

GOVP1200102168

635,045
L2933

최 중
연구보고서

호흡생리 조절을 통한 선도연장 기술 개발
Technology for Shelf-life Extension
Through the Control of Respiration

연 구 기 관

주관연구기관 : 원 예 연 구 소
위탁연구기관 : 서 울 대 학 교
위탁연구기관 : 대구가톨릭대학교
위탁연구기관 : (주) 센 추 리

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “호흡생리 조절을 통한 선도 연장 기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000년 12 월 일

주관연구기관명 : 원예연구소

총괄연구책임자 : 이 종 석

연 구 원 : 목 일 진(원예연), 정 대 성(원예연)
조 현 준(원예연), 임 병 선(원예연)
홍 윤 표(원예연), 정 석 태(원예연)
최 선 태(원예연), 홍 성 식(원예연)
김 지 강(원예연), 박 서 준(원예연)

위탁연구책임자 : 최 성 진(대구가톨릭대학교)

위탁연구책임자 : 전 재 근(서울대학교)

위탁연구책임자 : 피 창 훈((주)센츄리)

요 약 문

I. 제목

호흡생리 조절을 통한 선도 연장 기술

II. 연구개발의 목적 및 중요성

국내 농산물은 현재 과잉 생산되고 있으며 저장 및 유통시설의 활용도가 낮고 운송기술이 부족하여 홍수 출하로 인한 가격 하락을 해결하지 못하고 있다. 또한 우리나라 원예산물 중 품질이 우수한 몇몇 수출 유망 품목조차도 저장유통 기술의 부족으로 국제 경쟁력을 갖지 못하고 있는 실정이다. UR협상과 WTO 체제 출범 이후 농산물 시장이 개방됨에 따라 선진 외국에 비하여 낙후된 원예산물 수확후 관리 기술에 대한 체계적인 연구가 요구되고 있다. 세계 농산물 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 고품질 농산물의 생산뿐 아니라 수확 후에 일어나는 상품성 저하를 최대한 억제하는 기술이 뒷받침되어야 한다. 국내에서는 그 동안 원예산물의 생산성 향상에 중점적인 연구를 한 결과 수확후 관리 기술은 상대적으로 초보단계에 머물러 있으며 대외 기술 의존도가 매우 높다.

최근 선진국에서는 호흡 생리 조절에 바탕을 둔 CA·MA 저장기술을 개발하여 원예산물의 품질유지 및 유통 출하를 조절하고 있으며 고품질의 원예산물을 수출하고 있다. CA 및 MA 저장은 산물 주변의 공기 조성을 산소 농도는 낮게 탄산가스 농도는 높게 조절함으로써 산물의 호흡을 억제시켜 신선도를 연장하는 기술이다. 특히 선진국에서는 이미 자국의 원예산물 품목 및 품종에 따른 호흡 특성을 구명한 후 그 작물에 가장 적절한 저장방법을 개발 적용하고 있다.

이와 같이 선진국에서는 이미 작물에 대한 호흡 생리연구가 활발히 진행되어 저장조건이 확립되어 있으나 이를 국내에 그대로 적용하는 것은 불가능하다. 우리나라 원예산물의 재배환경, 호흡 및 생리 특성이 외국의 그것과 다르기 때문이다. 따라서 국내 원예산물의 호흡특성을 구명하여 우리 농산물에 적용할 수 있는 호흡 생리 조절 기술을 개발해야 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 수확 후 원예산물의 호흡 특성을 구명하고 그것에 적합한 호흡 억제 방법을 개발하며, 이에 필요한 시설을 국산화하는 것을 목적으로 수행되었다. 연구개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 원예산물의 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

- 채소류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구
- 과실류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

2. 원예산물의 적정 CA 저장조건 구명 및 system 국산화 연구

- 채소류의 적정 CA 저장조건 구명
- 과실류의 적정 CA 저장조건 구명
- 환경조절 저장설비 system 국산화 연구
- 저비용 CA system 개발 및 실용화 연구

3. CA 저장후 선도유지 방법 연구

- 채소류 저장 후 선도유지 유통방법 연구
- 과실류 저장 후 선도유지 유통방법 연구

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발 결과

1) 원예산물의 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

(1) 채소류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

- 채소류의 호흡과 에틸렌 생성량은 온도가 높아질수록 증가하였다.

- 토마토 과실의 호흡량은 pink-stage까지는 증가하다가 그 후 초기 mature - green stage에서는 감소하였으며 mature-green stage 4일 후엔 호흡이 급등하였다.
- 저온저장 중 풋고추의 호흡은 수확 후 20일째까지는 감소하였으며 그 후 증가하였다.
- 마늘의 호흡은 저장 초기에는 높으며 저장기간이 지날수록 감소하였다. 상온 저장한 마늘의 경우 MH 처리한 마늘의 호흡이 처리하지 않은 마늘에 비해 높았으나, 저온에 저장할 경우 MH 처리한 마늘과 처리하지 않은 마늘 모두 호흡이 낮게 나타나 차이가 없었다.
- 양파의 수확시 호흡은 상당히 높으나 저장 5일내에 감소하였다.
- 0.3~3.5% 산소 농도가 오이의 호흡을 낮추는데 효과적이었다. 0.3% 산소에서는 생리장해가 나타나며 이산화탄소 농도가 20% 이상이 되면 흰 반점이 나타났으며 곰팡이는 억제되었다.
- 딸기의 호흡을 낮추는 가장 효과적인 산소 농도는 1~3%이다. 빠른 예냉과 유통중 선도 유지를 위해서는 본 실험에서 고안된 개공을 8% 예냉용 상자가 상용 상자보다 우수하였다.
- 60~100% 이산화탄소 가스 처리에 의해 딸기의 경도가 증가하였다.

(2) 과실류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

- 배 과실은 저온저장 초기에 호흡이 높다가 저장이 진행됨에 따라 감소하였다.
- ‘장십랑’ 배는 상온에서 전형적인 급등형 호흡 양상을 나타내었다.
- ‘신고’ 배의 호흡과 에틸렌 생성량은 ‘행수’ 및 ‘장십랑’에 비해 낮았으며 전형적인 비급등형 과실의 특징을 보였다.
- ‘황금배’의 에틸렌 생성량은 매우 낮았다.
- 포도과실의 호흡은 저온에 의해 감소되며 숙기에 따른 변화는 없었다. 에틸렌 생성량은 미숙과가 숙과에 비해 조금 높았으며 저장기간 동안 급격히 감소하여 저장 6일 후엔 생성량을 탐색할 수 없었다.
- 사과과실은 ‘홍로’는 저장 60일 까지 ‘후지’는 40일까지 증가하다가 그 후 감소하였다. CA 저장에 의해 사과과실의 에틸렌 생성은 현격히 감소되었다.
- PE 밀봉에 에틸렌 제거제를 처리한 과실의 경우 에틸렌 제거제를 처리하지 않은 과실에 비해 호흡이 증가하였다.
- 0.05mm PE 필름으로 밀봉할 경우 ‘후지’ 사과의 내부갈변이 심하였다.
- 종이 봉지로 포장한 배과실은 과심 갈변이 심하였고 PE 필름으로 포장한 경우, 과심갈변이 감소하였다.

2) 원예산물의 적정 CA 조건 구명 및 system 국산화 연구

(1) 저비용 CA system 개발 및 실용화 연구

- 혼합 가스를 연속적으로 생산하여 저장고에 공급하는 간단한 CA 장치에 의해 형성된 저산소 CA 조건에서 후지 사과 과실을 저장하는 실험을 통하여 이러한 장치의 실용 적 CA 저장 시스템으로의 활용 가능성을 조사하는 한편 호흡량과 에틸렌 생성량을 측정하였다.
- 1, 3% 및 20.8%의 O₂ 농도 조건에서 저장 기간 중 후지 과실의 평균 호흡량은 0.61, 0.76, 1.31ml CO₂/kg/h로 산출되었으며, 기존의 CA 조성 방식과는 달리 가스 분석 및 자동 기기 제어 장비의 도움 없이 CA 구성 가스의 유속 조절만으로 CA 조건의 조성 및 장기간 유지가 가능한 것으로 확인되어 이러한 장치는 저비용의 새로운 CA system으로 활용이 가능함을 실증하였다.

(2) 환경조절 저장설비 국산화 연구

- 현재 국내에 보급, 설치된 CA 저장 system의 장치 및 운영을 살펴본 결과, 저장고의 기밀성과 구조적 복잡함이 가장 큰 문제로 분석되었고, 저장고의 형태로 인한 저장물의 관리 및 운용이 불합리함이 판명되었다. 이 문제를 개선하기 위하여 액침 기체차단 저장고 회전 system을 개발, 제작하였다.
- 액침 기체차단 저장고 회전 system은 크게 상부 구조물, 원통 회전부, 하부 구조물로 나누어 각각을 설계하였는데, 원통 회전부가 상, 하 기체차단 duct의 유체에 잠기게하여 밀폐성을 확보함과 동시에 제작상의 용이함과 구조의 단순함을 얻고자 하였다.
- 각 구조물들을 설계에 따라 제작하였고 이들은 설계기준과 대부분 일치하였다. 원통 회전부의 경우 단열성과 예측된 무게에 대한 비중에 따라 부력을 얻을 수 있었다. 원통벽 상부에는 상부 기체차단 duct를 장착하고 있고, 상부 기체차단 duct내의 유체의 높이를 조절할 수 있는 시스템을 부착하였다.
- 저장고 문은 기존의 문과 비교해서 훨씬 높은 기밀성을 얻을 수 있었다. 한편 동절기에 우려되었던 상, 하부 기체차단 duct내의 유체의 동파는 염을 첨가함으로써 성공적으로 방지할 수 있었다.
- 제작된 CA 저장 system의 열 손실을 살펴본 결과, 하절기에는 약 3000W의 냉각능력을 가진 냉각기가 필요함을 확인하였다. Controller를 이용하여 저장고의 온도 제어 능력을 살펴본 결과 설정 온도값에 대하여 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 안으로 제어할 수 있음을 확인하였다.
- 습도조절 system을 이용하여 저장고 내부의 습도 변화를 살펴본 결과, 원통

벽의 회전각에 따른 유체의 노출 면적의 변화가 습도 변화에 영향을 미침을 확인하였다.

3) CA 저장후 선도 유지 방법 연구

(1) 채소류 저장 후 선도유지 유통방법 연구

- 마늘은 수확후 상온저장에서 저장 60일후 호흡의 상승으로 휴면타파 시기를 예측할 수 있었다. 저장기간중 CA 및 MA저장은 호흡, 중량감소 및 맹아율을 효과적으로 억제시킬 수 있었으며, 또한 경도유지 및 부패방지에도 효과적이었다. 저장후 상온유통중에도 CA 및 MA저장했던 마늘이 상온 및 저온 저장했던 마늘에 비해 호흡의 상승시기 및 맹아율이 지연되는 결과를 나타냈고, 중량 및 경도변화가 적었다.
- 녹변현상은 저온저장했던 마늘에서만 파쇄할 경우 나타나며 상온 및 CA저장했던 마늘에서는 발생하지 않았다. 저장 후 파쇄하기 전에 30℃에서 7일, 35℃에서 3일, 40℃에서 1일 동안 두면 녹변이 발생하지 않았다.
- 저장중 enzymatic pyruvic acid함량은 상온 및 저온저장에서 저장 90일까지 증가하였으나 CA 및 MA저장에서는 오히려 감소하였다.
- 저장 후 유통할 경우 enzymatic pyruvic acid 함량이 감소하였으나 CA 및 MA 저장한 마늘에서는 증가하였다.
- 대서(난지형)마늘은 저온저장후 상온에서 맹아가 급격히 신장하므로 통마늘 상태로 유통이 불가능하였으며, 마늘을 저장후 박피하여 0.05mm PE필름에 밀봉하여 깎마늘 상태로 저온(3±0.5℃)에 유통시키는 방법이 가장 효과적이었다
- 재래마늘(한지형)은 난지형 마늘보다는 저장후 1주일정도 통마늘 상태로 유통이 가능하며, 저장후 유통전처리로서 40℃에서 1일간 예건처리하면 4-5주 까지 유통이 가능하였다.
- 한지형 마늘 또한 저장후 박피하여 0.05mm PE필름에 밀봉하여 깎마늘 상태로 저온(3±0.5℃)에 유통시키는 방법이 품질변화가 적어 유통기간을 연장시킬 수 있었다.

(2) 과실류 저장 후 선도유지 유통방법 연구

- 사과(쓰가루), 배(행수), 포도(캠벨)의 CA저장한 과실은 저온저장한 과실보다 대체적으로 품질이 양호하였다. CA 및 저온저장후 상온유통중에는 CA 저

장한 과실이 저온 저장한 과실보다 품질유지에 효과적이었다. CA저장한 과실은 상온유통보다는 저온유통에서 품질유지에 매우 효과적이었다.

- 사과(후지) 과실의 CA 저장후 Wrap 및 wax 처리후 유통은 상온 및 저온 유통에 관계없이 중량감소를 줄이는 데 효과적이었다. CA저장후 품질유지에는 Wrap 및 wax 처리간 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으며 저온유통에 의한 품질유지가 더욱 우선하였다.
- 과실의 CA저장후 유통 방법은 우선 건조에 의한 피해를 최소화함과 동시에 저온 유통 시스템에 의한 유통이 우선되어야 할 것으로 생각된다

2. 연차별 활용 계획

1) 특허출원

○ 원예산물의 저비용, 간이 CA system 개발

저장산물의 호흡 및 에틸렌 생성량 등 선행 자료를 DB化 한 후 (주)센추리 등 국내 CA 저장산업 선발업체 및 창의적인 중소기업과 연계하여 기존의 저온저장 시설에 간이 CA저장이 가능하도록 완성형 상품을 보급한다.

○ 원예산물의 CA저장을 위한 가스 자동분석 장치 개발

원예산물의 CA저장 기술은 오래 전부터 소개되어 왔으나 경제, 기술적 문제로 인하여 실용화에 많은 어려움이 있다. CA 저장 설비의 핵심부분인 가스 자동 분석장치 및 제어시스템을 국산화함으로써 초기 CA 저장 시설 투자비를 낮출 수 있으며 A/S, 시스템의 Upgrade, 및 사용상의 편리성을 제공할 수 있다.

2) 기술이전

○ 원예산물 일괄 유통 체계화에 CA 및 MA 저장 기술 보급(2001. 2)

각 원예산물에 적합한 호흡 생리 조절 기술을 시책 및 영농활용 자료로 제시하고 본 실험에서 개발된 CA 국산화 장비는 저렴한 가격에 편리하게 공급하며 간이 저장 설비를 소규모 농가에서도 활용할 수 있도록 한다.

SUMMARY

I. Title

Technology for Shelf-Life extension through the control of respiration

II. Objective and Importance of Research

The problem of low price at the oversupply of horticultural crops has not been solved, because of the overproduction and lack of utilization and practical technique of storage and circulation system. Several crops grown in Korea with even good quality don't have international competitiveness due to poor handling infrastructure after harvest. Since the market of agricultural product was opened by UR and WTO, research on postharvest technology of horticultural crops has been required. Technique for maintenance of marketability after harvest as well as producing high quality products is needed to get the competitiveness in the international market of agricultural crops. We are behind advanced country in the postharvest technology, as our research has focused on how to increase productivity.

Maintaining the quality of crops, supply control, and export high quality crops can be done by CA and MA storage system developed in the advanced countries recently. CA and MA are storage system in which atmosphere around the crops is controlled to low oxygen and high carbon dioxide, consequently respiration of crops is reduced and shelf-life is extended. Especially, the advanced countries already finished the work about characteristics of respiration in their crops or species, and then has been developing and applying the most proper storage system proper to each crops. The system, however, cannot be applied to our situation, because the growing condition, characteristic of surface, respiration pattern, and physiology of our crops are different from theirs. Therefore, development of proper technology to control the respiration of our crops is required

III. The Contents and Scopes of Research

This research was conducted to investigate the characteristics of respiration of crops grown in Korea, develop the proper technology to control the respiration, and localize of instrument needed to store and circulate the crops.

1. Respiration characteristics and its control of horticultural crops

- Respiration Characteristics and its Control of vegetables
- Respiration Characteristics and its Control of fruits

2. Investigation of the proper CA condition and localization of CA system

- Investigation of the proper CA condition of vegetables
- Investigation of the proper CA condition of fruits
- Localization of CA system
- Development and commercialization of economic CA system

3. Quality maintenance of horticultural products after CA storage

- Quality maintenance of vegetables after Storage
- Quality maintenance of fruit after Storage

IV. Result and Recommendations for Application

1. Results

1) Respiration characteristics and its control of horticultural crops

(1) Respiration characteristics and its control of vegetables

- Respiration and ethylene production of vegetables increased as storage temperature enhanced.
- Respiration of tomato fruit increased until pink stage and then

decreased. After 4 days of mature-green stage, respiration showed climacteric rise.

- Respiration of green pepper stored at low temperature decreased for 10 days after harvest and then increased.
- Respiration of garlic was high in the initial period of storage and then decreased as storage prolonged. In the room temperature, respiration of garlic treated with MH was higher than that of non-treated. In low temperature, however, MH treatment did not affect on the respiration rate.
- Respiration of onion was high at the time of harvest, but decreased by a half within 5 days of storage.
- Atmosphere of 0.3~3.5% O₂ was the most effective condition for cucumber to reduce the respiration. Physiological disorder was appeared in the low-oxygen condition, 0.3% O₂. When carbon dioxide concentration enhanced above 20%, white spot and but fungus prevented.
- The proper oxygen concentration to reduce the respiration of strawberry was 1~3%. For the rapid precooling and quality control during marketing, improved box with perforation ratio of 8% was better than the boxes which is without any perforation ratio and used currently in the field
- The hardness of strawberry was increased by treatment with 60~100% CO₂ gas after harvest.

(2) **Respiration characteristics and its control of fruits**

- Pear fruit showed a high respiration rate at the early stage and then declined during low temperature storage.
- A typical climacteric pattern was observed in mature 'Chojuro' pears stored at ambient temperature.
- Respiration rate and ethylene production in 'Niitaka' pears were lower than those of 'Kosui' and 'Chojuro', and showed the typical non-climacteric pattern. 'Whanggumbae' showed very low ethylene production.
- Production of ethylene of 'Whangkeumbae' was very low.
- Respiration of grape was reduced by low temperature and was not effected by maturation. Ethylene production was a little higher in immature fruit than mature one, and decreased rapidly during storage and was not detected after 6 days of storage.

- Ethylene production of apple fruits increased until 60 and 40 days of storage and then decreased in 'Hongro' and 'Fuji' cultivar respectively. CA condition could reduce the ethylene production effectively.
- Fruits with PE film and ethylene absorber showed higher respiration rate than those with PE film.
- Packaging with 0.05mm PE film increased internal browning of 'Fuji' apple fruit.
- Core browning of pear fruit was severe when fruit was wrapped with the paper bag, and reduced with PE film packaging.

2) Investigation of the proper CA condition and localization of CA system

(1) Localization of CA system

To improve gas-leak problem of the conventional CA storage facilities, a cylindrical rotating wall CA system was developed on the basis of a hydraulic lock mechanism. The cylindrical wall was designed to offer thermal insulation, structural rigidity and light weight, and it was constructed with tin plates insulated by urethane injection. The gas-tight CA door was made of aluminium wheel, wood board, EPS(extend polystyrene) insulator and rubber tube. The CA roof was designed to have a circular skirt of radius 2.05m, which would be coupled to block gas-leakage in the submerged state. The bottom duct where the rotating CA wall would be soaked was designed to have enough liquid depth to float CA wall. The floor which was made of a circular wood plate, was installed with a 10cm height above basement. The CA storage system was assembled by launching the rotating wall in the liquid-filled bottom duct and covering the roof. The gas tightness was achieved when the floated height of the wall was reached up to the height for the liquid in upper duct contacting the skirt of CA roof. The equivalent liquid height at bottom duct was maintained to be 60cm. The position of door could be changed in the range of 360° , and this made it possible for the operator to access flexibly to food commodities. Since the relative humidity is closely related to exposed area of water in the bottom duct, humidity control in the CA room was accomplished by variation of the exposed area by rotating CA wall.

(2) Development and commercialization of economic CA system

Fuji apple fruits were stored in low oxygen CA conditions using a simple apparatus which produces N₂ gas containing a fixed O₂ concentration and supplies the gas continuously into storage chamber. This simple CA apparatus, in which the gas concentration can be controlled easily by adjusting constituent gas flow rate, was operated successively for a long storage period without aid of additional gas analyser or other expensive automatic control units, so that it was suggested that this system could be applied as a new practical low-cost CA storage system.

3) Quality maintenance of horticultural products after CA storage

(1) Quality maintenance of vegetables after storage

- The garlic respiration increased after 2 months at room temperature storage, when seem to be dormancy break time. During storage of garlic by CA, MA condition, sprouting and weight loss were prevented effectively by suppress of respiration, and hardness was maintained higher then those of the others. When marketed at room and low temperature after storage, increment of respiration and sprouting were delayed, and changes of weight and hardness were low in garlics stored at CA and MA.
- Greening was the unique symptom observed in crushed garlic from bulbs stored in low temperature. Heat treatment before crushing for 7 days at 30°C, 3 days at 35°C, and 1 days at 40°C were effective on prevention greening.
- Content of enzymatic pyruvic acid increased by room and low temperature storage but decreased by CA and MA storage.
- When garlic marketed after storage, content of enzymatic pyruvic acid decreased, but increased in garlics CA or MA stored.
- Circulation of 'Daeser' garlic (sub-tropical type) stored at low temperature as a bulb was impossible due to a rapid growth of sprout.
- 'Seosan garlic (traditional type for cool area) stored at low temperature could be circulated as a bulb about for 1 week. When the garlic was pre-dried after storage, circulation was possible for 4-5 weeks.
- Garlics stored at low temperature must be peeled and packaged for circulation.

(2) Quality maintenance of vegetables after storage

- The overall quality of CA stored apple(Thugaru), pear(Kosui), and grape (cambell early) was better than that of low temperature stored fruits. The quality maintenance of CA stored fruits followed by low temperature marketing was better than that of post CA room temperature marketing.
- In both wrapping and waxing of apple after CA storage was effective in reducing weight loss.
- Post CA marketing of fruits should include the minimization of loss in moisture loss, thus low temperature marketing could be recommended.

2. Recommendation

1) A patent application

- **Development of low-cost and simple CA storage system of horticultural crops**
 - : Through the co-work with medium and small-sized enterprises, conventional low temperature storage facilities could be equipped with the simple CA system based on the results of this work on the physiology of horticultural crops.
- **Development of automatic gas analysis system for CA storage of horticultural crops**
 - : Although CA storage system has been introduced for long period, practical usage is not easy because of economic and technical barriers. Through the localization of automatic gas analysis and control system, the cost for equipment of CA system could be lowered, and A/S and system upgrade might become much easier.

2) Technology transfer

- **Application of CA and MA storage system into circulation system of horticultural crops (2001. 2)**
 - : The result of this work about the respiration of horticultural crops could be proposed to be applied to the field and the agricultural policy. Localized CA system developed in this work might be supplied at the low price and the simple storage device could be used conveniently in the small farms.

Contents

Chapter 1. Introduction

Section 1. Background of study

Section 2. The objective of study

Section 3. Justification in terms of technological point of view

Section 4. Justification in terms of economic and industrial
point of view

Section 5. Justification in terms of social and cultural point of
view

Chapter 2. Respiration Characteristics and its Control of Horticultural Crops

Section 1. Respiration characteristics and its control of vegetables

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Characteristics of quality and respiration of vegetables during storage at different stage of maturity
2. The extension of freshness by precooling and respiration properties of strawberry

Summary

References

Section 2. Respiration characteristics and its control of fruits

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Characteristics of respiration of fruits
2. Characteristics of quality and respiration at different condition of CA gas composition
3. Characteristics of storage of fruits by MA storage

Summary

References

Chapter 3. Investigation of the Proper CA Condition and Localization of CA System

Section 1. Investigation of the proper CA storage condition of vegetables

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Proper CA storage condition of strawberry 'Hokowase'
2. Proper CA storage condition of strawberry 'Noyho'
3. Proper CA storage condition of onion 'Changnyoungdaeko'
4. Proper CA storage condition of peeled onion 'Opi'
5. Proper CA storage condition of garlic 'Seosan'
6. Proper CA storage condition of cherry tomato 'Koko'

Summary

References

Section 2. Investigation of the proper CA storage condition of fruits

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Proper CA storage condition at different stages of maturity and regions for 'Thugaru' apple

2. Proper CA storage condition at different stages of maturity and regions for 'Fuji' Apple
3. Proper CA storage condition according to Pretreatment of 'Fuji' apple storage
4. Proper CA storage condition of 'Kosui' pear
5. Proper CA storage condition of 'Gamcheonbae' pear
6. Proper CA storage condition of 'Cambell Early' grape
7. Proper CA storage condition of 'hayward' kiwi

Summary

References

Section 3. Localization of CA system I

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Analysis of technologies for CA storage in Korea
2. Summary of gas tight rotating wall system by hydraulic lock mechanism for CA storage
3. Structure of gas tight rotating wall system by hydraulic lock mechanism for CA storage
4. Designing and installation of CA storage facilities
5. Detection and control of condition in CA storage

Summary

References

Section 4. Localization of CA system II

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Framing of control of environmental storage facilities
2. Construction of gas auto analysis facilities

- 3 Development of program for gas auto analysis facilities
4. Equipment of CA system
5. Problem and resolution of CA system operation

Summary

References

Section 5. Development and commercialization of economic CA system

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Studies on development of CA storage system
2. Studies on utilization of low-cost CA system

Summary

References

Chapter 4 Quality Maintenance after CA Storage

Section 1. Quality maintenance of vegetables after storage

Introduction

Material and Method

Results and Discussion

1. Physiological characteristics of garlic at different condition of marketing after storage and during storage
2. Biochemical characteristics of garlic at different condition of marketing after storage and during storage
3. Marketing method of garlic after storage at different cultivars and storages
4. Development of method for preventing greening of crushed garlic after low-temperature storage
5. Changes in quality at different marketing temperature after

onion storage

Summary

References

Section 2. Quality maintenance of vegetables after storage

Introduction

Materials and Methods

Results and Discussion

1. Quality changes during marketing after storage and low-temperature and CA storage of fruits.
2. Quality changes during room and low-temperature marketing after CA storage of 'Fuji' Apple.

