. 저장 1년 후의 저장 온도와 필름 투과도에 따른 밀(조경밀) 종자의 활력 변화

밀, 현미, 백미 저장에 있어 산소증감율은 20°C 저장의 경우, 백미는 포장지의 산도투과율에 따른 차이는 없었으나, 현미의 경우 무처리(0 cc/m<sup>2</sup>·day) 포장지에서 다른 포장지에 비해서 3% 더 낮은 수치는 보인 반면, 밀의 경우에는 현미와 반대 경향의 결과를 보였다. 또한 동일한 산소투과율을 지닌 포장지의 경우 온도가 높아질수록 포장지내 산소함량은 감소하였으나 밀 저장의 경우에는 온도에 따른 산소증감율에는 큰 차이가 없었다(그림 201).

식미에 영향을 주는 지방산가를 산소투과도가 0 cc/m<sup>2</sup>·day인 필름을 기준으로 비교해보면 백미, 현미, 밀 모두 온도가 높을수록 호흡량이 많아 지방산가가 높은 경향을 보였으며, 5°C저장보다 25°C 저장에서 20~35 % 높은 지방산가를 보였다. 저장온도 20°C 에서 백미의 경우 투과도에 따른 지방산가의 차이는 없었으며, 현미와 밀은 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 지방산가가 가장 높았고, 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 가장 낮았다(그림 202).

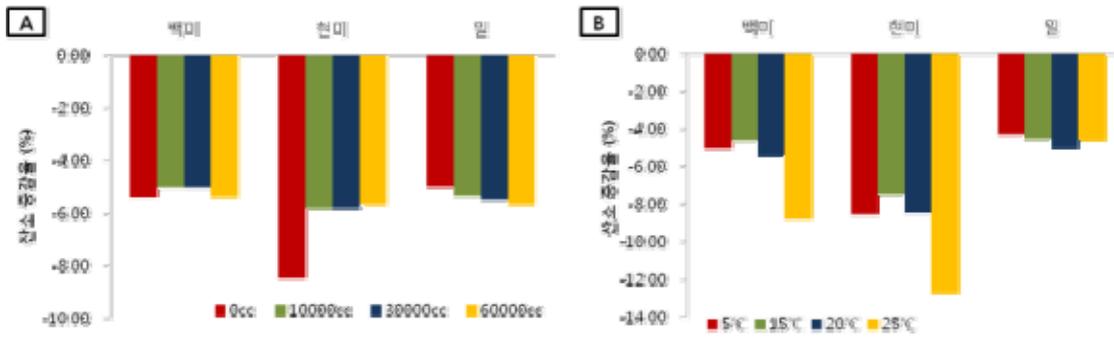


그림 201. 저장 2년 후의 저장 온도와 필름 투과도에 따른 곡류의 산소 증감율 (A는 20°C에서 필름 투과도에 따른 산소 증감율, B는 무공필름에서 온도에 따른 산소 증감율).

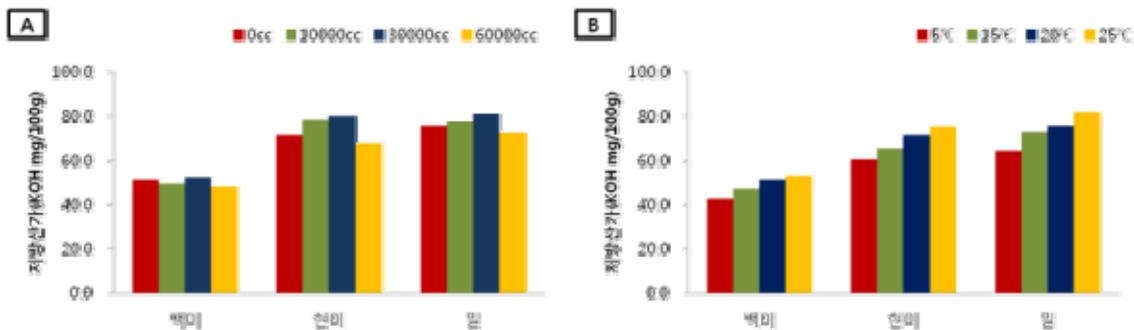


그림 202. 저장 2년 후의 저장 온도와 필름 투과도에 따른 곡류의 지방산가 (A는 20°C에서 필름 투과도에 따른 지방산가, B는 무공필름에서 온도에 따른 지방산가).

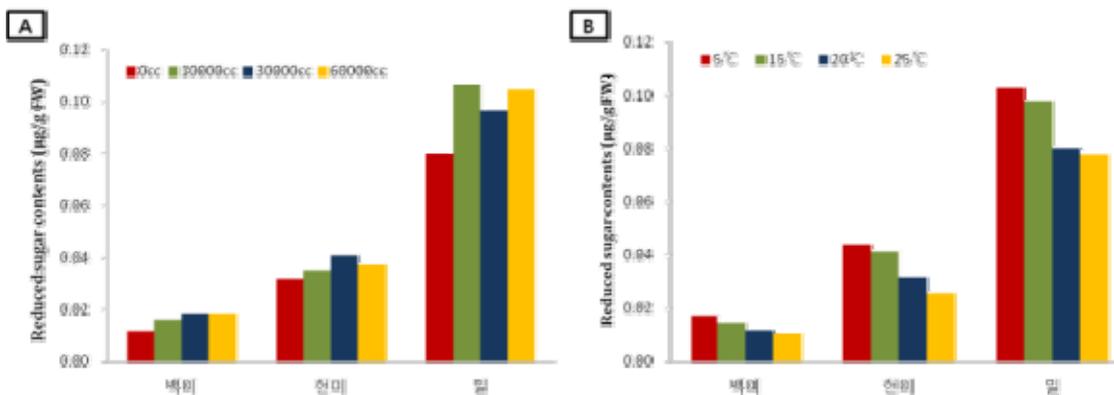


그림 203. 저장 2년 후의 저장 온도와 필름 투과도에 따른 곡류의 환원당 함량 (A는 20°C에서 필름 투과도에 따른 환원당 함량, B는 무공필름에서 온도에 따른 환원당 함량).

환원당함량의 경우 산소투과도가 0 cc/m<sup>2</sup>·day인 필름을 기준으로 비교해보면 백미, 현미, 밀

모두 온도가 내려갈수록 환원당함량이 낮은 경향을 보였으며, 대조구 대비 3년차 산소 증감률과 환원당함량 사이에는 부의 상관성을 보였다. 이는 장기간 저장에 의해 분해된 환원당이 호흡에 의해 소비되었기 때문으로 사료된다. 20℃ 기준 투과도에 따른 환원당 함량은 세 곡물 모두 0 cc/m<sup>2</sup>·day의 필름에서 가장 낮았으며, 백미는 30,000, 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서, 현미는 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 가장 높았으며, 밀은 0 cc/m<sup>2</sup>·day를 제외한 10,000, 30,000, 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 환원당함량이 높았으며, 이들 간의 유의적 차이는 보이지 않았다(그림 203). 포장지 내 공기 조성, 무게 변화, 환원당함량 등에 대해서는 천공 유무와 투과도에 따른 차이는 크지 않았으나, 지방 산가를 기준으로 보았을 때, 공기투과도 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 저온저장(15℃ 이하)이 효과적이다.

2. Breathable film을 이용한 포장재가 특용작물 저장성에 미치는 효과가. 인삼 저장에 있어서 breathable film의 효과

(1) 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 5, 10, 15, 25℃에 저장  
 0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)  
 포장단위: 100g 내외, 생산지: 충청남도 금산군, 수확시기: 10월말  
 품종: 4년근 수삼  
 저장전 예냉처리: Room cooling 12시간  
 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 외관 변화

(2) 연구결과

인삼 저장 시 포장지의 천공도가 높아질수록 포장지 내의 산소 농도가 높았으며, 반대로 4℃에서 25℃로 온도가 높아질수록 산소 농도가 낮은 걸 알 수 있었다. 특히 저장 1주일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 모든 온도(5~25℃)에서 산소가 전혀 측정되지 않은 반면 포장지의 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 12.3%~19.8% 산소 농도를 보였다(그림 204).

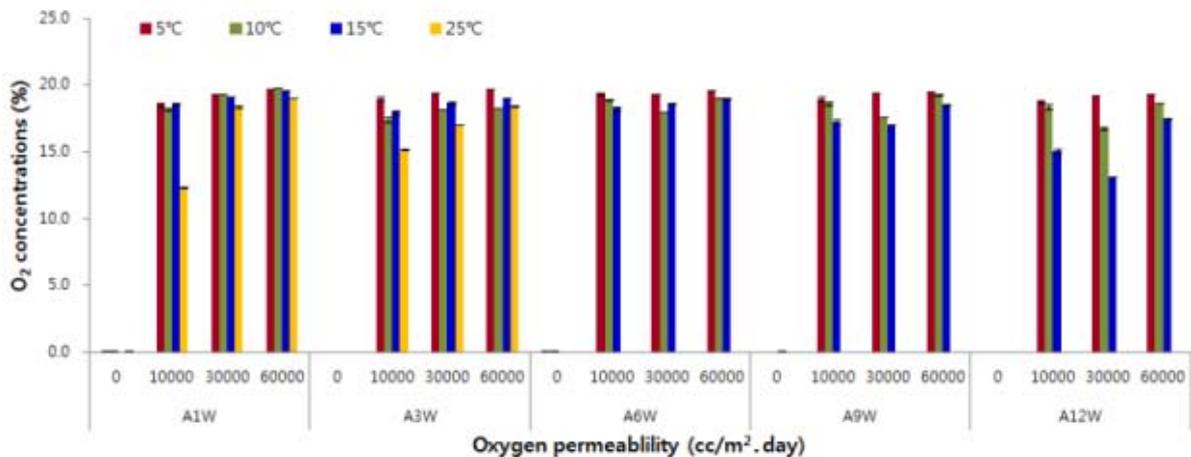


그림 204. 인삼 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도

산소 농도와 반대로 저장 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도는 증가하였다. 저장 1주일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 보다 포장지의 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 이산화탄소 농도가 15.4% 이상 감소하는 것을 관찰하였다(그림 205).

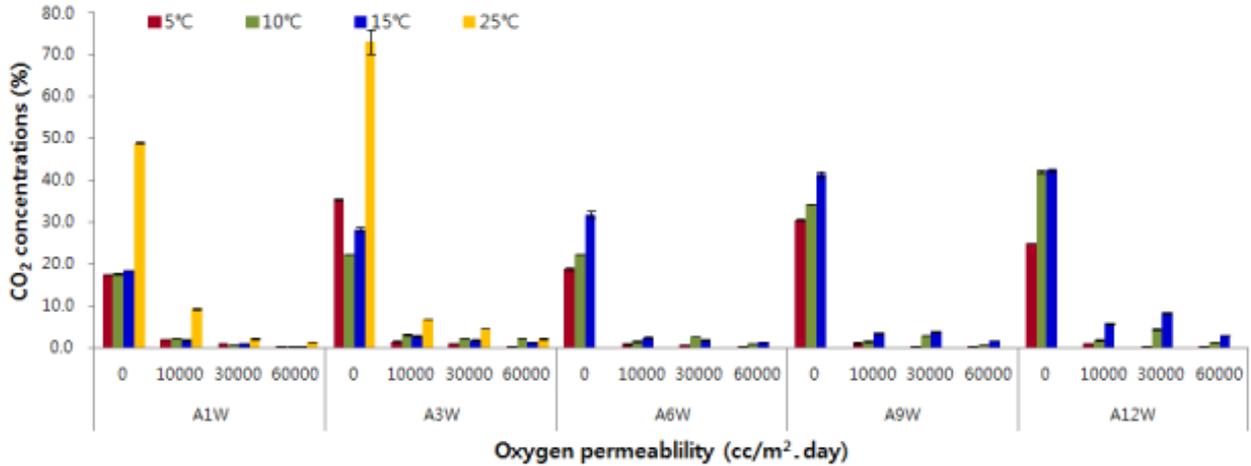


그림 205 인삼 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

저장 중의 인삼의 무게 변화를 보면 기본적으로 저장 온도가 높을수록 많은 무게 차이를 보였다. 포장지에 의한 유의적인 차이는 저장 5주차까지는 보이지 않았지만, 저장 6주차에서부터 천공정도가 많을수록 (0에서 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day로 갈수록) 무게차이가 많이 났다(그림 206). 온도가 높고, 천공정도가 많을수록 인삼의 호흡량이 증가하여 저장 양분의 손실로 인한 무게 감소가 큰 것으로 보인다.

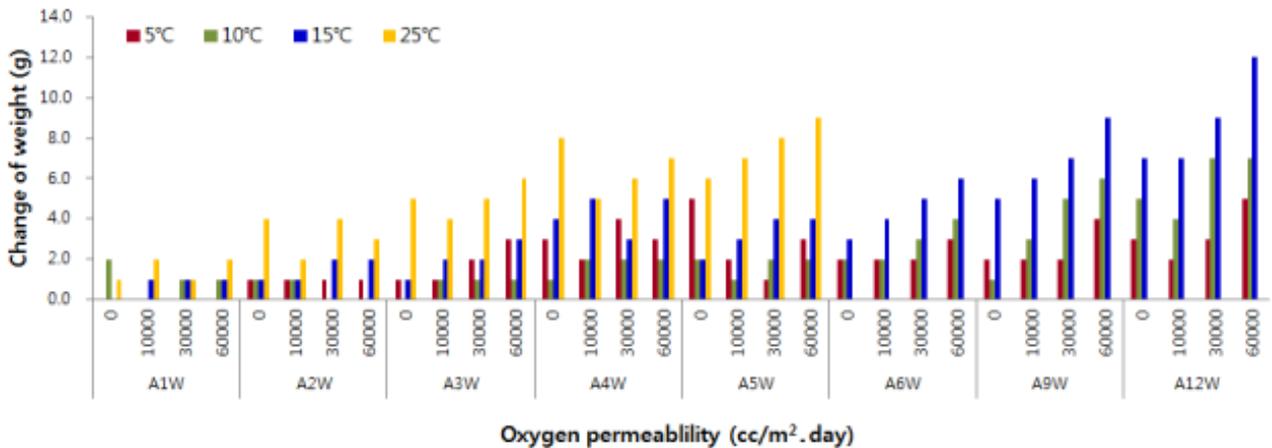


그림 206. 인삼 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 인삼의 무게 감소율

저장 온도 5°C로 9주일까지 저장할 경우, 전체적으로 곰팡이 발생 및 연화는 진행되지는 않았다. 저장 온도 10°C에서는 천공이 없는 포장지는 50% 정도 곰팡이가 발생하였고, 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에서는 저장 상태는 양호하였다. 저장 온도 15°C에서는 천공이 없는 포장지는 100% 곰팡이가 발생하여 저장이 불가했으며, 10,000와 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에서는 저장상태가 양호한 반면 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 경우에는 25% 곰팡이 발생 및 연화가 진행되어 저장 상

태가 불량하였다(그림 207, 표 24).



그림 207. 저장 9주 후의 인삼

표 24. 저장 9주 후의 인삼 상태

	0 cc/m <sup>2</sup> ·day	10000 cc/m <sup>2</sup> ·day	30000 cc/m <sup>2</sup> ·day	60000 cc/m <sup>2</sup> ·day
5°C	상태양호	상태양호	상태양호	상태양호
10°C	50% 곰팡이발생	상태양호	상태양호	상태양호
15°C	100% 곰팡이발생 (저장불가)	상태양호	상태양호	25% 곰팡이 발생, 25% 연화
20°C	완전부패 (저장불가)	75% 연화	10% 연화	25% 연화
25°C	완전부패 (저장불가)	완전부패 (저장불가)	완전부패 (저장불가)	완전부패 (저장불가)

전체적인 실험 결과를 통합해 볼 때, 인삼 저장은 10,000~30,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 투과도를 갖는 포장지에서 15°C 이하로 저장하는 것이 인삼의 외관상 품질 유지에 유리 할 것으로 판단된다.

#### 나. 느타리버섯 저장에 있어서 breathable film의 효과

##### (1) 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 5, 15, 25°C에 저장

0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)

포장단위: 150g 내외, 생산지: 경상남도 합천군 (당일 직접 수령), 수확시기: 3월말

품종: 느타리버섯

포장시 유의점: 실험자의 손에 있는 열과 압력으로 인한 버섯 표면의 손상을 최소화 함

저장전 예냉처리: Room cooling 12시간

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

##### (2) 연구결과

느타리버섯 저장의 경우, 포장지의 천공도가 높아질수록 포장지 내의 산소 농도가 높았으며, 반대로 5°C에서 25°C로 온도가 높아질수록 산소 농도가 낮은 걸 알 수 있었다. 특히 저장 1일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 모든 온도(5~25°C)에서 산소가 전혀

측정되지 않은 반면 포장지의 천공이 있는 10,000~ 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 1.3%~16.0% 산소 농도를 보였다(그림 22).