Summary

References

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경	23
제 2 절 연구 개발의 목적과 범위	28
제 3 절 기술적인 측면에서의 연구개발 필요성	30
제 4 절 경제·산업적 측면에서의 필요성	31
제 5 절 사회·문화적 측면에서의 필요성	31

제 2 장 원예산물의 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구

제 1 절 채소류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구	32
서 설	32
재료 및 방법	32
결과 및 고찰	35
1. 채소류의 속도에 따른 저장중 호흡생리 및 품질 특성	35
2. 딸기 수확후 호흡생리 특성 및 예냉에 의한 선도 연장	49
요 약	55
인용문헌	56
제 2 절 과실류 호흡생리 특성 및 조절 방법 연구	58
서 설	58
재료 및 방법	58
결과 및 고찰	59
1. 과실류 호흡생리 특성 조사	59
2. 환경 기체 조성에 따른 호흡생리 및 품질 특성	64
3. MA 기법에 따른 과실의 저장 특성	67
요 약	74
인용문헌	76

제 3 장 원예산물의 적정 CA 조건 구명 및 system 국산화

제 1 절	채소류의 적정 CA 저장 조건 구명	78
서 설		78
재료 및 방법		78
결과 및 고찰		79
1.	딸기 ‘보교조생’ 적정 CA 저장 조건 설정	79
2.	딸기 ‘여봉’의 적정 CA 저장 조건 설정	81
3.	양파 ‘창녕대고’ 적정 CA 저장 조건 설정	84
4.	박피 양파 ‘오피’의 적정 CA 저장 조건 설정	86
5.	마늘 ‘서산마늘’의 적정 CA 저장 조건 설정	91
6.	방울 토마토 ‘꼬꼬’의 적정 CA 저장 조건 설정	93
요 약		99
인용문헌		100
제 2 절	과실류의 적정 CA 저장 조건 구명	101
서 설		101
재료 및 방법		101
결과 및 고찰		102
1.	사과 ‘쓰가루’ 속도 지역별 CA 저장 조건 구명	102
2.	사과 ‘후지’ 속도 지역별 CA 저장 조건 구명	102
3.	사과 ‘후지’ 저장 전처리를 이용한 CA 조건 구명	108
4.	배 ‘행수’ CA 저장 조건 설정	111
5.	배 ‘감천’ CA 저장 조건 설정	111
6.	포도 ‘캠벨얼리’ CA 저장 조건 설정	113
7.	참다래 ‘헤이워드’ CA 저장 조건 설정	113
요 약		114
인용문헌		115
제 3 절	환경조절 저장설비 system 국산화 연구 I	116
서 설		116

재료 및 방법	117
결과 및 고찰	120
1. 국내 CA 저장 기술의 분석	120
2. CA 저장용 액침기체차단방식의 저장고 회전 system의 개요	121
3. CA 저장용 액침기체차단방식의 저장고 회전 system의 기본구조 ...	123
4. CA 장치 구조물의 설계와 제작	124
5. CA 저장의 환경 변수 계측과 제어	139
요 약	144
인용문헌	145
제 4 절 환경조절 저장설비 system 국산화 연구 II	147
서 설	147
재료 및 방법	147
결과 및 고찰	148
1. 환경 조절 저장 설비 기본 구조도 작성	148
2. 가스 자동 분석 장치의 구성	149
3. 가스 자동 분석 장치 프로그램 개발	152
4. CA system 구성 장비	155
5. CA system 운영시 문제점 및 보완 사항	156
요 약	158
인용문헌	158
제 5 절 저비용 CA system 개발 및 실용화 연구	160
서 설	160
재료 및 방법	161
결과 및 고찰	162
1. 저장용 CA system의 개발을 위한 연구	162
2. 저비용 CA system의 실용화를 위한 연구	166
요 약	172
인용문헌	172

제 4 장 CA 저장후 선도유지 유통방법 연구

제 1 절	채소류 저장 후 선도유지 유통방법 연구	174
서 설	.....	174
재료 및 방법	.....	175
결과 및 고찰	.....	179
1.	저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생리적 특성 구명	179
2.	저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생화학적 특성 구명	186
3.	마늘의 품종 및 저장 방법별 품질 특성과 저장후 마늘의 유통방법 구명	195
4.	마늘의 저온 저장후 파쇄마늘 제조시 발생하는 녹변 방지 방법 개발	204
5.	양파의 저장후 유통온도에 따른 품질 변화	207
요 약	.....	209
인용문헌	.....	212
제 2 절	과실류 저장 후 선도유지 유통방법 연구	213
서 설	.....	213
재료 및 방법	.....	213
결과 및 고찰	.....	215
1.	과실류 CA 및 저온 저장중 품질 변화 와 저장후 유통 중 품질변화	215
2.	사과 '후지' 품종의 CA 저장후 상온 및 저온 유통 중 품질변화	227
요 약	.....	231
인용문헌	.....	232

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경

원예산물의 호흡 특성을 조사함으로써 상태 및 저장 가능 기간을 예측할 수 있으며 저장고의 산소 소모량도 유추할 수 있어 수확 후 저장기간 동안 호흡을 측정할 수 있다. 이론적으로는 호흡에 관련된 모든 기질 및 생성물의 변화로 호흡을 측정할 수 있으나 산소 소모량과 이산화탄소가 측정하기 용이하여 호흡을 측정하는데 이용되고 있다. 호흡은 식물의 성장단계와 밀접한 관계가 있다. 즉, 상대적으로 대사가 활발하게 일어나는 어린 세포들이 높은 호흡률을 보이며 노화된 조직일수록 호흡률이 낮다. 과실은 조직의 발달 후기 단계의 호흡 양상에 호흡 급등형(climacteric)과실과 비급등형(non-climacteric)과실로 분류된다. 급등형 과실의 경우 성숙기간 동안 호흡이 급격히 증가한 후 다시 감소하는 경향을 나타내며 비급등형 과실은 이러한 급등 현상 없이 성숙기간 동안 낮은 경향을 유지한다. 호흡 급등현상은 1908년 사과와 배에서 관찰된 이래 품질에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 과실이 성장하여 성숙단계에 이르면 후반기에 호흡이 급등하기 전에 감소하여 최소치를 보이는데 이 시기가 숙성 초기단계이며 호흡급등현상의 초기 현상이다. 그 후 호흡률이 급증하여 급등 최저치의 2~4배가 되면 숙성이 끝나는 동시에 노화가 시작된다. 호흡 급등시에 품질의 하락이 급격히 일어나므로 신선도 유지를 위해 이 시기를 늦추는 것이 중요하다. 호흡급등은 저온, 저(低)산소, 고(高)이산화탄소 등에 의해 억제될 수 있으며 저장환경 내에 에틸렌 가스가 존재할 경우엔 호흡급등이 촉진된다. 호흡급등 현상이 시작되면 제어가 어려우므로 그 전에 이러한 조치들이 이루어져야 한다.

호흡작용에 의해 산소 농도가 감소하므로 이를 이용하여 산물의 저장기간을 연장시키는데 이용할 수 있으나 심하면 혐기(嫌忌)적 환경이 이루어져 산물이 부패될 수 있으며, 호흡시 발생하는 이산화탄소는 호흡을 억제하나 이 또한 과다 누적될 경우 장애를 일으킬 수 있으므로 적절한 환기 및 흡착제 등을 이용하여 안전한 농도를 유지시키는 것이 필요하다. 호흡시 발생하는 에너지는 대부분 호흡열로 방출되어 산물 주위의 온도를 상승시키므로 저장고의 규모와 냉각속도를 결정하는데 고려되어야 할 중요한 사항이다.

온도가 상승할수록 식물체의 대사율이 증가하는데 호흡도 예외가 아니다. 대부분의 농산물의 경우 온도가 10℃가 증가할수록 호흡률은 2.0~2.5배 증가한다. 그러므로 수확시의 품질을 그대로 유지하고자 한다면 온도를 낮추어 산물의 대사를 억제시켜야 한다. 저장고 내부의 가스 조성을 조절하여 산물의 호흡 및 대사를 효과적으로 조절할 수 있다. 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌이 호흡에 영향을 미치는 중요한 가스들이며 이외에 일반적으로 오염물질로 여겨지는 이산화황, 오존, 프로필렌 등 누적되면 심각한 장애를

가져 올 수 있다. 생장 단계에 있는 식물체는 외기 환경과 접하고 있으므로 가스 교환이 쉽게 지속적으로 이루어지나 수확 후에는 좁은 장소에 촘촘히 보관되므로 공기 흐름이 억제된다. 결과적으로 농산물 조직 자체의 가스 교환이 억제되어 수확 당시와는 다른 가스 조성이 이루어져 대사작용에 영향을 끼친다. 산소 농도와 수확 후 농산물의 호흡은 매우 밀접한 관계를 갖고 있다. 산소 농도가 낮을수록 호흡은 감소되는데 보통 산소 농도 10% 이하가 되어야 호흡 감소 효과가 나타난다. 그러나 한계농도 이하에서는 혐기성 호흡이 일어나는데 온도가 높을수록 식물체 조직이 산소 분자를 더 쉽게 소모할 수 있기 때문에 한계 농도가 높아지므로 고온일수록 산소 농도를 지나치게 낮게 조절해서는 안 된다. 저온저장시 대부분의 농산물의 적절한 산소 농도는 1~3% 범위가 적당하나 고구마의 경우 5~7% 산소 농도에서도 혐기 호흡을 일으킬 수 있으므로 작물의 종류마다 철저한 검증이 요구된다. 이산화탄소 농도를 증가시켜 호흡을 감소시킬 수 있으며 저장 양분이 많은 작물의 경우 증가한 이산화탄소의 영향으로 호흡이 감소되나 저장 양분이 고갈된 경우 호흡은 더 이상 감소하지 않는다. 모든 조직이 이산화탄소 농도가 증가하면 호흡이 감소하는 건 아니다. 예를 들어 감자, 양파, 튜올립 등의 경우 30~70% 이산화탄소 농도에서 최고 200%의 호흡 증가를 나타냈으며 당근의 경우 이산화탄소 농도를 증가시켜도 호흡은 변화하지 않았다. 농산물의 대부분은 에틸렌 농도가 증가하면 호흡이 증가한다. 화훼작물의 경우 에틸렌이 호흡에 직접적으로 영향을 주는 것이 아니라 에틸렌이 노화과정을 촉진시켜 간접적으로 호흡이 증가하는 것으로 추측되고 있다.

원예산물은 물리적 상처를 입거나 미생물의 침입에 의해 상처를 입을 경우, 호흡이 급증한다. 물리적 상처를 입을 경우 식물체는 치유를 위해 리그닌, 슈베린, 켈러스 등을 형성하는데 이러한 치유층 생합성에 필요한 에너지를 호흡을 통해 얻기 때문이다. 미생물 침입에 의한 호흡 증가는 세포들의 방어작용과 관련이 깊다. 감염된 세포를 빠르게 고사시켜 손상된 세포를 줄이거나 phytoalexin과 같은 2차 대사 산물을 형성하여 더 이상의 침입을 방지하는 등의 방어 작용도 치유층 형성과 마찬가지로 호흡 에너지와 호흡 생성물을 필요로 하는 과정이므로 호흡이 증가하는 것이다. 또한 부피에 대한 표면적 비율이 높을수록 가스 교환이 용이하여 호흡이 증가한다. 같은 공간에 작은 과실을 많이 넣은 경우가 큰 과실을 적게 넣은 것에 비해 부피 변화는 없이 가스 교환이 일어나는 표면적이 크며, 농산물의 표면이 매끄럽지 않고 울퉁불퉁할 경우 표면적이 커지므로 호흡이 증가하게 된다.

수확 전 재배 환경에 따라 호흡이 달라지기도 하는데 사과와 감의 경우 재배시 칼슘의 시비량이 증가하면 수확 후 호흡이 감소하며 질소 시비가 과다할 경우 호흡이 증가한다고 한다. 수확 전 부주의한 취급, 과수원의 기후 등도 수확 후 호흡에 영향을 미친다.

식물체에 생장 조절제의 영향이 두드러지므로 이 성분들의 수확 후 영향에 따른 변화와 역할에 대한 관심이 높다. 그러나 불행하게도 오옥신, 지베렐린, 사이토키닌, abscisic acid(ABA)들은 상대적으로 측정기술이 발달하지 않아 이들의 수확 후 영향에

대한 명확한 구멍이 이루어지지 않은 상태이다. 이들과는 달리 에틸렌의 경우 가스 형태로 존재하므로 측정이 쉽고 측정할 수 있는 기기들이 개발되어 아주 낮은 농도도 측정 가능하고 과실의 숙성과 노화에 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨져 이에 관한 연구가 활발히 이루어졌다. 에틸렌의 극명한 농도 변화는 우선 화훼의 노화 과정 중 관찰된다. 카네이션의 경우 수분 과정과 노화 과정에서 에틸렌의 급증이 일어나며 에틸렌을 외부적으로 처리할 경우 노화가 빠르게 일어나고 반대로 에틸렌 생합성이나 작용을 억제하면 노화가 지연된다. ABA 역시 카네이션과 장미의 노화증 증가하지만 증가 시기가 노화 전 또는 후에 일어나므로 노화와 직접적인 관계가 있는 것으로 보기는 어렵다. 과실의 경우 숙성시 에틸렌 합성과 호흡이 증가한다. 또한 화훼의 경우와 마찬가지로 외부 에틸렌을 처리할 경우 숙성이 유도된다.

수확후 호흡에 저장물질이 분해되며 이 때 생성된 에너지를 이용하여 여러 화합물이 합성되는데 이 과정에 의해 품질이 결정되기도 하고 또는 품질에 바람직하지 않은 원예작물의 호흡량은 온도와 밀접한 관련이 있어서 0~30℃ 범위에서 온도를 10℃ 낮출때마다 호흡은 대략 절반씩 감소하며 온도 이외에 주위의 산소, 이산화탄소, 에틸렌 등의 요인에 의해서도 식물의 호흡은 영향을 받는다.

저 산소 및 고 이산화탄소 조건에서의 CA(controlled atmosphere)저장은 원예산물의 장기저장에 효과적인 저장방법으로서 국내에서는 아직 보편화되어 있지 않으나 구미의 경우 널리 이용되고 있는 저장방법이다. 원예산물의 저장에 이용되고 있는 상용 CA저장고의 가스 조성방식은 저장고내 CO₂ 농도의 증가가 야기되는데, 이러한 CO₂ 농도의 변화를 주기적으로 분석한 후 CO₂ 농도가 일정 수준에 이르면 질소가스를 저장고 내에 유입시켜 저장고 내 공기를 질소로 치환하여 CO₂를 배출시키거나 (질소치환 방식) 저장고내 공기를 CO₂ 흡착기에 순환 통과시켜 CO₂를 흡착제거(CO₂ 흡착방식)한다. 한편 저장고내 O₂ 농도의 조절은 두 방식 모두 주기적인 O₂ 농도의 분석을 수행하면서 O₂ 농도가 일정 수준 이하로 저하될 때 외부공기를 저장고에 주입하는 방법을 적용하고 있다. 따라서 기존의 이러한 CA 조성 방식에 있어서는 저장고내 가스농도의 주기적 분석과 함께 각종 주변기기의 자동제어가 필수적인 전제 조건이 되어 높은 초기 시설투자비가 소요된다.

저 산소 및 고 이산화탄소의 CA 조건에서 과실 등의 원예산물의 호흡은 감소하며 이러한 호흡의 저하는 에틸렌 생성 및 작용의 억제와 함께 CA 저장에 의해 저장작물의 저장기간의 연장되는 원인이 하나로 작용한다. 저장중 저장작물의 호흡량의 변화는 저장고 내 O₂ 또는 CO₂ 농도의 변화를 결정하는 주 요인으로서 CA저장 시설의 설계 및 적절한 운영을 위한 중요한 지표로 활용된다. 그러나 고 이산화탄소 CA 조건에서의 원예산물의 저장 중 호흡을 측정하기 위하여, 조직내에 잔존하는 외생 CO₂의 영향을 배제하기 위한 고려가 선행되어야 하는 어려움이 있다.

기존의 질소치환 방식에서는 질소 가스의 유입이 단시간 동안 고속으로 이루어지

며 질소 유입 개시 시점의 판단을 위하여 지속적인 가스 분석이 필수적으로 요구된다. 그러나 일정 농도의 O_2 를 함유하는 질소 혼합가스 ($O_2 + N_2$)를 일정한 유속으로 연속적으로 저장고에 유입시킬 경우, 저장 작물의 호흡에 따른 O_2 의 소모 및 CO_2 의 생성으로 인해 저장고내 가스농도는 일정한 상태에서 균형이 유지될 것이므로 별도의 가스 분석 장비 없이도 CA 조성의 유지가 가능할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 외생 CO_2 의 영향을 배제하면서 후지 사과 과실의 CA저장 중 나타나는 호흡량 및 에틸렌 생성량의 변화를 분석하여 CA 저장고의 운영에 필요한 기초자료를 확보함과 아울러 기존의 CA방식을 변형하여 연속적으로 혼합 가스를 저장고에 유입시킴으로써 CA 조건을 유지하는 저비용의 CA system의 개발을 위한 실험을 수행하였다.

원예산물 수확 후 손실 요인을 최대로 줄이기 위한 환경 기체 조절 저장 기술 및 호흡 억제 기술은 선진국에 비하여 초보 단계에 있으며 대외 기술 의존도가 높아 시급히 국산화를 이룰 수 있는 연구가 필요하다.

채소, 과수, 화훼와 같은 원예산물은 수확, 선별, 포장, 저장, 수송, 가공 등의 과정에서 일어나는 물질대사와 생리적, 기계적 손상에 의해 막대한 경제적 손실이 초래된다. 또한 수확기 공급과다로 인한 가격 폭락을 막기 위해 장기간 품질을 유지시킬 수 있어야 한다. 따라서 수확후 손실을 최소화하고 품질을 유지하기 위해서는 수확후 발생하는 생리적 현상의 특성과 원리에 대한 이해가 필수적이며 수확후 산물이 노출되는 외부환경에 대한 이해도 함께 이루어져야 한다.

수확된 농산물은 품목마다 각기 다른 건조, 저장 특성을 지니고 있기 때문에 각 품목에 가장 적절한 건조, 저장유통 기술을 적용함으로써 농산물 수확후 야기되는 손실을 최소화하고 품질을 유지할 때 보다 상품성을 높여 제 값을 받을 수가 있다. 국가경제에서 농업 생산이 주류를 이루고 전체 인구 가운데 농민가구가 차지하는 비중이 컸던 과거와는 달리 현대 산업사회에서는 대부분의 농산물은 자가 소비가 목적이 아니라 시장 판매할 목적으로 생산하기 때문에 농산물의 건조, 저장, 유통에 관한 기술은 갈수록 그 중요성을 더해하고 있다.

1996년말 현재 농산물의 주요 품목별 상품화율을 보면 농가의 자가 소비가 비교적 많은 쌀의 경우 71.3%로 가장 낮고 다음으로 마늘, 고추, 참깨가 80% 내외로 나타났을 뿐 나머지 농산물은 대부분 90% 이상의 높은 상품화율을 보이고 있다. 이것은 우리나라 농민 생산이 1980년대 들어와서는 상업농 체계로 전화되어 시장판매를 목적으로 이루어지고 있음을 알려준다. 이에 따라 농산물의 수확후 저장 및 유통기술의 중요성이 더욱 커지고 있음을 알 수 있다.

이렇게 생산된 농산물의 대부분이 상품화되어 시장에 유통·판매되고 있음에도 불구하고 농산물의 수확후 최종적인 소비에 이르기까지 품질을 지속적으로 유지하여 손실을 최소화할 수 있는 저장유통 기술의 개발과 이의 실제 적용에는 적극적이지 못한 것이 사실이다. 지금까지는 농산물의 생산기술에 너무 집중되어 생산된 농산물의 저

장과 유통기술에는 다소 등한시 한 것을 지적하지 않을 수 없다.

품질이 우수한 농산물의 생산도 중요하지만 농산물 수확이후 최종 소비에 이르기까지의 저장유통 여하에 따라서 농산물의 가치가 크게 달라짐은 두말 할 필요가 없다. 아무리 품질 좋은 농산물을 생산했다라도 수확후 저장유통 상태가 적절하지 못하면 농산물의 품목에 따라서는 그 가치가 급격히 떨어지는 경우가 발생할 여지는 얼마든지 있기 때문이다. 따라서 농산물 품목에 따라 각각 최적의 수확후 관리 기술을 개발하여 이를 적기에 실제 적용하는 일은 아무리 강조되어도 지나치지 않다고 할 것이다.

앞으로 소비자의 식품수요에 부응하여 농산물의 품목별 생리특성을 규명하고 품질 유지를 위한 전처리 기술, 저장기술, 포장유통 기술은 물론 전반적인 농산물의 품질 관리 기술을 개발하여 이를 적극적으로 적용하는데 모든 노력을 경주해 나가야 할 것이다.

제 2 절 연구개발의 목적과 범위

원예산물의 품종별, 재배 방법별, 수확시기 등 다양한 환경 조건에 따른 저장 특성 중 가장 기본이 되는 호흡 생리특성을 조사하기 위해 품목· 품종별 호흡 특성을 조사하여 그 특성을 구명하고, 밝혀진 호흡 특성에 맞는 호흡 억제 기술을 개발 적용하여 효율적인 호흡 생리 특성 조절 방법으로 신선도를 유지하면서 고품질을 유지하고 저장하는 기법을 개발하고자 한다. 또한 저장 후 유통시에도 신선도를 유지하는 기술을 연구 개발하여 상품성 유지 및 부가가치 향상으로 농민 등 생산단체에 소득을 보장하고 소비자에게 위생적이고 안전한 신선한 고품질 원예산물을 공급하기 위한 일련의 기술을 연구하는데 목적을 두었다.

본 연구에 있어서 1차년도에는 과실(사과, 배, 포도)과 채소(딸기, 마늘, 양파)의 CA 저장조건 및 호흡생리 특성을 구명하고 과실(배, 포도, 단감)의 저온 및 환경가스 조절 장치내 저장 후 호흡특성 구명 및 유통방법을 설정하고 채소(딸기, 토마토, 고추, 마늘, 양파)의 저장 후 호흡특성 및 품질변화를 분석하며 호흡량, 에틸렌 발생량 분석시스템을 개발하는데 있으며 실험용 CA저장고 설계, 과실의 호흡량 계측 및 예측을 하고 과실(사과, 단감)의 최적 CA저장 설비 조건을 설정하였다. 2차년도에는 사과와 숙도 및 환경가스 조절에 따라 생리장해 원인을 구명하고, 채소(딸기, 마늘, 양파)의 CA 저장 조건 및 생리장해 원인을 구명한다. 과실(사과, 배) 및 채소(오이)의 저장온도별 호흡 특성 구명, 호흡 조절 포장방법을 개발하며 또한 환경가스 조절에 의해 저장후 과실(사과, 배)의 호흡 생리 특성을 구명하여 선도유지 포장방법을 확립하고 채소(마늘, 양파)의 품질 분석 및 유통 온도별 선도 유지기간을 설정한다. 그리고 호흡 생리 변수 계측 기술 개발, 환경가스 측정시스템 개발, CA저장 조건별 과실 호흡량 계측 및 예측 모델을 설정한다.

3차년도는 사과·배 CA저장 중 생리장해방지 기술 확립과 방울토마토의 적정 CA조건 및 마늘 저장 전처리 조건 설정, MA 포장에 의한 호흡특성 변화 및 선도유지, 채소(딸기)의 품온에 따른 호흡특성 및 MA에 의한 채소류 호흡생리특성 조절 방법, 사과·배의 환경가스 조절에 의한 저장후 적정 포장 유통방법 설정, 마늘·양파 저장 후 환경 조절 포장방법을 통한 선도유지, 밀폐성 확보 CA저장고 시작품 제작과 저장설비 제어 알고리즘 개발 및 적용, 모형 설비 제작 및 최적 설비 조건 설정과 운영에 필요한 각종 parameter 산출한다. 4차년도는 수출용 황금배, 화산배, 박피양파의 CA 저장조건과 방울토마토 CA저장 전처리 방법 설정, 과실(사과, 배)의 저장방법별 호흡특성 및 MA저장 기술 개발, 수확시기별 딸기의 호흡특성 및 호흡조절 전처리 조건 설정, 배 품종별 CA 저장 후 저온 및 상온유통 중 품질변화 비교, 마늘 저장 후 유통조건별 품질변화 발생원인 구명 및 방지 연구, CA용 혼합가스 제조방식의 확립 및 혼합가스의 적정 유속 및 소요량 분석, 저비용 Purge type 환경가스 조절 system의 확립, CA저장고용 가스분석 소프트웨어

어 개발 및 국산 저장 자동 가스분석장치 시작품을 제작한다. 5차년도에서는 과실의 환경가스 조절에 의한 저장 중 생리장해 요인 방지기술과 채소류 CA 저장기간 연장 전처리 기술 개발 및 fresh-cut products 조건 구명, 과실의 호흡생리 조절 전처리 기술 개발, 채소 및 fresh-cut products의 호흡조절 MA조건 설정, 환경가스 조절로 저장한 과실의 호흡조절 포장유통 기술 개발, 채소류 저온 및 환경가스 조절에 의한 저장 후 적정 포장유통 기술 및 안전 유통기간 설정, 저비용 purge type 환경가스 조절 system의 국산화 및 실용화를 위한 연구 추진, 국산 CA저장 자동 가스분석 및 조절장치 실용화, CA환경조절 관련 고습도에서 결로 방지기술을 개발하는 것이다.

제 3 절 기술적인 측면에서의 연구개발 필요성

원예산물은 수확 후에도 호흡, 증산 등의 생리작용이 계속되어 쉽게 품질이 저하되므로 과실, 채소의 품질특성 및 신선도를 유지하는 방법으로써 호흡 억제 및 조절 기술이 보다 요구되고 있다. 다양한 작목과 품종이 유통되고 있는 과실, 채소의 호흡 생리를 조절하여 선도연장 기술을 개발하려면 품목별 품종 및 속도에 따른 호흡특성을 구명하여 그 특성에 알맞는 호흡조절 기술이 필요하다.

과실, 채소의 호흡억제를 위한 CA저장기술은 선진국의 경우 작목별 적정조건을 구명하여 실용화하고 있으며, 최근에는 동양계 사과, 배 및 열대과일에 대한 CA 저장 기술이 연구되고 있다. 그리고 CA저장에 있어서 산소 농도를 매우 낮추는 ULO, 에틸렌을 낮추는 Low ethylene CA, 신속하게 산소농도 및 온도를 감소시키는 RCA 저장 기술 등을 적용하고 있다. 그러나 국내에서는 기술 부족으로 실용화에 어려움이 있어 작목·품종별 환경가스 조절 조건 구명 및 저장 중 발생하는 생리장해 방지 등에 관한 기술개발이 요구된다. 또한 원예산물의 품질변화를 억제하기 위한 포장기술로서 밀봉 후 빠른 시간에 내부의 최적 호흡억제 조건을 부여하는 active MA 및 기능성 포장재를 이용한 선도유지 기술이 이용되고 있다. 국내에서도 일부 품목에서 MA가 이용되고 있으나 저장 중 자연적으로 호흡억제 조건을 조성시키는 수동형 MA포장에 불과하여 과실, 채소의 active MAP에 관한 연구가 필요하다.

신선 과실, 채소의 각 품목별 적정 예냉, 예건 등 저장 전처리 방법에 의한 선도유지 및 호흡 조절기술이 선진국에서는 범용화되어 있으나 국내에서는 일부 품목에 대해서만 전처리 조건이 설정되어 작목의 특성에 맞는 적절한 전처리에 의한 호흡조절 기술 개발이 요구된다. 국내 환경에 적합하고 실용화할 수 있도록 비용이 절감되면서 효율적인 CA 저장 system 모델을 개발하고 저장고내 자동 환경제어 소프트웨어 및 장치개발에 관한 국산화로 국내에서도 경제성 있는 CA저장 기술이 요구되고 있다.

제 4 절 경제·산업적 측면에서의 필요성

원예산물 중 채소는 10,209 천M/T, 과실은 2,207 천M/T이 생산되며 이들의 생산액은 95,000억원으로 농산물의 약 45%를 점유하고 있으나 수확 후 폐기율이 10~45%로 매우 높게 발생하므로 과실, 채소의 저장유통 중 선도연장을 위한 기술개발은 경제적 손실을 크게 감소시킬 수 있는 중요 부분이다.

과실, 채소 고유의 향기, 색, 조직감 및 기능성분 등의 품질특성을 유지하는 고품질 농산물에 대한 수요가 증가하면서 신선한 상태로 우수한 품질을 소비자에게 공급하는 선도유지 기술은 바로 소득증대에 기여할 수 있다.

원예산물의 선도유지를 위한 적정 저장기술 개발 및 산업화, 유통체계 개선에 의한 품질유지는 국내산 과실, 채소의 고품질화를 정착시키고 나아가 수출증대로 인한 대외 경쟁력을 높일 수 있는 산업으로 성장이 가능하다.

제 5 절 사회·문화적 측면에서의 필요성

생활수준이 향상되면서 식품에 대한 소비패턴의 변화 및 외식산업의 급진적인 증가로 과실, 채소에 대한 수요가 확대되고 있으며, 특히 신선도가 유지되는 고품질에 대한 선호가 높아지고 있어 선도연장 기술이 매우 중요하다. 또한 소비자들의 식품에 대한 정보 및 지식이 높아지면서 영양위주의 식품 소비성향이 풍미, 조직감 등의 기호성과 식품의 건강 기능성을 추구하면서 신선도와 품질특성이 유지되는 과실, 채소의 공급이 한층 요구된다. 게다가 소비자의 식품 안전성에 대한 높은 관심이 과실, 채소도 예외는 아니며 안전 저장유통 기간 설정 및 유통기간 연장을 위한 선도유지 기술개발이 필요하다.

제 2 장 원예산물의 호흡생리 특성 및 조절방법 연구

제 1 절 채소류 호흡생리 특성 및 조절방법 연구

서 설

채소류는 대부분 수분이 90% 이상으로서 수확후 호흡에 의한 상품성 손실이 심하다. 특히 여름에 수확되는 농산물의 경우 외기 온도가 25~30℃ 정도로서 수확후 호흡에 의한 수분이나 영양 손실이 상당히 크다고 알려져있다. 채소류는 각 작목 및 품종마다 수확후 호흡 패턴이 제각기 다르며 환경기체 조성에 따른 호흡생리나 저장, 유통 특성이 다르다. 따라서 이러한 채소류를 유통중 손실을 최소화 시키기 위해서는 무엇보다도 각 작목 및 품종별로 수확후 호흡생리 특성을 연구하고 그것을 조절할 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 또한 채소류의 각 작목별 호흡생리를 이해함으로써 적정 저장방법을 고안하며 유통중 품질열화를 방지함으로써 소비자에게 우수한 제품을 안겨다 줄 수 있다.

본 실험에서는 우리가 가정에서 일상적으로 많이 이용하는 채소류(딸기, 토마토, 고추, 마늘, 양파, 오이)의 수확후 속도에 따른 호흡생리 특성 및 품질변화를 조사하였으며 특히 봄철 과채류로서 널리 식용되고 있는 딸기에 대하여 집중적으로 연구하였다. 딸기는 4월 이후 수확할 경우 비닐하우스내의 기온이 20℃이상 상승하여, 딸기를 수확후 유통중에 신선도가 급격히 떨어지고 곰팡이에 의한 부패로 상품의 가치를 상실하게 된다. 따라서 본 실험에서는 이러한 것을 방지하고자 수확후 온도에 따른 호흡생리 특성을 구명하고 예냉 처리 및 CO₂ 처리에 의해 호흡을 억제함과 동시에 기타 품질변화를 막음으로서 유통중 신선도 연장이 가능하였기에 그 연구 결과를 보고하고자 한다. 그리고 딸기에 있어서 예냉을 위한 적정 포장상자를 개발하였으며 그것을 활용한 예냉방법을 아울러 소개하고자 한다.