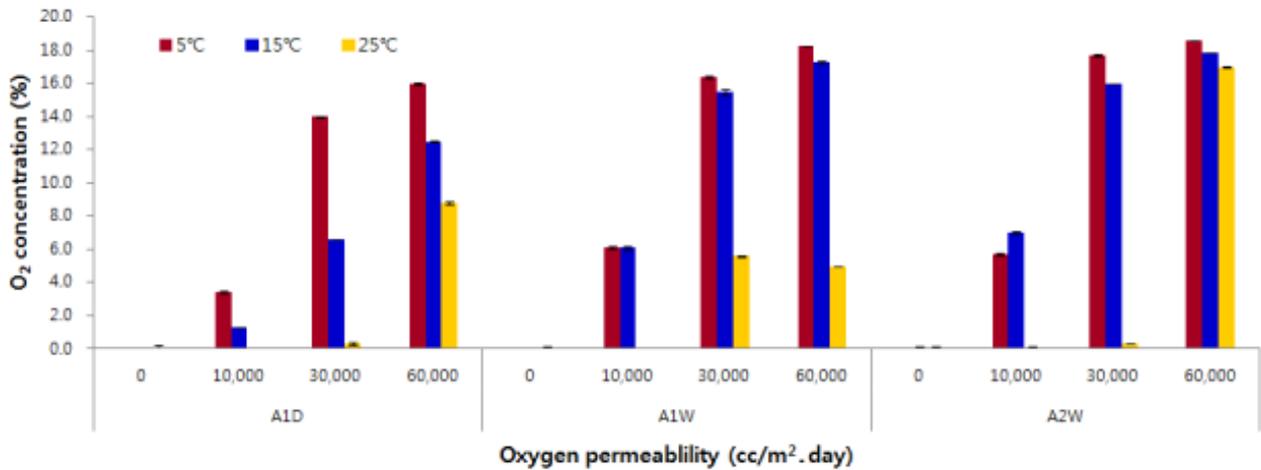


그림 208. 느타리버섯 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 산소 농도

산소 농도와 반대로 저장 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도는 증가하였다. 저장 7일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 보다 포장지의 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 이산화탄소 농도가 21.3~40.8% 감소하는 것을 관찰하였다(그림 208, 그림 209).

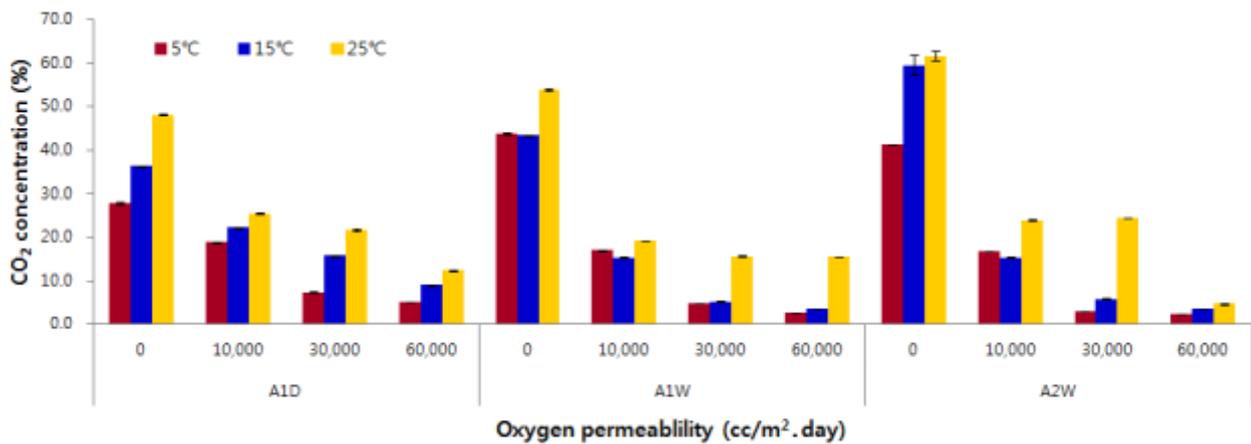


그림 209. 느타리버섯 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

느타리버섯 저장 과정 중 느타리버섯의 활력 변화를 알아보기 위하여 triphenyl tetrazolium chloride를 이용한 활력 변화를 확인한 결과, 유의적인 차이를 보이지 않았다. 25°C에서 투과도가 0과 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 포장지 경우에는 느타리버섯으로부터 빠져 나오는 수분 발생이 심하였고 악취가 발생하였다. 10°C와 15°C 저장의 경우에는 투과도가 클수록 느타리버섯의 갈변 현상이 관찰되었다(그림 210). 따라서 저장 온도 외에도 공기의 투과도가 느타리버섯 저장과정에서 품질에 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다.

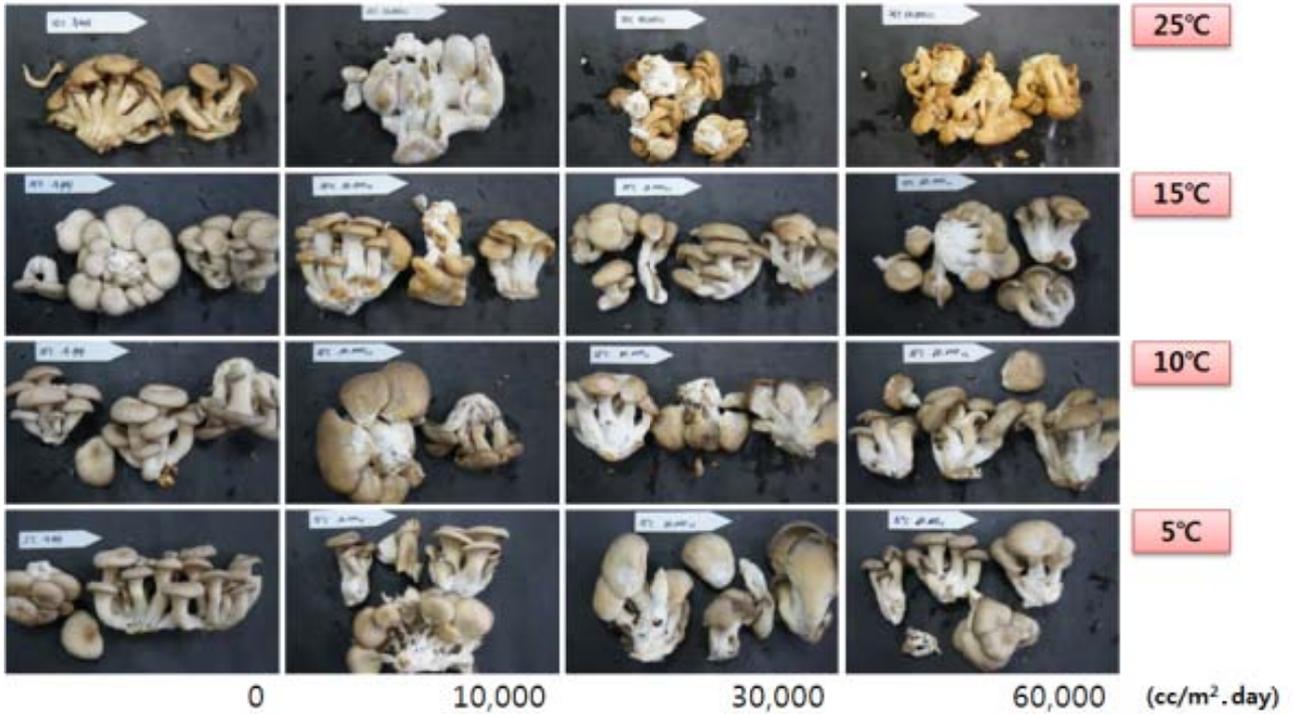


그림 210. 저장 2주 후의 느타리버섯

느타리버섯의 포장지 내 공기 조성(산소, 이산화탄소 농도)와 변색, 악취 등을 고려할 때, 느타리버섯 저장은 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이하의 투과도를 갖는 포장지가 저장 중의 느타리버섯 품질 유지에 유리할 것으로 판단된다.

#### 다. 마(산마) 저장에 있어서 breathable film의 효과

##### (1) 연구방법

- 산소투과율이 다른 필름을 포장하여 4, 8, 12, 25℃에 저장
- 0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)
- 포장단위: 150g 내외, 생산지: 경상남도 진주시 대곡면 (당일 직접 수령)
- 품종: 마(산마)
- 포장시 유의점: 마 표면의 흠을 깨끗이 제거해줌.
- 저장전 예냉처리: Room cooling 12시간
- 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

##### (2) 연구결과

약용 효과가 있어 그 수요가 지속적으로 늘어나는 마는 지하부를 이용하는 작물로 저장성이 문제가 되는 작물이다. 마 저장의 경우, 투과 처리를 하지 않는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에서는 저장 1일차에서 4주차로 갈수록 산소가 발생이 감소하였으며 반면 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에 15~20% 사이로 꾸준히 산소 상태를 유지하였다. 또한 온도 역시 포장지 내의 산소 농도에 영향을 주었는데 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지의 경우 온도가 높아질수록 산소 농도가 감소하였고, 천공 정도가 클수록 감소폭이 줄어드는 경향을 보였다(그림 211).

이산화탄소의 경우, 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에서는 저장 1일차에서 1주차로 갈수록 이산화탄소가 발생이 증가하였으며 반면 breathable film를 이용한 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에 넣어 저장한 경우 이산화탄소 농도가 줄어드는 것이 확인되었다. 또한 온도 역시 포장지 내의 이산화탄소 농도에 영향을 주었는데 저장 1일차의 경우 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도가 증가하였고, 천공 정도가 클수록 (60,000 cc/m<sup>2</sup>·day) 증가폭이 줄어드는 경향을 보였다 (그림 212).

포장지 공기투과도에 따라 마의 상태 차이가 확연하게 나타났는데 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day로 갈수록 절단부위의 큐어링 정도가 증가하였고, 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이상부터 잔뿌리 발생이 증가하였다 (그림 213).

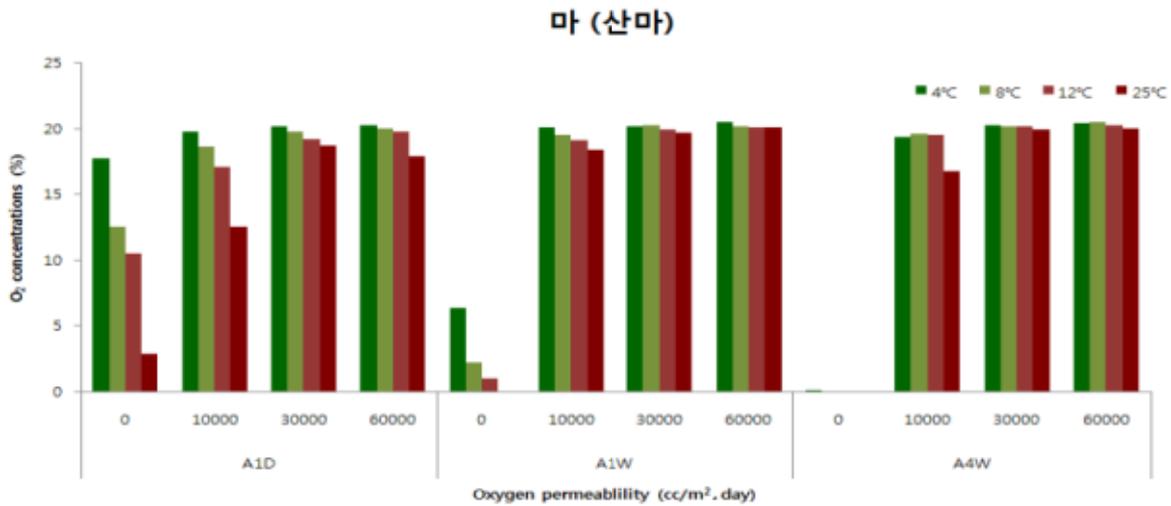


그림 211. 마 저장 중 포장지 투과도에 따른 봉지 내 산소 농도 변화.

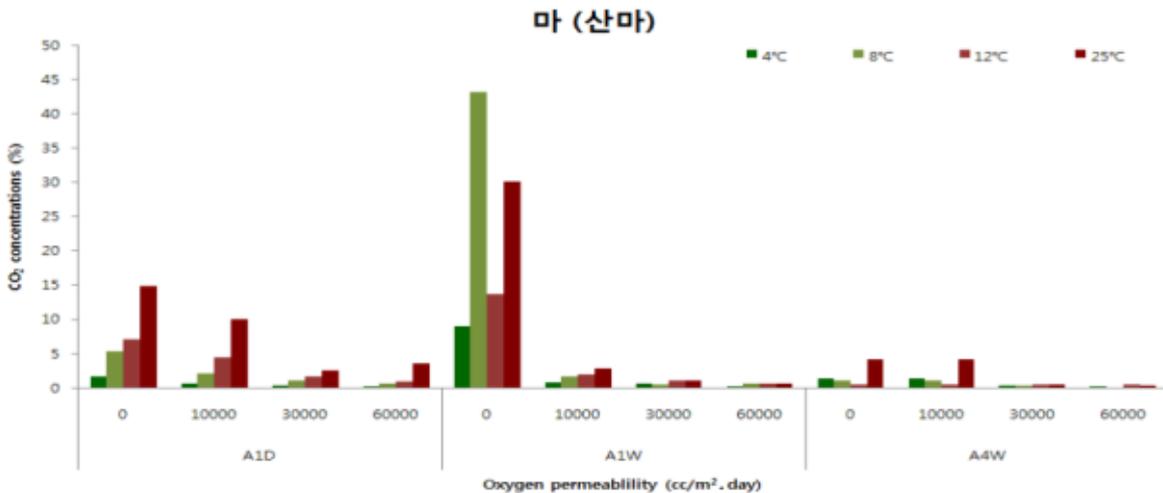


그림 212. 마 저장 중 포장지 투과도에 따른 봉지 내 이산화탄소 농도 변화.



그림 213. 저장 온도 25℃에서 저장 1주차(위), 저장 4주차(아래)의 마 상태 (A; 0, B; 10,000, C; 30,000, D; 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day)

마 저장의 경우, 지나치게 높은 공기투과도를 가진 포장지에서 25℃ 온도에 저장할 경우 잔뿌리 발생으로 인한 양분 소실의 우려가 있기 때문에 10,000 ~ 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day 의 포장지에서 10~15℃ 저장 조건에서 절단 단면의 큐어링을 유발하고, 잔뿌리 발생은 최소화 할 수 있는 조건으로 판단된다.

3. Breathable film을 이용한 포장재가 서류 저장성에 미치는 효과가. 고구마 저장에 있어서 breathable film의 효과

(1) 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 15, 20, 25℃에 저장  
 0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film(Perforated)  
 포장단위: 300g 내외, 생산지: 옥지도 (진주시 농산물 도매시장에서 구매), 수확시기: 8월초  
 품종: 옥지도 고구마  
 저장전 예냉처리: 큐어링  
 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

(2) 연구결과

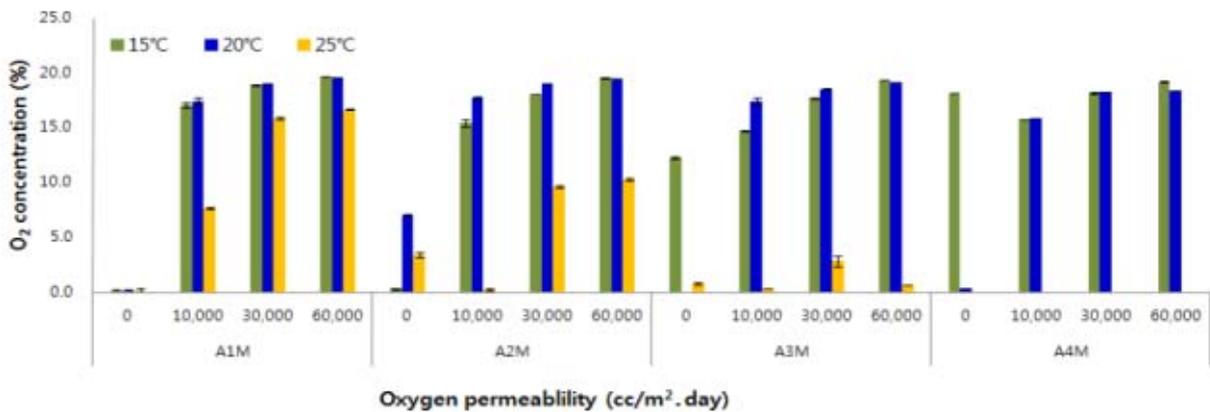


그림 214. 고구마 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도

고구마 저장의 경우, 포장지의 천공도가 높아질수록 포장지 내의 산소 농도가 높았으며, 저장 온도에 따른 차이는 15℃와 20℃는 비슷한 산소 농도를 보이는 반면에 25℃ 저장에서는 저장 2개월 후 절반가량 감소하는 것으로 관찰되었다(그림 214).

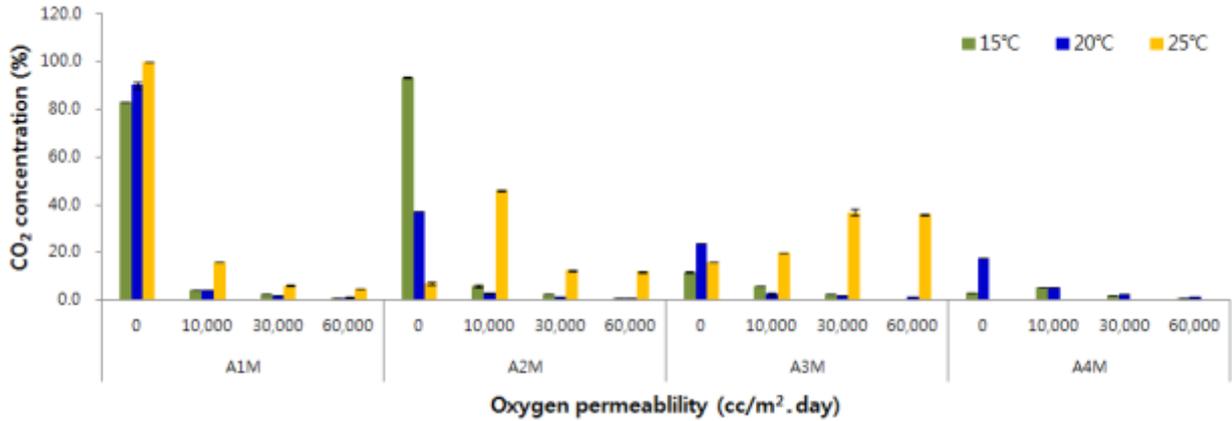


그림 215. 고구마 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 이산화탄소 농도

산소 농도와 반대로 저장 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도는 증가하였다. 단, 2개월 저장후의 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 일시적으로 온도가 낮을수록 이산화탄소 농도가 높았다 (그림 215).