재료 및 방법

1. 채소류의 속도에 따른 저장 중 호흡생리 및 품질 특성

가. 딸기 : 우리나라 딸기 주품종의 하나인 '보교조생'을 6월 중순에 경기도 김포에서 속도가 다른 미숙과(착색 70~80%)와 적숙과(80~95%)를 수확하여 상온(20±2℃) 및 저온(0~3℃)에서 호흡생리특성으로서 호흡량, 에틸렌발생량을 조사하였으며 이화학적 특성으로서 색도, 경도 등을 조사하였다.

나. 토마토 : 토마토 '리센토'를 9월중순에 경기도 용인의 시설재배 농가에서 속도

를 5단계(표 1)로 나누어 수확하여 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) 및 저온(5°C)에서 호흡생리특성으로서 호흡량, 에틸렌 발생량을 조사하였으며 이화학적 특성으로서 색도, 조직감 등을 조사하였다. 토마토의 성숙시기별 분류는 (표 1)과 같다.

(표 1) 토마토 '리센토' Hunter 'a' 값으로 분류한 성숙단계

성숙 단계	Hunter 'a' value
Mature-green	about -10 ± 1
Breaker	-5 ± 1
Turning	-1 ± 1
Pink	5 ± 1
Red	10 ± 1

다. 고추 : 풋고추인 '녹광'을 8월 하순에 경기도 용인의 시설재배 농가에서 수확하여 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) 및 저온(2°C)에서 호흡생리특성으로서 호흡량, 에틸렌발생량을 조사하였으며 이화학적 특성으로서 색도, 조직감 등을 조사하였다.

라. 마늘 : '서산마늘'을 7월 하순에 충남 서산에서 MH (Malic Hydrazide, 맵아 억제제)를 처리한 마늘과 처리하지 않은 마늘로 구분하여 수확하여 상온에서 3일간 curing 처리후 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) 및 저온(2°C)에서 호흡생리 특성으로서 호흡량, 에틸렌 발생량을 조사하였다.

마. 양파 : 양파 '창녕대고'를 7월 초순에 창녕에서 수확하여 상온에서 3일간 curing 처리후 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) 및 저온(2°C)에서 호흡생리특성으로서 호흡량, 에틸렌 발생량을 조사하였다.

바. 오이 : 수출용 백침계 오이, '쓰이세이후지나리' 품종의 MAP 포장에 의한 유통기간 연장을 위한 기초실험으로서 공기 조성에 따른 호흡 및 저장 특성을 구명하기 위하여 수출용 오이 주산지인 광양에서 오이를 수확후 저장온도 10°C 에서 O_2 농도 0.34~11.0%로 조절된(CO_2 농도 0.03% 이하) 환경기체하에서 호흡율, 곰팡이 발생, 생리장해과 발생 정도 등을 조사하였으며 또한 CO_2 농도를 4~30%로 조절한(O_2 농도 15~16%) 공기조성하에서 저장특성을 조사하였다.

2. 딸기 수확후 호흡생리 특성 및 예냉에 의한 선도 연장

가. 딸기 수확후 호흡 특성 및 MA 포장에 따른 저장 특성

본 시험에 사용한 딸기는 '여봉' 품종으로서 4월 초순경 충남 논산에서 채취하였으며 수확후 곧바로 실험실로 운반하여 시험에 이용하였다. 딸기를 수확후 환경기체 조성에 따른 호흡생리 특성을 구명하기 위하여 수확한 딸기를 10°C 의 저장고에 산소

농도 1, 2, 4, 6, 8 %로 조절되는 밀폐된 용기에 넣고 경시적인 호흡속도 및 에틸렌 발생량을 조사하였다. 또 다른 한편으로는 포장 PE 필름의 투과도에 따른 유통중 딸기의 선도유지 효과를 구명하기 위하여 수확한 딸기를 0.03mm, 0.06mm, 0.1mm PE 필름에 밀봉하여 유통 온도 2, 10, 20℃로 설정하여 유통중 품질 특성 변화를 조사하였다.

나. 딸기 수확후 예냉이 유통중 선도 유지에 미치는 영향

딸기 수확후 빠른 시간내 호흡억제에 필요한 적정 예냉조건을 구명하고자 충남 논산에서 재배된 “여봉” 딸기를 4월에 채취하여 현지에서 관행상자와 개량상자(예냉상자)를 이용하여 차압통풍식으로 예냉후 유통과정중의 품질을 조사하였다.

다. 딸기 예냉을 위한 적정 포장 상자 개발 및 CO₂ 처리에 의한 선도 연장

1) 딸기 예냉을 위한 적정 포장 상자 개발

본 시험에 사용한 딸기는 충남 논산에서 재배된 ‘여봉’ 품종이며 예냉의 효과를 최대한 얻기 위하여 현지 재배지에서 예냉시험을 수행하였다. 예냉기는 농촌진흥청 기계화연구소에서 개발한 차압통풍식 예냉기이며 예냉을 위한 포장상자 및 처리방법은 아래 (표 2) 및 (그림 1)과 같다.

(표 2) 시험처리 내용

예냉방법	예냉온도 (품온)	예냉 상자 종류	비고
차압통풍식	3℃	① 관행상자 : 8kg 스티로폼	○ 개공율
		② 6kg 골판지	- 스티로폼 : 3%
		③ 6kg 골판지 + 속포장	- 6kg 골판지 : 4.5%
		④ 6kg 골판지 + 이중밀면	- 8kg 골판지 : 5.4%
		⑤ 6kg 골판지 + 이중밀면 + 속포장	
		⑥ 8kg 골판지	○ 처리후 저온 및
		⑦ 8kg 골판지 속포장	상온유통

0 조사항목 : Texture, color, 당도, 산도 등

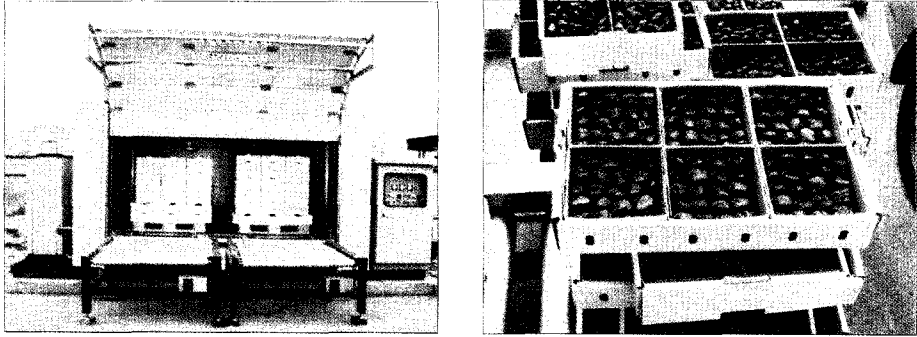


그림 1. 딸기 예냉기 및 예냉상자

2) 딸기 수확후 CO₂ 처리에 의한 선도 연장 효과

딸기 유통중 선도 유지의 또 다른 방편으로서 CO₂ 처리에 의한 선도연장 효과를 검토하기 위하여 숙기별로 수확한 딸기를 밀폐된 Chamber에 넣고 CO₂를 20%, 60%, 100%로 Chamber내 환경기체 농도를 변화시킨 뒤 2시간 동안 처리 후 저온 및 상온에서 유통시키며 CO₂를 처리하지 않은 대조구와 비교하면서 Texture, color, 당도, 산도 등의 품질 변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 채소류의 숙도에 따른 저장 중 호흡생리 및 품질 특성

가. 딸기 '보교조생' 수확후 호흡생리 특성

딸기 수확후 미숙과, 적숙과에 대하여 상온 및 저온에서 호흡량을 조사한 결과 숙도에 관계없이 저온보다 상온에서 2~3배 정도 높았으며 같은 온도 조건에서는 상온 미숙과(RTIM, Room temperature Immature))가 상온 적숙과(RTM, Room Temperature Mature) 보다 호흡량이 적었으며 저온에서 저온 미숙과(LTIM, Low Temperature Immature)와 저온 적숙과(LTM, Low Temperature Mature)는 호흡량에 있어서 차이를 보이지 않았다(그림 2). 또한 상온에서는 저장 3일만에 딸기가 연화되고 부패되었는데 이는 상온에서의 높은 호흡량에 기인한다고 생각되며 저온에서는 초기 호흡량에 비하여 저장 10일이 지난후 약간 호흡량이 감소하는 경향을 보였고 미숙과와 적숙과의 호흡량 차이는 상온에서 보다 저온에서 많은 차이를 보이지 않았다. 에틸렌 발생량에 있어서는 저온에서는 거의 발생이 되지 않았으며 상온에서는 저장 3일후에 에틸렌이 발생되었는데 이는 부패에 의한 스트레스에틸렌이 발생된 것으로 판단되며 '보

교조생' 수확후 자연적으로 발생하는 에틸렌의 양은 미미한 것으로 나타났다(자료미 제시). 경도에서는 수확시 미숙과가 적숙과보다 높았으며 상온에서는 호흡량의 변화와 부의 상관을 보여 저장 3일만에 급격히 연화되었고 저온에서는 적숙과가 미숙과에 비하여 연화가 빨리 일어났으며 저장 5일후에는 조직이 물러지는 것을 관찰할 수 있었다(그림 3).

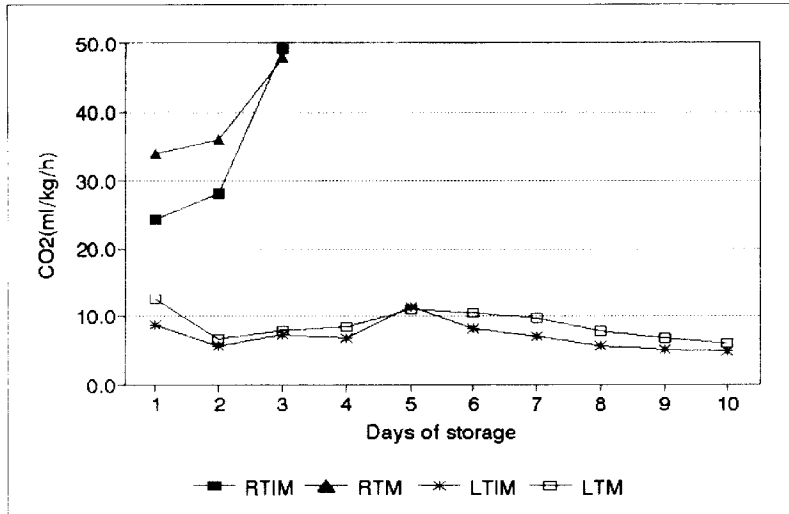


그림 2. 딸기 '보교조생' 미숙, 적숙에 따른 상온 및 저온에서의 호흡량 변화

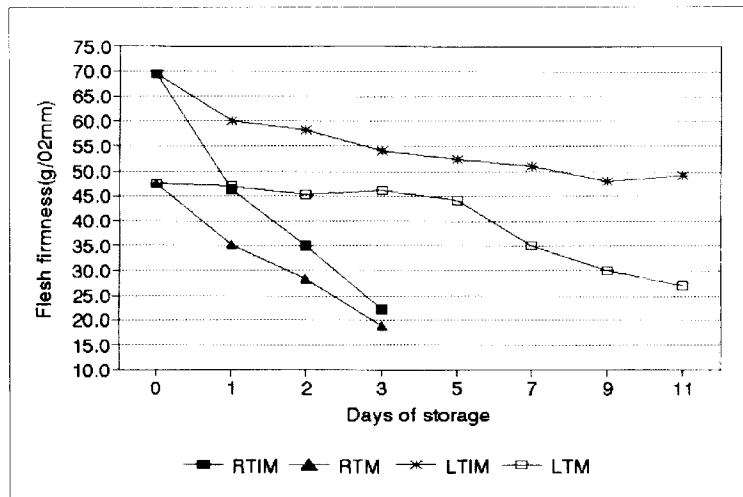


그림 3. 딸기 '보교조생' 미숙, 적숙에 따른 상온 및 저온에서의 경도 변화

색도는 수확시에 미숙과가 적숙과에 비하여 적색도를 나타내는 Hunter 'a' 값이

낮았으며 상온에서 저장 3일까지 적색도가 급격히 증가하여 신선도가 떨어지면서 색이 진홍색으로 변하였고 저온에서도 저장기간이 지나면서 미숙과, 적숙과 공히 적색도가 증가하는 것을 관찰할 수 있었다(표 3). 일반적으로 과실이나 신선채소의 경우에 수확후 수분 증산에 의한 탈수로 5%이상의 중량 감소가 되었을때는 상품성을 상실하는 것으로 알려져 있다.

(표 3) 상온에서 딸기 '보교조생' 색도 및 감모율의 변화

속도	구분	저장기간(일)			
		0	1	2	3
미숙	Hunter L	48.7	41.6	40.5	40.3
	a	24.5	33.8	34.5	33.9
	b	35.0	27.9	24.1	23.9
	감모율(%)	0	4.1	9.0	15.7
적숙	Hunter L	41.1	40.3	40.1	40.3
	a	26.5	26.8	34.7	34.2
	b	28.1	25.6	23.1	22.1
	감모율(%)	0	3.9	9.4	18.7

(표 4) 저온에서 딸기 '보교조생' 색도 및 감모율의 변화

속도	구분	저장기간(일)						
		0	2	3	4	5	6	7
미숙	Hunter L	48.7	37.6	43.5	43.4	48.1	45.8	45.0
	a	24.5	25.5	29.1	30.8	29.8	28.9	33.1
	b	35.0	29.2	35.1	33.8	37.9	37.4	36.8
	감모율(%)	0	3.5	5.6	8.4	10.1	11.3	12.5
적숙	Hunter L	41.1	44.8	37.9	38.3	42.4	38.5	32.7
	a	26.5	29.1	33.4	33.2	33.9	33.2	34.2
	b	28.1	36.0	30.2	29.4	32.6	30.5	25.8
	감모율(%)	0	2.4	4.9	7.5	9.1	10.0	11.3

나. 토마토 '리센토' 수확후 호흡생리 특성 연구

토마토 '리센토' 숙도에 따른 상온에서의 호흡량에서는 초기에 breaker, turning, pink stage가 높았으며 mature-green은 초기에 가장 낮았다가 4일만에 climacteric peak에 올랐으며 그외의 성숙단계에서는 상온 1일이나 2일만에 climacteric peak에 이르렀고 7일 이후에는 속도간에 호흡량의 차이가 나지 않아서 속도가 균일해 짐을 알수 있었다. 또한 저온에서는 상온보다 호흡량이 2~3배 낮았으며 속도간에 초기 호흡량이 비슷하였고 저장 6일만에 모든 성숙단계의 토마토가 climacteric peak에 이르렀다. climacteric peak이후 mature-green은 호흡량의 낮아지는 속도가 다른 성숙 단계에 비하여 완만하였다(그림 4, 5)

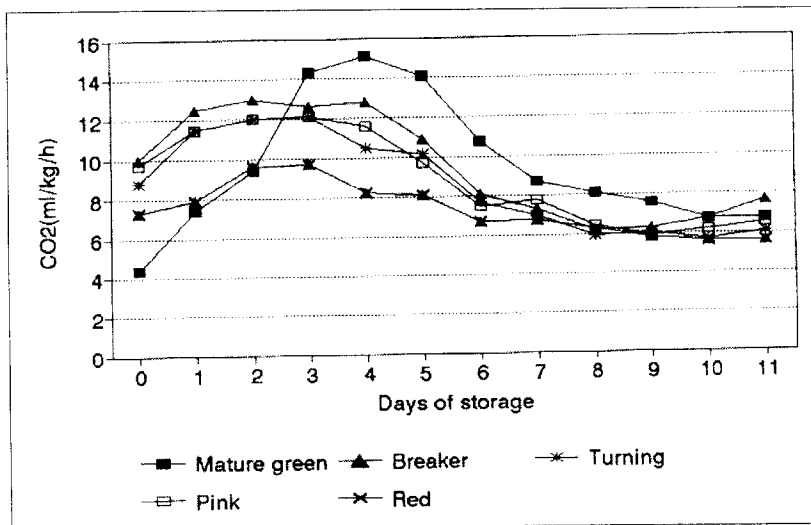


그림 4. 토마토 '리센토' 숙도에 따른 호흡량의 변화(상온)

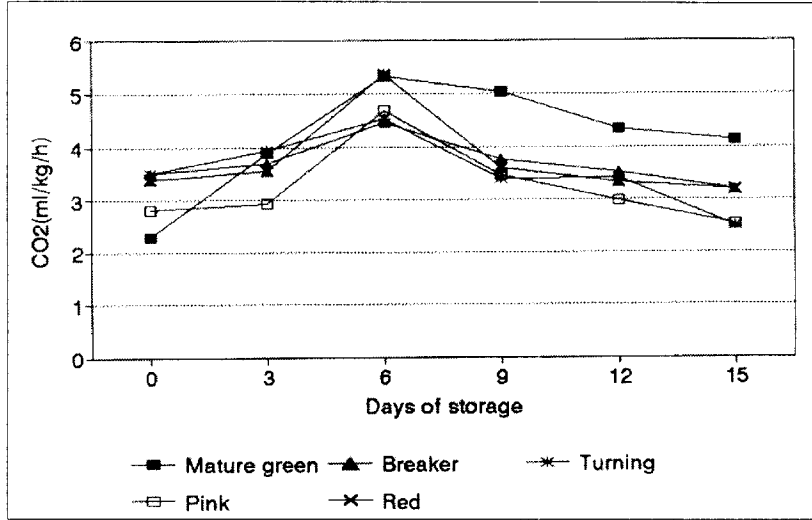


그림 5. 토마토 '리센토' 숙도에 따른 호흡량의 변화(저온)

숙도에 따른 상온에서 에틸렌 발생량을 보면 숙도가 진전된 단계일수록 저장 초기 4일까지 에틸렌 발생량이 많았으며 mature-green, breaker stage는 초기에 에틸렌 발생량은 적었으나 전형적인 climacteric type을 나타냈으며 turning, pink, red stage는 숙도가 진전되어 이미 climacteric peak를 지난 단계라고 생각되었으며 상온저장 5일 이후에는 숙도에 관계없이 에틸렌 발생량이 균일하였다. 마찬가지로 저온에서 에틸렌 발생량을 보면 상온보다는 현저히 적었으며 숙도가 진전된 단계일수록 저장 초기에 에틸렌 발생량이 많았으며 turning, pink, red stage는 저장기간이 지나면서 에틸렌 발생량이 감소하였고 mature-green은 에틸렌 발생량이 가장 적었고 저온에서 거의 변화되지 않는 양상을 보여 온도가 낮아서 자체적인 성숙능력을 상실한 것으로 보인다(그림 6, 7)

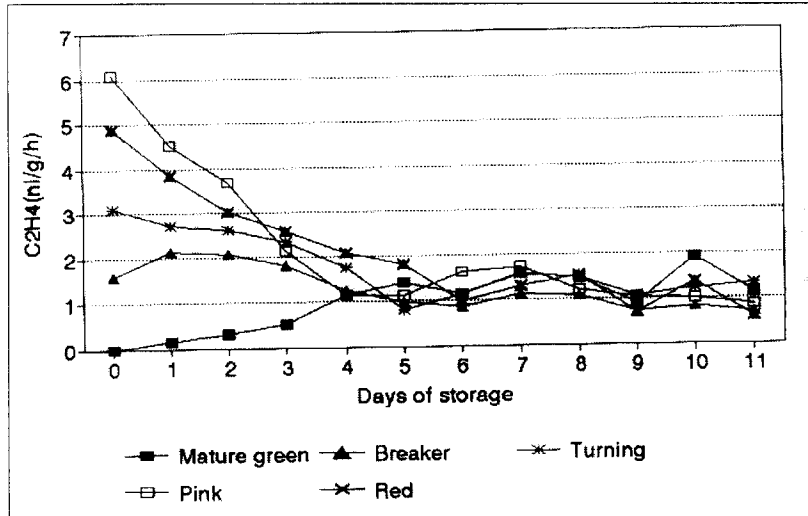


그림 6. 토마토 '리센토' 숙도에 따른 에틸렌 발생량의 변화(상온)

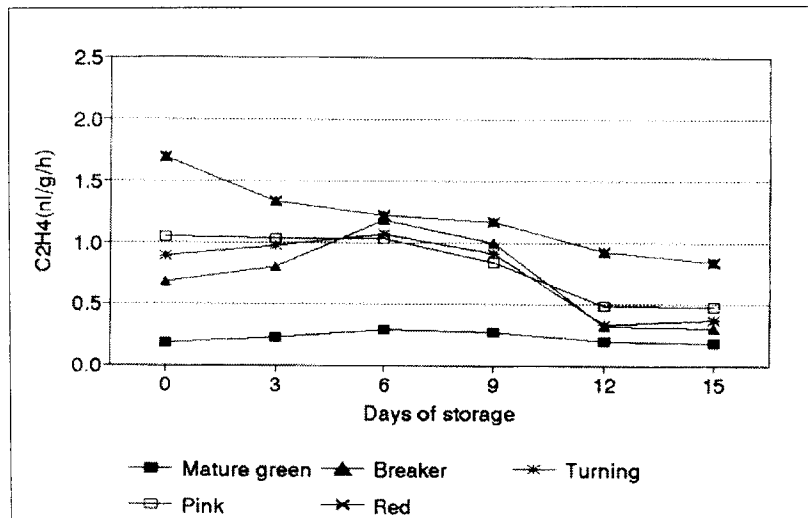


그림 7. 토마토 '리센토' 숙도에 따른 에틸렌 발생량의 변화(저온)

토마토 성숙의 지표인 color의 변화는 적색도 Hunter 'a' 값으로 표현되는데 상온에서 turning, pink stage는 2일만에 red stage에 도달하였고 breaker는 4일, mature-green은 3일과 4일 사이에 적색도가 급격히 진전되어 6일만에 red stage에 도달하였으며 이때 Hunter 'a' 값은 +20에 가까웠고 이후 모든 성숙단계에서 적색도는 균일하게 유지되었다. 반면에 저온에서는 상온보다 적색도의 변화가 완만하였으며

저장 15일이 지난후에도 pink stage 하나만이 red stage로 진전되었고 turning은 pink stage 로, breaker는 turning stage로 진전되었다. 반면에 mature-green은 적 색도가 저장 15일 까지 조금 증가하나 성숙되는 현상이라고 보기에 미미한 결과였다(그림 7, 8).

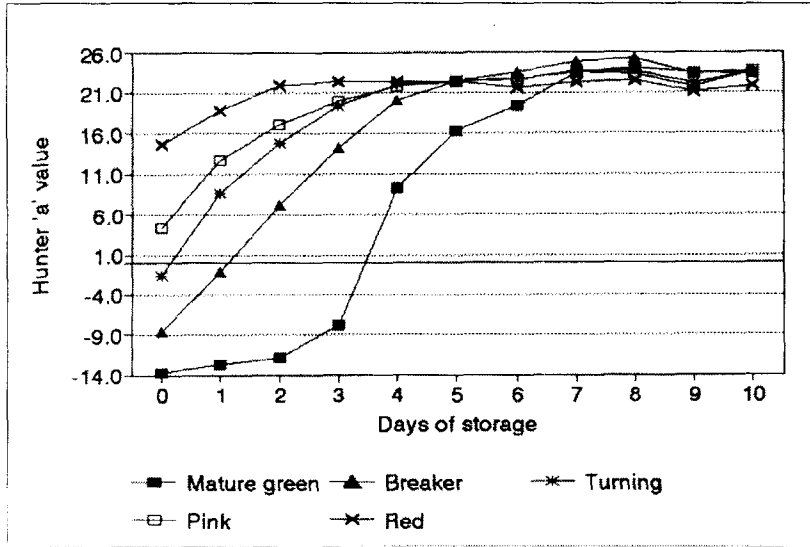


그림 8. 토마토 '리센토' 속도에 따른 Hunter 'a' 값의 변화(상온)

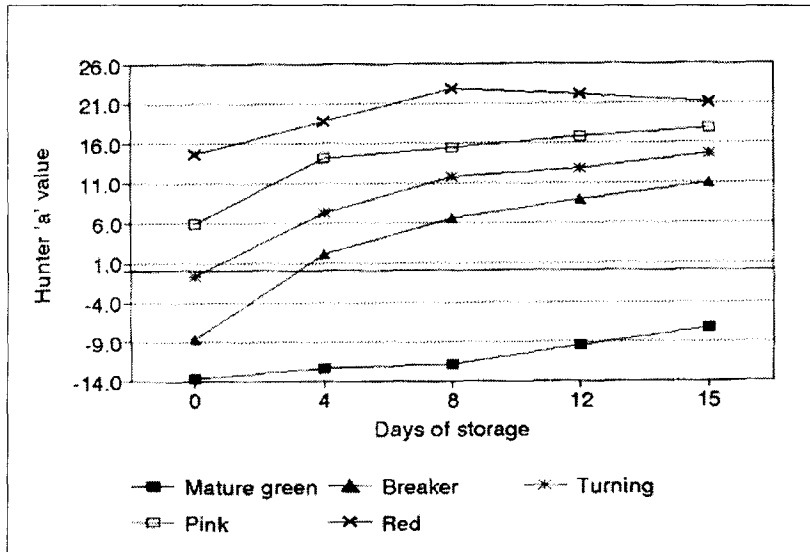


그림 9. 토마토 '리센토' 속도에 따른 Hunter 'a' 값의 변화(저온)

(표 5) 토마토 '리센토' 속도별 감모율의 변화

(단위 : %)

저장 방법	속 도	저 장 기 간 (일)						
		0	3	6	9	12	15	18
상온	Mature green	0	1.3	1.9	3.3	3.6	4.0	4.2
	Breaker	0	1.0	1.4	2.7	2.9	3.2	3.8
	Turning	0	1.4	2.0	3.8	5.4	5.9	6.8
	Pink	0	1.1	2.3	3.6	4.9	5.2	6.4
	Red	0	1.3	1.9	4.2	4.5	5.0	6.0
저온	Mature green	0	0.5	1.0	1.9	2.4	2.8	3.0
	Breaker	0	0.6	0.9	1.8	2.2	2.5	2.8
	Turning	0	0.4	0.7	1.3	1.6	1.9	2.2
	Pink	0	0.5	0.7	1.3	1.6	1.8	2.3
	Red	0	0.4	0.8	1.5	1.9	2.2	2.5

토마토 속도에 따른 저장방법간의 감모율에서는 저온보다 상온에서 많았으며 이는 저온에서 호흡억제에 따른 것으로 판단되며 저온에서는 속도간에 감모율의 차이가 없었으나 상온에서는 turning, pink, red stage가 mature-green, breaker stage 보다 월등히 감모량이 많았다. 이는 속도가 진전될수록 호흡량 및 에틸렌 발생량이 많아 서 노화가 촉진되어 수분의 증산이 많이 일어나기 때문인 것으로 생각된다(표 5).

다. 풋고추 '녹광' 수확후 호흡생리 특성 연구

풋고추 '녹광' 호흡량은 초기에 상온이 저온보다 월등히 높았으며 이후 상온저장 7일만에 급격히 감소하여 노화되었고 저온에서는 저장 10일까지 감소하다가 이후 다시 증가하는 양상을 보였다. 풋고추가 저온에서 초기 10일까지 호흡량이 감소하다가 이후 증가하는 현상은 저온에 적응후 다시 호흡이 증가함으로써 노화되는 단계에 이르는 것으로 생각된다(그림 10). 에틸렌 발생량은 초기에 상온 및 저온에서 발생이 되지 않다가 1일, 3일에는 상온보다 저온에서 에틸렌 발생량이 많다가 5일 이후 40일까지는 뚜렷한 변화없이 상온, 저온에서 거의 같은 수준을 유지하였다(그림 11).

풋고추 '녹광'은 다른 채소류에 비하여 에틸렌 발생량이 적게 나타나고 있으며 초기에 상온보다 저온에서 에틸렌 발생량이 많은 이유는 고추가 급격한 온도변화에 따른 저온에서 스트레스에틸렌이 발생한 것으로 생각된다.

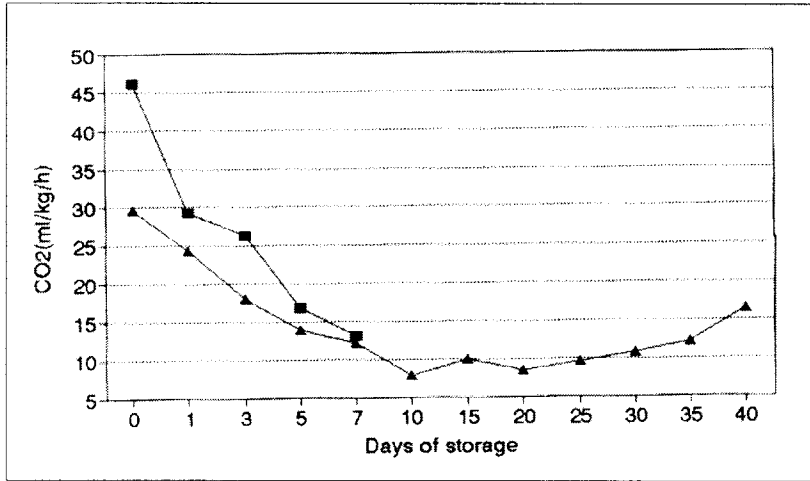


그림 10. 풋고추 '녹광' 저장온도에 따른 호흡량

감모율에서는 상온에서 저장 3일만에 9.4%, 저온에서는 12일에 11.8%의 중량감소가 일어났으며 이 기간 이후에는 수분 증산에 의한 탈수로 상품가치를 상실하는 것으로 판단되었으며 색도에 있어서도 상온 및 저온에서 Hunter 'b'값이 증가하여 저장기간이 지남에 따라 풋고추의 색이 진해짐을 알수 있었다(표 6, 표 8).