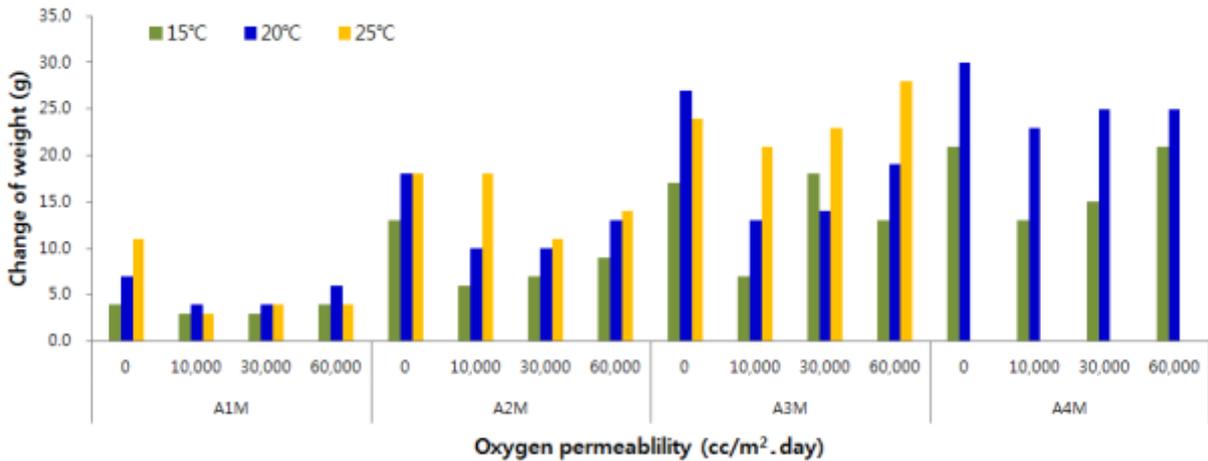


그림 216. 고구마 저장 시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 고구마의 무게 감소율

저장기간 중의 고구마의 무게 변화는 온도가 높을수록 무게 감소율이 컸으며, 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서 가장 컸지만, 천공이 있는 포장지에서는 오히려 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 투과도를 갖는 포장지의 무게 감소율이 상대적으로 10,000 ~ 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 투과도를 갖는 포장지 보다 높은 경향을 보였다(그림 216).



그림 217. 저장 3개월 후의 고구마

고구마의 싹 트임은 25°C에서 가장 먼저 진행되었으면 20°C, 15°C 순서로 관찰되었으며, 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지에서는 고구마의 싹 트임보다는 부패가 우선적으로 관찰되었다(그림 217).

포장지 내 공기 조성(산소, 이산화탄소 농도)과 변색, 악취 등을 고려할 때, 고구마 저장은 60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 이상의 투과도를 갖는 포장지가 저장 중의 고구마 품질 유지에 유리할 것으로 판단된다.

#### 나. 감자 저장에 있어서 breathable film의 효과

##### (1) 연구방법

- 산소투과율이 다른 필름을 포장하여 5, 10, 20°C에 저장
- 0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)
- 포장단위: 300g 내외, 생산지: 진주시 농산물 도매시장에서 구매
- 품종: 옥지도 고구마
- 저장전 예냉처리: 큐어링처리 없음
- 저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

##### (2) 연구결과

당일 수확한 햇감자를 큐어링 없이 breathable film을 이용한 봉지에 넣어 저장한 결과는 다음과 같다. 감자 저장의 경우, 포장지 내의 산소 농도는 온도와 무관하게 포장지의 천공 유무에 따라 차이가 발생하였다. 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 산소가 발생하지 않은 반면 투과가 되는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 유공 필름 저장시 15~20% 사이로 꾸준히 산소 상태를 유지하였다(그림 218).



그림 218. 감자 저장시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지 내 산소 농도.

감자 저장의 경우, 포장지 내의 이산화탄소 농도는 투과가 안 되는 무처리 포장지에서는 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도가 증가하는 양상은 보였지만 투과가 되는 breathable film 포장지에서는 온도와 무관하였다. 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 에서는 저장 기간이 길어질수록 이산화탄소 농도가 증가하였다(3주차 이후 20°C에 저장했던 무천공 포장지는 폐기 처리했기 때문에 그림에서 누락됨). 반면 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에 10% 미만의 이산화탄소 농도를 보였다(그림 219).



그림 219. 감자 저장시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지내 이산화탄소 농도.

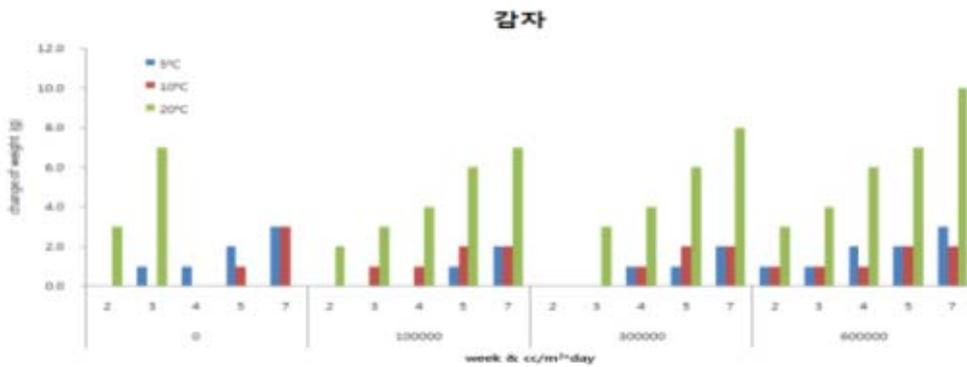


그림 220. 감자 저장시 다양한 온도 조건에서 투과도가 다른 포장지내 감자 무게 감소율.

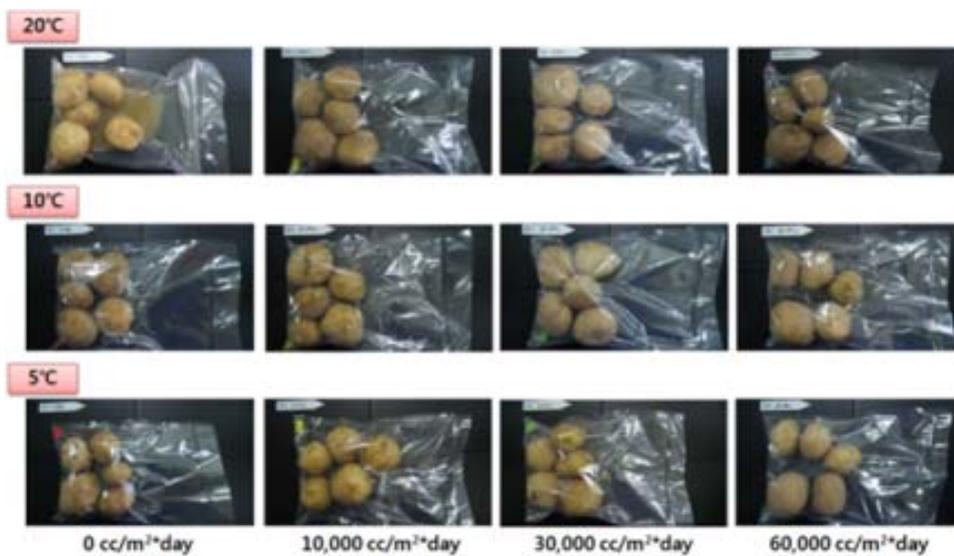


그림 221. 저장 2주 후의 감자

저장 기간과 저장 온도에 비례하여 감자의 무게가 증가하였고 포장지의 투과도 정도와 상태와 피경의 무게에는 큰 상관성이 없었다(그림 220). 그러나 투과도가 0인 무처리 포장재에서는 20℃에서 피경의 부패가 일어났으나 breathable film 재질의 포장시 부패가 일어나지 않아 저장에 유리한 결과를 보였다. 저장 2주 후 20℃, 0 cc/m<sup>2</sup>·day의 포장지는 포장지 내의 이산화탄소가 급격하게 증가하여 포장지가 부풀어 올랐으며, 심한 악취가 발생하고 감자 내 수분이 빠져나와 감자 자체가 뭉개지는 것 현상이 나타났다. 저장 2주 후 5, 10℃, 0 cc/m<sup>2</sup>·day의 포장지는 부풀어 오르기 시작했으며, 심한 악취가 발생하고 감자 내 수분이 빠져나와 감자 자체가 뭉개지는 것을 관찰하였다(그림 221). 그러므로 감자는 저온(10℃)에서 비교적 공기투과도가 높은 30,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day 포장지로 저장하는 것이 감자의 품질 유지에 유리한 것으로 판단된다.

4. Breathable film을 이용한 포장재가 콩나물 저장성에 미치는 효과  
가. Breathable film을 이용한 포장재가 콩나물 저장성에 미치는 효과

(1) 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 4, 8, 12, 25℃에 저장  
0, 10000, 30000, 60000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)  
포장단위: 200g 내외, 생산지: 경상남도 사천시 빛 먹은 콩나물 (초록빛마을)  
저장전 예냉처리: 큐어링처리 없음  
저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

(2) 연구결과

콩나물 저장시 포장지의 천공도가 높아질수록 포장지 내의 산소 농도가 높았으며, 반대로 4℃에서 25℃로 온도가 높아질수록 산소 농도가 낮은 걸 알 수 있었다. 특히 저장 8일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 산소가 전혀 측정되지 않은 반면 포장지의 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서는 저장 1일차 보다 30% 감소하거나 소량 증가하는 결과를 보였다(그림 222).

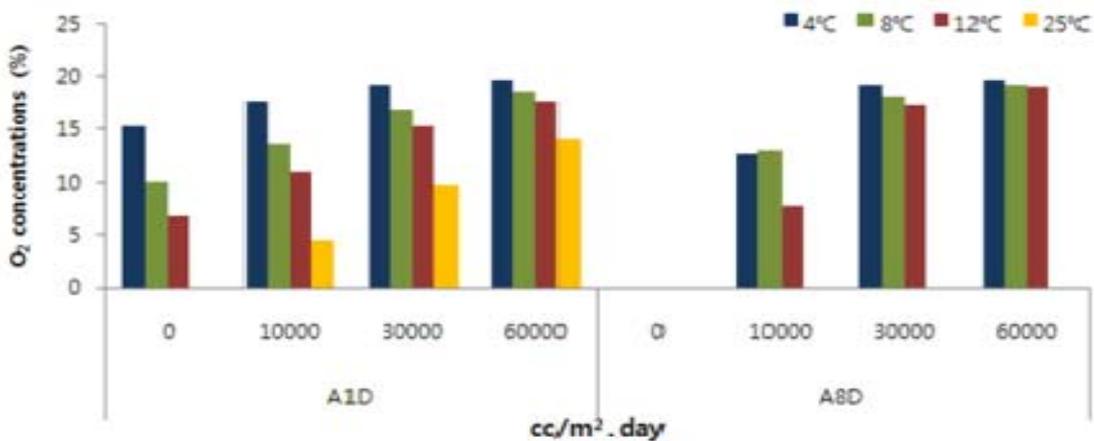


그림 222. 콩나물 저장 시 포장지 내 산소 농도.

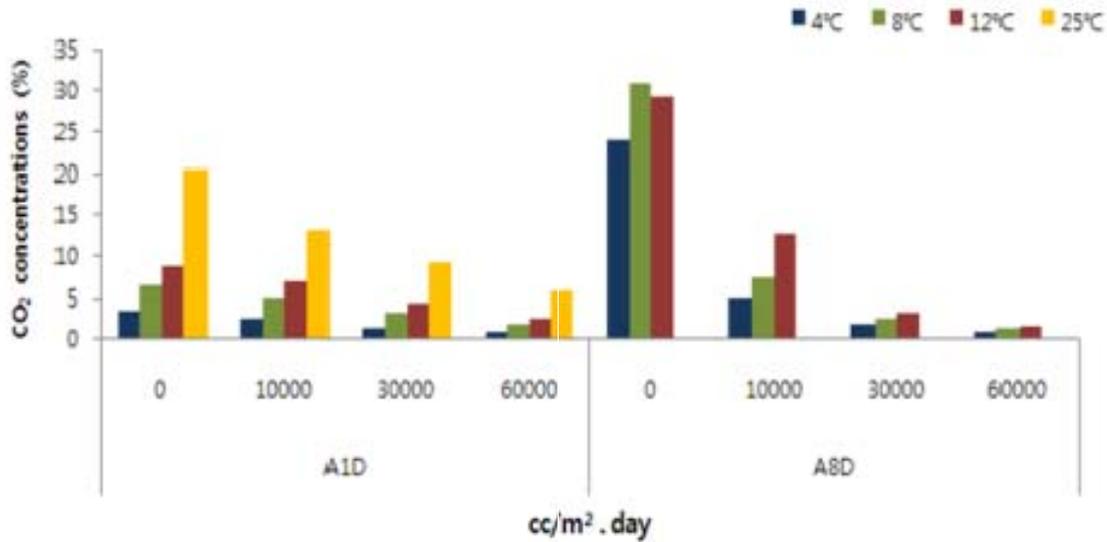


그림 223. 콩나물 저장 시 포장지 내 이산화탄소 농도.

산소 농도와 반대로 저장 온도가 높아질수록 이산화탄소 농도는 증가하였다. 저장 8일째 결과를 보면 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 보다 포장지의 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 이산화탄소 농도가 50% 이상 감소하는 것을 관찰하였다(그림 223).

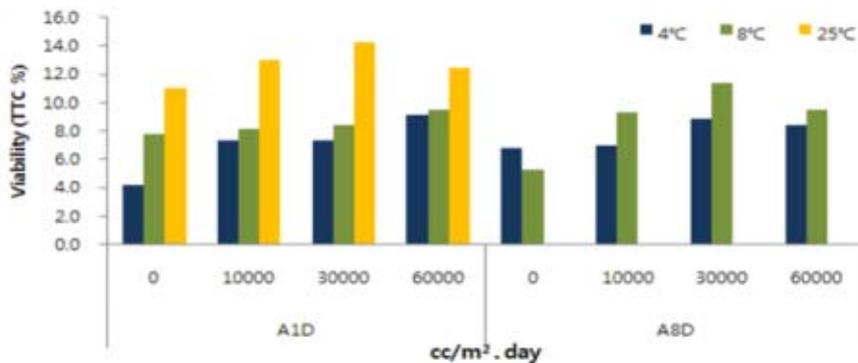


그림 224. 저장 온도와 필름 투과도에 따른 콩나물의 활력 변화.

콩나물 저장 과정 중 콩나물의 활력 변화를 알아보기 위하여 triphenyl tetrazolium chloride를 이용한 활력 변화를 확인한 결과 그림 3과 같은 결과를 보였다. 포장지의 천공이 없는 0 cc/m<sup>2</sup>·day 보다 천공이 있는 10,000~60,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 콩나물의 생력 활성이 높았다(그림 224). 따라서 breathable film에 의한 콩나물 저장이 콩나물의 활성을 유지시켜 보다 신선한 상태로 저장할 수 있음이 확인되었다.

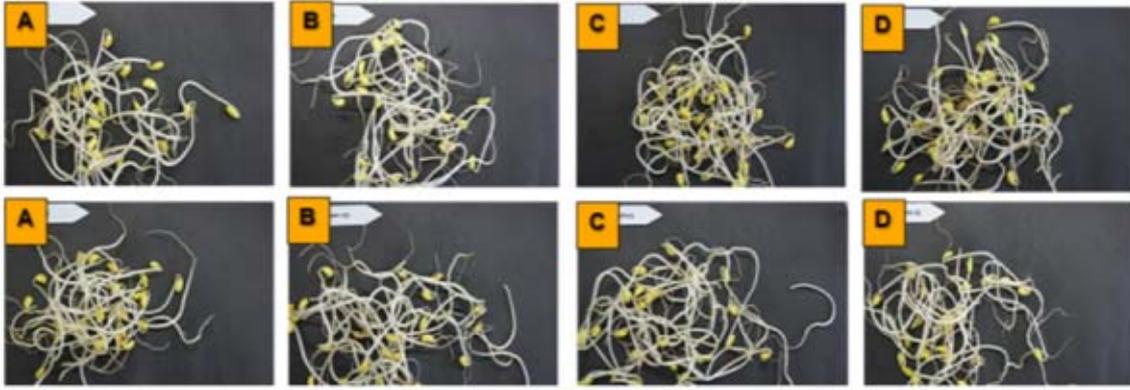


그림 225. 8일간 breathable film을 이용한 콩나물 저장(위; 8°C 저장, 아래; 12°C 저장, A;0, B;10,000, C;30,000, D;60,000 cc/m<sup>2</sup>·day)

(A)는 콩나물로부터 빠져 나오는 수분 발생이 심하였고 악취가 발생하였다. 반면 (B)~(D)는 악취 및 수분 발생이 없었으며, (C)와 (D)에서는 콩나물의 잔뿌리가 생기며 저장 전 콩나물의 색보다 탁하고 누렇게 변화하는 것을 관찰하였다(그림 225). 따라서 저장 온도 외에도 공기의 투과도가 콩나물 저장과정에서 품질에 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다.

콩나물 활력검정 및 포장지 내 공기 조성(산소, 이산화탄소 농도), 변색, 악취 등을 고려할 때, 콩나물 저장은 10,000 cc/m<sup>2</sup>·day의 투과도를 갖는 포장지가 저장 중 콩나물 품질 유지의 유리할 것으로 판단된다.