경도에서는 상온에서 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향이였으나 저온에서는 저장기간이 지남에 따라 경도가 증가하는 양상을 보이기도하여 탈수에 의한 조직의 경화가 부분적으로 일어나는 것으로 판단된다(표 9).

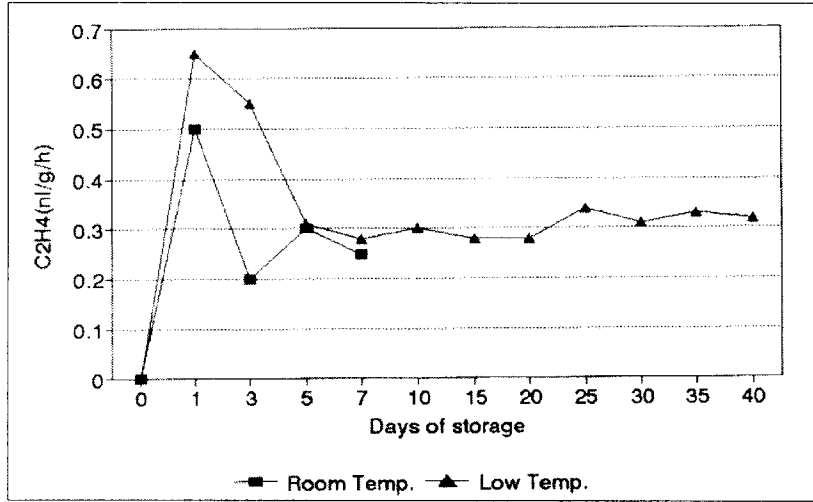


그림 11. 풋고추 '녹광' 저장온도에 따른 에틸렌 발생량

(표 6) 상온 저장시 고추 '녹광' 색도의 변화

색 도 (Hunter)	저 장 기 간 (일)				
	0	1	3	5	7
L	40.6	46.7	46.3	47.7	49.5
a	-15.5	-18.4	-18.4	-18.7	-19.9
b	20.8	28.5	27.1	28.7	32.5

(표 7) 저온에서 고추 '녹광' 색도의 변화

색 도 (Hunter)	저 장 기 간 (일)								
	0	3	7	12	16	20	24	28	32
L	40.6	40.2	42.3	42.3	41.6	44.5	49.1	47.4	43.9
a	-15.5	-17.7	-17.8	-18.1	-19.2	-18.5	-19.5	-19.7	-18.8
b	20.8	25.4	26.5	27.1	28.2	29.5	30.9	31.6	30.7

(표 8) 상온에서 고추 '녹광'의 경도 및 감모율의 변화

구 분	저 장 기 간 (일)				
	0	1	3	5	7
경도(g/ ϕ 2mm)	1058	924	918	934	886
감모율(%)	0	3.8	9.2	21.4	27.3

(표 9) 저온에서 고추 '녹광'의 경도 및 감모율의 변화

구 분	저 장 기 간 (일)								
	0	3	7	12	16	20	24	28	32
경도(g/ ϕ 2mm)	1058	962	977	903	997	1018	1020	1031	902
감모율(%)	0	4.3	6.7	11.8	12.6	14.8	17.2	20.2	22.4

라. '서산마늘' 수확후 호흡생리 특성 연구

마늘의 호흡량은 저온보다 상온에서 2~3배 정도 높았으며 상온에서도 무처리(RT con.)마늘보다 MH 처리(RT MH)마늘이 호흡량이 높았다. 반면에 저온에서는 무처리(RT con.)마늘과 MH 처리(RT MH)마늘간의 호흡량에 있어서 큰차이를 보이지 않았으며 전체적으로 초기에는 호흡량이 높았다가 감소하는 추세이며 상온에서는 저장 30일이 후, 저온에서는 저장 40일 이후에 증가하는 양상을 보이고 있다.(그림 12).

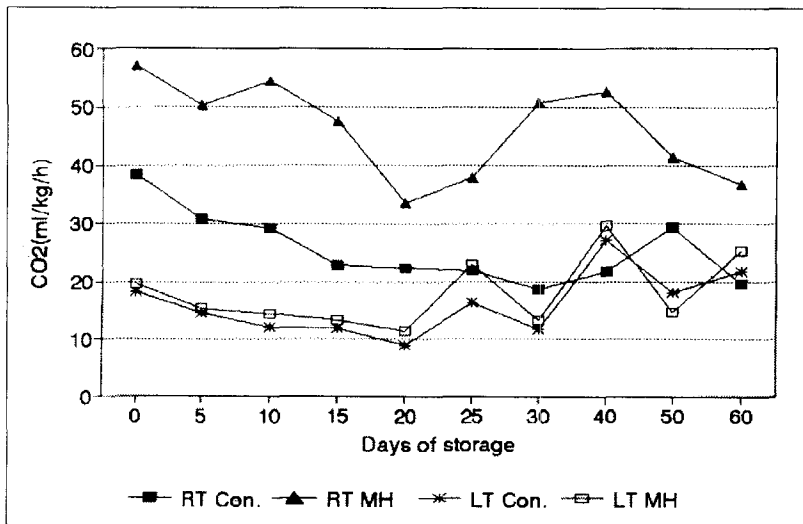


그림 12. '서산마늘' 수확후 저장온도에 따른 호흡량 변화

(표 10) '서산마늘' 수확후 감모율의 변화

(단위 : %)

저장 방법	처리내용	저 장 기 간									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
상온	MH 처리	0	7.4	13.5	18.1	21.3	25.6	30.5	34.7	38.9	42.2
	Control	0	5.9	8.3	11.2	14.5	18.7	20.6	23.7	25.9	27.2
저온	MH 처리	0	2.3	4.1	5.3	6.4	7.7	8.4	9.5	11.1	12.5
	Control	0	1.6	3.3	4.5	5.1	6.4	7.8	9.1	10.3	11.6

'서산마늘' 수확후 감모율에서는 상온에서 MH 처리 마늘이 무처리에 비하여 저장 90일이 지난후 42.2%의 중량감소를 보여서 MH 처리 마늘이 상온에서 호흡량이 높은것과 정의 상관을 보였으며 저온에서는 MH 처리 마늘이나 무처리 마늘이 감모율에서 차이를 보이지 않았으며 상온보다는 현저히 감모율이 낮았다(표 10).

마. 양파 '창녕대고' 수확후 호흡생리 특성 연구

'창녕대고' 호흡량은 수확시 높았으나 상온 및 저온저장 5일만에 호흡량이 1/2로 감소하였고 이후 뚜렷한 변화가 없다가 저장 30일 후에 서서히 증가하기 시작하여 상온에서는 저장 90일 정도에 수확시와 비슷한 호흡량에 이르렀고 저장 100일 이후에는 수확시보다 높은 호흡량을 보였고 저장 90일 이후에 상온과 저온에서의 호흡량의 차이가 나타나서 상온저장 '창녕대고'가 저온저장보다 호흡이 증가하는 양상을 보이고 있다(그림 13).

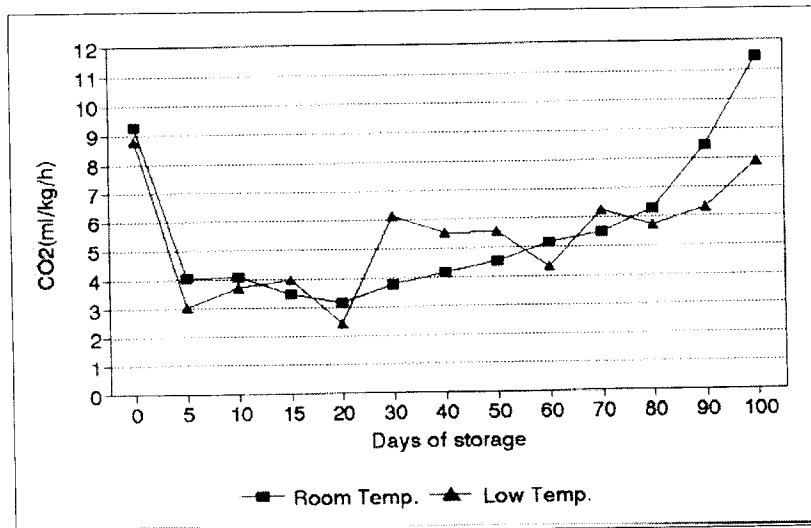


그림 13. 양파 '창녕대고' 저장온도에 따른 호흡량의 변화

‘창녕대고 수확후 감모율을 보면 상온에서는 저장 90일에 13.3%로서 저온과 비교하여 감모율이 현저히 높았으며 상온저장 80일이후에는 증량감소가 크기 때문에 상온에서는 이 시점이 저장한계점이라고 생각된다. 반면에 저온은 상온보다 증량감소가 월등히 적게나타나고 있는데 상온 및 저온에서는 호흡량이 비슷하게 나타난 결과와 비교할 때 저온조건에서 상대적으로 습도가 높기 때문에 증량감소가 적은 것으로 판단된다(표 11).

(표 11) 양파 ‘창녕대고’ 수확후 감모율의 변화 (단위 : %)

저장방법	저 장 기 간 (일)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
상 온	0	1.0	1.4	2.5	3.7	5.5	7.3	9.7	11.5	13.3
저 온	0	0.4	0.8	1.1	1.6	1.9	2.4	2.9	3.3	3.9

바. 수출용 오이 Suseihusinari 품종의 호흡생리 및 저장 특성

오이를 필름에 밀봉하여 저장하게 되면 오이 자체의 호흡작용에 의해서 필름내 산소 농도는 점점 줄어들게 되고 이산화탄소 농도는 서서히 높아진다. 따라서 본 실험에서는 오이를 저농도 산소 조건 혹은 고농도 이산화탄소 조건에서 처리하여 그 특성을 조사하였다. 저농도 산소 조건하에서 호흡 특성은 산소농도 0.3~3.5% 정도에서 효과적으로 호흡이 억제 되었으며 7%이상의 조건에서는 호흡이 상승하기 시작하였다. (Fig. 1) 저산소 조건에서 오이의 꼭지 부분이 부패하는 생리적 장애가 발생하였는데 산소농도 0.3%일 때 발생율이 높았으며 그 이상의 농도에서는 발견되지 않았다. (Fig. 2)

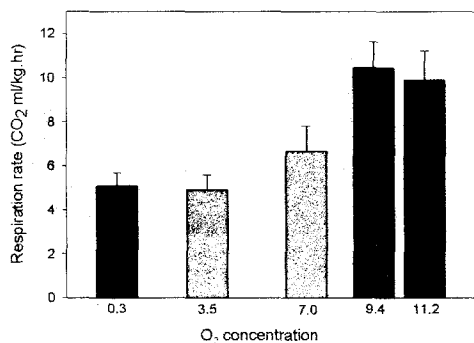


Fig. 1 Respiration rates of "suseihusinari" cucumbers stored at 10°C under various O₂ concentrations

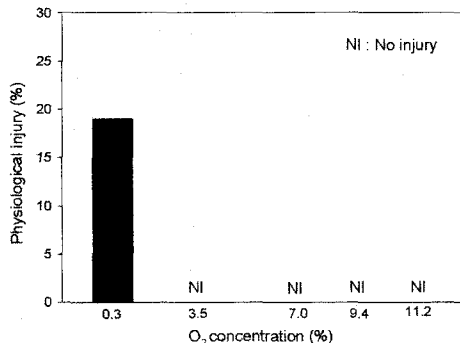


Fig. 2 Physiological injury (decay) of "suseihusinari" cucumbers stored at 10°C under different O₂ concentrations

저장환경기체의 산소 농도별 곰팡이 발생 정도를 조사해 본 결과 산소농도가 높아질수록 곰팡이의 발생율이 높아졌는데 생리적 장애를 받지 않는 조건에서의 최저 산소 농도는 3.5%이었다. (Fig. 3)

저장기체의 산소농도별 오이의 신선도를 조사하기 위해 오이를 수평으로 놓고 힘을 수직으로 가할 때 부러지는 상태를 측정하였는데 산소농도 0.3에서 11%의 범위에서는 처리별 차이를 보이지 않았다. (Fig. 4)

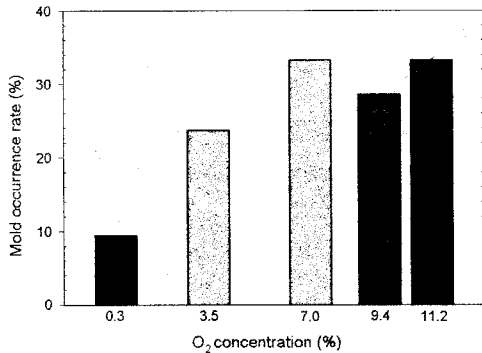


Fig. 3 Mold occurrence rates of "suseihusinari" cucumbers stored at 10°C under different O₂ concentrations

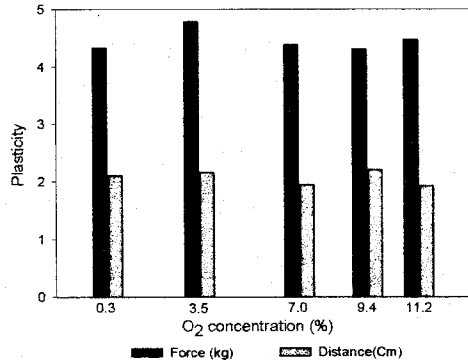


Fig. 4 Plasticity of "suseihusinari" cucumbers stored for 10 days at 10°C under different O₂ concentrations

오이의 저장환경기체 조성이 산소농도가 약15%이고 이산화탄소 농도를 3.6%에서 30%까지 처리했을 때 이산화탄소 농도 약 20%이상의 조건에서 오이의 겉 표면에 흰색 반점이 생기는 생리적 장애 현상이 나타났으며 (Fig. 5) 곰팡이 발생율은 이산화탄소 약 10% 까지는 큰변화가 없었으며 약 20%이상의 농도에서는 곰팡이 발생율이 급격히 감소하였다. (Fig. 6)

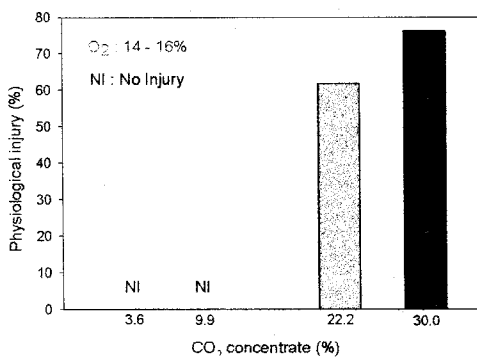


Fig. 5 Physiological injury (spot) of "suseihusinari" cucumbers stored for 20 days at 10°C under different CO₂ concentrations

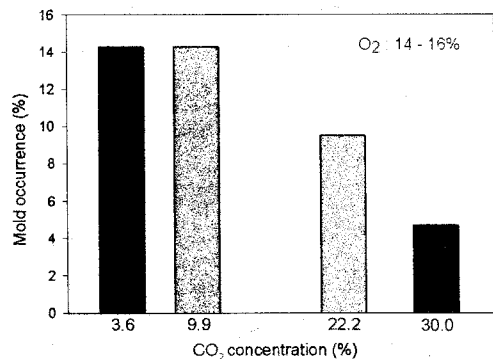


Fig. 6 Mold occurrence of "suseihusinari" cucumbers stored for 20 days at 10°C under different CO₂ concentrations

저장중 이산화탄소 농도에 따른 오이 과피의 황색도를 조사해본 결과 이산화탄소 농도가 높을수록 황색도가 높게나와 품질의 열화가 뚜렷하였는데 이산화탄소 농도, 3.5%수준에서는 황색도 값이 비교적 낮아 오이 저장에 큰장애를 초래하지는 않았으며

(Fig. 7) 이산화탄소 농도별 이취 발생 정도를 시험처리 20일후 조사해 본 결과 이산화탄소 농도가 높아질수록 이취를 느끼는 정도가 급격히 상승하였다(Fig. 8).

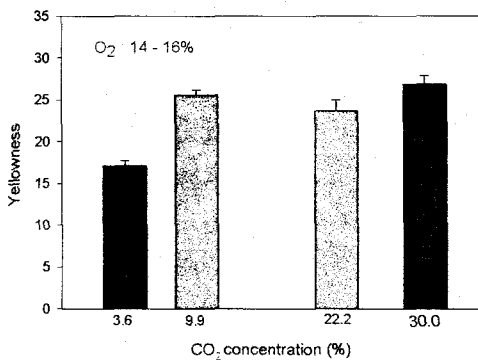


Fig. 7 Yellowness of "suisei/husinari" cucumbers stored for 20 days at 10°C under different CO₂ concentrations

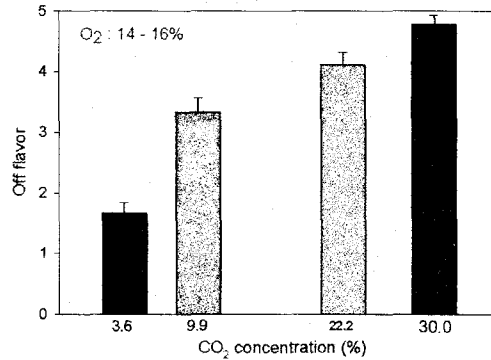


Fig. 8 Off flavor of "suisei/husinari" cucumbers stored for 20 days at 10°C under different CO₂ concentrations

2. 딸기 수확후 호흡생리 특성 및 예냉에 의한 선도 연장

가. 딸기 수확후 호흡 특성 및 MA 포장에 따른 저장 특성

딸기 '여봉' 품종의 산소농도별 호흡생리 특성을 조사해본 결과 산소 농도가 높을수록 호흡량이 많았으며 특히 산소농도 4% 이상에서 호흡량이 급격히 증가하는 경향으로 보아 딸기(여봉)의 호흡억제를 위한 적정 산소농도는 1~3%인 것으로 판단된다.

(표 1) 환경기체의 조절(산소농도)에 따른 딸기(여봉)의 호흡량 (CO₂발생량)

산소농도(%)	1	2	4	6	8
호흡량(ml/kg·min)	34.5	37.3	50.2	53.9	56.9

처리온도:10°C

딸기 '여봉' 품종을 처리온도 및 포장방법별 처리기간에 따른 필름포장내 잔류산소농도를 조사해본 결과 필름포장후 초기 1일 사이 가장 많은 산소를 소비하였고 2°C의 경우 1일 이후에는 큰 변화가 없었는데 20°C에서는 호흡에 의하여 잔류산소 농도가 급격히 감소되었으며 5일 이후에는 곰팡이 발생에 의하여 상품성을 상실한 것으로 보아 딸기 저장에 있어서 2°C 정도의 저온이 호흡억제 및 곰팡이 발생억제에 유리하였다. 필름포장 두께별로는 (표 1)의 결과로 미루어 볼 때 PE 0.03mm 보다는 PE 0.10mm의 포장구에서 잔류 산소농도가 낮은 경향을 보여 딸기의 호흡억제에 효과적이라고 판단되었다.

(표 2) 처리온도 및 포장방법별 필름포장내 잔류산소 농도

처리온도 (°C)	포장방법 (PE 필름)	처리기간(일)					
		1	2	3	5	8	10
2	0.03	14.9	14.1	14.2	14.5	14.2	11.5
	0.06	14.9	13.3	12.3	11.6	12.0	8.8
	0.10	14.4	12.0	10.4	8.5	12.5	7.5
10	0.03	13.0	9.6	5.6	3.4	3.4	2.7
	0.06	11.1	7.1	4.6	2.5	3.7	2.4
	0.10	10.2	4.6	3.4	2.6	3.2	3.1
20	0.03	9.0	4.9	3.7	*	*	*
	0.06	6.7	2.3	2.0	*	*	*
	0.10	5.9	1.6	2.0	*	*	*

* 곰팡이 발생 폐기

딸기의 필름포장후 탄산가스 축적량 및 곰팡이 발생율을 조사해본 결과 온도가 높을수록 탄산가스 축적량이 많아 호흡율이 높음을 알 수 있었으며 필름 두께별로는 PE 0.03mm 보다는 PE 0.10mm 필름이 탄산가스 축적량이 많아 딸기의 호흡 억제에 효과적이라고 생각되며 곰팡이 발생율에서도 PE 0.10mm 필름이 가장 낮은 발생율을 보여 딸기의 필름포장 저장에 적합하다고 판단되었다.

(표 3) 처리온도 및 포장방법별 탄산가스 축적 농도 및 곰팡이 발생율

처리온도 (°C)	포장방법 (PE 필름)	처리기간(일)						곰팡이 발생율(%)
		1	2	3	5	8	10	
2	0.03	2.6	2.9	2.8	2.6	3.2	3.6	5.4
	0.06	3.1	4.5	4.2	4.0	4.5	4.9	1.8
	0.10	3.8	6.9	7.0	7.2	7.8	8.1	0.0
10	0.03	4.7	5.8	6.1	6.3	7.1	7.3	98.3
	0.06	6.0	8.4	7.8	7.5	8.5	10.1	84.2
	0.10	7.9	14.0	14.5	15.6	19.9	18.6	25.6
20	0.03	6.5	7.1	8.9	*	*	*	96.5
	0.06	8.0	7.9	9.1	*	*	*	82.7
	0.10	10.4	14.7	17.6	*	*	*	40.9

곰팡이 발생율 조사시기 : 2, 10°C - 10일 저장후 조사, 20°C - 3일 저장후 조사

* 곰팡이 발생으로 폐기

나. 딸기 수확후 예냉이 유통중 선도 유지에 미치는 영향

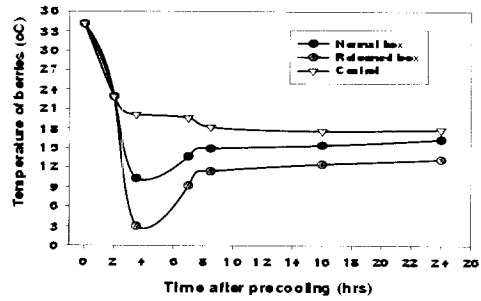
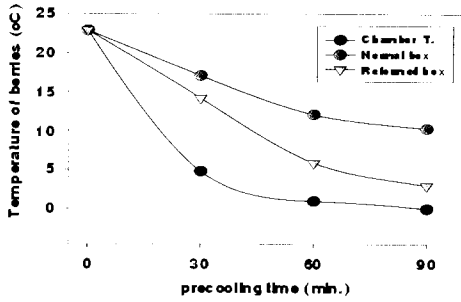


그림 1. 예냉시 포장재질별 딸기 품온 변화

그림 2. 딸기 예냉전후 상온 유통중 품온 변화

딸기 예냉시 품온은 개공을 8%를 갖는 개량상자가 예냉개시 1시간 30분만에 적정품온인 3°C까지 낮아졌으며 이때 관행상자내의 딸기 품온은 10.3°C였으며 예냉실(Chamber)내의 온도는 0°C 였다. 예냉후 유통단계에서 개량상자 예냉 딸기는 무예냉이나 관행상자에 비하여 낮은 품온을 유지하였다 (그림 1, 2, 3, 4).

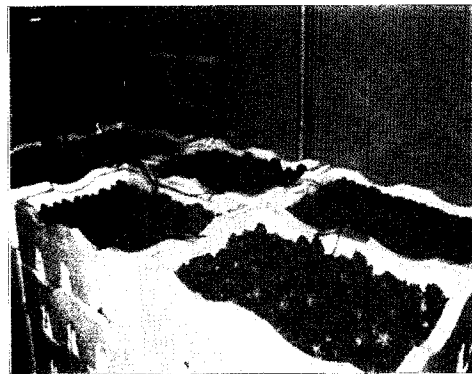


그림 3. 딸기 품온 측정을 위한 센서 설치(좌), 예냉직전 딸기 (우)

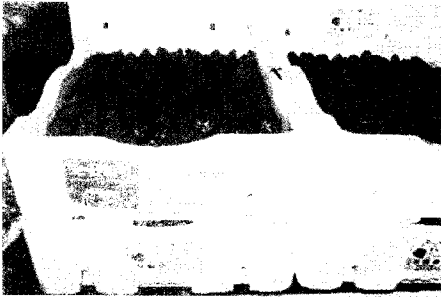
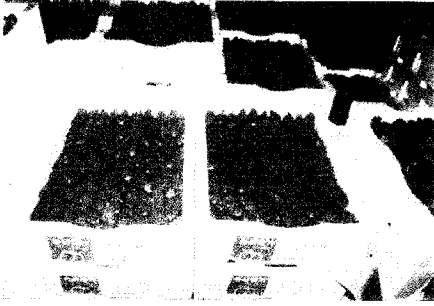


그림 4. 딸기 출하후 유통 과정

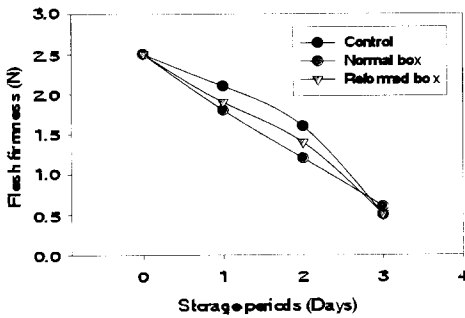


그림 5. 딸기 경도 변화 (상온)

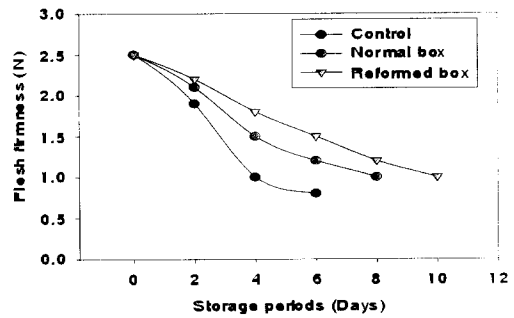


그림 6. 딸기 경도 변화 (저온)

경도는 상온유통에서 처리간에 차이없이 예냉 3일후 연화되었으며 저온유통에서는 개량상자가 저장 10일까지 관행상자보다 완만한 경도 변화를 보였다 (그림 5, 6).

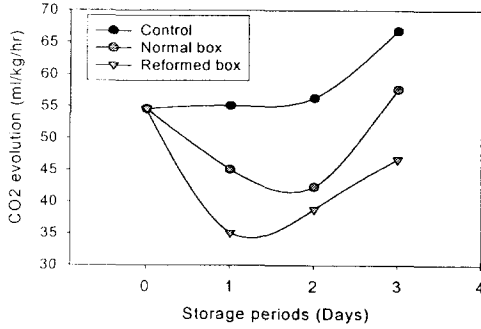


그림 7. 딸기 호흡량 변화 (상온)

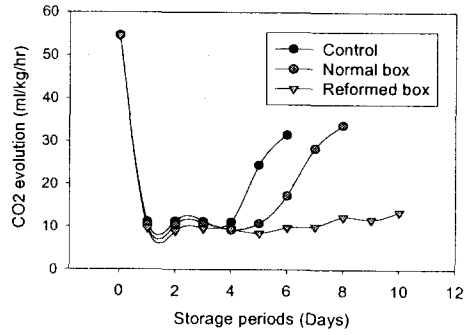


그림 8. 딸기 호흡량 변화 (저온)

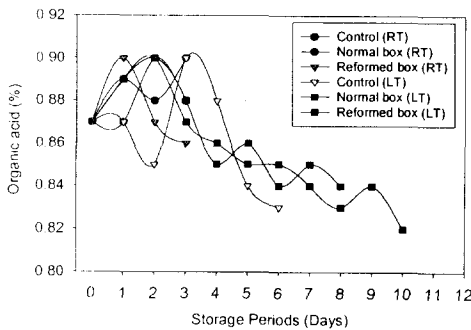


그림 9. 딸기 유기산 변화

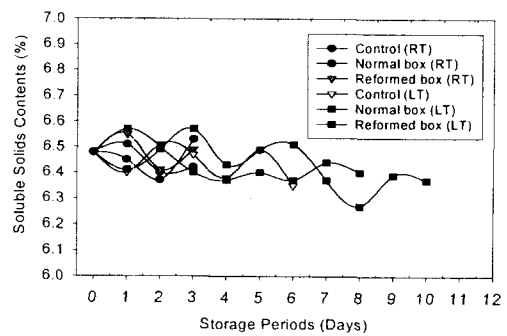


그림 10. 딸기 유리당 변화

호흡량은 상온에서 개량상자 예냉 딸기에서 가장 낮았으며 저온에서는 4일까지 모든 처리구가 비슷한 경향을 보이다가 이후 무예냉이나 관행상자는 각각 6일, 8일까지 호흡량이 증가하였으며 개량상자는 10일까지 예냉후 비슷한 수준을 유지하였다 (그림 7, 8). 유기산과 유리당은 상온 및 저온에서 처리간에 차이가 없었다 (그림 9, 10). 이상과 같은 결과로 딸기 예냉시 개량상자를 이용한 예냉이 예냉후 경도 유지와 품온유지에 효과가 있는 것으로 판단되며 금후 농가 실증시험을 통해서 개량상자를 이용한 딸기 예냉을 실용화 하고자 한다.