#### 나. Breathable film을 이용한 포장재와 진공포장재가 콩나물의 저장성에 미치는 효과

##### (1) 연구방법

산소투과율이 다른 필름을 포장하여 5, 10, 15, 20°C에 저장

0, 10000, 30000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film(Perforated)과 진공포장재

포장단위: 200g 내외, 생산지: 경상남도 사천시 빛 먹은 콩나물 (초록빛마을)

저장전 예냉처리: 큐어링처리 없음

저장중: 생체중 감소율, 이산화탄소/산소 조성 측정, 이취, 외관 변화

##### (2) 연구결과

앞선 연구와 동일하게 콩나물 저장 시 포장지의 천공도가 높아질수록 포장지 내의 산소 농도가 높았으며, 반대로 5°C에서 20°C로 온도가 높아질수록 산소 농도가 낮은 걸 알 수 있었다. 이와 반대로 이산화탄소 농도는 포장지의 천공도가 높은 10,000과 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day에서 가장 낮게 측정되었으며, 무천공과 진공포장에서는 높게 측정되었다(그림 226).

무게변화의 경우, 저장 온도가 가장 높았던 20°C에서 큰 변화를 보였으면 특히 진공포장에서 그 변화폭이 가장 컸으며 이는 진공과정에서 콩나물 자체가 물리적 압력을 받았기 때문에 무천공 저장보다 수분 발생량이 약 13g 많은 것으로 판단된다(그림 227).

콩나물 외관 및 악취 등을 고려할 때, 무천공과 진공포장은 악취 및 수분발생이 많아 저장, 유통이 불가하며, 30,000 cc/m<sup>2</sup>·day breathable film에 저장한 경우에는 잔뿌리 발생이 많아 콩

나물의 저장, 유통은 10,000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film을 이용하는 것이 가장 효과적이다(그림 228).

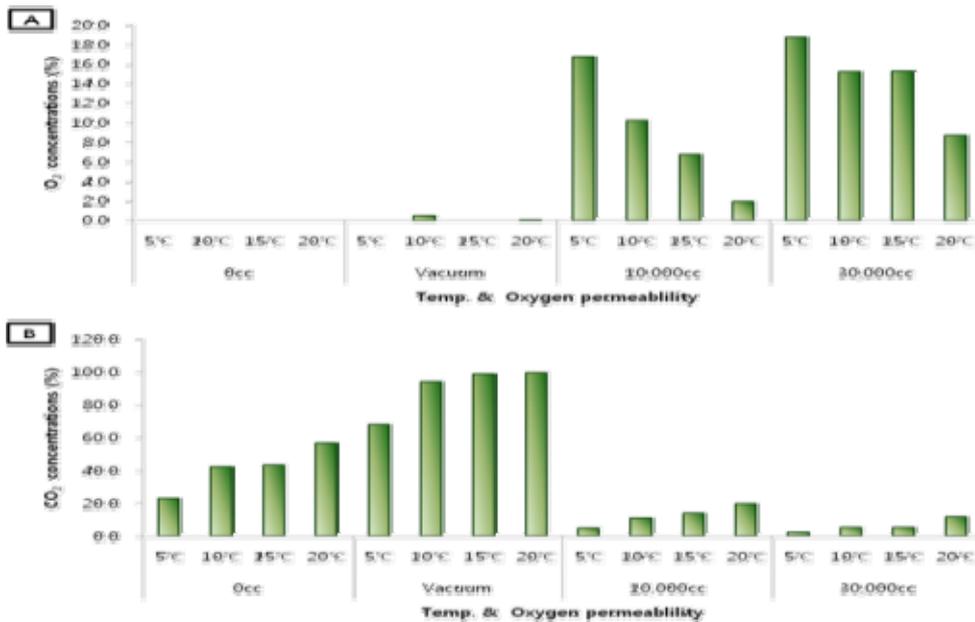


그림 226. 콩나물 저장 7일 후, 온도 및 공기투과도에 따른 포장지 내 기 조성 변화(A; 산소 농도, B; 이산화탄소 농도)

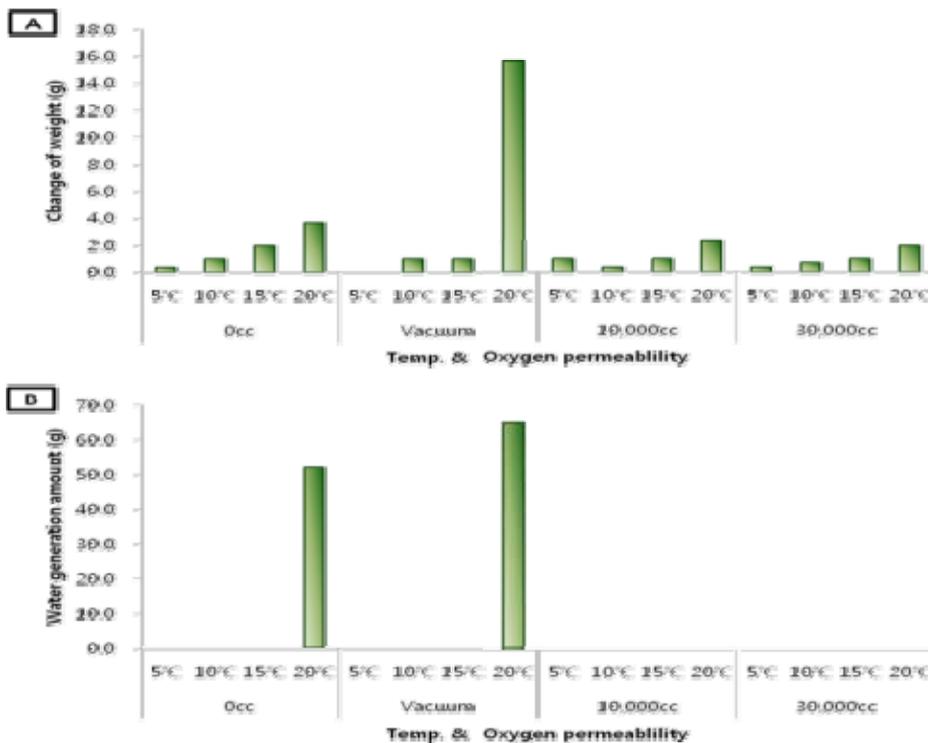


그림 227. 콩나물 저장 7일 후, 온도 및 공기투과도에 따른 포장지 내 무게 변화(A) 및 수분 발생량(B).

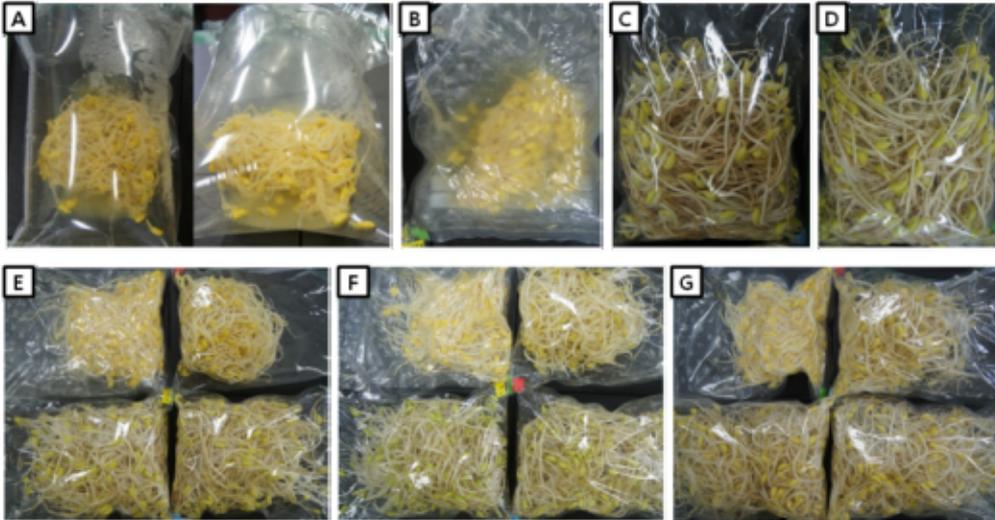


그림 228. 콩나물 저장 7일차 이미지로 A~D는 20℃, E는 15℃, F는 10℃, G는 5℃ 저장이다. A는 0 cc/m<sup>2</sup>· day 무공필름, B는 진공포장, C는 10,000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film, D는 30,000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film이다. E, F, G는 0 cc/m<sup>2</sup>· day 무천공 필름(우측상단), 진공포장(좌측상단), 10,000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film(우측하단), 30,000 cc/m<sup>2</sup>· day breathable film(좌측하단)이다.

5. 콩나물과 곡물 포장재의 사용 현황

가. 콩나물 포장재 현황

종류	특징	참고
PE (polyethylene)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열가소성플라스틱의 하나로 가볍고 유연하며, 왁스와 같은 느낌이 난다.</li> <li>공업 재료로부터 일용 잡화까지, 생활의 구석구석에서 사용되고 있는 범용 플라스틱으로 병·포장재 전기절연체로 많이 사용된다.</li> </ul>	<p>투명한 용기여서 육안으로 콩나물의 상태를 확인할 수 있음</p> <p>하지만 빛이 투과됨으로 자엽 녹화(청변)이 발생하고 개봉할 때, 콩나물의 지속적인 호흡과 소모로 인해 조성되는 포장내부의 기적 조건에 의해 이취가 감지되는 현상이 일어난다.</p> <p>(필름 포장된 콩나물 유통 중 축적되는 이취종류: 한국작물학회 2006)</p>
PP (polypropylene)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폴리프로필렌은 폴리에틸렌, PVC, 폴리스타이렌과 함께 4대 범용 수지의 하나로써 열가소성수지 중 사용량 비중이 24%에 달한다. 비용과 환경면에서 유리하다는 장점도 가진다.</li> <li>- 용도는 포장용 필름, 연신(延伸)테이프, 섬유, 의류, 카펫, 파이프, 일용잡화, 완구, 공업용 부품, 컨테이너 등이다.</li> </ul>	<p>플무원 회사가 MA포장지를 외국에서 전량 수입을 해오다 국내기술로 개발</p>
MAP (Modified Atmosphere Package)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일명 숨 쉬는 포장지로 농산물 신선도 유지를 위해 포장지 표면에 미세한 구멍을 뚫어 포장지 안에 적절하게 공기가 순환되도록 함.</li> </ul>	<p>플무원 회사가 MA포장지를 외국에서 전량 수입을 해오다 국내기술로 개발</p>
PLA (Polylactic acid)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생분해성플라스틱인 PLA (Poly Lactic Acid)는 옥수수에서 녹말을 분리하여 포도당을 발효, 젖산을 응축하여 생산됨</li> <li>- 100%생분해 되는 소재</li> <li>- 친환경식품포장재로 일명"바이오포장재료"라고하며 콩나물 신선도를 연장하며 사용 후 폐기물이 환경공해를 유발하지 않는 것이 특징 (미세공 PLA 포장필름)</li> </ul>	<p>2011년 7월 한국식품연구원 개발</p>

나. 곡류 포장재 현황

종류	특징	참고
마대 또는 P.P 대	- 폴리프로필렌(PP) 재질의 실로 잔 자루를 이용	과거에는 주로 가마니가 이용되었으나 현재는 麻袋나 P.P袋에 40kg, 80kg 중량으로 포장하여 유통되고 있음.
비닐포장(PE포장)	- 투과도가 낮아 쌀의 경우 외부로부터 수분의 침투를 차단하는 장점이 있으나, 쌀 자체가 수분이 높을 경우에는 증발되어 발생하는 수분을 밖으로 배출시키지 못하고 비닐 내부면에 응축수를 형성함으로써 오히려 쌀의 저장성을 크게 떨어뜨릴 수 있는 위험이 있어 쌀 포장후 일정크기의 구멍을 뚫기도 함. - 저장기간:PE(0.05mm)포장2~3개월정도 - 대포장(10kg,20kg)과 소포장(8,5,4,2kg)에 주로 많이 사용	현재 소비용 포장으로 사용됨
진공포장	- 공기 투과가 되지 않으므로 15℃ 이하의 저장에서 유리하나 쌀 내부의 수분함량이 높고 온도가 높을 경우 PE포장에서와 같이 변질 가능성이 높음. - 저장기간: 진공포장의 경우 2~3개월정도	곡류에 부분적으로 사용
지대포장 (Kraftpaper)	- 종이의 한 가지로 화학 펄프인 크래프트 펄프(kraft pulp)를 원료로 해서 만든 종이. 이는 질겨서 포장용지로 주로 사용되기 때문에 흔히 포장용지라고 부름. - 0.1mm 두께의 3겹의 크래프트지로 공기유통이 잘되므로 주변의 온도와 습도에 영향을 받기 쉬운 단점이 있으나 수분함량이 높은 쌀의 경우 외부기온에 의해 쌀알로부터 증발되어 발생하는 수분을 흡수하여 발산하는 작용이 있어서 급격한 습도변화에 대한 완충효과가 있음. - 저장기간:지대포장에서3~4개월 - 대포장(20,10kg)에 이용	
알루미늄 증착필름	- 진공하에서 알루미늄을1,500℃이상으로 가열하면 알루미늄이 증발하여, 플라스틱필름이나 종이 등의 기재 위에 응착해서 만든 필름. - 기재필름으로는 진공 중에 수분, 가소제, 분해가스등의 발포가 없고 알루미늄과 친화성이 좋은 폴리에스테르 필름이 주로 쓰인다.	이용 모색 중

# 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

## 제 1절 연차별 연구개발 목표달성도

### 가. 1 협동: 레이저를 이용한 비천공 맞춤형 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발

구분 (연도)	세부연구내용	연구범위	달성도 %
1차 년도 (2012 )	○ 폴리프로필렌 필름의 흡수스펙트럼 측정하여 최적 레이저 광원 파장을 도출함.	-폴리프로필렌 필름의 흡수 스펙트럼 측정 시 자외선이나 자외선에 가까운 가시광 파장에 흡수되는 것을 확인함.	100
	○ 레이저 펄스 폭(pulse width)에 따른 펨토초, 피코초, 나노초 펄스 레이저를 이용하여 폴리프로필렌 필름 미세 홈 가공 특성을 비교 분석함.	-펨토초 레이저와 피코초, 나노초 레이저를 사용하여 폴리프로필렌 필름에 가공한 후 가공된 각각의 미세 홈에 대해 형상 및 공기 투과도를 측정하여 비교함.	100
	○ 펨토초 레이저 펄스 에너지와 펄스 개수에 따른 필름 홈(폭, 깊이) 특성을 연구함.	-펄스 에너지를 변경하여 에너지에 따른 필름의 폭 및 깊이에 대해 측정하여 비교함. - 펄스 수를 변경하여 펄스 개수에 따른 필름의 폭 및 깊이에 대해 측정하여 비교함.	100
	○ 다양한 작물별(채소, 버섯, 김치) 맞춤형 공기투과도를 가지는 비천공 breathable 필름을 개발함.	- 각각의 작물에 맞는 공기 투과도를 확인하여 가공되는 필름의 폭과 깊이를 조절하여 다양한 작물의 공기투과도에 맞게 조절함.	100
2차 년도 (2013 )	○ 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름의 공기 투과도 조절 연구	- 단위면적당 홈 수와 펄스 에너지, 펄스 수에 따라 가공 되는 필름의 홈 폭과 깊이를 조절하여 원하는 공기 투과도를 가지는 비천공 breathable 필름을 가공하고 특성을 분석함.	100
	○ UV 레이저 필름 가공 시스템 및 가공 기술 개발	- UV 고반복률 펄스 레이저 가공 시스템을 이용한 초미세 필름 가공 기술을 개발함.	100
	○ 품목별 맞춤형 대포장 비천공 breathable 필름 개발	- 합지 필름(PET+CPP, PET+Al+CPP)에 대한 레이저 가공 특성을 연구하고 분석함.	100
3차 년도 (2014 )	○ 다중 펄스 가공 기술을 이용한 고속 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발	- UV 나노초 레이저를 사용하여 펄스 수를 변화시키며 필름을 가공하고 가공특성을 확인함.	100
	○ 레이저 분기를 이용한 대면적 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발	- 레이저는 고정시키고 회절소자를 사용하여 빔을 분기시키는 기술로 숨쉬는 필름을 가공하는 기술 개발함.	100
	○ 소재별 필름 가공 속도를 최적화한 비천공 breathable 필름 시작품 개발	- 숨쉬는 필름을 다양한 용도로 사용하기 위하여 다양한 소재의 재료 위에 가공 속도를 조절하여 가공하고 형상 확인 및 최적 조건을 구함.	100

나. 1 세부: 원예작물 소포장 MAP 기술 확립

구분 (연도)	세부연구내용	연구범위	달성도 %
1차 년도 (2012 )	○ 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA 조건 구명	- 채소류 4개 품목에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시 - 과일류 2개(계획 1개) 품목에 대한 국내 MA 현황 조사와 개선한 제시	100
	○ 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 채소류 4개 품목(아위버섯, 마늘, 브로콜리, 쌈채소 1품목 계획중)와 과일류 2개 품목(사과, 바나나, 계획 1품목)에 대한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	120
	○ 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 개발된 비천공 breathable 필름의 미생물 오염 분석: 대장균(진행중), 곰팡이 대상(완료)으로 하여 건조배지를 이용하여 비천공 필름 내부로 외부에서의 미생물 전염 여부 조사 - 새싹, 베이비 MAP조건 확립(계획 없음)	100
2차 년도 (2013 )	○ 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA 조건 구명	- 채소류 3개 품목에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시 - 과일류 2개 품목에 대한 국내 MA 현황조사와 개선한 제시 - 총 10 품목에 대한 국내 저장 및 유통 실정에 적합한 MA조건 제시 - 기존계획에 없었던, 포장내 결로 현상 완화에 관한 연구를 상추와 가지를 대상으로 수행함	150
	○ 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 계획상 채소류 3개 품목인 것을 12개 품목에 대한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립 - 계획상 과일류 2개 품목인 것을 8개 품목에 대한 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	400
	○ 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 엽채류 신선편이용 소포장 MAP 기술 확립(상온과 저온 유통으로 분리) : 저온유통조건과 상온 유통조건으로 나누어 최적 MAP조건 구명(필름 종류 구명)	100
3차 년도 (2014 )	○ 수확 후 생리 특성별로 농산물을 분류하고 농산물 종류별 최적 MA 조건 구명	- 총 20품목에 대한 국내 저장 및 유통 실정에 적합한 MA조건 제시 - 호흡률 및 에틸렌 발생률 등 수확 후 생리 특성에 따른 MA저장 모델 제시	100
	○ 작물별 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 기타 농산물(화훼류, 등)의 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립, 일부작물 예냉 효과 비교	100
	○ 신선편이 농산물 대상 비천공 breathable 필름을 이용한 소포장 MAP 기술 확립	- 과일류 신선편이용 소포장 MAP 기술 확립(저온 유통, 저온저장) - 미생물 투과 여부 확인 - 저온유통조건과 상온 유통조건으로 나누어 최적 MAP조건 구명(필름 종류 구명)	100

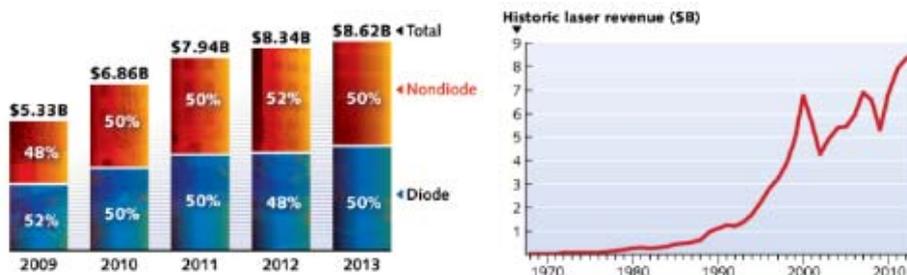
다. 2협동: 식량작물 및 특용작물(버섯, 산채, 약용식물) MAP 기술 확립

연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도 %
1 년 차	○ 현재 유통되는 포장재와 유통조건 및 실태 조사	- 정조(조곡), 쌀, 밀의 포장재와 유통조건 조사 - 속채류의 포장재와 유통조건 조사 - 버섯용 포장재와 유통조건 조사 - 산채 및 약용작물 포장재와 유통조건 조사	100
	○ 비천공 breathable 필름을 이용한 식량 및 특용작물의 포장법 개선기술 확립	- 조곡 및 밀 저장용 최적 비천공 breathable 필름 재질 마대 저장 조건 탐색 - 쌀(백미) 소포장 유통용 비천공 breathable 필름 재질 포장대 이용 조건 탐색 - 버섯의 비천공 breathable 필름 이용 MAP 포장법 효율성 분석 - 산채 및 약용작물의 비천공 breathable 필름 이용 MAP 포장법 효율성 분석	100
	○ 곡류 및 특용작물 비천공 breathable 필름 이용시 품질 변화 연구	- 저장 조건 (온도) 별 품질 변화 분석 - 비천공 breathable 필름 특성 별 품질 변화 분석	100
2 년 차	○ 곡류 저장용 비천공 breathable 필름 이용 기술 개발	- 정조(조곡) 저장용 비천공 breathable 필름의 최적 조건 확립 - 저장성에 대한 온도와 비천공 breathable 필름 특성 (통기도) 의 영향 분석 - 비천공 breathable 필름 재질 포대 저장시 품질 변화 분석	100
	○ 백미 소포장 유통용 비천공 breathable 필름 적용 기술 개발	- 백미 소포장 유통용 비천공 breathable 필름 재질 포장재의 효과 검정 - 비천공 breathable 필름 재질 포장재 이용시 품질 변화 추적 - 백미 소포장용 비천공 breathable 필름 포장재 이용 최적 방안 규명	100
	○ 특용작물 유통용 비천공 breathable 필름 적용 기술 개발	- 버섯의 비천공 breathable 필름 이용 포장법의 실용성 검정 - 산채 및 약용작물의 비천공 breathable 필름 이용 포장법의 실용성 분석	100
3 년 차	○ 곡류 저장용 비천공 breathable 필름 이용 기술 개발	- 정조(조곡) 저장용 비천공 breathable 필름의 최적 조건 검정 - 저장성에 대한 온도와 비천공 breathable 필름 특성 (통기도) 의 영향 검정 - 비천공 breathable 필름 재질 포대 저장시 품질 변화 분석 - 1~2년차 결과 보완 실험	100
	○ 백미 소포장 유통용 비천공 breathable 필름 적용 기술 개발	- 백미 소포장 유통용 비천공 breathable 필름 재질 포장재의 효과 검정 - 비천공 breathable 필름 재질 포장재 이용시 품질 변화 검정 - 백미 소포장용 비천공 breathable 필름 포장재 이용 최적 방안 검정 - 1~2년차 결과 보완 실험	100
	○ 특용작물 유통용 비천공 breathable 필름 적용 기술 개발	- RPC 외의 적합성 검정 - 콩나물 유통용 비천공 breathable 필름 이용시 품질 변화 검정 - 버섯 유통용 비천공 breathable 필름 이용시 품질 변화 검정 - 산채 및 약용작물의 비천공 breathable 필름 이용시 품질 변화 검정	100

## 제 2절 관련분야 기여도

### 1. 레이저 가공의 현황

- 초정밀 레이저 가공기술은 마이크로미터 또는 서브마이크로미터 단위의 형상 정밀도를 가지고 가공 표면은 수 나노미터 이내의 정밀도를 가지는 기술임. 초정밀 가공은 가공능률, 복잡한 형상을 가공하는 데 있어서 다른 가공방법보다 우수한 특징을 가지고 있음.
- 레이저를 이용한 초정밀 가공기술은 비 접촉식 가공 방법으로 가공 물체나 사용하는 광학 부품의 변형을 가져오지 않으며, 투명재질의 물체이나 매우 단단한 물질에 가공이 가능하다는 장점을 가지고 있음. 이러한 레이저 가공 기술의 발전으로 의료, 반도체, 디스플레이, 포장재, 용접 등과 같은 다양한 분야에서 여러 용도로 사용됨.



< 출처: Laser focus world 2013.1월호 >

#### 【전 세계 상업용 레이저 가공 시장】

- 전 세계 상업용 레이저 가공 시장의 규모를 보여주고 있는 그림에서 알 수 있듯이 레이저를 사용하지 않는 가공 분야와 더불어 꾸준한 성장세를 보이고 있으며, 전체 가공분야의 50 %의 비율을 차지하고 있음.

### 2. 기술적 측면

- Breathable 필름 가공에 대한 새로운 가공 기술을 제시하였으며, 기존의 가공 방식이 아닌 레이저를 이용한 방식을 사용하여 더욱 정밀하고 미세하게 제작이 가능하며, 가공기술의 국산화 및 원천기술의 확보에 기여함.
- 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름 가공 기술 개발을 통하여, 이 기술을 통해 제작된 숨쉬는 필름 포장지가 다른 기계적, 화학적 가공방식으로 만든 필름보다 공기투과도 조절이 용이하고 유공필름이 아니기 때문에 외부의 오염물질로부터 보호할 수 있는 장점 때문에 기존 기술을 대체하기 시작하였고, 기능성 포장지 시장 확장에 기여하였다.

### 3. 경제적 측면

- 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름의 확산으로 우선 과채류 등 신선도를 유지해야 하는 식품의 손실율이 작아져서 생산자나 유통업체의 손실이 작아지고 생산량 증대에 영향을 줄 것이고, 기능성 포장지 시장의 기술경쟁으로 숨쉬는 필름 포장지 시장이 유통의 중요한

사업으로 인정되고 확장되었다.

- 레이저를 이용한 비천공 breathable 필름 가공 기술이 사업화(대통령포장산업)에 성공하여 현재 많은 과채류 포장 및 유통업체(홈플러스, CJ, 대상 등)에 포장지로서 납품하고 있으며 그 기술력을 인정받아 해외 포장 업체에서 수출 의뢰까지 요청한 상태로, 국내 시장뿐만 아니라 해외 시장까지 그 영향력이 증대하고 있다.
- 숨쉬는 필름은 저장 기간 연장뿐만 아니라 다양한 용도에 사용 가능하다. 전자레인지용으로 수분이 통과하지 않고 고구마, 감자 등을 찌먹을 수 있는 기능성 포장지, 그리고 지퍼백 등 실용적인 용도로 많은 응용이 가능하여 여러 기능성 포장지로서 기술이 확장하고 있다. 그리고 이를 응용하면 생리대 등 위생용품, 그리고 다양한 분야에 사용가능하여 사업화로서의 가능성이 무궁무진하다.

#### 4. 사회적 측면

- 숨쉬는 필름은 과채류의 신선도를 높여주기 때문에 손실되는 과채류로 인한 음식물쓰레기의 감소로 이어져서 이로 인한 처리비용 감소와, 또한 더 많고 다양한 채소의 공급으로 소비자의 선택의 폭이 넓어지고 과채류에 대해 안심하고 더욱 소비할 수 있어 그 소비량이 증가할 것이다. 또한 신선한 먹거리로 인한 웰빙 푸드로서 더욱 시장이 발달하여 건강한 음식에 대한 관심이 계속해서 증가할 것이다.

#### 5. 관련 분야 및 활용방안

- 개발된 비천공 breathable 필름의 농산물 포장재의 현장 적용 : 현재 1차 개발 시작품 단계에서 대형 식품회사 및 유통회사와 사업화 논의 중임
- 기존의 미세 열침이나 인조 다이아몬드 입자를 로울러에 부착하여 가공하는 기계적 비천공 breathable 필름 제조 기술을 대체
- 현재 전세계적으로 농산물 유통의 블루칩인 신선편이 농산물 유통에서 넘어야 할 가장 큰 산은 품질을 유지하면서 가공 후 외부로부터의 2차 오염을 막는 포장재의 개발에 있으며, 본 기술은 세계 선도기술로 관련분야 기술 및 제품시장을 선도할 것임
- 식품 포장에 적용될 뿐만 아니라 위생용품, 일회용 의류와 의료용 필름으로 확대 적용
- 가격등락이 심해 서민경제와 물가상승에 큰 영향을 주는 배추, 무 등 김치주재료에 적용하여 수급 및 가격 안정 도모
- 유통기한이 짧은 폐기율이 높은 신선농산물의 저장성 향상으로 가격 및 시장 안정 도모
- 수출 농산물에 적용하여 품질 경쟁력 제고
- 포대(톤백) 저장시 곡물의 저장과 안정성 증진을 위한 기능성 포대 개발
- 도정 백미의 품질 유지를 위한 기능성 포장재 개발

# 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

## 제 1절 연구성과 및 활용

### 1. 연구성과 달성(연차별)

(단위 : 건수)

구분	(예시)특허		(예시)신품중				(예시)유전자원 등록	(예시)논문		기타
	출원	등록	품중명칭 등록	품중생산 수입판매 신고	품중보호 출원 등록			SCI	비SCI	
1차 년도	목표								4	6
	달성								2	7
2차 년도	목표							1	5	9
	달성	1	1						6	10
3차 년도	목표							3	5	9
	달성							4	6	18
계	목표							4	14	24
	달성	1	1					4*	14	35

\* 현재 3편은 심사중이며, 1편은 투고중임

가. 특허 성과

출원된 특허의 경우					등록된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2012	통기성 필름 레이저 제조 장치 및 그 제조 방법	손익부, 노영철, 최영진	국제	PCT/KR2012/005467	2013	통기성 필름 레이저 제조 장치 및 그 제조 방법	손익부, 노영철, 최영진	대한민국	10-1301671

### 나. 투고논문 및 학술 발표

#### (1) 논문(18건)

게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	MAP 포장재인 숨쉬는 필름이 장거리 수출 조건에서 토마토의 품질과 저장성 향상에 미치는 영향	조힐	강호민	최인이, 손진성, 김영식	생물환경조절학회지	20(3): 221-226	국내	Non SCI
2012	비천공 숨쉬는 필름이 아워버섯 MA저장 중 품질과 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	조힐, 정현진, 손진성, 최영진	생물환경조절학회지	submitted	국내	Non SCI

2013	레이저를 이용한 숨쉬는 필름 가공 기술 연구	최훈국	손익부	노영철 최영진 장인구	한국정밀공학회	30(4)	국내	Non SCI
2013	레이저 가공 비천공 Breathable 필름이 새싹채소의 Modified Atmosphere저장에 미치는 영향	백준필	강호민	최인이	시설원예· 식물공장	22(2)	국내	Non SCI
2013	저장온도와 기능성 필름의 기체투과도가 다양한 크기의 통통마디 신선편이의 저장성에 미치는 영향	백준필	강호민	이한중 최인이 손진성 김일섭 정천순	시설원예· 식물공장	22(2)	국내	Non SCI
2013	기능성 필름의 기체 투과도와 저장온도가 '부유' 단감의 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	백준필	강원 농업 생명환경연구	25(2)	국내	Non SCI
2013.	그린키위와 골드키위의 MA 저장에 적합한 비천공 Breathable 필름 종류와 저장온도 구명	최인이	강호민	백준필	강원 농업 생명환경연구	25(2)	국내	Non SCI
2013	레이저를 이용한 전자렌지용 숨쉬는 필름 가공 기술 연구	최훈국	손익부	유동윤 노영철 김정년 강호민	한국레이저가 공학회	16(3)	국내	Non SCI
2014. 8	UV laser Patterning of Polypropylene Film with Multi-focusing Technology	Dongyoon Yoo	Ik-Bu Sohn	Hun-Kook Choi, Young-Han Kim, So-Whan Cho, Ho-Min Kang, Md. Shamim Ah-san, Jiwhan Noh	Journal of Optical Society of Korea	submitted	국외	SCI(E)

2014. 8	Femtosecond Laser Assisted Selective Patterning of Indium-Tin-Oxide Thin Film Deposited on Flexible Polymer	Ik-Bu Sohn	Ik-Bu Sohn	Md. Shamim Ahsan, Dongyoon Yoo, Young-Chul Noh, Yong-Tak Lee, Hun-Kook Choi, Jin-Tae Kim, Ho-Min Kang	Optik - International Journal for Light and Electron Optics	submitted	국외	SCI
2014. 9	Formation of cylindrical micro-lens array in fused silica glass using CO2 laser polishing	Hun-Kook Choi,	Md. Shamim Ahsan, Ik-Bu Sohn,	Dongyoon Yoo, Young-Chul Noh, Jin Tae Kim, Deok Jung, Jin Hyeok Kim, Ho-Min Kang	Journal of Optics & Laser Technology	submitted	국외	SCI
2014. 9	레이저 멀티 펄스 증착과 회절광학소자를 이용한 숨쉬는 필름 고속 가공 기술	유동윤	손익부	최훈국 노영철 이용탁 김영재 김영한 강호민 노지환	한국레이저가공학회	17 (3)	국내	Non SCI
2014	비천공 Breathable 필름이 몇 가지 저장온도에서 '후지' 사과 MA 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	홍성미, 정민재, 백준필	시설원예·식물공장	23(1): 60-64	국내	Non SCI
2014	Selection of non-perforated breathable film to enhance storability of cherry tomato for modified atmosphere storage at different temperatures	조힐	강호민	밀리, 이한중, 이경수, 홍성미, 정민재, 김일섭, 홍순관, 최인이, 백준필	시설원예·식물공장	23(2): 116-122	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 '신고' 배의 MA 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	홍성미, 정민재, 백준필	강원 농업생명환경연구	26(2): 64-69	국내	Non SCI

2014	레이저 가공 OTR 필름 종류가 저장온도에 따른 몇 가지 업체류의 MA 저장에 미치는 영향	정민재	강호민	최인이, 홍성미, 윤혁성, 백준필	강원 농업생명환경연구	26(2): 70-74	국내	Non SCI
2014	Influence of Silicon Spray on Storability of Truss Tomato in MA Storage	조힐	강호민	밀리, 정민재, 김일섭, 홍순관, 최인이, 백준필	강원 농업생명환경연구	26(3): 인쇄중	국내	Non SCI
2015*	Shelf-life and quality of fresh cut paprika treated with UV-C and packaged breathable film	유태중	강호민	최인이	Journal of Horticultural, Environment, and Biotechnology	투고중	국외	SCI

(2) 학술발표( 35 건)

발표 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	필름종류가 통통마디 어린순의 MA 저장에 미치는 영향	최인이	강호민	손진성, 정현진	한국생물환경조절학회 발표초록	20(2): 154-155	국내	Non SCI
2011	Proteom analysis of waxy corn kernel during storage at different temperature.	Oh, S.Y.	S.I. Shim	D.B. Shim, S.H. Jeon,	한국작물학회지	56(S): 102	국내	Non SCI
2012	Effects of permeability of plastic bag on storage of soybean sprouts and chinese yam	Song, S.H.	S.I. Shim	D.B. Shim, J.H. Oh, D.G. Oh,	한국작물학회지	57(S): 66	국내	Non SCI
2012	비천공 breathable 필름이 마늘 MA 저장성에 미치는 영향	손진성	강호민	최인이, 정현진, 조힐, 홍성미, 윤혁성, 김영재, 권태호	한국원예학회 춘계 학술 발표회 원예과학기술지	30(I): 92	국내	Non SCI
2012	비천공 breathable 필름이 아위버섯 MA 저장성에 미치는 영향	손진성	강호민	최인이, 정현진, 조힐, 홍성미, 윤혁성, 김영재, 권태호	한국원예학회 춘계 학술 발표회 원예과학기술지	30(I): 92	국내	Non SCI
2012	비천공 breathable 필름이 베이비 채소 MA 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	손진성, 김영재, 정현진	한국생물환경조절학회 발표초록	21(1): 262-263	국내	Non SCI