다. 딸기 예냉을 위한 적정 포장 상자 개발 및 CO₂ 처리에 의한 선도 연장

1) 딸기 예냉을 위한 적정 포장 상자 개발

포장상자별 냉각곡선에서 시간당 온도비가 가장 많이 저하된 것은 6kg 무내포장 상자였으며 8kg스티로폼 상자가 온도비가 가장 적었다. 품온 반감 시간은 6kg 무내포장 상자가 적었으며 8kg 스티로폼 상자가 가장 낮았으며 냉각율은 6kg 무내포장 상자가 가장 높았으며 8kg 스티로폼 상자가 가장 낮은 특징을 보였다.

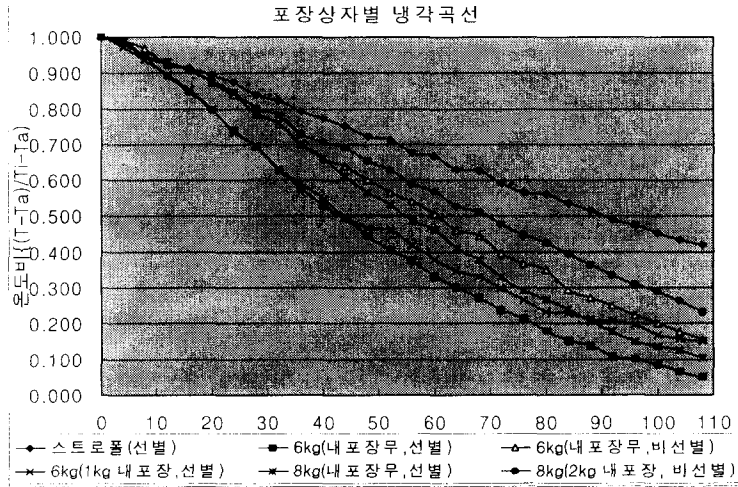


그림 11. 포장상자별 냉각곡선

(표 4) 포장상자별 냉각속도

구 분		품온반감 시간(hr)	냉각율 (1/hr)
6kg 골판지	내포장 무	0.18	1.67
	1kg 내포장	0.64	1.05
8kg 골판지	내포장 무	0.46	1.26
	2kg 내포장	0.91	0.81
8kg 스티로폼		1.42	0.48

(표 5) 포장상자별 경도(N)

구 분		상 온 (일)			저 온 (일)					
		0	1	2	0	2	4	6	8	10
6kg 골판지	내포장 무	2.15	1.85	1.73	2.15	2.09	2.01	1.97	1.88	1.85
	1kg 내포장	2.15	1.82	1.72	2.15	2.12	1.98	1.92	1.87	1.82
8kg 골판지	내포장 무	2.15	1.79	1.65	2.15	2.14	1.99	1.93	1.90	1.89
	2kg 내포장	2.15	1.89	1.62	2.15	2.11	2.10	1.96	1.85	1.82
8kg 스티로폼		2.15	1.82	1.55	2.15	2.08	2.02	1.89	1.81	1.80
무예냉		2.15	1.65	1.54	2.15	2.01	1.87	1.75	1.63	1.57

(표 6) 포장상자별 중량감소율(%)

구 분	상 온 (일)					저 온 (일)				
	0	1	2	0	2	4	6	8	10	
6kg 골판지	내포장 무	0	3.7	5.8	0	0.36	0.98	1.53	1.67	1.88
	1kg 내포장	0	3.5	5.5	0	0.43	1.02	1.55	1.76	1.95
8kg 골판지	내포장 무	0	3.1	5.3	0	0.29	0.86	1.42	1.80	1.95
	2kg 내포장	0	3.9	5.6	0	0.50	1.10	1.68	1.97	2.28
8kg 스티로폼		0	3.7	6.2	0	0.48	1.20	1.82	2.55	3.15
무예냉		0	4.2	7.4	0	0.55	1.35	2.01	3.23	4.16

2) 딸기 수확후 CO₂ 처리에 의한 선도 연장 효과

CO₂ 처리후 경도변화는 상온에서 100%, 60%처리가 경도가 높게 유지되었으며 저온에서는 100% 처리가 가장 높은 경도를 유지하였다.

(표 7) 딸기 속도 및 CO₂ 처리에 따른 경도(N)

속도	CO ₂ 농도 (%)	상 온(일)					저 온 (일)						
		처리전	1	2	3	4	5	처리전	1	3	5	7	9
미숙	control		2.02	1.87	1.75	1.55	1.47		2.56	2.65	2.67	2.63	2.71
	100	2.65	4.22	3.87	3.22	2.02	1.82	2.65	4.57	4.57	4.48	4.41	4.78
	60		4.10	3.55	3.10	1.97	1.76		4.21	4.39	4.29	4.10	4.17
	20		3.28	3.10	2.29	1.88	1.65		3.49	3.56	3.58	3.68	3.72
적숙	control		2.01	1.98	1.73	-	-		2.10	2.19	2.01	2.07	2.00
	100	2.09	2.85	2.65	2.02	-	-	2.09	2.98	2.90	2.83	2.87	2.74
	60		3.96	3.09	2.55	-	-		3.13	3.26	3.49	3.21	3.19
	20		2.07	1.85	1.72	-	-		2.08	2.05	2.08	2.12	2.07

요 약

1. 채소류의 속도에 따른 저장 중 호흡생리 및 품질 특성

딸기는 수확시 속도에 관계없이 저온보다 상온에서 2~3배 정도 호흡량이 높았으며 같은 온도 조건에서는 미숙과가 적숙과 보다 호흡량이 적었다. 에틸렌 발생량에 있어서는 저온에서는 거의 발생이 되지 않았다. 토마토 '리센토' 품종의 속도에 따른 상온에서의 호흡량에서는 초기에 breaker, turning, pink stage가 높았으며 mature-green은 초기에 가장 낮았다가 4일만에 climacteric peak에 올랐다. 저온에서는 상온보다 호흡량이 2~3배 낮았으며 속도간에 초기 호흡량이 비슷하였고 저장 6일

만에 모든 성숙단계의 토마토가 climacteric peak에 이르렀다.

풋고추 '녹광' 호흡량은 초기에 상온이 저온보다 월등히 높았으며 이후 상온저장 7일만에 급격히 감소하여 노화되었고 저온에서는 저장 10일까지 감소하다가 이후 다시 증가하는 양상을 보였다. 마늘의 호흡량은 저온보다 상온에서 2~3배 정도 높았으며 상온에서도 무처리(RT con.) 마늘보다 MH 처리(RT MH)마늘이 호흡량이 높았다. 반면에 저온에서는 무처리(RT con.) 마늘과 MH 처리(RT MH)마늘간에 호흡량에 있어서 큰차이를 보이지 않았으며 전체적으로 초기에는 호흡량이 높았다가 감소하는 추세였다. 양파 '창녕대고' 호흡량은 수확시 높았으나 상온 및 저온저장 5일만에 호흡량이 1/2로 감소하였다.

오이 '쓰이세이후지나리' 품종의 호흡 특성에 있어서 저농도 산소 조건하에서 호흡 특성은 산소농도 0.3~3.5% 정도에서 효과적으로 호흡이 억제 되었으며 7%이상의 조건에서는 호흡이 상승하기 시작하였다. 저산소 조건에서 오이의 꼭지 부분이 부패하는 생리적 장애가 발생하였는데 산소농도 0.3%일 때 발생율이 높았으며 그 이상의 농도에서는 발견되지 않았다.

2. 딸기 수확후 호흡생리 특성 및 예냉에 의한 선도 연장

딸기 '여봉' 품종의 산소농도별 호흡생리 특성을 조사해본 결과 산소 농도가 높을수록 호흡량이 많았으며 특히 산소농도 4% 이상에서 호흡량이 급격히 증가하는 경향으로 보아 딸기(여봉)의 호흡억제를 위한 적정 산소농도는 1~3%인 것으로 판단된다.

딸기 예냉시 품온은 개공율 8%를 갖는 개량상자가 예냉 개시 1시간 30분만에 적정 품온인 3°C까지 낮아지기 때문에 예냉에 가장 효과적이었으며 예냉후 유통단계에서 개량상자 예냉 딸기는 무예냉이나 관행상자에 비하여 낮은 품온을 유지하였으며 품질유지도 양호하였다.

딸기 수확후 CO₂ 처리에 의한 선도 연장 효과에 있어서 CO₂ 처리후 경도변화는 상온에서 100%, 60%처리가 경도가 높게 유지되었으며 저온에서는 100% 처리가 가장 높은 경도를 유지하였다.

인용문헌

Bishop, D. 1990. Controlled atmosphere storage. Cold and chilled storage technology. Blakie and son Ltd, p73~77.

최성진. 1995. CA 저장 과실의 수확 후 생리 특성. 농산물저장연구회 발표 자료(4) p51~58.

Exama A; Arul J; Lencki RW; Lee LZ; Toupin C. 1993, Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables.

- Journal-of-Food-Science: 58 (6) 1365-1370, many ref.
- 홍경훈(1996) An analysis of alliin and fructan in garlic, comparison of their content and change during storage among cultivars and cultivation areas. 서울대 박사학위논문
- Inaba A; Kubo Y; Nakamura R, 1989. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruit and vegetables with special reference to temperature. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science: 58 (3) 713-718, 15 ref.
- Lukes. T. M(1986) Factors governing the greening of garlic puree. J. Food sci. 51(6),1577~1582
- MAFF, Refrigerated storage of fruit and vegetable, MAFF reference book 324, HMSO, London.
- Morris, L.L., Claypool, L.L., and Murr, D.P. 1971. Modified atmosphere. An indexed reference list through 1969, with emphasis on horticultural commodities. Univ. of Calif., Div. of Agr. Sci.
- Murr, D.P., Kader, A.A., and Morris, L.L. 1974. Modified atmosphere: An indexed reference list with emphasis on horticultural commodities. Jan. 1, 1970 to Apr. 30, 1974. Univ. Calif. Veg. Crops Series 168.
- 朴庸奉, 李柄駟(1992): 저장온도가 마늘 인편내 탄수화물 및 내생 hormone 변화에 미치는 영향. 한국원예학회지 33(6), 442~551
- Perkins Veazie P. 1995, Growth and ripening of strawberry fruit.. Horticultural Reviews: 17, 267-297, many ref.
- Rutherford, P.P.(1982) The carbohydrate composition of onions during long term cold storage. J. Hort. sci. 57, 349~356
- Yeong Bong Kim; Yasutaka K; Akitsugu I; Reinosuke-N 1996, Effect of storage temp. on keeping quality of tomato and strawberry fruits. Journal of the Korean Society for Horticultural Sciences: 37 (4) 526-532, 20 ref.

제 2 절 과실류 호흡생리 특성 및 조절방법 연구

서 설

사과, 배, 포도, 단감 과실은 우리나라의 주요 과수로서 그 소비가 증가되고 있는데 농산물의 유통구조 특성상 과일이 수확되어 소비자에게 이르기까지는 일정 기간이 소요되며 이 기간 중 과일은 상처나 과일 자체의 호흡 및 미생물에 의한 부패 등으로 인하여 품질의 손실이 있게 된다. 본 실험에서는 과실의 안정적인 저장이나 유통으로 고품질의 과실을 공급하기 위한 방안의 하나로 과실의 품질변화에 큰 영향을 미치는 호흡생리 특성을 연구하기 위하여, 수확시 속도를 구분하여 호흡생리 특성을 조사한 것은 물론이고 MA나 CA 조건에서 호흡생리와 저장중 품질 특성을 연구함으로써 호흡생리 조절을 통한 과실의 안정적 저장이나 유통을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 과실류 호흡생리 특성 조사

본 실험에 사용한 과실은 배 ‘행수, 장십랑, 신고’ 품종, 포도 ‘캠벨어리, 블랙올림피아’ 품종, 단감 ‘부유’ 품종이었으며 속도별로 시료를 채취하여 시험에 사용하였다. 미숙과는 적숙기 7~10일전의 과실을, 적숙과는 일반농가에서 수확하여 출하하는 숙기의 것을 사용하였으며 처리방법은 저온($0\sim 2^{\circ}\text{C}$)과 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)에서 수확시기에 따른 온도별 호흡량 및 에틸렌 발생량을 조사하였다.

2. 환경기체 조성에 따른 호흡생리 및 품질 특성

본 실험에 사용한 과실은 사과 ‘홍로, 후지’ 품종, 배 ‘신고, 황금배’ 품종이었으며 각각 품종 고유의 적숙기보다 3~4일 전에 채취하여 사용하였다. 처리내용은 온도별로 상온($22\sim 25$) 및 저온($1\sim 2^{\circ}\text{C}$) 처리구로 구분하였으며 저장시 환경기체 조건은 산소는 3%로 고정하였으며 이산화탄소는 1, 3, 5%로 설정 후 경시적으로 호흡 및 품질 특성을 조사하였다.

3. MA 기법에 따른 과실의 저장 특성

1) MA 기법에서 에틸렌 흡착제 처리 효과

시험에 사용된 사과 과실은 ‘후지’ 품종이었으며 배 과실은 ‘신고, 감천, 추황, 품

종이었다. 과실은 품종별 수확 적기의 것을 채취하여 사용하였으며 선별후 PE film 0.03mm, 0.05mm 로 밀봉한 처리구와 밀봉전 에틸렌흡착제를 과실과 함께 넣어 밀봉한 처리구를 저온($1\pm 1^{\circ}\text{C}$)에서 저장하면서 에틸렌, 이산화탄소, 유리당, 유기산 중량감소율을 분석하였다

2) MA 기법에서 포장재 투과율이 저장 중 생리장해에 미치는 영향

본 시험에 사용된 과실은 사과 '후지' 품종과 배 '감천' 품종이었으며 수확 적기의 것을 채취하여 시험에 사용하였다. 처리내용은 PE 필름으로 포장하지 않은 무처리와 PE 필름으로 밀봉 처리한 것을, 저온($0\sim 2^{\circ}\text{C}$)에 저장하면서 생리장해 현상을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 과실류 호흡생리 특성 조사

가. 배 '행수' 품종의 수확후 호흡생리 특성

(표 1) 배 '행수' 품종의 수확후 상온($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)에서 탄산가스 및 에틸렌 발생량

조사항목	속도	처리기간(일)							
		0	1	3	5	7	10	11	13
탄산가스	미속과	8.3	9.3	8.9	8.2	8.7	10.9	10.8	9.3
(ml/kg/hr)	적속과	12.7	10.6	10.3	10.2	10.0	10.1	8.5	11.0
에틸렌	미속과	220	159	310	574	641	1491	1267	275
(nl/kg/hr)	적속과	672	1075	977	658	477	224	171	116

배 "행수" 품종의 상온에 있어서 호흡량을 조사해 본 결과, 미속과에 있어서는 수확후 10~11일 정도에서 호흡량이 약간 상승되는 특징을 보였으며 적속과에 있어서는 수확하는 날 호흡량이 높았으며 그 뒤로는 탄산가스 발생량이 전반적으로 떨어지는 경향을 보였다. 에틸렌 발생량은 미속과의 경우 저장 10~11일 경에 에틸렌 발생량이 다소 높아지는 경향을 나타냈으며 적속과에 있어서는 수확당시 및 1일 경과후에 에틸렌 발생량이 높았다가 시간이 경과될수록 떨어지는 결과를 보여 탄산가스 발생량과 매우 유사한 결과를 보였다.(표 1)

배 '행수' 품종의 수확후 저온($0\sim 2^{\circ}\text{C}$)에서 탄산가스 및 에틸렌 발생량을 조사해 본 결과, 수확당시에는 호흡량 및 에틸렌 발생량이 높았다가 저온에서 보관시 호흡량 및 에틸렌 발생량이 급격히 떨어졌으며 저장기간 중에는 큰 변화가 없었다.(표 2)

(표 2) 배 '행수' 품종의 수확후 저온(0~2℃)에서 속도별 탄산가스 및 에틸렌 발생량

조사항목	속도	수확 후 일 수(일)									
		0	1	6	11	17	22	25	31	36	42
탄산가스	미숙과	8.3	2.0	2.1	2.0	3.6	2.3	2.5	2.7	2.2	2.5
(ml/kg/hr)	적숙과	12.7	2.1	2.7	2.6	3.5	2.6	2.6	3.5	3.0	3.5
에틸렌	미숙과	220	47	134	96	172	266	147	142	214	155
(nl/kg/hr)	적숙과	672	206	270	213	394	291	284	217	264	241

나. 배 '장십랑' 품종의 수확후 호흡생리 특성

(표 3) 배 '장십랑' 품종의 수확후 상온(20±2℃)에서 탄산가스 및 에틸렌 발생량

조사항목	속도	처리 기간(일)									
		0	1	5	7	9	11	14	16	18	
탄산가스	미숙과	5.5	4.3	5.2	5.8	6.7	6.2	6.1	5.9	6.3	
(ml/kg/hr)	적숙과	6.0	7.5	9.7	8.5	8.9	7.3	6.8	6.7	6.8	
에틸렌	미숙과	*	117	122	175	422	439	409	369	524	
(nl/kg/hr)	적숙과	789	962	1374	1100	1024	771	616	522	652	

배 “장십랑” 품종의 경우 상온에서 미숙과는 처리 7일 이후 호흡량이 높아졌다가 점차적으로 낮아졌으며 적숙과는 처리 5일후에 호흡량이 높았다가 점차적으로 낮아지는 경향이였다. 에틸렌 발생량은 미숙과의 경우 처리 9일째 호흡량이 급격히 증가되었으며 적숙과는 처리 5일째 에틸렌 발생량이 급격히 증가하였다가 점차적으로 줄어드는 경향을 나타내었다. (표 3)

(표 4) 배 '장십랑' 품종의 수확후 저온(0-2℃)에서 탄산가스 및 에틸렌 발생량

조사항목	속도	처리 기간(일)				
		0	1	7	12	18
탄산가스	미숙과	5.5	2.2	2.5	1.9	2.6
(ml/kg/hr)	적숙과	6.0	2.8	3.0	2.3	2.9
에틸렌	미숙과	*	82	93	104	129
(nl/kg/hr)	적숙과	781	293	303	219	188

* : 불검출

장십랑 과실의 저온에서 속도별 호흡량은 미숙과와 적숙과 공이 저온처리후 호흡량이 급격히 떨어져 일정한 발생량을 나타냈으며 적숙과가 미숙과보다 탄산가스 발생량이 약간 많았다. 에틸렌 발생량은 미숙과의 경우 처리 18일째 에틸렌 발생량이 증

가되었으며 적숙과는 수확후 높은 에틸렌 발생량을 보이다가 저온처리후 저장고에 1 일 만에 에틸렌 발생량이 급격히 떨어지고 그이후로는 서서히 감소하는 경향을 보였다. (표 4)

다. 배(신고) 품종의 호흡생리특성

(표 5) 배(신고) 과실의 상온(20±2℃)에서 호흡량 및 에틸렌 발생량

분석항목	속도	처 리 기 간 (일)											
		0	3	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26
탄산가스	미숙	3.9	3.2	3.5	3.8	3.3	2.9	3.4	2.9	2.7	2.8	3.6	2.9
(ml/kg/hr)	적숙	5.4	3.7	3.9	4.8	3.5	3.1	4.1	3.2	3.3	3.2	3.6	3.4
에틸렌	미숙	19	27	-	26	60	32	-	27	101	-	-	-
(nl/kg/hr)	적숙	28	15	-	22	46	46	-	49	100	-	-	-

상온에서 적숙과가 미숙과보다 호흡량이 많았으며 처리기간별로는 수확시보다 저장 중에 약간 감소하는 경향이었고 에틸렌 발생량은 미숙과 및 적숙과 모두 소량(약 30nl/kg/hr) 감출되다가 상온에서 19일경 발생량이 많았다가 급격히 줄어드는 경향을 나타내었다.

(표 6) 배(신고) 과실의 저온(0-2℃)에서 호흡량 및 에틸렌 발생량

분석항목	속도	처 리 기 간 (일)										
		0	1	6	12	16	23	27	34	44	48	54
탄산가스	미숙	3.9	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6
(ml/kg/hr)	적숙	5.4	1.9	2.0	2.2	2.0	2.1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.6
에틸렌	미숙	19	44	-	42	45	-	42	82	48	97	44
(nl/kg/hr)	적숙	28	38	-	56	35	-	52	88	192	87	38

저온에 입고후부터 속도에 관계없이 탄산가스 발생량이 급격히 줄어들었으며 처리기간 내내 속도에 관계없이 일정한 수준을 유지하였다. 에틸렌은 저온에서 오히려 증가하는 경향을 나타냈으며 적숙과는 저장 40일경 최고치를 보였고 미숙과는 저장 50일경 최고치를 보였다.

라. 포도 'Campbell Early' 품종의 수확후 호흡생리 특성연구

(표 7) 포도 'Campbell Early' 품종의 수확후 상온(20±2℃)에서 속도별 탄산가스 및 에틸렌 발생량의 변화

조사항목	속 도	처 리 기 간(일)						
		0	2	4	6	8	11	13
탄산가스	미 속 과	14.5	13.1	14.8	13.6	13.9	13.5	12.3
(ml/kg/hr)	적 속 과	12.9	13.5	14.3	14.9	13.4	14.8	19.8.
에틸렌	미 속 과	223	146	74	*	*	*	*
(nl/kg/hr)	적 속 과	270	54	70	*	*	*	*

* : 불검출

캠벨어리 품종의 수확후 상온에서 탄산가스 발생량은 속도별로 큰 차이가 나타나지 않았고 처리기간별로도 큰 변화가 없었으며 적속과에 있어서 상온처리 13일째 탄산가스 발생량이 높았던 것은 과피에 있던 미생물의 영향으로 사료된다. 에틸렌 발생량은 수확후 미속과가 223nl/kg/hr 이고 적속과가 270nl/kg/hr 로서 미속과가 약간 높았으며 처리일수가 경과함에 따라 속도에 관계없이 급격한 감소를 보이다가 상온에서 6일째 부터는 검출되지 않았다.(표 7)

(표 8) 포도 'Campbell Early' 품종의 수확후 저온(0-2℃)에서 속도별 탄산가스 및 에틸렌 발생량의 변화

조사항목	속 도	처 리 기 간(일)							
		0	5	11	16	20	26	32	40
탄산가스	미 속 과	14.5	6.6	7.1	8.3	7.9	11.0	8.3	10.6
(ml/kg/hr)	적 속 과	12.9	7.5	6.7	7.4	6.2	10.7	8.3	9.4
에틸렌	미 속 과	223	*	*	*	*	*	*	*
(nl/kg/hr)	적 속 과	270	*	*	*	*	*	*	*

* : 불검출

탄산가스 발생량은 전반적으로 미속과가 적속과보다 많았으며 속기 및 처리기간에 따라서 특별한 경향치를 보이지 않았고 수치의 변이로 보아 개체간의 차이가 큰 것으로 생각되며 저온에서 탄산가스 발생량이 현저하게 줄어들었다. 에틸렌은 수확후 검출되었지만 저온처리시 속도에 관계없이 검출되지 않았다.(표 8)

마. 포도 'Black Olimpia' 품종의 수확후 호흡생리 특성연구

(표 9). 포도 'Black Olimpia' 품종의 수확후 상온(20±2℃)에서 속도별 탄산가스 및 에틸렌 발생량의 변화

조사항목	속 도	처 리 기 간(일)						
		0	2	4	6	8	11	13
탄산가스	미 속 과	12.3	8.8	11.6	10.4	10.4	14.4	17.6
(ml/kg/hr)	적 속 과	11.7	8.8	10.1	10.7	8.4	13.7	18.4
에틸렌	미 속 과	416	46	74	*	*	82	208
(nl/kg/hr)	적 속 과	205	71	70	*	*	47	347

* : 불검출

블랙올림피아 품종의 탄산가스 발생량은 약10ml/Kg/hr 정도로서 속도간 및 처리기간에 따라서 차이가 없다가 상온에서 13일째 큰폭으로 증가하는 현상을 보였는데 이는 과실의 호흡에 의한 것이라기보다는 과피의 미생물에 의한 것으로 판단되며 에틸렌의 발생은 수확시 미속과가 적속과 보다 많았으며 처리기간이 경과됨에 따라 속도에 관계없이 감소하였고 상온에서 6일후에는 검출이 되지 않았으나 11일째에 다시 에틸렌이 발생되었는데 이는 탄산가스 발생량의 증가 시기와 동일한 시점으로서 포도의 과피에 붙어있던 미생물의 영향이라고 생각된다.(표 9)

(표 10) 포도 'Black Olimpia' 품종의 수확후 저온(0-2℃)에서 속도별 탄산가스 및 에틸렌 발생량의 변화

조사항목	속 도	처 리 기 간(일)							
		0	5	11	16	20	26	32	40
탄산가스	미 속 과	12.3	6.1	5.3	10.1	5.5	6.9	6.5	5.7
(ml/kg/hr)	적 속 과	11.7	5.3	5.6	5.9	5.6	7.5	6.3	6.3
에틸렌	미 속 과	416	*	82	384	333	*	*	*
(nl/kg/hr)	적 속 과	205	*	47	300	337	*	*	*

* : 불검출

블랙올림피아 품종의 저온에서 탄산가스 발생량은 수확시 미속과가 적속과보다 많았으며 저온에서 처리기간별로 큰변화가 없었고 속도간에도 차이는 없었다. 에틸렌발생량은 수확시 미속과가 많았으며 처리5일째에는 검출이 되지 않았다가 저온에서 11일 이상 지남에 따라 속도에 관계없이 점점 발생량이 많아졌으며 저장 말기에는 검출되지 않는 특징을 보였다(표 10).

바. 단감 부유 품종의 호흡생리특성 연구

(표 11) 단감(부유)의 상온(20±2℃)에서 속도별 호흡량 및 에틸렌 발생량

분석항목	속도	처 리 기 간 (일)									
		0	2	4	7	9	11	13	16	18	20
탄산가스 (ml/kg/.hr)	미속	7.5	4.6	4.3	6.3	5.7	5.6	4.7	3.9	5.2	5.9
	적속	6.1	4.4	4.6	6.7	6.6	6.6	5.5	4.7	7.4	7.6
에틸렌 (nl/kg/hr)	미속	122	112	60	trace	trace	63	144	trace	272	71
	적속	111	105	50	trace	164	67	169	trace	266	135

수확시 미속과가 적속과보다 호흡량이 많았으나 처리기간이 경과함에 따라 대체로 적속과의 호흡량이 미속과보다 많았다. 에틸렌 발생량은 속도 및 처리기간에 따라서 일정한 경향치가 없었다.

(표 12) 단감(부유)의 저온(0~2℃)에서 속도별 호흡량 및 에틸렌 발생량

분석항목	속도	처 리 기 간 (일)						
		0	6	10	17	23	28	32
탄산가스 (ml/kg/.hr)	미속	7.5	3.6	3.9	3.9	4.1	3.8	4.2
	적속	6.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.5	3.7
에틸렌 (nl/kg/hr)	미속	122	113	119	115	123	117	124
	적속	111	162	184	137	131	121	143

저온에서 탄산가스 발생량은 미속과, 적속과 모두 처리기간이 경과되면서 감소하는 경향을 보였고, 에틸렌 발생량은 숙기 및 처리기간에 따른 차이는 거의 없었다.

2. 환경기체 조성에 따른 호흡생리 및 품질 특성

가. 사과 '홍로, 후지' 품종의 환경 기체 조성에 따른 저장 중 호흡 생리 특성

사과 '홍로' 품종의 에틸렌은 저장 60일까지 서서히 증가하다가 그후로 감소하는 경향을 나타내었고, 무처리구 에틸렌 생성량이 약간 많았지만, 같은 경향을 나타내었다. '후지' 품종은 저장 40일까지 증가하다가 그후에 감소하는 경향을 나타내었고, 혼합가스 처리구는 무처리구보다 현저히 낮은 에틸렌 생성량을 나타내어 CA 저장에 에틸렌 생성이 억제 효과가 나타났다(Fig.1).

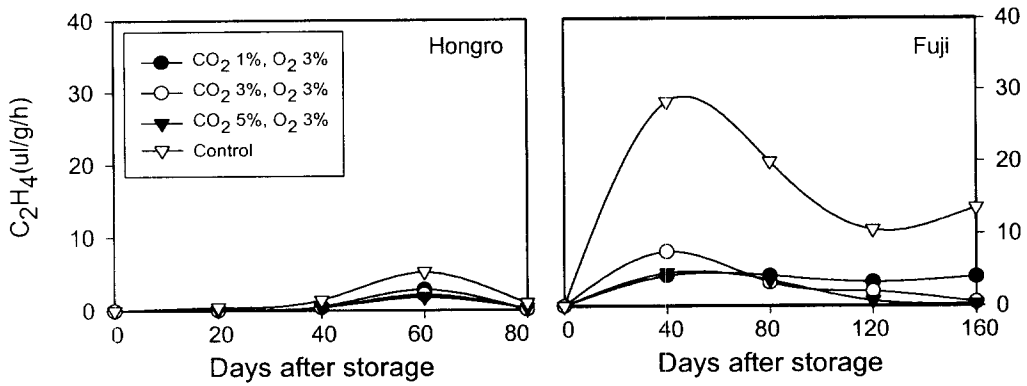


Fig. 1. Changes in ethylene production of 'Hongro' and 'Fuji' apple during CA storage.

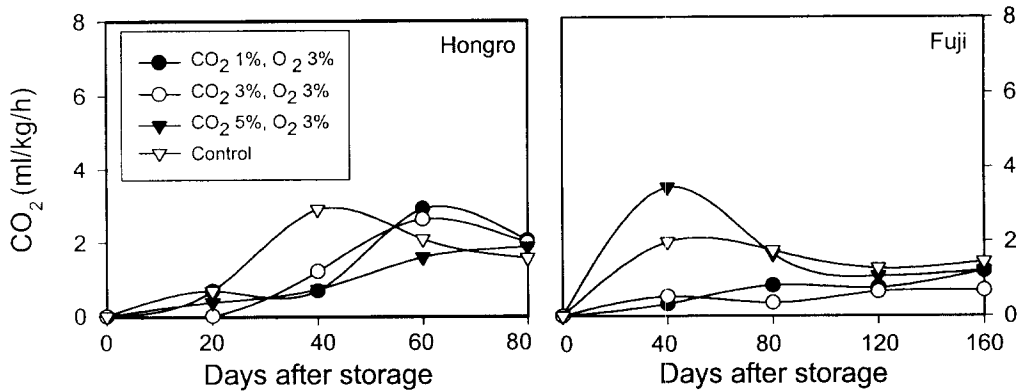


Fig. 2. Changes in respiration rate of 'Hongro' and 'Fuji' apple during CA storage.

사과 '홍로' 품종은 저장후기인 60일후에 호흡량이 급격히 증가하는 경향을 나타내어 대조구를 제외한 모든 처리구가 같은 경향을 나타내었고, 대조구는 저장중기인 저장 40일에 호흡량이 급격히 증가하였고, 그 후에는 감소하는 경향을 나타내었다. '후지' 품종은 저장초기인 40일에 CO₂ 5%+O₂ 3%구와 대조구에서 가장 높은 호흡량을 나타내었고, 그 후에는 모든 처리구가 일정한 경향을 나타냈었다. 또한 대조구의 호흡량은 무처리구에 비해 전체적으로 높은 경향을 나타내어 '후지' 품종이 CA 조건에서 호흡량이 억제되는 것을 나타내고 있다(Fig. 2).

나. 배 '황금, 신고' 품종의 환경 기체 조성에 따른 저장 중 호흡 생리 특성

황금배의 에틸렌 생성량은 저장기간동안 극히 미약한 경향을 나타내었으나 저장 후기에 약간의 에틸렌 생성량이 증가되는 것으로 나타났다. 배 '신고' 품종도 황금배와 유사하게 낮은 에틸렌 생성량을 나타내었는데 저장중기부터는 미량이지만 에틸렌이 검출되어 그 후 일정한 농도를 유지하였다. 그러나 '황금', '신고' 두 품종 모두 에틸렌 생성량이 극히 적기 때문에 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. (Fig. 3).

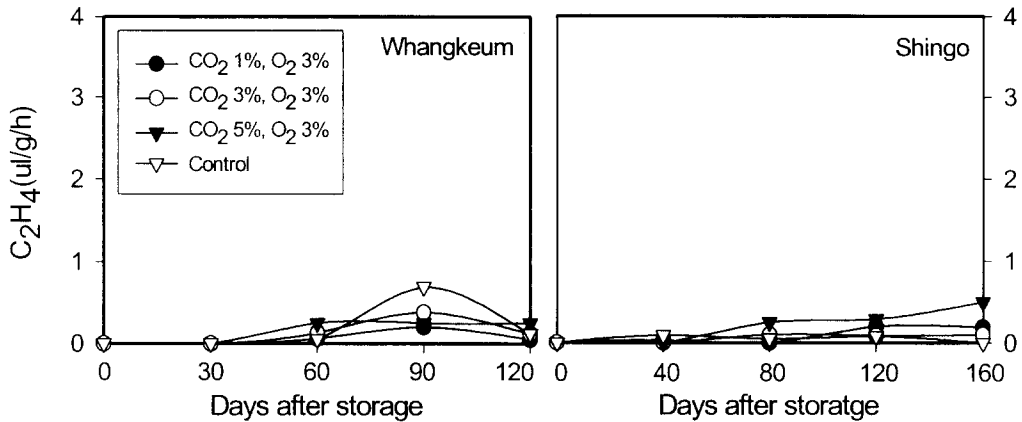


Fig. 3. Changes in ethylene content of 'Whangkeum' and 'Shingo' pear fruit during CA storage

배 '황금' 품종의 호흡량은 저장기간이 경과될수록 증가되는 경향을 나타냈으며, 무처리구와 CO₂ 3%+O₂ 3%구는 저장중기부터 다른 처리구에 비하여 높은 경향을 나타냈다. '신고' 품종의 호흡량은 저장초기부터 대조구와 CO₂ 1% + O₂ 3%구가 높은 경향을 나타내어 '황금' 품종과 다른 경향을 나타내었다(Fig. 4).

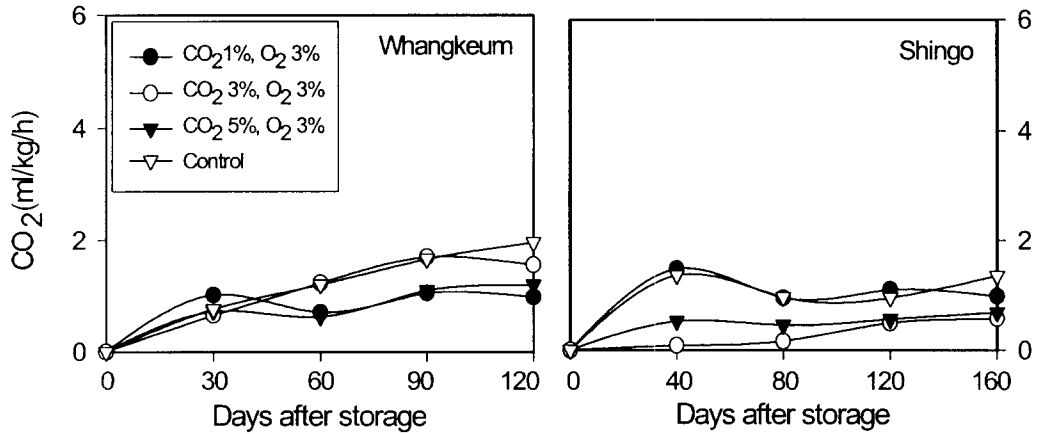


Fig. 4. Changes in carbon dioxide content of 'Whangkeum' and 'Shingo' pear fruit during CA storage

3. MA 기법에 따른 과실의 저장 특성

가. MA 기법에서 에틸렌 흡착제 처리 효과

저장 초기부터 PE 밀봉+에틸렌흡착제 처리구는 호흡량이 증가하는 경향을 나타내어 호흡량이 감소하는 경향을 나타낸 PE 밀봉 처리구보다 호흡량이 높게 나타났다. 이러한 경향은 저장후기까지 계속되었다. 무처리구는 PE 밀봉 처리구와 같은 경향을 나타내었다. 또한 에틸렌은 모든 처리구에서 검출되지 않았다.

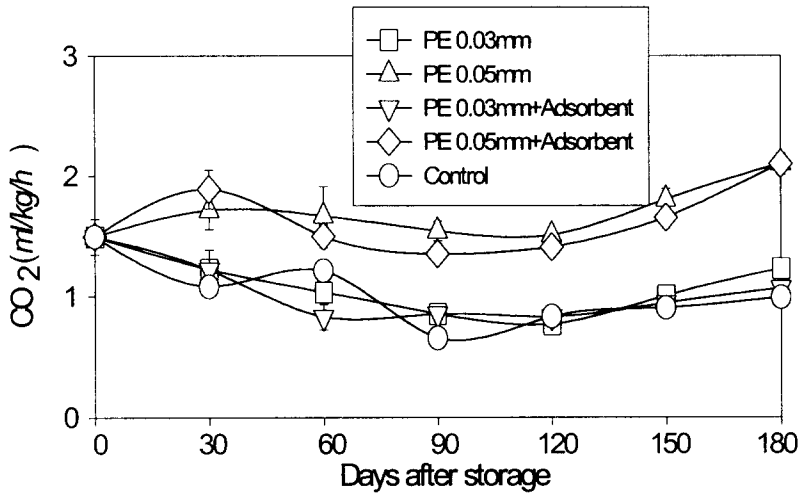


그림 5. 배 “신고” 품종의 저온저장중 호흡량의 변화

저장 90일까지는 PE 0.05mm 처리구와 PE 0.05mm+에틸렌흡착제 처리구의 호흡량이 높게 나타났고, 무처리구는 저장기간이 경과하면서 호흡량이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 에틸렌은 모든 처리구에서 검출되지 않았다.

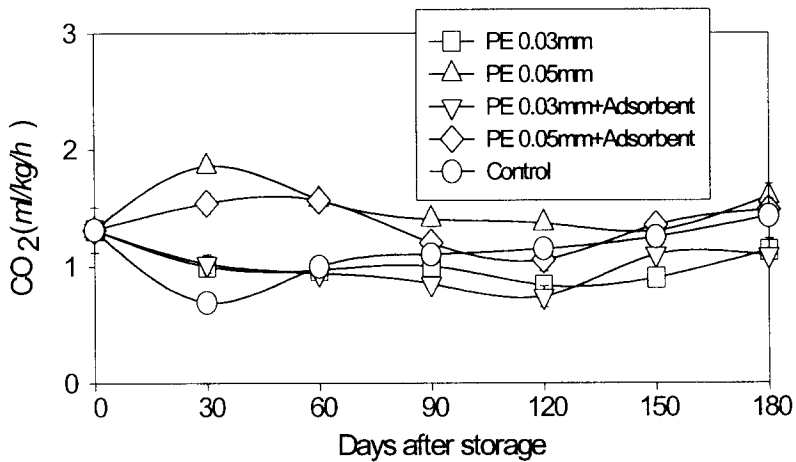


그림 6. 배 “추황” 품종의 저온저장중 호흡량의 변화

저장 초기에는 PE 0.03mm 처리구와 무처리구를 제외한 처리구에서 호흡량이 유의하게 증가하였으나, 저장 60일째에 모든 처리구에서 호흡량이 급격히 감소하였다. 저장 60일부터는 PE 0.05mm 처리구가 다른 처리구에 비하여 높은 호흡량을 유지하였으

며, PE 0.05mm+에틸렌흡착제 처리구도 저장 후기에 같은 경향을 나타내었다. 또한 에틸렌은 모든 처리구에서 검출되지 않았다.

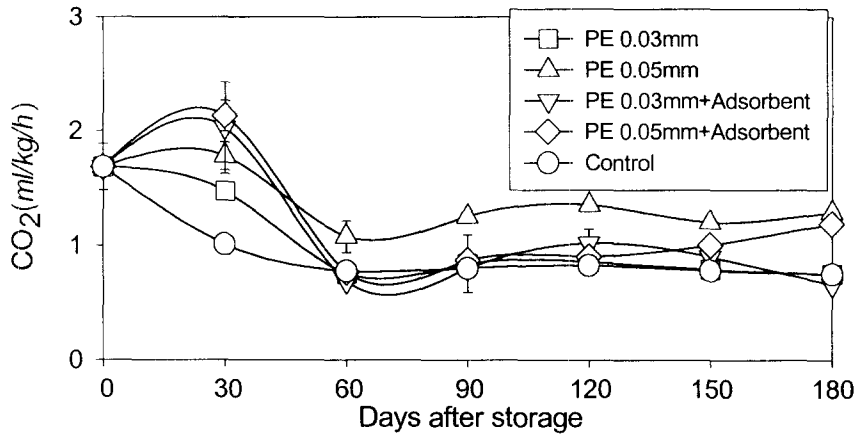


그림 7. 배 “감천” 품종의 저온 저장중 호흡량의 변화

저장 60일까지는 모든 처리구에서 호흡량이 꾸준히 증가하였고, 그후에는 호흡량이 일정하게 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 무처리구는 저장 120일까지 높은 호흡량을 유지하였고, 에틸렌흡착제 처리구는 다른 무처리구에 비하여 낮은 호흡량을 나타내었다.

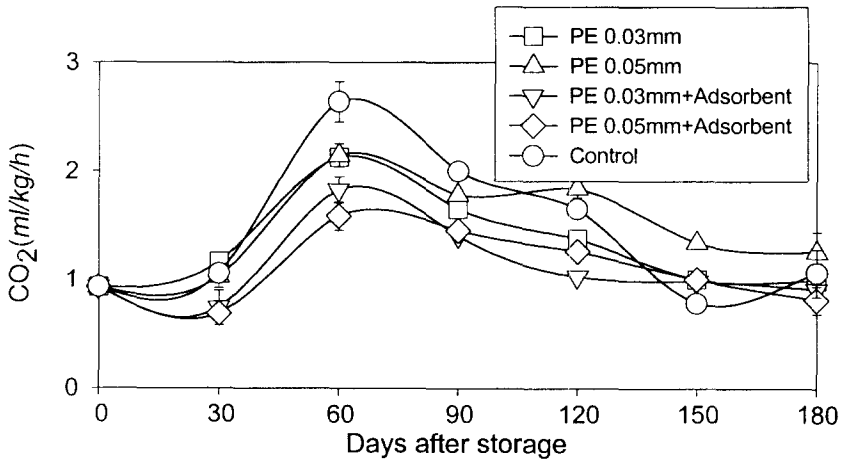


그림 8. 사과 “후지” 품종의 저온저장중 호흡량의 변화

PE 밀봉+에틸렌흡착제 처리구와 PE 0.05mm 처리구의 에틸렌 생성량은 저장기간 동안 극히 미미하게 생성되었으나, PE 0.03mm 처리구와 무처리구는 저장 60일까지 에

틸렌생성량이 유의하게 증가하였고, 저장 90일부터는 일정한 수준을 유지하였다.

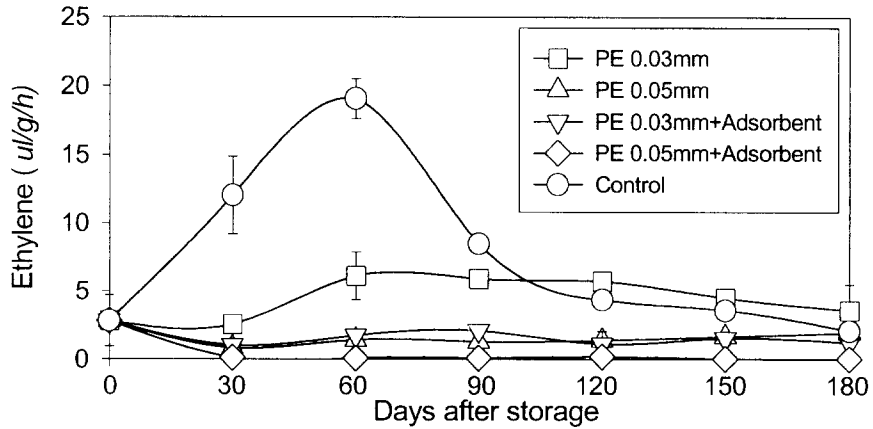


그림 9. 사과 “후지” 품종의 저온저장중 에틸렌 생성량의 변화

배 “추황” 품종의 경도 변화는 에틸렌흡착제 처리구가 다른 처리구에 비하여 높은 경도를 나타내었다. 배 “감천” 품종의 경도 변화는 처리구가 무처리구에 비하여 높게 나타나 효과적이었으나 에틸렌흡착제 처리에 의한 효과는 나타나지 않아 에틸렌흡착제가 “감천” 품종의 경도 유지에는 효과가 없었다. 사과 “후지” 품종의 경도 변화는 PE 밀봉+에틸렌흡착제 처리구가 저장기간 동안 높은 경도값을 유지하여 에틸렌흡착제가 사과의 경도유지 효과가 있는 것으로 나타났다.

배 “신고, 추황” 품종의 무처리구 중량감소율은 저장 30일에 전체 중량감소율의 약 40%가 감소되어 저장 초기에 현저한 중량감소가 일어났다. 또한 PE 밀봉 처리구의 중량감소는 저장기간 동안 미미한 수준에 그쳤다. 배 “감천”, 사과 “후지” 품종의 무처리구 중량감소는 “신고, 추황” 품종과 달리 저장기간동안 일정한 수준으로 중량이 감소되었으며, 전체 감소량도 현저히 낮게 나타났다. 또한 PE 밀봉 처리구의 중량감소는 미미한 수준에 그쳤다.

(표 13) 배, 사과 품종별 저온저장중 경도의 변화(단위 : N/φ4mm)

품종	구분	저장기간(일)						
		0	30	60	90	120	150	180
배(신고)	PE 0.03mm	12.9	12.9	7.2	7.6	5.6	7.5	7.8
	PE 0.05mm	12.9	15.4	6.8	6.9	6.1	6.8	7.6
	PE 0.03mm	12.9	11.5	8.5	8.0	7.4	6.9	7.4
	+에틸렌흡착제							
	PE 0.05mm	12.9	15.1	7.9	7.5	6.9	7.4	7.9
	+에틸렌흡착제							
배(추황)	무처리	12.9	12.3	7.7	7.5	8.4	7.4	7.8
	무처리	14.8	15.8	7.9	7.5	7.8	7.5	7.6
	PE 0.03mm	14.8	13.6	8.1	8.4	9.0	8.0	8.2
	PE 0.05mm	14.8	13.2	8.6	7.6	6.7	7.2	8.4
	PE 0.03mm	14.8	11.3	8.3	8.5	9.1	10.3	11.0
	+에틸렌흡착제							
	PE 0.05mm	14.8	14.6	8.8	8.1	9.6	8.4	8.1
	+에틸렌흡착제							
배(감천)	PE 0.03mm	11.0	11.0	7.7	7.6	9.7	8.5	9.9
	PE 0.05mm	11.0	13.9	6.6	6.4	9.4	7.9	8.7
	PE 0.03mm	11.0	13.0	6.4	6.8	7.9	7.5	8.1
	+에틸렌흡착제							
	PE 0.05mm	11.0	12.2	9.2	7.9	8.2	8.7	7.2
	+에틸렌흡착제							
사과(후지)	무처리	11.0	12.7	7.8	7.4	5.5	6.8	7.3
	PE 0.03mm	14.7	12.3	7.7	7.5	7.3	7.5	7.2
	PE 0.05mm	14.7	11.0	7.7	8.1	9.6	7.5	7.4
	PE 0.03mm	14.7	11.0	8.6	8.5	8.3	9.1	9.2
	+에틸렌흡착제							
	PE 0.05mm	14.7	14.3	8.7	8.9	7.9	8.6	8.9
	+에틸렌흡착제							
	무처리	14.7	13.1	9.6	9.9	10.1	9.5	9.7

(표 14) 배, 사과 품종별 저온저장중 증량감소율의 변화 (단위 : %)

품종	구분	저장기간(일)						
		30	60	90	120	150	180	
배(신고)	PE 0.03mm	0.20	0.19	0.25	0.37	0.24	0.25	
	PE 0.05mm	0.48	0.18	0.16	0.24	0.34	0.42	
	PE 0.03mm +에틸렌흡착제	0.27	0.21	0.30	0.42	0.40	0.41	
	PE 0.05mm +에틸렌흡착제	0.43	0.21	0.18	0.21	0.28	0.30	
	무처리	7.19	8.77	12.56	14.50	15.89	17.56	
	배(추황)	PE 0.03mm	0.06	0.10	0.23	0.37	0.41	0.52
배(추황)	PE 0.05mm	0.06	0.06	0.18	0.27	0.28	0.38	
	PE 0.03mm +에틸렌흡착제	0.06	0.17	0.28	0.31	0.47	0.57	
	PE 0.05mm +에틸렌흡착제	0.06	0.17	0.14	0.18	0.35	0.44	
	무처리	7.42	9.53	13.45	15.18	16.51	18.07	
	배(감천)	PE 0.03mm	0.10	0.19	0.24	0.37	0.45	0.53
		PE 0.05mm	0.05	0.08	0.15	0.23	0.23	0.37
PE 0.03mm +에틸렌흡착제		0.09	0.15	0.21	0.30	0.41	0.50	
PE 0.05mm +에틸렌흡착제		0.00	0.09	0.15	0.23	0.29	0.38	
무처리		2.72	5.26	7.25	10.15	11.24	12.74	
사과(후지)		PE 0.03mm	0.25	0.26	0.38	0.43	0.41	0.50
	PE 0.05mm	0.25	0.08	0.28	0.15	0.35	0.41	
	PE 0.03mm +에틸렌흡착제	0.25	0.32	0.32	0.52	0.41	0.36	
	PE 0.05mm +에틸렌흡착제	0.17	0.25	0.31	0.24	0.21	0.26	
	무처리	2.68	5.37	6.74	8.82	9.10	9.46	

나. MA 기법에서 포장재 투과율이 저장중 생리장해에 미치는 영향

(표 15) 사과 '후지' 품종의 저온 저장중 밀봉 필름 두께별 내부 갈변율(%)의 변화

포장방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
무처리	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PE 0.03mm	0	5.3	5.0	4.5	8.9	12.5	13.3
PE 0.05mm	0	66.7	100	100	100	100	폐기

사과 '후지' 품종의 내부 갈변율에 있어서 0.03mm 필름은 저장 180일에 13.2%의 갈변율을 나타내었는데 반하여 0.05mm 필름으로 밀봉시 저장 30일만에 66.7%로 높은 내부 갈변율을 보였다. (표 15)

(표 16) 사과 '후지' 품종의 저온 저장중 밀봉 필름 두께별 당도(%) 변화

포장방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
무처리	13.12	13.23	15.36	15.57	13.66	14.35	13.90
PE 0.03mm	13.12	14.30	14.96	13.93	13.60	13.10	13.20
PE 0.05mm	13.12	14.52	14.47	14.17	12.53	13.97	폐기

사과 '후지' 품종의 당도는 약 13~14% 였으며 저온 저장시 포장 방법별 큰 차이는 없었다.(표 16) 사과 '후지' 품종의 저온 저장중 경도 변화는, 처리간에 큰 차이 없이 저장 초기 60~90일 까지는 증가하다가 저장 기간이 길어짐에 따라 점차 감소하는 특징을 나타내었다.(표 17) 배 '감천' 품종의 저온 저장 중 과심 갈변율에 있어서 종이봉지 처리구가 저장 180일에 71.4%로서 가장 높았으며 대체로 PE 밀봉 처리구가 낮은 특징을 보였다.(표 18)

(표 17) 사과 '후지' 품종의 저온 저장중 밀봉 필름 두께별 경도(N/4mm) 변화

포장방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
무처리	25.12	34.49	29.47	31.91	24.34	25.60	23.71
PE 0.03mm	25.12	27.59	31.72	28.62	21.60	23.30	19.35
PE 0.05mm	25.12	32.43	34.08	31.25	23.64	26.29	폐기

(표 18) 배 '감천' 품종의 저온 저장 중 포장 방법별 과심 변색율(%)의 변화

포장 방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
플라스틱 망	0.0	0.0	27.5	24.5	26.0	60.0	55.0
종이 봉지	0.0	0.0	33.3	25.0	31.5	65.0	71.4
플라스틱 망 + PE ¹⁾	0.0	2.4	22.5	20.0	15.7	25.0	35.0
종이 봉지 + PE	0.0	0.0	4.4	6.4	10.0	15.0	25.0

¹⁾ Polyethylene 0.03mm

(표 19) 배 '감천' 품종의 저온 저장중 포장 방법별 경도(N/4mm) 변화

포장 방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
플라스틱 망	25.60	26.61	32.55	31.39	30.21	27.22	21.90
종이 봉지	25.60	24.77	33.20	32.06	28.4	21.58	22.61
플라스틱 망 + PE ¹⁾	25.60	26.30	33.38	30.52	33.69	26.24	20.07
종이 봉지 + PE	25.60	25.34	34.01	30.31	28.17	27.24	23.85

¹⁾ (표 4)와 동일

배 ‘감천’ 품종의 경도 변화는 저장 60일까지 증가하다가 저장기간이 길어짐에 따라 점차 감소하는 특징을 보였으며(표 19) 배 ‘감천’ 품종의 저온 저장 중 중량 감소율에 있어서, PE 필름 포장 처리구의 중량 감소율은 거의 없었으며 플라스틱 망이나 종이 봉지 처리구에 있어서도 중량감소율은 3% 내외로 매우 낮은 경향을 보였다. (표 20)

(표 20) 배 ‘감천’ 품종의 저온 저장중 포장 방법별 중량감소율(%)의 변화

포장 방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	120	150	180
플라스틱 망	100	98.9	99.0	98.0	98.1	97.4	97.0
종이 봉지	100	99.2	99.1	99.5	98.2	97.8	97.3
플라스틱 망 + PE ¹⁾	100	100	99.9	99.9	99.7	100.2	100.1
종이 봉지 + PE	100	100	99.9	99.9	99.8	100.2	100.2

¹⁾ (표 4)와 동일

(표 21) 배 ‘감천’ 품종의 저온 저장중 포장 방법별 색도(a-value)의 변화

포장 방법	저장기간(일)						
	0	30	60	90	150	180	
플라스틱 망	-0.18	2.87	3.36	4.59	5.52	6.13	
종이 봉지	-0.18	3.94	4.69	5.35	6.33	6.76	
플라스틱 망 + PE ¹⁾	-0.18	1.1	1.29	1.63	1.95	2.42	
종이 봉지 + PE	-0.18	0.3	0.8	1.2	1.57	1.32	

¹⁾ (표 4)와 동일

배 ‘감천’ 품종의 저온 저장 중 색도 a값의 변화에 있어서 저장 기간이 길어짐에 따라 전체적으로 증가하였는데 플라스틱 망 과 종이봉지 처리구가 PE 필름 밀봉 처리구 보다 증가 폭이 큰 특징을 나타내었다.(표 21)

요 약

1. 과실류 호흡생리 특성 조사

배 “행수” 품종의 상온 미숙과에 있어서 수확후 10~11일 정도에서 호흡량이 약간 상승되었으며 상온 적숙과에 있어서는 수확 당시 호흡량이 높았고 그 뒤로는 전반적으로 떨어지는 경향을 보였다. 저온(0~2℃)에서는 수확당시 호흡량 및 에틸렌 발생량이 높았다가 저온에서 급격히 떨어졌으며 저장기간 중에는 큰 변화가 없었다. “장

십량” 품종의 경우 상온에서 미숙과는 처리 7일 이후 호흡량이 높아졌다가 점차적으로 낮아졌으며 적숙과는 처리 5일후에 호흡량이 높았다가 점차적으로 낮아지는 경향이 있었다. 저온에서 속도별 호흡량은 미숙과와 적숙과 공이 저온 처리후 호흡량이 급격히 떨어져 일정한 발생량을 나타냈으며 적숙과가 미숙과보다 탄산가스 발생량이 약간 많았다. “신고” 품종에서는 상온 적숙과가 미숙과보다 호흡량이 많았으며 처리기간별로는 수확시보다 저장 중에 약간 감소하는 경향이었고 에틸렌 발생량은 미숙과 및 적숙과 모두 소량(약 30nl/kg/hr) 검출되었다. 저온에서는 입고후부터 속도에 관계없이 탄산가스 발생량이 급격히 줄어들었으며 처리기간 내내 일정한 수준을 유지하였다.

캠벨어리 품종의 수확후 상온에서 탄산가스 발생량은 속도별 및 처리 기간별로 큰 변화가 없었다. 에틸렌 발생량은 수확후 미숙과가 223nl/kg/hr 이고 적숙과가 270nl/kg/hr 로서 미숙과가 약간 높았으며 처리일수가 경과함에 따라 속도에 관계없이 급격한 감소를 보였다.

블랙올림피아 품종의 탄산가스 발생량은 약10ml/Kg/hr 정도로서 속도간 및 처리기간에 따라서 차이가 없었으며 에틸렌의 발생은 수확시 미숙과가 적숙과 보다 많았으며 처리기간이 경과됨에 따라 속도에 관계없이 감소하였다. 블랙올림피아 품종의 저온에서 탄산가스 발생량은 수확시 미숙과가 적숙과보다 많았으며 저온에서 처리기간 별로 큰변화가 없었고 속도간에도 차이는 없었다.

단감 “부유” 품종은 수확시 미숙과가 적숙과보다 호흡량이 많았으나 처리기간이 경과함에 따라 대체로 적숙과의 호흡량이 미숙과보다 많았다. 에틸렌 발생량은 속도 및 처리기간에 따라서 일정한 경향치가 없었다. 저온에서 탄산가스 발생량은 미숙과, 적숙과 모두 처리기간이 경과되면서 감소하는 경향을 보였고, 에틸렌 발생량은 속기 및 처리기간에 따른 차이는 거의 없었다.