2012	비천공 breathable 필름이 혼합 싹채소 MA 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	손진성, 김영재, 정현진	한국생물환경조절학회 발표초록	21(1): 264-265	국내	Non SCI
2013	모의 유통 조건이 가지의 MA 저장시 결로 발생에 미치는 영향	최인이	강호민	백준필, 이한중, 김봉진, 이다현, 김일섭	한국생물환경조절학회 발표초록	301-302	국내	Non SCI
2013	비천공 Breathable 필름이 그린키위와 골드키위의 MA 저장에 적합한 필름 종류 및 저장온도 구명	최인이	강호민	백준필, 최영진, 김일섭	한국생물환경조절학회 발표초록	303-304	국내	Non SCI
2013	상추의 MA 저장시 모의 유통 조건이 결로 발생에 미치는 영향	최인이	강호민	백준필, 홍성미, 윤혁성, 이한중, 김일섭	한국생물환경조절학회 발표초록	305-306	국내	Non SCI
2013	한라봉 MA저장에 적합한 비천공 Breathable 필름 및 저장온도 구명	최인이	강호민	백준필, 최영진, 김일섭	한국생물환경조절학회 발표초록	309-310	국내	Non SCI
2013	감자의 통기성 포장지의 저장 효과	오지현	정정성	심두보, 오다겸, 송선화, 홍선희, 심상인	한국생물환경조절학회 발표초록	299	국내	Non SCI
2013	느타리 버섯의 통기성 포장지의 저장 효과	심두보	정정성	오다겸, 송선화, 오지현, 홍선희, 심상인	한국생물환경조절학회 발표초록	300	국내	Non SCI
2013	비천공 Breathable 필름이 단감의 MA 저장에 미치는 영향	최인이	강호민	홍성미, 윤혁성, 백준필, 김영재, 김일섭	한국원예학회 춘계 학술 발표회 원예과학기술지	31(I): 129	국내	Non SCI
2013	비천공 Breathable 필름이 감귤의 MA 저장에 미치는 영향	최인이	강호민	김미현, 백준필, 김영재, 김일섭	한국원예학회 춘계 학술 발표회 원예과학기술지	31(I): 129	국내	Non SCI
2013	비천공 Breathable 필름이 오렌지의 MA 저장에 미치는 영향	최인이	강호민	Mohammad zahirul islam, 이다현, 김봉진, 백준필, 김영재	한국원예학회 춘계 학술 발표회 원예과학기술지	31(I): 129	국내	Non SCI

2013	전자렌지용 숨쉬는 필름 레이저 가공기술	최훈국	손익부	유동윤, 노영철, 김정년, 강호민	한국레이저가공학회 춘계학회	55-56	국내	Non SCI
2013	레이저 멀티포커싱을 이용한 필름 가공기술	유동윤	손익부	최훈국, 노영철, 김영한, 강호민, 최영진	한국레이저가공학회 추계학술대회	59-60	국내	Non SCI
2014	레이저 멀티포커싱 기술을 이용한 폴리프로필렌 필름의 미세 홈 증착 가공기술	유동윤	손익부	최훈국, 김영한, 강호민	광전자 및 광통신 학술회의	TP-VI 13, 324-325	국내	Non SCI
2014	Effect of Laser Ablation OTR films on the Storability of <i>Handaeri-gomchwi</i> ( <i>Ligularia fischeri</i> var. <i>spiciformis</i> Nakai) angajji in MA(Modified Atmosphere) Storage	최인이	강호민	홍성미, 정민재, 백준필	ICAE2014: International Conference on Agricultural Engineering	8(8): 1397	국외	Non SCI
2013	미니파프리카의 MA 저장에 적합한 필름 종류 및 저장온도 구명	최인이	강호민	백준필, 이용범	원예과학기술지	31(s2): 85	국내	Non SCI
2013	비천공 breathable 필름이 몇 가지 신선 나물류의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	윤혁성, 최인이, 이다현, 김봉진, 백준필, 김영재, 김일섭	원예과학기술지	31(s2): 86-87	국내	Non SCI
2013	비천공 breathable 필름이 새송이버섯과 미니새송이버섯의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	윤혁성, 최인이, 김미현, 손진성, 백준필, 김일섭, 김영재	원예과학기술지	31(s2): 187	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 깻잎의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	최인이, 윤혁성, 정민재, 백준필, 김일섭	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 251-252	국내	Non SCI

2014	레이저 가공 OTR 필름이 신선편이 양상추의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	최인이, 윤혁성, 정민재, 백준필, 김일섭	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 253-254	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 치커리의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	최인이, 윤혁성, 정민재, 백준필, 김일섭	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 255-256	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 유채의 MA 저장에 미치는 영향	정민재	강호민	홍성미, 윤혁성, 최인이, 백준필, 김일섭	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 257-258	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 청경채의 MA 저장에 미치는 영향	정민재	강호민	홍성미, 윤혁성, 최인이, 백준필, 김일섭	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 259-260	국내	Non SCI
2014	Selection of laser ablation OTR film for modified atmospheres packaging to maintain the postharvest quality and storability of tomato	조힐	강호민	밀리 홍성미 정민재 김일섭 홍순관 최인이 백준필	생물환경조절학회 학술발표	23(s1): 263-264	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름의 바나나 MA 소포장 시 적정 필름 구멍	최인이	강호민	홍성미 정민재 정현진 손진성 조힐 백준필 김영재 김일섭	원예과학기술회지	32(s1): 153	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 '후지' 사과의 저장온도에 따른 MA 저장성에 미치는 영향	최인이	강호민	홍성미 정민재 조힐 백준필 김영재 김일섭	원예과학기술회지	32(s1): 152-153	국내	Non SCI

2014	레이저 가공 OTR 필름이 자몽의 MA 저장에 미치는 영향	홍성미	강호민	윤혁성 정민재 김미현 밀리 백준필 김영재 김일섭	원예과학기술지	32(s1): 151-152	국내	Non SCI
2014	레이저 가공 OTR 필름이 배의 MA 저장에 미치는 영향	정민재	강호민	최인이 홍성미 밀리 윤혁성 김미현 백준필 김영재 김일섭	원예과학기술지	32(s1): 102-103	국내	Non SCI
2014	레이저 비천공 숨쉬는 필름을 이용한 현미와 밀의 곡물저장	송선화	심상인	심두보 오지현 강호민	한국작물학회 추계학술발표회		국내	Non SCI
2014	비천공 breathable 필름 재질포장을 이용한 곡물 저장 시 온도와 필름투과도에 따른 지방산가와 당함량의 변화	오지현	심상인	심두보 송선화	한국작물학회 추계학술발표회		국내	Non SCI

## 2. 연구결과 활용 달성(3년간)

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	50		10	2	15
	달성	74		35	8	8

### 가. 상품화

(1) 1차년도(2011-2012) : 11건

상품명	판매처	비고	상품명	판매처	비고
지퍼백	대룡포장산업	가정용	썩갓 소포장재	홈플러스	저온유통
바나나 소포장재	델몬트	상온용	근대 소포장재	홈플러스	저온유통
마늘 소포장재	농협	일반유통	아육 소포장재	홈플러스	저온유통
풋고추 소포장재	농협	일반유통	시금치 소포장재	홈플러스	저온유통
청양고추 소포장재	농협	일반유통	포기상추 소포장재	홈플러스	저온유통
청홍피망 소포장재	농협	일반유통	버섯 소포장재	청아랑	저온유통



(2) 2차년도(2012-2013) : 6건

상품명	판매처	비고	상품명	판매처	비고
어린잎 믹스	홈플러스	저온유통	세척 깻잎	홈플러스	저온유통
간마늘	홈플러스	저온유통	오이맛 고추	홈플러스	저온유통
가시오이	홈플러스	저온유통	다다기 오이	홈플러스	저온유통



(3) 3차년도(2013-2014) : 57건

상품명	판매처	비고	상품명	판매처	비고
파리고추	홈플러스	저온유통	자연들갯잎(5입)	홈플러스	저온유통
간편샐러리	홈플러스	저온유통	들나물	홈플러스	저온유통
기능성 농산물 참느타리	홈플러스	저온유통	로메인상추	홈플러스	저온유통
간대파	홈플러스	저온유통	미나리	홈플러스	저온유통
좋은상품갯순100g	홈플러스	저온유통	미니파프리카	홈플러스	저온유통
세발나물(야미팜)	홈플러스	저온유통	미니새송이버섯	홈플러스	저온유통
섬초	홈플러스	저온유통	미니쌈추	홈플러스	저온유통
슈음배추	홈플러스	저온유통	발미나리	홈플러스	저온유통
스위트파피	홈플러스	저온유통	본마늘(1Kg)	홈플러스	저온유통
쌈케일	홈플러스	저온유통	부추	홈플러스	저온유통
어린잎무지	홈플러스	저온유통	브로콜리	홈플러스	저온유통
좋은 유채나물	홈플러스	저온유통	좋은상품 청경채(소)	홈플러스	저온유통
좋은상품 적상추	홈플러스	저온유통	좋은상품 청상추	홈플러스	저온유통
착한상품 피망 2입	홈플러스	저온유통	좋은상품 취나물	홈플러스	저온유통
김치용기 리드지	홈플러스	저온유통	취청 오이	홈플러스	저온유통
제주산 콩나물	CJ(신선촌)	저온유통	맛있는 콩나물	CJ(청수)	저온유통
국산 숙주	CJ(에드팜)	저온유통	국산 콩나물	GS리테일	저온유통
킴스 국산 콩나물	CJ(에드팜)	저온유통	신선한 콩나물	유토캡	저온유통
통통	CJ(에드팜)	저온유통	참살이 칼슘 콩나물	유토캡	저온유통
맑은물 콩나물	홈플러스 (맑은식품)	저온유통	달달한 콩나물	홈플러스 (맑은식품)	저온유통
무농약 콩나물	홈플러스 (맑은식품)	저온유통	후라보스프라 콩나물	영진화학	저온유통
국산 전통 콩나물	대상 (종가집)	저온유통	국산 무농약 검은콩 콩나물	대상 (종가집)	저온유통
국산 아작 콩나물	대상 (종가집)	저온유통	국산 숙주 나물	대상 (종가집)	저온유통
국산 무농약 콩나물	대상 (종가집)	저온유통	우리 녹두로 기른 숙주나물	한그루식품	저온유통
우리콩 콩나물	한그루식품	저온유통	어깨동무 알찬콩 콩나물 (수입산)	청수, 참살이	저온유통

어깨동무 유기농 콩나물	청수, 참살이	저온 유통	어깨동무 숙주나물	청수, 참살이	저온 유통
본마늘(200g)	전남서남부	저온 유통	그대로 찌먹는 야채믹스	플무원(전자렌지용)	전자렌지용
그대로 볶아먹는 야채믹스	플무원(신선용)	저온 유통	채소	무라카미농원	수출용
샐러리	뉴질랜드	수출용			





그림. 상품화 (같은 품목 다른 용량 중복 제외)

나. 교육지도

(1) 1차년도(2011-2012) : 10건

날짜	교육자	교육 내용	교육 대상	장소
2011. 10. 07.	강호민	농산물 종류별 호흡률 비교	대륜포장: 김영재 원예학과: 최인이, 정현진, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2011. 10. 20	손익부	펄토초 레이저 가공 원리 및 폴리프로필렌 필름에서의 가 공 형상 및 깊이 측정	대륜포장 : 최영진, 김영한, 김영재	대륜포장산업
2011. 11. 24	강호민	농산물 종류별 에틸렌 발생률 비교	대륜포장: 최영진, 김영재, 원예학과: 최인이, 정현진, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2012. 01. 18	손익부	레이저 펄스 폭(Pulse width) 에 따른 필름 가공 형상 비교	대륜포장 : 최영진, 김영한, 김영재	대륜포장산업
2012. 04. 05.	강호민	MAP의 장단점	대륜포장: 김영재 원예학과: 최인이, 정현진, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2012. 05. 11	손익부	펄토초 레이저 펄스 에너지에 따른 미세 흡 특성 비교	대륜포장 : 최영진, 김영한, 김영재	대륜포장산업
2012. 06. 07	손익부	펄토초 레이저 펄스 개수에 따른 미세 흡 특성 비교	대륜포장 : 최영진, 김영한, 김영재	대륜포장산업
2012. 06. 26.	강호민	바나나와 같은 저온장해 작물 의 온도관리	대륜포장: 김영재 원예학과: 최인이, 정현진, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2012. 07. 10.	강호민	토마토 유통 중 주의사항.	대륜포장: 최영진 원예학과: 최인이, 정현진, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2012. 07. 16.	강호민	브로콜리 적정 포장필름 제시	대륜포장: 정현진 원예학과: 최인이, 조힐, 손진성, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호

(2) 2차년도(2012-2013) : 10건

날짜	교육자	교육 내용	교육 대상	장소
2012. 11. 06.	강호민	농산물 종류별 저장수명 비교	제1협동: 최영진, 김영재 (대룡포장 이상), 제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 이다현, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2013. 01. 25	손익부	UV 나노초 레이저와 펄스 레이저의 펄스 가공 특성 비교	제1협동: 최영진, 김영한, 김영재 (대룡포장산업)	대룡포장산업
2013. 03. 07.	강호민	농산물의 호흡작용	제1협동: 최영진(대룡포장 이상), 윤재수(홈플러스 이상) 제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 이다현, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2013. 03. 21.	강호민	농산물의 증산작용	제1협동: 최영진, (대룡포장 이상), 제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 이다현, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명 과학 2호관 402호
2013. 04. 11	손익부	UV 나노초 레이저를 이용한 필름 미세 가공 컨트롤 기술과 기능성 필름 가공	제1협동: 최영진, 김영한, 김영재 (대룡포장산업)	대룡포장산업
2013. 04. 12.	강호민	Modified Atmosphere Package의 유의사항	제1협동: 최영진, 천성우(대룡포장 이상), 제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 이다현, 홍성미, 윤혁성 제2협동: 홍선일 홈플러스 관계자: 윤재수 과장	강원대 농업생명 과학 2호관 305호
2013. 05. 13.	강호민	MAP저장의 필요성	강원 Best 농업아카데미 참여자 20여명	강원도 농업기술 원 대강의실
2013. 06. 08	강호민	과채류 수확후 관리기술	강원마에스터 토마토반 20여명	강원대학교 친환경 경센터 502호
2013. 06. 14.	강호민	과채류 수확 후 관리 중요 사항	원주 친환경농업연합회 회원 20여명	강원도 원주시 호 저면 사무소
2013. 07. 16.	강호민	복숭아 MA 저장 적용 가능성 및 대포장 조건	제1협동: 김영재, 천성우(대룡포장 이상), 제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 이다현, 홍성미, 윤혁성 홈플러스 관계자: 윤재수,	강원대 농업생명 과학 2호관 305호

(3) 3차년도(2013-2014) : 15건

날짜	교육자	교육 내용	교육 대상	장소
2013. 09. 05	손익부	멀티 포커싱 기술을 이용한 필름 가공 기술	김영한, 김영재, 노지환	대룡포장산업 한국기계연구원
2013. 09. 12	손익부	멀티 포커싱 기술을 이용한 필름 가공 기술	김영한, 김영재, 노지환	대룡포장산업 한국기계연구원
2013. 11. 29	손익부	초정밀 레이저 가공 응용 기술	이만섭 외 3명	KAIST
2014 02.03	백준필	원예과학의 기본연구 스킬	-제1세부: 강호민, 최인이, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 301호
2014. 02.04	강호민	원예작물의 수확 후 생리 특징	강원대 농업생명과학대학 원예학과 학부생 20여명	강원대 60주년기념관
2014. 02.05	강호민	농산물의 수확 후 유통 과정	강원대 농업생명과학대학 원예학과 학부생 20여명	강원대 60주년기념관
2014 02.11	최인이	수행 과제 진행 사항 중 자체 중간 보고 및 연구에 대한 이해 도모	-제1세부: 강호민, 백준필, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 301호
2014 02.22	손익부 강호민	-레이저 가공에 대한 이해 및 기능성 필름 가공 원리 -수확 후 관리의 원리 및 필요성	-제1협동: 김영한, 김영재(대룡포장 이상), -제1세부: 최인이, 백준필, 김미현 조힐, 홍성미, 윤혁성 -제2협동: 심두보	강원대 농업생명과학 2호관 305호
2014. 02. 25	손익부	초정밀 레이저 가공 응용 기술	황성환 외 5명	한국광기술원
2014 02.26	최인이	MAP 저장의 필요성 및 유의사항	-제1세부: 강호민, 백준필, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 301호
2014. 03. 06	손익부	초정밀 레이저 가공 기술	이종훈 외 5명	레이저응용기술센터
2014 03.11	강호민	원예재배기술과 수확된 농산물의 상관관계	제1세부: 백준필, 최인이, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 305호
2014. 05. 28	손익부	펄토초 레이저를 이용한 산업화 기술	오광환 외 13명	전남레이저센터
2014 07.28	강호민	농산물 수확 후 2차적 품질 저하요인의 특징 및 관리기술	-응용생물학과: 김삼규 교수님 -강원도농업기술원:서현택 연구사 제1세부: 백준필, 최인이, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 305호
2014 09.03	강호민	농산물의 수확 전 처리 기술	-강원도농업기술원:서현택 연구사 제1세부: 백준필, 최인이, 정민재, 김미현 조힐, 밀리, 홍성미, 윤혁성	강원대 농업생명과학 2호관 301호

다. 홍보(8건)

(1) 언론 홍보

	일자	주요 내용	홍보매체
1	2013. 02. 28.	대룡포장산업- 식품포장지 전문생산 강소기업 채용	파이낸스 투데이
2	2013. 04. 04.	대룡포장산업- 숨쉬는 필름, 채소 보관 지퍼팩	서울푸드
3	2013. 04. 29.	대룡포장산업- O <sub>2</sub> 싱싱필름	PackNet 패키징 전문 뉴스채널
4	2013. 12. 27.	광주과학기술원- 대학특허가 살아난다	전자신문-etnews
5	2014. 02. 20.	대룡포장산업- 돈되는 포장, O <sub>2</sub> 싱싱필름	한겨레 뉴스
6	2014. 08. 21.	대룡포장산업- 과일 포장용 숨쉬는 필름	조선일보

(2) 전시회

	일자	주요 내용	전시회
1	2012. 05. 22-25	대룡포장산업 - 농산물 포장지 오투싱싱필름 소개	제 17회 국제포장기자재전
2	2013. 05. 14-17	대룡포장산업 - 숨쉬는 지퍼 백	코리아 푸드쇼 2013

라. 기타

(1) 인력활용/양성 성과 (6건)

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역
1차년도		1	1		1	1			2
2차년도			1		1				1
3차년도	1	1	1		2	1			3
계	1	2	3		4	2			6

(2) 수상 내역 (2건)

- 우수논문상 (강호민) 2014. 5. 16. 한국생물환경조절학회, 레이저 가공 비천공 Breathable 필름이 새싹채소의 Modified Atmosphere 저장에 미치는 영향
- 우수포스터상 (홍성미) 2014. 9. 26. 한국생물환경조절학회, 레이저 가공 OTR필름이 치커리의 MA 저장에 미치는 영향

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

해외 농산물 포장재 개발에 관한 연구는 크게 기본적인 MA효과 증대를 위한 투과도 조절 연구와 기능성 필름 개발로 나눌 수 있겠다.