2. 환경기체 조성에 따른 호흡생리 및 품질 특성

사과 ‘홍로’ 품종의 에틸렌은 저장 60일까지 서서히 증가하다가 그후로 감소하는 경향을 나타내었고, 무처리구 에틸렌 생성량이 약간 많았지만, 같은 경향을 나타내었다. 황금배의 에틸렌 생성량은 저장기간동안 극히 미약한 경향을 나타내었으나 저장 후기에 약간의 에틸렌 생성량이 증가되는 것으로 나타났다. 배 ‘신고’ 품종도 황금배와 유사하게 낮은 에틸렌 생성량을 보였다.

3. MA 기법에 따른 과실의 저장 특성

저장 초기부터 PE 밀봉+에틸렌흡착제 처리구는 호흡량이 증가하는 경향을 나타내어 호흡량이 감소하는 경향을 나타낸 PE 밀봉 처리구보다 호흡량이 높게 나타났다. 무처리구는 PE 밀봉 처리구와 같은 경향을 나타내었으며 에틸렌은 모든 처리구에서 검출되지 않았다. 사과 ‘후지’ 품종의 내부 갈변율에 있어서, 0.03mm 필름은 저장

180일에 13.2%의 갈변율을 나타내었는데 반하여 0.05mm 필름으로 밀봉시 저장 30일만에 66.7%로 높은 내부 갈변율을 보였다. 배 '감천' 품종의 저온 저장 중 과심 갈변율에 있어서 종이봉지 처리구가 저장 180일에 71.4%로서 가장 높았으며 대체로 PE 밀봉 처리구가 낮은 특징을 보였다.

인용문헌

- Abdulilah Mokhlif Al Ani and D.G. Rechardson, 1985. Effect of calcium and nitrogen on respiration and ethylene evolution of Anjou pear fruit. Iraqi J. Agric. Sci. "Zanco". 3(4):81-95.
- Blanpied, G.D., and E. Hansen, 1968. The effect of oxygen, carbon dioxide and ethylene on the ripening of pears at ambient temperature. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93:813-816.
- Chavez Franco S. H. and A.A. Kader, 1993. Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in Bartlett pears. Postharv. Biol. Technol. 3(3):183-190.
- Downs, C.G., C.J. Brady, J. Campbell, W.B. McGlasson, 1991. Normal ripening cultivars of pyrus serotina are either climacteric or non-climacteric. Scientia Horticulturiae. 48(3/4):213-221
- Ivanchenko-VI, Kantsaeva-UI, and Rutovskaya-IL. 1994. Respiratory gaseous exchange of grape berries during long-term storage. Vinogradstvo-i-Vinodelie, No. 1: 69-72, 4ref
- Inaba-A, Kubo-Y, and Nakamura-R. 1989. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruit and vegetable with special reference to temperature. Journal of the Japanese Society for Hort. Sci. 58(3):713-718, 15ref
- James A, Wolpert, Gordon S. Howell, and Charles E. Cress. 1980. Sampling Strategies for Estimates of Cluster Weight, Soluble Solid and Acidity of 'Concord' Grapes
- Kitamura, T. 1987. The influence of harvest dated, ripening temperature and ethylene treatment on the ripeing physiology and quality of La France pear. J. Japan.Soc. Hort. Sci. 56(2):229-235.
- Ning, B., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1991. Ripening characteristics of chinese pear Yali fruit on and off tree. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60(3):703-710.
- Ning, B., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1992. Effects of storage temperature on occurrence of chilling injury and storage life in chinese pear Yali. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61(2):461-467.
- Richardson, D .G. and Al Ani Am. 1982. Calcium and nitrogen effect on d'Anjou

- pear fruit respiration and ethylene evolution. *Acta Hort.* 124:195-201.
- Santara, M. C., R. Mitchel and M. Torres. 1983. Respiration rate of some fruits showing climacteric pattern. Effect of prior cold storage. *Agrotecnia de Cuba* 15(1):79-84.
- Tian, M. S., E. W. Hewett and R. E. Lill. 1994. Effects of carbon dioxide on ethylene forming enzyme activity in Japanese pear and apple. *Postharv. Biol. Technol.* 4(1/2) 1-12.
- Tian, M. S., E. W. Hewett and R. E. Lill. 1994. Effects of inhibitors on the carbon dioxide-stimulation of ethylene-forming enzyme activity in fruit of Japanese pear and apple. *Postharv. Biol. Technol.* 4(1/2) 13-21.
- Watada-AE, Ko-NP, and Minott-DA. 1996. Factors affecting quality of fresh cut horticultural products. *Postharvest Bio. and Tech.* 9(2):115-125, 37ref
- W. Mark Kliewer. 1966. Sugar and Organic acid of *Vitis Vinifera*. *plant physiol* 41 : 923-931

제 3 장 원예산물 적정 CA 조건 구명 및 system 국산화 연구

제 1 절 채소류 적정 CA 저장 조건 구명

서 설

CA저장은 영국의 Kidd와 West가 냉장하지 않고 인위적으로 조절된 환경 가스를 이용한 과실 저장의 가능성에 대한 연구에서 비롯되었고, 초기에는 냉장 조건하에서 저장기간을 더욱 연장시키기 위한 보조 수단으로 활용되어 본격적으로 발달하게 되었다. 국내 CA 저장이 선진 외국으로부터 도입은 되었으나 국내에서 재배되고 생산된 주요 채소류에 대한 적정 조건구명이 되어있지 않은 실정이다. 이에 원예작물 수확 후 품질유지를 위한 CA 저장 실용화를 대비하여 적정 CA조건이 설정되어야 할것으로 판단되어 국내 주요 채소인 딸기, 양파, 마늘, 방울토마토를 시험재료로 하여 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

- 가. 딸기 : 보교조생, 여봉
- 나. 양파 : 창녕대고, 박피양파
- 다. 마늘 : 서산마늘
- 라. 방울토마토 : 꼬꼬

2. 처리내용

딸기 '보교조생'의 CA 조건은 CO₂ 5, 10, 15%, O₂ 3%, '여봉'은 O₂ 농도 3, 8% 및 CO₂ 10, 15, 20% 하였으며 '창녕대고'는 O₂ 농도 1, 5% 및 CO₂ 5, 10% 로 처리하였고 박피양파는 양파를 박피후 0.03mm PE film에 진공, 유공, 무공처리를 하였으며 서산마늘은 O₂ 3%, CO₂ 4, 8, 12% 농도로 처리하였다. 방울토마토는 O₂ 3, 6%, CO₂ 2, 5%로 처리하였다.

결과 및 고찰

1. 딸기 '보교조생' 적정 CA저장 조건 설정

CO₂ 조건에 따른 CA저장 및 저온저장중 딸기 '보교조생'의 부패과율은 표 1과 같이 저장저온저장에서는 저장 4일째에 20%가 발생하였으나 CO₂ 15% 저장은 저장 25일에 21.9%로 3주간 저장이 가능한 것으로 여겨졌으며 전체적으로 CO₂ 농도가 높을수록 부패과율이 적게 발생하였다.

(표 1) CA 저장조건에 따른 저장 중 딸기 '보교조생'의 부패과율 (%)

처 리	저장일수(일)										
	0	4	7	11	14	17	21	25	28	32	
CO ₂ 농도	5%	0	5	6.7	8.9	13.3	19.7	29.4	-	-	-
	10%	0	5	5	6.1	9.6	16	21.9	27.9	31.5	36.2
	15%	0	1.7	5	6.1	8.3	10.7	16.7	21.9	29.0	32.0
Control	0	20	22.5	31.7	38.8	46	52.5	-	-	-	

* CA저장의 O₂ 농도 : 3%

(표 2) CA 저장조건에 따른 저장 중 딸기 '보교조생'의 당도 변화 (°Bx)

처 리	저장일수(일)										
	0	4	7	11	14	17	21	15	28	32	
CO ₂ 농도	5%	7.9	7.9	8.0	7.7	7.3	7.4	7.1	-	-	-
	10%	7.9	7.8	7.9	7.8	7.5	7.4	7.1	6.7	7.0	5.9
	15%	7.9	7.8	7.5	7.3	7.1	7.0	6.8	6.7	6.9	6.3
Control	7.9	7.2	7.2	6.9	7.0	7.0	6.5	-	-	-	

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

저장중 딸기 '보교조생'의 당도변화는 표2와 같이 저장 4일째 CA저장 처리구는 초기 당도가 유지되었으나 저온저장에서는 감소를 나타내었다. 그러나 저장이 경과하면서 전체적으로 당도는 감소하였고, 21일째에 저온저장에서는 6.5 °Bx로 당도가 낮아졌으며 CO₂ 농도에 따른 CA저장구는 비슷한 경향을 나타내었다. 표3은 저장중 총산의 변화를 나타낸 것으로 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나 처리간에는 큰 차이 없이 CO₂ 15%처리구에서 저장 21일후 0.54%로 저온저장의 0.59%보다 약간 낮게 나타내었다.

저장중 딸기 '보교조생'은 연화되면서 경도가 낮아 지는데 표4와 같이 저장 21일에 CO₂ 15%처리구는 41.7g 으로 가장높게 유지할수 있어 효과적이었으나 저온저장 및 CO₂ 5%처리구는 각각 33.6, 33.3g으로 저장초기의 경도보다 많이 연화되었음을 알 수 있었다. 표5는 CA저장조건에 따른 딸기의 색도 변화를 나타낸 것으로 저장초기

에는 처리간에 커다란 차이를 발견 할 수 없었고 단지 21일후 CO₂ 10% 및 15%처리구는 모두 L, a, b값이 크게 감소하여 본래의 색에서 많이 벗어났음을 알수 있었다. 따라서 이상의 결과로 CA조건중 CO₂ 15%처리구가 딸기의 선도유지에 가장 효과적임을 보였으며 이 처리구에서의 shelf-life 는 3wen가 가능 한 것으로 판단되었다.

(표 3) CA저장조건에 따른 저장 중 딸기 '보교조생'의 총산 변화 (%)

처 리	저장일수(일)										
	0	4	7	11	14	17	21	15	28	32	
CO ₂ 농도	5%	0.75	0.65	0.65	0.64	0.57	0.57	0.64	-	-	-
	10%	0.75	0.66	0.68	0.69	0.60	0.59	0.62	0.57	0.59	0.44
	15%	0.75	0.66	0.65	0.66	0.59	0.58	0.54	0.51	0.46	0.39
Control		0.75	0.72	0.66	0.68	0.61	0.59	0.59	-	-	-

* CA저장의 O₂ 농도 : 3%

(표 4) CA저장조건에 따른 저장중 딸기 '보교조생'의 경도 변화 (g)

처 리	저장일수(일)										
	0	4	7	11	14	17	21	15	28	32	
CO ₂ 농도	5%	47.5	46.4	44.1	44.4	46.2	44.9	33.3	-	-	-
	10%	47.5	48.5	47.9	44.6	41.9	41.7	36.7	35.5	38.5	27.8
	15%	47.5	47.2	46.4	46.6	46.6	46.4	41.7	40.2	38.6	35.7
Control		47.5	42.8	42.9	42.7	40.3	35.8	33.6	-	-	-

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

(표 5) CA저장조건에 따른 저장중 딸기 '보교조생'의 Hunter value 의 변화

구분	저장 조건	0	4	7	11	14	17	21	25	28	32
L	저온저장	41.1	38.2	42.7	39.5	40.9	43.9	42.6	-	-	-
	O ₂ 3%, CO ₂ 5%	41.1	39.4	43.3	41.1	40.6	43.5	42.0	-	-	-
	" , CO ₂ 10%	41.1	39.2	41.0	40.7	37.4	40.5	41.7	28.1	30.0	30.2
	" , CO ₂ 15%	41.1	39.5	43.0	42.5	41.5	42.9	43.1	28.6	30.1	29.2
a	저온저장	26.5	30.9	33.2	32.9	33.0	32.1	30.2	-	-	-
	O ₂ 3%, CO ₂ 5%	26.5	30.8	33.6	32.8	33.6	32.6	30.7	-	-	-
	" , CO ₂ 10%	26.5	30.9	33.9	34.5	33.5	33.5	31.6	24.0	24.2	22.6
	" , CO ₂ 15%	26.5	31.5	32.7	34.1	31.7	32.2	31.8	24.6	24.5	23.8
b	저온저장	28.1	32.8	31.4	31.6	33.7	37.6	34.2	-	-	-
	O ₂ 3%, CO ₂ 5%	28.1	30.5	33.3	33.6	33.8	33.1	33.4	-	-	-
	" , CO ₂ 10%	28.1	29.6	34.0	34.4	34.0	36.0	36.9	26.1	26.4	24.9
	" , CO ₂ 15%	28.1	32.1	33.8	36.2	34.5	35.8	35.0	25.8	26.5	24.2

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

2. 딸기 '여봉'의 적정 CA저장 조건 설정

'여봉' 딸기의 적정 CA조건을 구명하고 CA저장기간을 설정하고자 O₂ 3, 8% 및 CO₂ 10, 15, 20% 농도를 조합하여 CA저장한 결과 저온저장에서는 12일간 저장이 가능하였으나 CA저장은 O₂ 8%, CO₂ 15% 조건에서 28일간 저장이 가능하여 가장 적합한 조건을 나타내었고, O₂ 3%, CO₂ 15% 조건에서는 24일간 저장이 가능하였다.

CO₂ 및 에틸렌 발생량은 O₂ 3% 및 8% 모두 CO₂ 가 15%인 CA조건에서 적게 나타나 호흡 및 노화억제에 적합하였다 (표 6, 7).

(표 6) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉'의 CO₂ 발생량 (ml/kg/h)

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	
3	10	22.6	22.8	50.5	47.8	57.5	33.1	29.0	21.2	36.1	
	15	22.6	15.0	30.9	37.5	40.8	28.5	24.5	11.8	34.2	
	20	22.6	17.6	35.2	51.5	53.4	33.8	34.0	27.3	-	
8	10	22.6	24.1	32.4	49.2	51.6	27.6	28.5	16.7	27.3	
	15	22.6	13.7	21.4	46.6	48.1	27.6	28.5	13.2	31.2	
	20	22.6	24.3	27.2	44.5	64.6	39.2	27.8	33.2	-	
저온저장		22.6	16.4	61.8	69.9	73.3	71.2	39.3	-	-	

(표 7) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉'의 C₂ H₄ 발생량 (μl/g/h)

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	
3	10	0.24	0.52	0.5	0.3	0.46	0.71	0.66	0.81	0.92	
	15	0.24	0.53	0.45	0.99	0.25	0.72	0.93	0.73	0.80	
	20	0.24	1.41	0.39	1.39	0.34	1.19	0.99	1.13	-	
8	10	0.24	0.81	0.32	0.75	1.14	0.72	0.82	0.88	0.63	
	15	0.24	1.06	0.6	0.99	0.41	0.85	0.86	0.45	1.03	
	20	0.24	1.52	0.38	0.64	0.48	1.01	0.52	1.13	-	
저온저장		0.24	0.36	0.78	0.91	1.17	1.45	0.66	-	-	

경도는 O₂ 3 및 8% 모두 CO₂ 가 10% 및 15%인 CA조건에서는 저장 32일까지 100g/φ2mm 이상으로 유지되었으나 CO₂ 20% 농도에서는 O₂ 3% 일 때 20일, O₂ 8% 일때는 16일에 100g/φ2mm 미만으로 낮아져 연화가 심하였다(표 8).

CA저장중 비타민C 유지율은 O₂ 3 및 8% 모두 CO₂ 가 10, 15%인 CA조건에서는 저장 28일 까지 약 80% 유지되었으나 CO₂ 20%에서는 O₂ 3일 때 16일, O₂ 8%일 때는 저장 20일, 그리고 저온저장에서는 저장 12일에 80%이하로 낮아져 비타민C 손실이 높게 나타났다 (표 9).

(표 8) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉' 의 경도변화 (g/2mm)

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)								
		0	4	8	12	16	20	24	28	32
3	10	147	136	133	138	134	124	129	113	102
	15	147	140	125	130	131	124	119	122	120
	20	147	125	128	114	103	100	92	91	-
8	10	147	137	142	133	129	130	112	126	124
	15	147	134	136	134	119	116	112	108	126
	20	147	122	119	101	92	85	88	94	-
저온저장		147	106	107	101	93	85	83	-	-

(표 9) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉' 의 Vitamin C 변화 (mg/100g)

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)								
		0	4	8	12	16	20	24	28	32
3	10	63.7	60.4	56.6	53.5	51.7	55.0	54.8	51.6	49.2
	15	63.7	57.8	62.0	57.4	53.6	52.5	53.0	49.9	51.4
	20	63.7	63.2	56.6	55.0	50.1	47.9	44.7	41.0	-
8	10	63.7	59.3	55.2	53.9	51.6	54.5	47.0	49.2	46.3
	15	63.7	59.6	56.8	55.6	54.4	49.4	52.8	50.6	49.6
	20	63.7	60.7	58.8	58.5	54.3	46.2	38.9	42.3	-
저온저장		63.7	53.6	54.0	49.4	44.5	39.8	36.9	-	-

안토시아닌은 적숙 이전의 딸기를 저장하였기에 CA저장중 증가하다가 감소하였는데 CO₂ 농도가 낮을수록 안토시아닌 함량의 증가가 지연되었다(표 10).

Hunter color value중 "a"값의 변화는 증가하다가 낮아지는 경향을 나타내었으나 CA 조건에 따라서는 큰 차이를 나타내지 않았다(표 11).

(표 10) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉' 의 안토시아닌 변화 (mg/100g)

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	
3	10	8.2	9.6	10.1	10.4	10.2	10.6	15.7	12.5	12.0	
	15	8.2	10.8	10.9	11.8	17.0	14.4	12.6	12.0	11.7	
	20	8.2	9.8	15.7	13.0	12.1	12.1	13.1	6.8	-	
8	10	8.2	9.8	9.7	9.9	10.9	14.9	11.1	9.8	10.7	
	15	8.2	10.4	10.7	10.7	16.4	13.5	14.6	12.7	10.5	
	20	8.2	10.3	16.9	10.6	12.7	11.8	11.8	7.0	-	
저온저장		8.2	15.8	17.5	12.4	12.1	11.8	11.3	-	-	

(표 11) CA 저장조건에 따른 저장중 딸기 '여봉' 의 Redness(a) 변화

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	저 장 일 수 (일)									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	
3	10	39.6	40.0	41.8	42.6	40.9	40.3	39.7	39.7	38.9	
	15	39.6	40.3	41.4	41.6	41.0	40.8	40.2	40.2	39.4	
	20	39.6	39.8	41.4	42.5	42.0	40.1	39.7	37.2	-	
8	10	39.6	39.9	39.8	40.4	41.3	40.4	40.2	38.8	39.4	
	15	39.6	41.9	40.9	41.9	41.4	40.0	39.9	41.4	39.8	
	20	39.6	39.8	40.2	40.4	41.4	40.0	37.8	39.2	-	
저온저장		39.6	39.1	42.3	41.8	42.1	40.2	39.9	-	-	

3. 양파 ‘창녕대고’의 적정 CA저장 조건 설정

CA저장중 중량의 변화는 저장 1개월에 중량이 감소하다가 발근에 의해 2개월에는 증가하였으며 저온저장에서 가장 발근이 심한 것으로 나타났다.

양파의 hardness 및 springiness 는 저장 2개월 까지 낮아졌으며 CA저장 처리간에는 O₂ 농도에 관계없이 CO₂ 가 높은 10%처리에서 낮게 나타났다(표 14).

CA저장중 양파의 당도는 처리간에는 차이가 없이 증가하는 경향을 나타냈으며, 적정산도는 저장 2개월까지 차이가 나타나지 않았지만 다소 낮아지는 경향을 나타내었다(표 15).

CA저장중 양파 내부의 Hunter value는 저장 2개월 까지 “L” 및 “a” 값에서는 별 차이가 없었지만 황색도를 나타내는 “b”값은 점차 증가하는 경향을 나타냈으며 특히 저온저장에서 크게 높아져 내부가 수침증상이 나타나면서 황색으로 많이 변하였음을 알 수 있었다(표 16). 양파 저장중 외관의 형태는 저장 2개월 까지 CA저장 조건에 따라서는 차이가 없었으며 저온저장에 있어서 종경이 증가하여 외관이 종형으로 변하였음을 나타내었다(표 17).

(표 14) 양파 “창녕대고”의 CA저장 중 중량 및 Texture*의 변화

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	중량의 증감량(%)		Hardness(kg/4mm)		Springiness	
		1개월	2개월	1개월	2개월	1개월	2개월
1	5	-0.4	-0.1	2.11	1.92	0.86	0.78
	10	-0.4	-0.1	1.95	1.84	0.86	0.78
5	5	-0.7	-0.2	2.16	1.90	0.87	0.80
	10	-0.7	-0.5	2.16	1.83	0.88	0.76
저온저장		-0.7	+0.2	2.06	1.99	0.88	0.78

* 저장전 Hardness : 2.39, Springiness : 0.89

(표 15) 양파 “창녕대고”의 CA저장 중 당도 및 적정산도의 변화

O ₂ 농도 (%)	CO ₂ 농도 (%)	당도(Bx)			적정산도(%)		
		0일	1개월	2개월	0일	1개월	2개월
1	5	8.5	9.0	10.0	0.11	0.11	0.1
	10	8.5	8.9	9.8	0.11	0.1	0.1
5	5	8.5	9.3	9.5	0.11	0.11	0.1
	10	8.5	9.0	9.9	0.11	0.1	0.1
저온저장		8.5	9.0	9.9	0.11	0.09	0.09

(표 16) 양파 “창녕대고”의 CA저장 중 내부의 Hunter color value 변화

농도 (%)	농도 (%)	Lightness(L)		Redness(a)		Yellowness(b)	
		1개월	2개월	1개월	2개월	1개월	2개월
1	5	77.3	76.6	-1.8	-2.0	6.3	8.0
	10	75.8	76.2	-1.8	-1.8	6.3	7.4
5	5	77.0	75.6	-1.6	-1.7	5.5	8.4
	10	77.4	77.9	-1.8	-1.9	6.3	7.8
저온저장		76.8	74.7	-2.0	-2.1	7.0	10.0

* 저장전 L : 75.4, a : -1.6, b : 5.9

(표 17) 양파 “창녕대고”의 CA저장 중 외관의 변화

농도 (%)	농도 (%)	종경(%)		횡경(%)		종경/횡경(%)	
		1개월	2개월	1개월	2개월	1개월	2개월
1	5	100	97.7	99.9	98.4	98.8	98.8
	10	99.4	98.8	100	99.4	99.3	98.7
5	5	100	99.0	100	100	94.5	94.9
	10	99.6	100.3	99.7	99.7	96.2	96.6
저온저장		100.3	101.3	98.9	99.1	98.7	99.4

4. 박피 양파 ‘오피’의 적정 CA 저장 조건 설정

간이 CA 저장중 박피양파의 중량감소율은 Wax 코팅 유무에 관계없이 PE 필름 유공 처리가 유통 말기인 15일에 1.5%로 가장 높았으며 진공밀봉에서 적었다(그림 2).

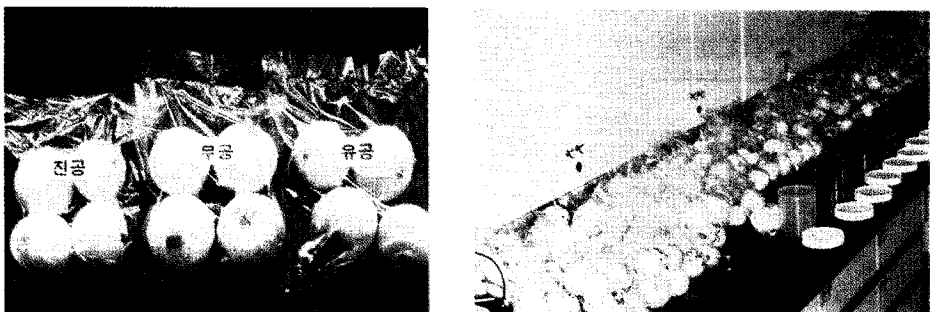


그림 1. 박피양파 간이 CA 시험처리

경도변화는 PE 필름 유공처리에서 유통기간이 지날수록 경도가 증가하는 경향이었으며 진공밀봉은 수확당시와 비슷한 수준을 유지하였다(그림 3).

호흡량은 진공밀봉에서 초기에 증가하다가 5일째에 감소하는 경향이었으며 무공이나 유공 밀봉은 초기부터 호흡량이 감소하다가 5일이후에는 유통말기까지 비슷한 수준을 유지하였다(그림 4).

박피양파의 밝기를 나타내는 'L' 값은 유통기간중에 진공밀봉이 무공이나 유공 밀봉보다 높게 유지 되었으며 적색도를 나타내는 'a' 값은 진공밀봉이 무공이나 유공보다 낮은 낮게 유지되었으며 황색도를 나타내는 'b' 값은 모든 처리간에 차이가 없었다(그림 5, 6, 7). 발근 정도는 진공밀봉에서 가장 낮았으며 무공과 유공 밀봉은 유통 14 일에는 누적길이가 23cm에서 42cm에까지 이르렀다(그림 8, 9).