이중 포장재의 가스 투과도와 연관된 연구가 먼저 진행되어, 최근까지 이어지고 있는데 1980년대에는 필름 종류나 필름 두께별 저장성을 비교하던 연구(Kader, 1986; Kader 등, 1989)가 주를 이루다가 이후 가스 투과도를 높이기 위한 미세천공처리(Blakistone, 1998), CO<sub>2</sub> laser(Zeng 등, 2002)를 이용한 미세천공 breathable 필름개발, 그리고 silicon membrane system(일명 window)(Li 등, 2006; Vigneault 등, 1992)에 연구 등이 진행되었다. 이러한 OTR(Oxygen Transmission Rate)와 CDTR(Carbon Dioxide Transmission Rate) 조절에 관한 연구는 최근까지도 진행되고 있다(Costa 등, 2011). 여기에 덧붙여 앞서 언급한 MHP개념을 도입하여 포장재의 OTR과 CDTR 이외에 WVTR(Water Vapor Transmission Rate)의 차이에 따른 저장성 비교실험(Maria 등, 2012)이 보고되고 있다.

그 밖에 포장재의 다른 기능성을 추가하거나 포장재내 처리를 통한 살균이나 에틸렌 흡착 등(Shorter 등, 1992; Siroli 등, 2014) 기능성 포장재와 전분 등을 사용한 edible 필름 등에 대한 개발 연구도 진행되고 있다(Canir 등, 2012; Xu 등, 2005).

수십년전부터 미국과 유럽시장에서 농산물의 국내 유통뿐만 아니라 장거리 유통에 적극적으로 이러한 MAP기술을 적용하여 중앙/남아메리카에서 재배한 멜론을 북미(7일)나 유럽(21일)까지, 아스파라거스를 페루에서 서유럽(20일)까지, 체리를 터키에서 영국(7일)까지 수출하고 있다. 여기에 사용된 포장재는 대부분 투과도 조절 필름으로 미세천공이나 silicon membrane system(일명 window), 등의 기술이 적용되었다.

최근 미국 등 선진국에서는 MAP와 함께 MHP(modified humidity packaging)이란 용어가 사용하고 있는데, 포장재와 외부의 수분 이동 평형상태를 이용하여 포장재내 습도를 조절하는 것을 말한다. 농산물 유통중 완벽한 cold chain의 유지는 현실적으로 불가능한데, 하역 상차 등 cold chain의 연결 과정에서 발생하는 온도 변동은 포장재 안에서 수증기 응축을 초래하고 이는 병리적 생리적 장애를 가져오게 된다. 포장재내 과다 수분은 실제로 미생물에 의한 부패뿐만 아니라 이취형성의 원인이 되기도 하며, 일부 작물의 상품성을 저하시키기도 한다.

이러한 MAP의 과다수분의 피해를 줄이는 노력은 90년부터 이루어져 필름 종류별 수분투과도를 비교하고, 필름에 방담물질을 처리하는 등의 노력으로 현재는 50여종의 농산물에 대한 연구 결과가 현장에 적용되고 있다.

**Table 2.** Types of polymeric films and their permeability properties at set conditions

Polymeric film	Permeance( $\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{Pa}^{-1}$ ) for 25 $\mu\text{m}$ film at 25°C			WVT ( $\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{Pa}^{-1}$ ) at 38°C and 90% RH
	Oxygen	Carbon dioxide	Nitrogen	
Ethylene vinyl alcohol(EVOH)	$1.87 \times 10^{-14}$	—	—	$8.01 \times 10^{-5}$
Ethylene vinyl acetate(EVA)	$5.84 \times 10^{-11}$	$2.33 \times 10^{-10}$	$2.29 \times 10^{-11}$	$2.36 \times 10^{-4}$
Polyamide(PA)(Nylon-6)	$1.87 \times 10^{-13}$	$7.94 \times 10^{-13}$	$6.54 \times 10^{-14}$	$7.50 \times 10^{-3}$
Polyethylene(PE), LD	$3.64 \times 10^{-11}$	$1.96 \times 10^{-10}$	$1.31 \times 10^{-11}$	$8.48 \times 10^{-5}$
Polyethylene(PE), HD	$1.21 \times 10^{-11}$	$3.55 \times 10^{-11}$	$3.04 \times 10^{-12}$	$4.01 \times 10^{-5}$
Polypropylene(PP), cast	$1.73 \times 10^{-11}$	$4.67 \times 10^{-11}$	$3.18 \times 10^{-12}$	$5.18 \times 10^{-5}$
Polypropylene(PP), oriented	$9.34 \times 10^{-12}$	$3.74 \times 10^{-11}$	$1.87 \times 10^{-12}$	$2.83 \times 10^{-5}$
Polypropylene(PP), oriented, PVDC coated	$7.00 \times 10^{-14}$	$1.98 \times 10^{-13}$	$4.90 \times 10^{-14}$	$2.12 \times 10^{-5}$
Polystyrene(PS), oriented	$2.33 \times 10^{-11}$	$8.41 \times 10^{-13}$	$3.74 \times 10^{-12}$	$5.30 \times 10^{-4}$
Polyurethane(Polyester)	$5.37 \times 10^{-12}$	$7.47 \times 10^{-11}$	$4.20 \times 10^{-12}$	$2.36 \times 10^{-3}$
Rigid, Polyvinyl chloride(PVDC), coated	$1.17 \times 10^{-12}$	$3.39 \times 10^{-12}$	$4.90 \times 10^{-13}$	$1.65 \times 10^{-4}$
Plasticized, PVC	$7.12 \times 10^{-11}$	$1.11 \times 10^{-10}$	$2.40 \times 10^{-11}$	$1.30 \times 10^{-4}$
Polyvinylidene chloride(PVDC), coated	$5.60 \times 10^{-14}$	$1.17 \times 10^{-13}$	—	—
PVDC-PVC copolymer(Saran)	$7.70 \times 10^{-14}$	$4.67 \times 10^{-13}$	$1.07 \times 10^{-14}$	$1.53 \times 10^{-5}$
	Oxygen Permeance ( $\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{Pa}^{-1}$ at 23°C)		WVT ( $\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{Pa}^{-1}$ at 23°C and 85% RH)	
Ethylene vinyl alcohol	$4.70 \times 10^{-18}$ – $4.70 \times 10^{-17}$		$4.71 \times 10^{-06}$ – $1.41 \times 10^{-05}$	
Polyamide(PA)	$4.70 \times 10^{-16}$ – $4.70 \times 10^{-15}$		$2.36 \times 10^{-06}$ – $4.71 \times 10^{-05}$	
Polyethylene(PE)	$2.35$ – $9.40 \times 10^{-13}$		$2.36$ – $9.43 \times 10^{-06}$	
Polyethylene terephthalate(PET)	$4.71 \times 10^{-15}$ – $2.35 \times 10^{-14}$		$2.36$ – $9.43 \times 10^{-07}$	
Polyethylene naphthalate(PEN)	$2.35 \times 10^{-15}$		$3.29878 \times 10^{-06}$	
Polypropylene(PP)	$2.3$ – $4.70 \times 10^{-13}$		$9.43 \times 10^{-07}$ – $1.89 \times 10^{-06}$	
Polystyrene(PS)	$4.70$ – $7.05 \times 10^{-13}$		$4.71 \times 10^{-06}$ – $1.89 \times 10^{-05}$	
Polyvinyl alcohol(PVAL)	$9.40 \times 10^{-17}$		$1.41 \times 10^{-04}$	
Polyvinyl chloride(PVC)	$9.40 \times 10^{-15}$ – $3.76 \times 10^{-14}$		$4.71$ – $9.42 \times 10^{-06}$	
Polyvinylidene chloride(PVDC)	$4.70 \times 10^{-18}$ – $1.41 \times 10^{-15}$		$4.71 \times 10^{-07}$	

Day(1993), Greengrass(1993), Guilbert et al.(1996), Philips(1996), Chung and Yam(1999), Park(1999), Han(2000), Lange and Wyser(2003), Data reported by authors in different units were converted to SI unit following Banks et al. (1995)

**Table 2**

Values of Oxygen Transmission Rate (OTR) and Carbon Dioxide Transmission Rate (CDTR) of the three selected packaging films at different temperature.

	Temperature (°C)	OPP20	OPP40	OPP80
OTR cc/(m <sup>2</sup> day)	23	2481.74 ± 241.54	1174.72 ± 9.58	700.9 ± 30.66
	16	1674.61 ± 125.87	806.35 ± 2.28	468.25 ± 14.73
	10	1364.13 ± 300.88	611.36 ± 11.42	339.83 ± 11.62
	5	1014.72 ± 9.5	456.96 ± 0.00	248.64 ± 0.00
CDTR cc/(m <sup>2</sup> day)	23	6982.53 ± 574.15	3244.2 ± 100.52	1435.3 ± 6.99
	16	4926.5 ± 341.52	2157.6 ± 73.66	1035.1 ± 5.12
	10	3552.0 ± 268.55	1513.5 ± 43.1	777.9 ± 24.56
	5	2700 ± 176.7	1100.3 ± 33.4	606.3 ± 0.57

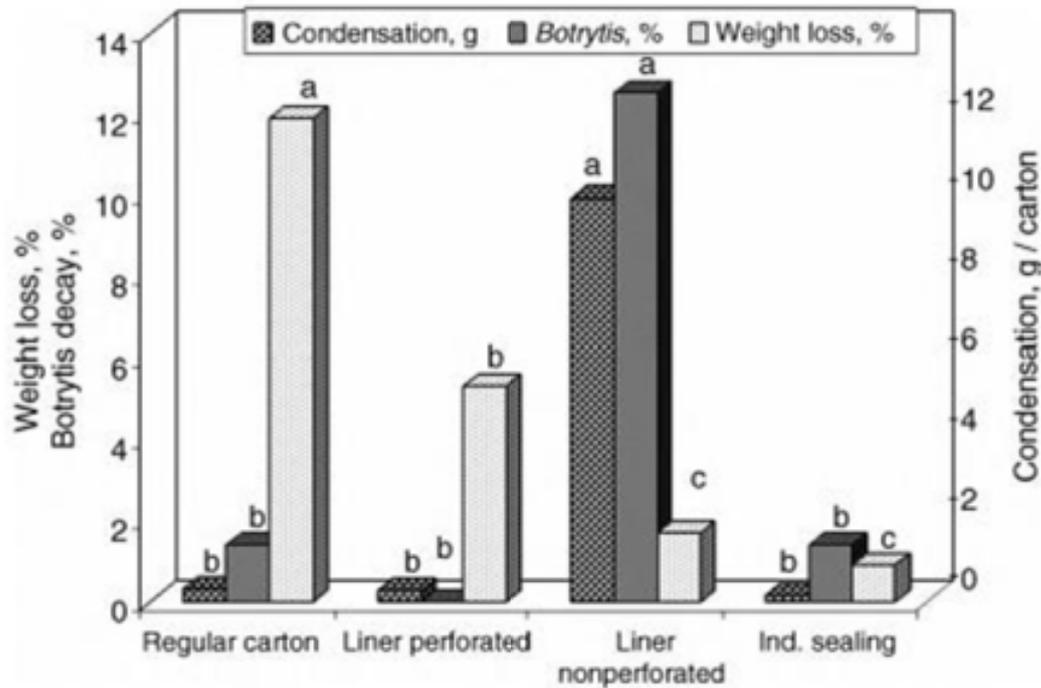


그림. 포장방법이 MA저장중 파프리카의 생체중 감소, Botrytis 발생율, 그리고 포장내 응축수분 량에 미치는 영향. 파프리카는 8도에서 2주간 저장 후 20도에서 4일간 추가 저장함. 과실은 telescopic cartons에 담고 여기에 비천공 PO film(20um)와 천공 PO film(0.4mm 구멍 8개)의 두가지 포장처리한 실험구와 아무런 포장을 하지 않은 처리구와, 비천공 MD PO film을 종이 상자 내부에 주름지게 부착한 처리구를 두었음.

○ 해외과학논문관련

1. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons

Changes in quality, total ascorbic acid, reduced ascorbic acid and dehydroascorbate in fresh cut "Selva" strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) held for 7 days and "Fuyu" persimmons (*Diospyros kaki* L.) held for 8 days at 5°C in air or controlled atmospheres were evaluated. Various atmospheres had significantly different effects on the color, pH,

and titratable acidity of the fruits. The two fruits responded differently to the wounding stress in regards to oxidation of ascorbic acid, but in both cases, the postcutting life based on visual quality ended before significant losses of total ascorbic acid occurred. Controlled atmospheres of 2% O<sub>2</sub>, air + 12% CO<sub>2</sub>, or 2% O<sub>2</sub> + 12% CO<sub>2</sub> had no significant effect on changes in total ascorbate content for either fruit. Washing of intact or sliced strawberries in 100 ppm sodium hypochlorite was found to induce significant oxidation of reduced ascorbic acid, but resulted in no changes in total ascorbic acid.

2. Beinhorn, F., Ihlemann, J., Luther, K., and Troe, J., "*Plasma effects in picosecond-femtosecond UV laser ablation of polymers*," Applied Physics A, Vol. 79, pp. 869-873, 2004.

Laser ablation of polyimide (PI) and polymethyl-methacrylate (PMMA) at 248 nm with pulse lengths  $\tau$  ranging from 200 fs to 200 ps was investigated. The measured ablation rates show minima for pulse lengths of about 5 ps (PMMA) or 50 ps (PI). The reflected fraction of the ablating laser pulse was measured as a function of the pulse length. In the case of PMMA maximum reflectance corresponds to a minimum ablation rate. This behavior can be explained by a dynamic plasma reflection model: A fast build up of a dense plasma is followed by high obscuration for a brief transition time and a self-regulating opacity for the rest of the pulse. This model of plasma mediated ablation leads to a  $\tau^{1/4}$ -dependence of the ablation rate at fixed fluence, which fits very well to the measured data, in particular if an extension to nanosecond ablation data of PI and PMMA is considered.

3. Carlos A. Aguilar, Yi Lu, Samuel Mao, Shaochen Chen, "*Direct micro-patterning of biodegradable polymers using ultraviolet and femtosecond lasers*", Biomaterials, Vol. 26, pp. 7642-7649, 2005

Thin films of biodegradable polymeric materials, poly( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL) and poly(glycolic acid) (PGA) were micro-patterned using a Ti-sapphire femtosecond pulsed laser and ArF excimer UV laser in ambient conditions. The laser-patterned polymers were characterized using a scanning electron microscope (SEM), Fourier transform infrared spectroscopy in attenuated total reflectance mode (FTIR-ATR) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). In-vitro degradation tests were performed and the laser-patterned samples showed to be within one standard deviation of the control samples. Our results demonstrate that both lasers are excellent tools for micro-patterning biodegradable polymers since the bulk properties of the material can remain intact and because the direct-write method is rapid, flexible, and a chemical-free process.

4. Okoshi, M. and Inoue, N., “*Laser ablation of polymers using 395 nm and 790 nm femtosecond lasers,*” Applied Physics A, Vol. 79, pp. 841–844, 2004.

We compared a Ti:sapphire fs laser (790 nm) with a second harmonics (395 nm) fs laser, and then mixed them for ablating polyethylene (PE). Compared to the 790 nm fs laser, the 395 nm fs laser harmonics could etch PE faster. However, isolated carbon was formed on the ablated surface, in addition to C=O and C=C–H bonds. When we mixed a faint beam of the 395 nm fs laser harmonics with the 790 nm fs laser, the etching depth became even deeper. Moreover, the chemical composition of the ablated surface remained unchanged. At a total laser fluence of 80 mJ/cm<sup>2</sup>, the most suitable laser fluences for the 395 nm fs laser harmonics and the 790 nm fs laser were found to be approximately 2 and 78 mJ/cm<sup>2</sup> respectively.

5. I. B. Sohn, Y. C. Noh, S. C. Choi, D. K. Ko, J. Lee, and Y. J. Choi, “*Femtosecond laser ablation of polypropylene for breathable film,*” Applied Surface Science 254, 4919–4924 (2008)

A polypropylene (PP) film was ablated using a femtosecond laser with a center wavelength of 785 nm, a pulse width of 184 fs and a repetition rate of 1 kHz. Increments of both the pulse energy and the shot number of pulses lead to co-occurrence of photochemical and thermal effect, demonstrated by the spatial expansion of rim on the surface of PP. The shapes of the laser-ablated PP films were imaged by a scanning electron microscope (SEM) and measured by a 3D optical measurement system (NanoFocus). And, the gas and water vapor transmission rate, mechanical properties of PP film micropatterned by fs laser pulses was characterized. Our results demonstrate that a femtosecond pulsed laser is an efficient tool for breathable packaging films in modifying the flow of air and gas, where the micropatterns are specifically tailored in size, location and number of which is easily controlled by laser processing conditions.

6. Z. Kuang, D. Liu, W. Perrie, S. Edwardson, M. Sharp, E. Fearon, G. Dearden, and K. Watkins, “*Fast parallel diffractive multi-beam femtosecond laser surface micro-structuring,*” Applied Surface Science 255, 6582–6588 (2009)

Fast parallel femtosecond laser surface micro-structuring is demonstrated using a spatial light modulator (SLM). The Gratings and Lenses algorithm, which is simple and computationally fast, is used to calculate computer generated holograms (CGHs) producing diffractive multiple beams for the parallel processing. The results show that the finite laser bandwidth can significantly alter the intensity distribution of diffracted beams at higher

angles resulting in elongated hole shapes. In addition, by synchronisation of applied CGHs and the scanning system, true 3D micro-structures are created on Ti6Al4V.

## 7. Quality Characteristics and Storage Properties of Rinse-Free Rice (Part 2)

### Quality Characteristics and Storage Properties of Rinse-Free Rice with High Milling Yield.

We processed conventional milled rice, rinse-free rice and rinse-free rice with the same milling yield as that of conventional milled rice (i.e., rinse-free rice with high milling yield) in a large-scale milling factory, and we investigated their quality characteristics. Quality characteristics of rinse-free rice were partly due to decreasing milling yield, and mainly due to cleaning the surfaces of conventional milled rice grains and removing remaining bran. And some of the quality characteristics of rinse-free rice were due to both of decreasing milling yield, and cleaning the surfaces of milled rice grains and removing remaining bran. Rinse-free rice with high milling yield had quality characteristics similar to those of rinse-free rice, such as high degree of whiteness and low turbidity of rinsed water. However, rinse-free treatment did not remove embryos, and this resulted in poor appearance of cooked rinse-free rice with high milling yield and poor eating quality.

## 8. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packages and subsequent air storage.

Earlier work showed that chlorophyll fluorescence changes of broccoli (*Brassica oleracea* L., Italica group) were associated with the accumulation of CO<sub>2</sub> in modified atmosphere packages (MAP) during storage. This work was initiated to determine whether the chlorophyll fluorescence changes in broccoli from high CO<sub>2</sub> MAP are persistent after the packages are opened and the broccoli is allowed to aerate. PD-961EZ bags, which allow the CO<sub>2</sub> to accumulate (~11 kPa CO<sub>2</sub>), were used in this study. During 28 days in MAP at 1°C, the broccoli gradually developed slight to moderate alcoholic off-odors and accumulated ethanol, acetaldehyde, and ethyl acetate in the tissues. These levels dissipated slightly on opening of the bags and holding the broccoli in 1°C air storage for 4 days. Chlorophyll fluorescence measurements (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>, T12, F<sub>md</sub>, and ΦPSII) declined for broccoli with the accumulation of these anaerobic products and the fluorescence measurements recovered slightly after the bags were opened and the broccoli was held in air at 1°C for 4 days. Chlorophyll fluorescence measurements were found to be highly correlated with the anaerobic volatile content in broccoli during MAP storage and after opening of the MAP. Chlorophyll fluorescence measurements were also highly correlated with the perceived off-odors that were noted for the broccoli after longer storage durations in MAP.

## 9. Anaerobic Production of Methanethiol and Other Compounds by *Brassica* Vegetables

Methanethiol (MT) is a volatile compound responsible for the unpleasant odor evolved when fresh broccoli (*Brassica oleracea* L., Italica group) is held under anaerobic conditions. Inductive atmospheres can develop in storage, transportation containers, or modified atmosphere packages, resulting in reduced quality. To determine if related vegetables are capable of producing MT, 12 different vegetables from the genus *Brassica* were cut into ready-to-eat forms. Fifty-gram samples were sealed in 500-mL glass jars and flushed with N<sub>2</sub>. After 24 h in the dark at 20 °C, headspace samples from the jars were analyzed for MT and other volatiles. Headspace concentration of MT was greatest in broccoli florets, followed by pak choi (*Brassica rapa* L., Chinensis group) leaf blades, savoy cabbage (*Brassica oleracea* L., Capitata group), broccoflower (*Brassica oleracea* L., Botrytis group), and green and red cabbage (*Brassica oleracea* L., Capitata group). Broccoli stems, kale (*Brassica oleracea* L., Acephala group), Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L., Gemmifera group), pak choi petioles, rutabaga (*Brassica napus* L., Napobrassica group) root, cauliflower (*Brassica oleracea* L., Botrytis group) florets, Chinese cabbage (*Brassica rapa* L., Pekinensis group), and kohlrabi (*Brassica oleracea* L., Gongylodes group) tubers produced <3% of the MT produced by broccoli florets. Green tissues appeared to have a greater capacity to produce MT than nongreen tissues. Anaerobic production of CO<sub>2</sub> and ethanol did not relate to the vegetable's ability to produce MT. The production of dimethyl disulfide (DMDS) and dimethyl trisulfide (DMTS) were also induced by the anaerobic conditions. Green cabbage produced the greatest concentration of DMDS, followed by savoy cabbage and broccoli florets. Production of DMTS was similar to the pattern observed for MT, but DMDS production was not highly correlated with MT production.

#### 10. Controlled Atmosphere and Subsequent Temperatures Air Storage of Broccoli Florets at Various.

The physiology and quality of 'Greenbelt' broccoli florets (*Brassica oleracea* L. Italica) were monitored during CA storage in 0.5% O<sub>2</sub> and 10% CO<sub>2</sub> at 0 and 5°C and in 1% O<sub>2</sub> and 10% CO<sub>2</sub> at 10°C and subsequent air storage at the same temperature. The CA reduced respiration, weight loss, and decay at all temperatures, yellowing and L-ascorbic acid loss at 5 and 10°C, and ethylene production and microbial growth at 10°C. Upon transfer of the florets to air following CA storage for 4, 3, and 1 weeks at 0, 5, and 10°C, respectively, respiration rate increased initially and then remained constant. Ethylene production continually increased. Decay, microbial count, odor, color, and L-ascorbic acid content remained essentially unchanged for a few days after the samples were transferred to air regardless of temperature.

#### 11. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*)

Chemical, sensory and microbiological evaluation of sardine (*Sardina pilchardus*), with emphasis on the quality and safety parameters in modified atmosphere packaging (MAP) and vacuum packaging (VP), were investigated. Quality assessment of sardines stored in MAP (60%CO<sub>2</sub>:40%N<sub>2</sub>) and VP for up to 15 days at 4 °C was done by the monitoring of sensory quality, total viable counts (TVC), nucleotide degradation products, histamine, trimethylamine (TMA) and total volatile base nitrogen (TVB-N). The observed shelf life of sardine was found to be 12 days in MAP, 9 days in VP and 3 days in air. Bacteria grew most quickly in sardine stored in air, followed by those in VP and the lowest counts were with MAP. The concentration of histamine increased and its level reached over 20 mg/100 g for fish stored in air, 13 mg/100 g for VP and 10 mg/100 g for MAP at 15 days. The highest concentration of TMA was obtained from sardine stored in air, followed by sardine stored in VP and the lowest in MAP. The formation of TVB-N increased with time of storage. When the TVC had reached 10<sup>6</sup> cfu/g, the TVB-N content was found to be approximately 15 mg/100 g muscle for all storage conditions.

## 제 7 장 참고문헌

- Agar, I.T., F. Bangerth, and J. Streif. 1995. Effect of high CO<sub>2</sub> and controlled atmosphere concentrations on the ascorbic acid, dehydroascorbic acid and total vitamin C content of berry fruits. *Acta Hort. (ISHS)* 398:93-100.
- Aguilar, C. A., Lu, Y., Mao, S., and Chen, S., "Direct micro-patterning of biodegradable polymers using ultraviolet and femtosecond lasers," *Biomaterials*, Vol. 26, pp. 7642-7649, 2005.
- Baek, J.P., H.J. Lee, I.L. Choi, H.J. Jung, J.S. Son, I.S. Kim, C.S. Jeong, and H.M. Kang. 2013. Effect of temperature and gas permeability of functional packing films on storability of fresh-cut *Salicornia herbacea* classified by size. *Protected Horticulture and Plant Factory* 22(2):175-181 (in Korean).
- Baudach, S., Bonse, J., and Kautek, W., "Ablation experiments on polyimide with femtosecond laser pulses," *Applied Physics A*, Vol. 69, pp. S395-S398, 1999.
- Beinhorn, F., Ihlemann, J., Luther, K., and Troe, J., "Plasma effects in picosecond-femtosecond UV laser ablation of polymers," *Applied Physics A*, Vol. 79, pp. 869-873, 2004.
- Blakistone, B.A. 1998. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. An aspen publication. New York, USA.
- Brody, A.L., H. Zhuang, and J.H. Han. 2011. Modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK. p. 144.
- Candir, E., A.E. Ozdemir, O. Kamiloglu, E.M. Soyulu, R. Dilbaz, and D. Ustun. 2012. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red Globe' table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 63:98-106.
- Chichkov, B. N., Momma, C., Nolte, S., von Alvensleben, F., and Tunnermann, A., "Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids," *Applied Physics A*, Vol. 63, pp. 109-115, 1996.
- Choi, I.L., J.P. Baek, and H.M. Kang. 2013. Identification of suitable film type and temperature for green and gold kiwifruit MA condition using non-perforated film. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences* 25(2):65-70 (in Korean).
- Choi, I.L., T.J. Yoo, I.S. Kim, Y.B. Lee, and H.M. Kang. 2011. Effect of non-perforated breathable films on the quality and shelf life of paprika during MA storage in simulated long distance export condition. *J. of Bio-Environment Cont.* 20:150-155.
- Choi, I.L., J.S. Son, Y.J. Kim, T.H. Kwon, and H.M. Kang. 2012. Effect of non-perforated breathable films on the shelf life and quality of ferulae mushroom (*Pleurotus ferulae*) during MA storage at different temperatures. *J. of Bio-Environment Cont.* 21:261-266.
- Choi I.L., S.M. Hong, M.J. Jeong, J.P. Baek, and H.M. Kang. 2014. Effect of non-perforated breathable films on the storability of 'Fuji' apples in modified atmosphere condition in the Different Storage Temperature. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 23:60-64

- Costa, C., A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci, and M.A. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering* 102:115-121.
- Islam, M.Z., Y.S. Kim, and H.M. Kang. 2011. Effect of breathable film for modified atmosphere packaging material on the quality and storability of tomato in long distance export condition. *Journal of Bio-Environment Control*. 20(3):221-226.
- Jeong, J.C., K.W. Park, and Y.J. Yang. 1990. The influence of packaging with high-density polyethylene (HDPE) film on the quality of leaf lettuce stored at low temperature. *J. Kor. Hort. Sci.* 31:219-225.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40:99-104.
- Kader, A.A. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd Ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA. p. 138.
- Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007. Effect of vitamin c treatments on the storability of baby vegetables in MA storage. *Journal of Bio-Environment Control*. 16(4):420-425 (in Korean).
- Kays, S.J. and E.R. Paull. 2004. *Postharvest Biology*. Exon Press, Athens, GA, USA. p. 327,376,453.
- Kim, H.S., J.Y. Jung, H.K. Kim, K.M. Ku, J.K. Suh, Y. Park, and Y.H. Kang. 2011. Influences of meteorological conditions of harvest time on water-soluble vitamin contents and quality attributes of oriental melon. *Journal of Bio-Environment Control*. 20(4):290-296 (in Korean).
- Korea Agricultural Trade Information (KATI). 2013. *The state of paprika industry in Korea*. Korea Agro-Fisheries Trade Corporation, Seoul, Korea.
- Kweon, H.J., M.J. Kim, J.W. Lee, C. Choi, T.M. Yoon, and I.K. Kang. 2012. Effects of aminoethoxyvinylglycine application and heat treatment on fruit quality of "Fuji" apples during CA storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(5):527-533 (in Korean).
- Li, T., M. Zhang, and S. Wang. 2006. Effects of modified atmosphere packaging with a silicon gum film as a window for gas exchange on *Agrocybe chaxingu* storage. *Postharvest Biology and Technology* 43:343-350.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAPQMS). 1996. *Grade standards for agricultural products*. 1011. MAF, Korea.
- Medina, M.S., J.A. Tudela, A. Marín, A. Allende, M.I. Gil. 2012. Short postharvest storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimally processed baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 67:1-9.
- Park, H.W., H.S. Cha, Y.H. Kim, S.A. Lee, and J.Y. Yoon. 2007. Change in the quality of "Fuji" apples by using functional MA (modified atmosphere) film. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(1):37-41 (in Korean).
- Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.*

9:40-46 (in Korean).

- Park, Y.M. 1996. Internal breakdown disorder of "Fuji" apples during CA storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 14(Suppl. I), p. 7-8.
- Park, Y.M., H.G. Park, and B.S. Lim. 2011. Analysis of postharvest 1-MCP treatment and CA storage effects on quality changes of "Fuji" Apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(3):224-231 (in Korean).
- Okoshi, M. and Inoue, N., "Laser ablation of polymers using 395 nm and 790 nm femtosecond lasers," *Applied Physics A*, Vol. 79, pp. 841-844, 2004.
- Siroli L., F. Patrignani, D.I. Serrazanetti, G. Tabanelli, C. Montanari, S. Tappi, P. Rocculi, F. Gardini, and R. Lanciotti. 2014. Efficacy of natural antimicrobials to prolong the shelf-life of minimally processed apples packaged in modified atmosphere. *Food Control* 46:403-411.
- Sohn, I.B., Y.C. Noh, S.C. Choi, D.K. Ko, J. Lee, and Y.J. Choi. 2008. Femtosecond laser ablation of polypropylene for breathable film. *Applied Surface Science* 254:4919 - 4924.
- Sohn, I. B., Noh, Y. C., Choi, S. C., Ko, D. K., Lee, J. M., and Choi, Y. J., "Ablation of polypropylene for breathable packaging films," *Journal of Korean Society of Laser Processing*, Vol. 9, No. 3, pp. 15-21, 2006.
- Vigneault, C., V. Orsat, B. Panneton, and G.S.V. Raghavan. 1992. Oxygen permeability and airtightness measuring method for breathing bags. *Can. Agric. Eng.* 34:183 - 187.
- Xua, Y.X., K.M. Kim, M.A. Hanna, and D. Nag. 2005. Chitosan - starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops and Products* 21:185-192.
- Yoo, J.G., D.H. Kim, J.W. Lee, D.G. Choi, J.S. Han, S.I. Kwon, H.J. Kweon, and I.K. Kang. 2013. Effect of preharvest sprayable 1-Methylcyclopropene (1-MCP) treatment on fruit quality attributes in cold stored "Gamhong" apples. *Protected Horticulture and Plant Factory* 22(3):279-283 (in Korean).
- Yoon, C.K., S.K. Kim, Y.H. Kim, S.C. Lim, and T. Yoon. 2001. Effects of P.E film thickness on storage of "Fuji" apple fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(Suppl. II), p. 71.
- J.N. Park, J. H. Kyoung, C. S. Jeong, "Optimum Gas Ratio and Packaging Films for Active MA Packaging of Cut Red Cabbage", *Journal of Agricultural, Life and Environmental science*, Vol. 24, No.1, pp.67-72 (2012)
- J.Kato, N.Takeyasu, Y.Adachi, H.B.Sun, S.Kawata, "Multiple-spot parallel processing for laser micronanofabrication", *Applied Physics Letter*, 86, 044102(2005)
- Z. Kuang, D. Liu, W. Perrie, S. Edwardson, M. Sharp, E. Fearon, G. Dearden, and K. Watkins, "Fast parallel diffractive multi-beam femtosecond laser surface micro-structuring," *Applied Surface Science* 255, 6582-6588 (2009).
- T. Sakai, N. Nedyalkov, and M. Obara, "Friction characteristics of submicrometre-structured surfaces fabricated by particle-assisted near-field enhancement with femtosecond laser," *Journal of Physics D: Applied Physics* 40, 7485-7491 (2007).

- Z. B. Wang, W. Guo, A. Pena, D. J. Whitehead, B. S. Luk'yanchuk, L. Li, Z. Liu, Y. Zhou, and M. H. Hong, "Laser micro/nano fabrication in glass with tunable-focus particle lens array," *Optics Express* 16, 19706–19711 (2008).
- T. Sakai, Y. Tanaka, Y. Nishizawa, M. Terakawa, and M. Obara, "Size parameter effect of dielectric small particle mediated nano-hole patterning on silicon wafer by femtosecond laser," *Applied Physics A* 99, 39–46 (2010).
- J. H. Lee, K. H. Yoon, K. H. Kim, "Laser Processing System Design of Ultrafast/High Precision/large Area", *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 29, No. 6, pp 640–647 (2012)
- J. J. J. Kaakkunen, M. Silvennoinen, K. Paivasaari, P. Vahimaa, "Water-assisted femtosecond laser pulse ablation of high aspect ratio holes," *Physics Procedia* 12, 89–93 (2011)
- Z. Kuang, W. Perrie, J. Leach, M. Sharp, S. P. Edwardson, M. Padgett, G. Dearden, K. G. Watkins, "High throughput diffractive multi-beam femtosecond laser processing using a spatial light modulator," *Applied Surface Science* 255, 2284–2289 (2008).
- Z. Kuang, W. Perrie, D. Liu, S. Edwardson, J. Cheng, G. Dearden, and K. Watkins, "Diffractive multi-beam surface micro-processing using 10 ps laser pulses," *Applied Surface Science* 255, 9040–9044 (2009).

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.