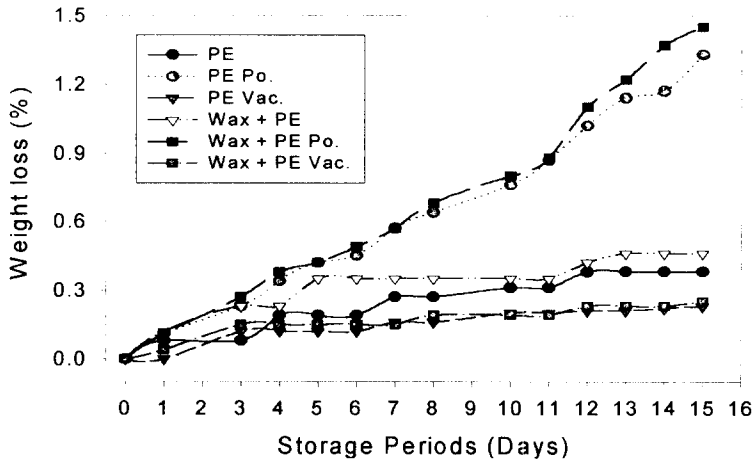


그림 2. 박피양파 중량감소율

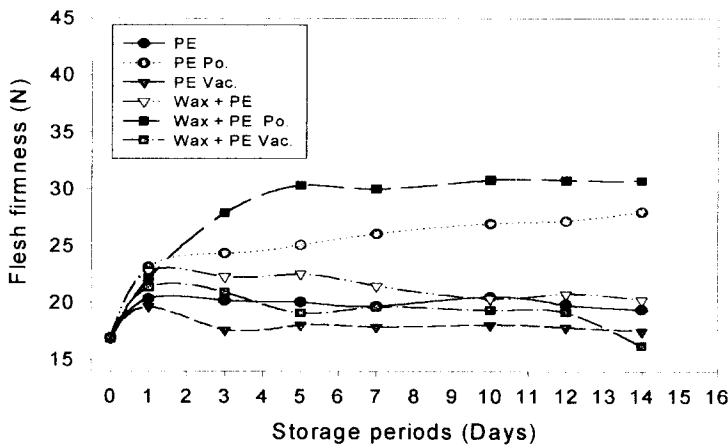


그림 3. 박피양파 경도변화

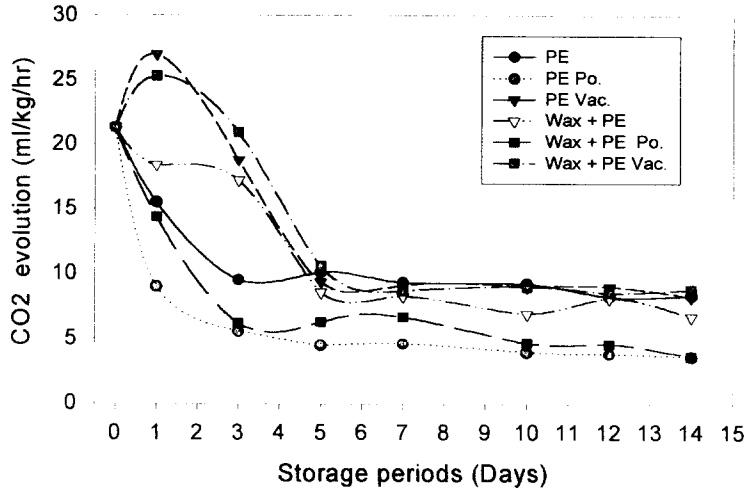


그림 4. 박피양파 호흡량 변화

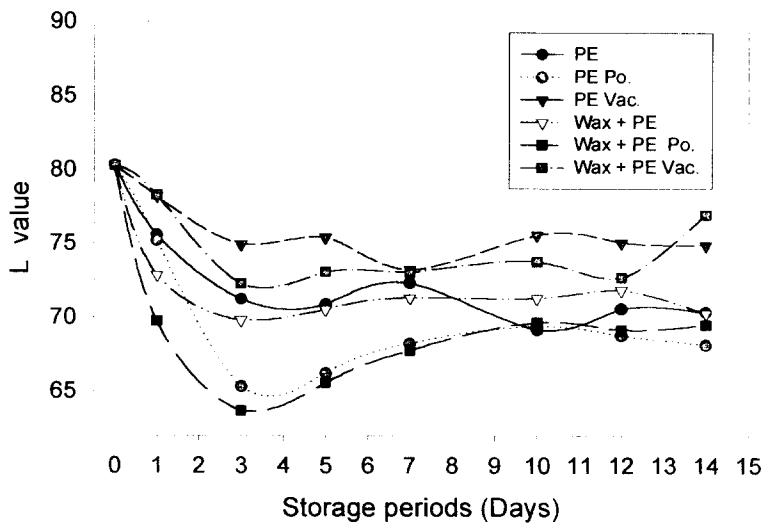


그림 5. 박피양파 "L" valu

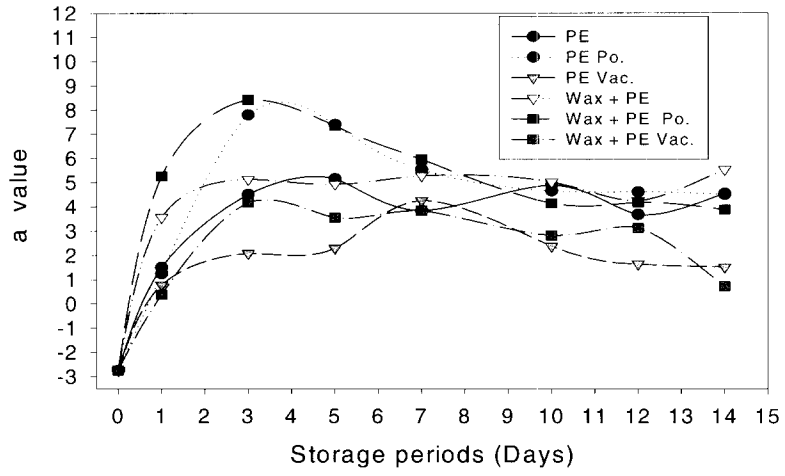


그림 6. 박피양파 "a" value

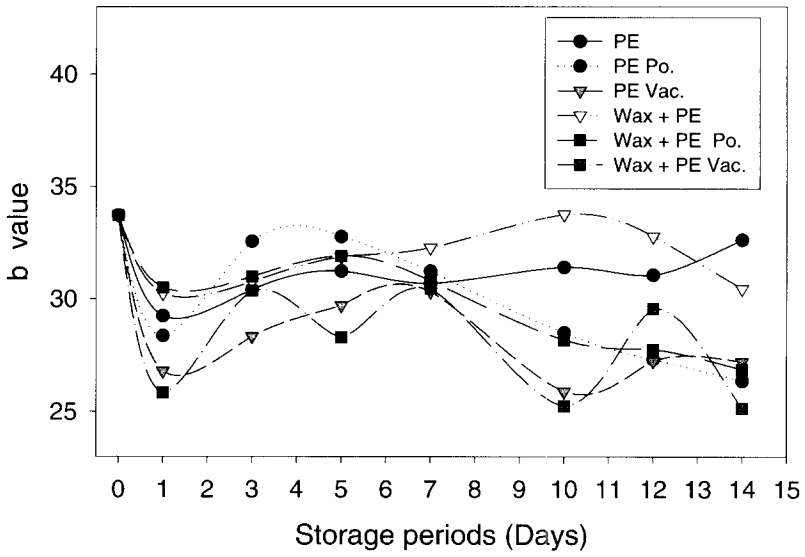


그림 7. 박피양파 "b" value

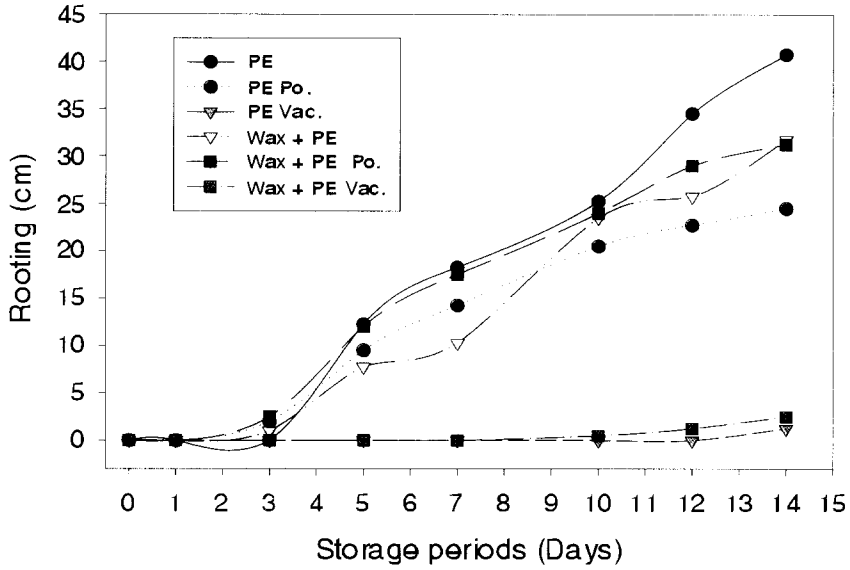


그림 8. 박피양파 발근정도 (누적 길이)

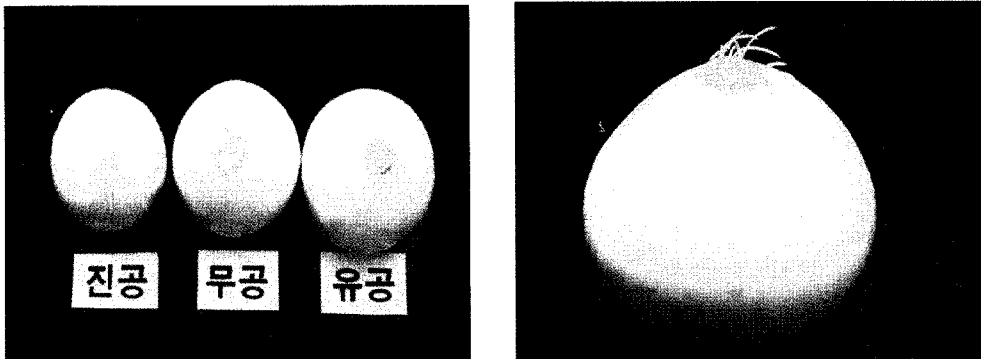


그림 9. 박피양파 발근 정도

5. 마늘 '서산마늘'의 적정 CA 저장 조건 설정

저장중 마늘의 감모율은 저온저장에서 크게 높았으며 박피 유무에 따라서는 박피 된 마늘의 감모율이 더욱 크게 나타났고, CA저장 처리간에는 아직 차이가 없었다. 마늘의 hardness는 박피, 무박피 마늘 모두 저온저장에서 낮게 나타내었으나 탄성

(springiness)은 저온저장 및 CA저장과의 차이가 없었고, 박피 유무에 따라서는 박피 마늘의 탄성이 높은 것으로 나타났다(표 18).

(표 18) 마늘“서산마늘”의 CA저장중 감모율 및 Texture의 변화

박피 상태	CO ₂ 농도 (%)	감모율(%)		Hardness(kg/2mm)		Springiness	
		1개월	2개월	1개월	2개월	1개월	2개월
무박피	4	0.2	0.2	1.10	0.91	0.938	0.933
	8	0.2	0.4	1.10	0.90	0.934	0.926
	12	0.1	0.3	1.16	1.09	0.954	0.935
	저온저장	1.0	2.5	0.95	0.87	0.961	0.931
박피	4	1.0	1.9	1.14	0.99	0.955	0.954
	8	0.5	1.4	1.14	0.99	0.963	0.948
	12	0.5	1.1	1.18	0.99	0.963	0.954
	저온저장	1.6	5.4	1.17	0.99	0.960	0.961

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

CA저장중 마늘의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 저온저장에서 호흡량이 크게 높았으며, 박피 유무에 따라서는 박피된 마늘의 호흡량이 더욱 크게 나타났고, CA저장 처리 간에는 아직 차이가 없었다. 에틸렌 발생량은 전체적으로 미미하게 나타났으며 박피 하지 않은 마늘보다 박피한 것의 에틸렌 발생량이 높아 선도유지에는 적합하지 못하였다(표 19).

(표 19) 마늘“서산마늘”의 CA저장중 호흡량 및 에틸렌 발생량 변화

박피 상태	CO ₂ 농도 (%)	CO ₂ (ml/kg/h)			C ₂ H ₄ (μl/g/h)		
		0일	1개월	2개월	0일	1개월	2개월
무박피	4	10.5	30.4	74.5	0.82	1.13	0.58
	8	10.5	23.7	66.6	0.82	1.22	0.54
	12	10.5	51.9	77.5	0.82	1.36	0.65
	저온저장	10.5	58.6	100.4	0.82	1.19	0.90
박피	4	25.3	69.0	192.2	0.97	1.42	0.76
	8	25.3	46.7	158.4	0.97	1.21	0.84
	12	25.3	107.1	187.8	0.97	1.39	0.74
	저온저장	25.3	61.6	203.8	0.97	1.43	0.95

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

마늘 저장중 곰팡이발생은 박피한 마늘이 심하였으며 저장조건에 따라서는 저온저장이 1개월에 약 39%나 발생하였고 CA저장에서도 CO₂ 4%에서는 저장 1개월에 15%나 발생하였다. 마늘인편의 갈변발생은 무박피 마늘은 저장 2개월이 되어야 발생이 시작되었고 저장처리간에는 저온저장이 다소 높게 나타났으며, 박피 마늘은 저온저장 2개월에 48%로 높게 나타났다(표 20).

박피한 마늘의 저장 2개월 까지의 색의 변화는 적색도를 나타내는 “a”값이 높아져 점차 갈색으로 변하고 있음을 나타내었으며, 저장조건에 따라서는 CO₂ 4% 처리구에서 “a” 값이 가장 높게 나타났다(표 21).

(표 20) 마늘“서산마늘”의 CA저장중 부패 인편율의 변화

박피 상태	CO ₂ 농도 (%)	곰팡이발생 인편율 (%)		갈변 인편율(%)		부패 인편율(%)	
		1개월	2개월	1개월	2개월	1개월	2개월
무박피	4	3.2	5.9	0	9.8	3.2	9.8
	8	4.3	3.9	3.4	7.7	4.3	7.7
	12	3.2	4.4	0	8.9	3.2	8.9
	저온저장	7.7	3.9	0	11.5	7.7	11.5
박피	4	15.0	18.8	5.0	23.8	15.0	25.3
	8	5.5	10.9	0	13.8	5.5	15.4
	12	3.5	20.0	0	22.4	3.5	22.4
	저온저장	38.9	71.8	9.8	48.3	41.2	74.3

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

(표 21) 박피마늘 CA저장중 Hunter color value의 변화

CO ₂ 농도 (%)	Lightness(L)			Redness(a)			Yellowness(b)		
	0 일	1개월	2개월	0일	1개월	2개월	0일	1개월	2개월
4	77.5	80.7	78.5	-4.0	-2.5	-1.1	21.9	23.6	22.7
8	77.3	81.3	82.8	-3.8	-3.0	-2.5	22.5	23.6	23.6
12	77.7	82.0	80.0	-4.0	-2.9	-2.9	22.0	23.1	22.4
저온저장	76.9	80.2	-	-3.9	-2.4	-	23.0	24.6	-

*CA저장의 O₂ 농도 : 3%

6. 방울토마토 '꼬꼬'의 적정 CA 저장 조건 설정

1) 방울토마토 적정 CA 조건 구명

CA저장중 방울토마토의 호흡량은 CA저장에서 저장 2주 까지 크게 증가하였다가 0₂ 3%, CO₂ 2%의 조건에서는 비슷하게 유지되었으나 다른 CA저장구에서는 변화가 계속되었다. 그리고 에틸렌 생성량도 CA저장에서는 저장후 높게 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었는데 저온저장에서는 저장 3주 까지 계속 증가하다 저장 4주에 크게 감소하였다(그림 1, 2).

방울토마토의 경도는 CA저장에서 저장 5주 이 후에 급격히 감소하였으며, CA조건에 따라서는 O₂ 3%, CO₂ 2% 가 저장전 821g에서 5주 후 에도 763g으로 비교적 높은 경도를 나타내었으며 저온저장은 3주 후에 경도가 낮아져 저장 5주에는 528g으로 매우 낮아졌다(그림 3).

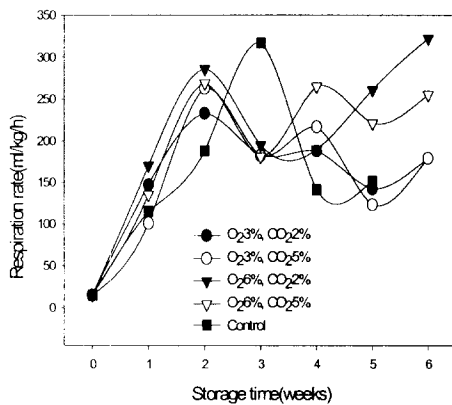


Fig. 1 Changes in respiration rate of cherry tomatos with CA conditions

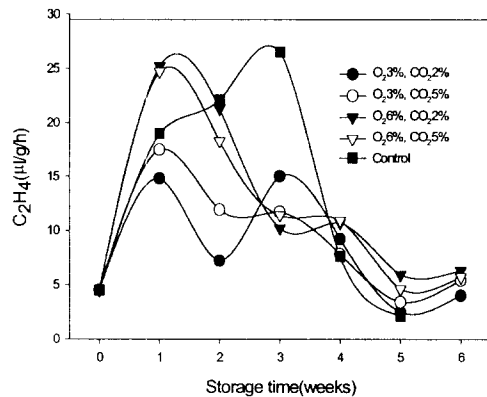


Fig. 2 Changes in ethylene production of cherry tomatos with CA conditions

CA저장중 방울토마토의 lightness는 점차 감소하였으며 저장조건에 따라서는 저온저장에서 가장 빨리 낮아졌고, O₂ 3%, CO₂ 2%의 CA조건에서 높게 유지되었다. 그리고 redness는 CA저장에서 저장 4~5주 이 후에 높아졌으나 저온저장에서는 저장 후 증가하다가 감소하였으며, yellowness는 저장중 계속 증가하였고 저장조건에 따라서는 O₂ 3%, CO₂ 2%의 CA조건에서 저장 5주 까지 변화가 적게 나타났다(그림 4, 5, 6).

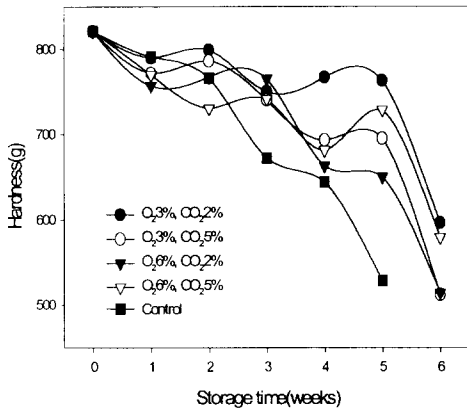


Fig. 3 Changes in hardness of cherry tomatoes with CA conditions

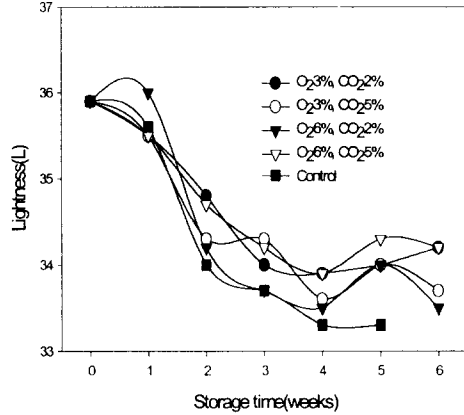


Fig. 4 Changes in lightness of cherry tomatoes with CA conditions

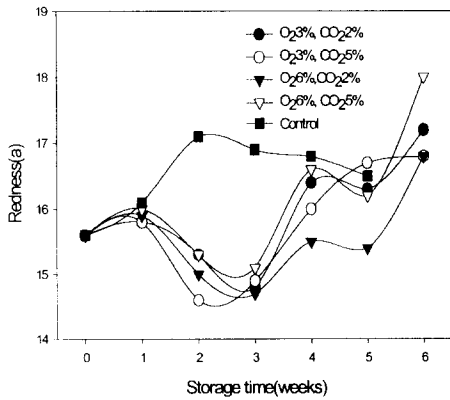


Fig. 5 Changes in redness of cherry tomatoes with CA conditions

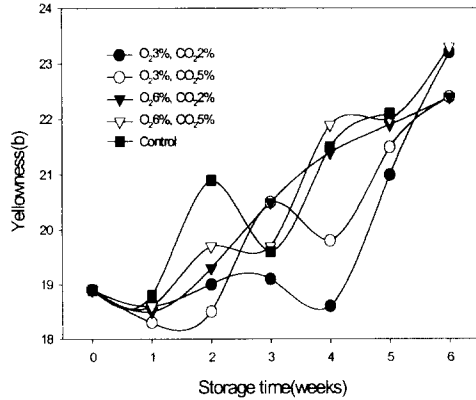


Fig. 6 Changes in yellowness of cherry tomatoes with CA conditions

방울토마토의 당도는 저장전 6.7 에서 O₂ 3%+CO₂ 2% 및 O₂ 3%+CO₂ 5%의 CA저장에서 저장 5주 까지 각각 6.1, 6.2로 비교적 높게 유지되어 O₂ 6% 조건보다 당도가 높게 유지되었으며, 저온저장에서는 4주이후에 6 이하로 낮아졌다. 그리고 산도는 점차 감소하는 경향을 나타냈으며 저장조건에 따라서는 O₂ 3%의 CA조건이 O₂ 6%의 조건보다 높게 유지되었다(그림 7, 8).

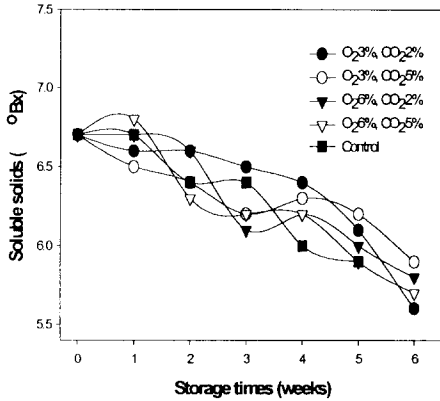


Fig. 7 Changes in soluble solids of cherry tomato with CA conditions.

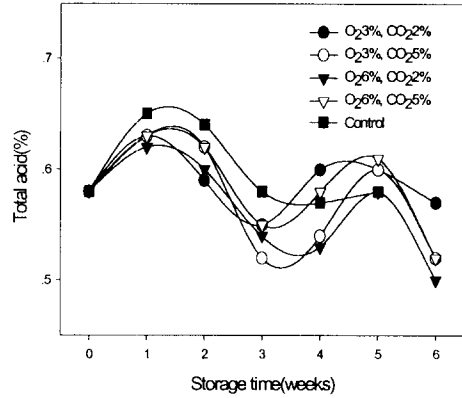


Fig. 8 Changes in total acid of cherry tomatoes with CA conditions

저장중 방울토마토의 부패를 나타내는 열과 및 곰팡이발생을 조사한 결과 열과는 저온저장에서 저장 4주에 20.6%로 높게 나타났으며 CA저장에서는 저장 6주 까지 10% 미만으로 낮게 나타났다. 그리고 곰팡이 발생과율은 저온저장에서 저장 4주에 32.9%로 매우 높아 3주 이후에는 저장이 불가능하였으나 CA저장에서는 저장 5주 까지 10% 미만으로 낮았으며 특히 O₂ 3%+CO₂ 2%의 조건에서는 저장 5주에 2.8%로 5주간 저장이 가능하였다(표 22).

(표 22) CA저장중 방울토마토의 열과 및 곰팡이 발생율

CA조건 (%)	열과(%)				곰팡이발생과(%)			
	3주	4주	5주	6주	3주	4주	5주	6주
O ₂ 3, CO ₂ 2	1.9	3.2	4.6	6.8	0	0	2.8	9.5
O ₂ 3, CO ₂ 5	4.1	8.7	6.9	9.2	0	0	6.1	10.8
O ₂ 6, CO ₂ 2	3.4	3.9	4.2	7.6	0	0	8.3	14.8
O ₂ 6, CO ₂ 5	2.0	3.1	5.2	8.0	0	0	5.4	9.2
Control	8.6	20.6	39.0	-	9.3	31.9	48.8	-

2) 방울토마토 CA 저장 전처리 방법 연구

방울토마토 저장중 CO₂ 발생량에 있어서 처리간 큰 차이를 보이지 않았고 저장기간을 통해서도 큰 차이를 보이지 않았으며 에틸렌 발생량에 있어서 꼭지를 제거한 처리구가 무처리에 비해 낮은 에틸렌 발생량을 나타내었고 염소처리구를 무처리구와 비교할 때 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.(표 23, 24)

(표 23) 방울토마토 저장중 CO₂ 생성량의 변화 (ml · kg⁻¹ · hr⁻¹)

처 리	저 장 기 간(일)						
	0	1	2	3	4	6	8
무 처 리	25.7	26.5	24.9	24.0	25.0	24.0	17.1
꼭지제거	26.4	24.6	21.9	22.3	22.2	22.1	14.9
염소처리+ 꼭지 제거	26.4	26.0	24.0	23.6	22.3	22.3	21.4
염소처리	29.6	27.3	24.6	25.1	25.1	25.5	20.0

(표 24) 방울토마토 저장중 C₂H₄ 생성량의 변화 (ppm)

처 리	저 장 기 간(일)						
	0	1	2	3	4	6	8
무처리	6.1	4.9	5.5	5.5	4.5	5.0	6.4
꼭지제거	5.4	4.6	4.0	3.9	2.9	2.8	3.5
염소처리+ 꼭지제거	8.3	6.6	5.2	4.9	4.2	4.1	3.8
염소처리	8.1	6.3	5.1	6.4	4.8	6.9	3.6

방울토마토 저장중 고형물의 변화에 있어서 처리간 차이가 없었으며 저장기간 중 가용성 고형물의 함량도 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며 적정산도의 변화에 있어서도 처리간 거의 차이를 보이지 않았다.

(표 25) 방울토마토 저장중 가용성 고형물의 변화 (°Bx)

처 리	저 장 기 간(일)						
	0	1	2	3	4	6	8
무처리	7.4	7.9	7.8	7.9	8.0	7.6	7.6
꼭지제거	7.3	7.6	7.7	7.5	7.3	7.5	7.3
염소처리+ 꼭지제거	7.7	7.9	8.0	7.4	7.8	7.4	7.2
염소처리	8.1	8.0	7.7	7.5	7.4	7.4	7.4

(표 26) 방울토마토 저장중 적정산도의 변화 (%)

처 리	저 장 기 간(일)						
	0	1	2	3	4	6	8
무처리	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
꼭지제거	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5
염소처리+							
꼭지제거	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5
염소처리	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5

방울토마토 저장 중 과실경도의 변화에 있어서 저장기간이 경과할수록 감소하였으며 처리간에는 큰 차이가 없었다. 색도 변화는 L값과 b값의 경우 처리간 큰 차이가 없었으나 꼭지를 제거한 방울토마토가 다른 처리구에 비해 약간 높은 경향을 보였고 저장기간 중 큰 차이를 나타내지 않았다.

(표 27) 방울토마토 저장중 경도의 변화 (Kg/ ϕ 2.0mm)

처 리	저 장 기 간(일)						
	0	1	2	3	4	6	8
무처리	3.8	3.6	3.4	3.3	3.0	2.9	3.1
꼭지제거	3.6	3.4	3.4	3.3	3.0	3.0	3.2
염소처리후, 꼭지 제거	3.9	3.5	3.5	3.4	3.3	3.0	3.1
염소처리	3.8	3.8	3.5	3.2	3.2	2.9	3.2

(표 28) 방울토마토 저장중 색도 변화

처 리	저 장 기 간(일)											
	0			1			2			3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
무처리	38.6	16.6	19.7	38.3	15.2	20.3	38.0	16.2	16.8	37.3	17.0	19.1
꼭지제거	38.6	16.6	19.7	37.6	17.2	19.9	39.0	18.0	17.2	37.1	17.3	18.6
염소처리후												
꼭지제거	38.8	16.9	19.4	37.9	15.3	20.4	38.6	15.3	20.4	37.2	16.9	19.3
염소처리				37.4	15.9	19.6	38.8	17.0	24.0	37.2	17.2	19.2
처 리	4			5			6			8		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
무처리	38.6	17.4	16.6	37.3	18.4	19.1	37.3	18.4	19.3	36.7	17.5	17.7
꼭지제거	38.7	19.3	17.0	37.7	19.6	19.2	37.7	20.0	19.2	37.4	19.9	18.8
염소처리후												
꼭지제거	38.6	17.4	17.3	37.2	18.0	19.1	37.1	18.8	19.2	37.1	18.9	18.9
염소처리	38.7	17.7	17.5	37.3	18.6	19.4	36.2	16.5	17.7	37.3	20.3	19.4

방울토마토 저장 중 수분 감소율에 있어서는 처리간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 저장기간이 경과할수록 수분 감소율이 증가하였다. 방울토마토 저장 중 4일까지는 부패과 발생이 거의 없었으나 저장 6일째부터 부패가 급속히 진행되었다. 염소처리 및 꼭지제거 처리가 부패과의 발생을 줄일 수 있었고 염소처리와 꼭지제거의 병행 사용시 상승효과를 나타냄을 알 수 있었다. (표 29, 30)

(표 29) 방울토마토 저장중 수분 감소율 (%)

처 리	저 장 기 간(일)									
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	
무처리	0	0.5	1.1	1.3	1.8	2.5	3.0	3.4	3.8	
꼭지제거	0	0.5	1.0	1.2	1.8	2.3	2.6	3.2	3.6	
염소처리후 꼭지제거	0	0.5	1.1	1.2	1.9	2.4	2.8	3.0	3.5	
염소처리	0	0.5	0.9	1.2	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	

(표 30) 방울토마토 저장중 부패과 발생율 (%)

처 리	저 장 기 간(일)					
	0	4	6	8	10	12
무처리	0	0	33.7	46.5	47.3	53.9
꼭지제거	0	1.1	13.5	23.1	26.2	33.2
염소처리후 꼭지제거	0	0	2.9	18.4	21.2	26.1
염소처리	0	0	19.5	21.9	46.8	54.6

관능검사는 처리구별로 큰 차이가 없었고, 저장기간이 경과할수록 전체적인 맛은 떨어지고 단맛과 신맛은 대체로 감소하는 경향이었고 과실 경도의 차이는 찾아낼 수 없었다.

(표 31) 방울토마토 저장중 관능검사

처 리	구 분	저장기간 (일)				
		0	1	4	6	8
무처리	전체맛	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2
	향기	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2
	단맛	3.0	2.9	2.0	2.4	2.4
	신맛	2.5	2.4	2.0	2.1	2.2
	경도	3.2	3.1	3.3	3.1	3.6
꼭지제거	전체맛	3.5	3.4	3.2	3.2	3.0
	향기	3.2	3.6	3.1	2.9	3.0
	단맛	3.2	2.8	2.5	2.2	2.3
	신맛	2.2	2.5	1.8	1.6	1.8
	경도	3.2	3.0	2.4	3.0	3.0
염소처리	전체맛	3.6	2.9	2.8	2.8	2.6
	향기	3.2	2.7	3.0	2.7	2.7
	단맛	2.8	2.3	2.4	2.1	2.4
	신맛	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0
	경도	2.9	3.0	3.1	2.9	3.1
염소처리 +꼭지제거	전체맛	3.2	3.4	3.3	3.3	3.0
	향기	3.2	3.3	3.0	3.3	3.1
	단맛	2.7	3.0	2.8	2.4	2.2
	신맛	2.5	2.6	2.1	2.2	1.9
	경도	2.9	3.1	3.0	3.2	3.2

요 약

‘여봉’ 딸기의 적정 CA조건을 구명하고 CA저장기간을 설정하고자 O₂ 3, 8% 및 CO₂ 10, 15, 20% 농도를 조합하여 CA저장한 결과 저온저장에서는 12일간 저장이 가능하였으나 CA저장은 O₂ 8%, CO₂ 15% 조건에서 28일간 저장이 가능하여 가장 적합한 조건을 나타내었고, O₂ 3%, CO₂ 15% 조건에서는 24일간 저장이 가능하였다.

안토시아닌은 적숙 이전의 딸기를 저장하였기에 CA저장중 증가하다가 감소하였는데 CO₂ 농도가 낮을수록 안토시아닌 함량의 증가가 지연되었다.

양파의 CA저장중 중량의 변화는 저장 1개월에 중량이 감소하다가 발근에 의해 2개월에는 증가하였으며 저온저장에서 가장 발근이 심한 것으로 나타났다. 간이 CA 저장중 박피양파의 중량감소율은 Wax 코팅 유무에 관계없이 PE 필름 유공처리가 유통 말기인 15일에 1.5%로 가장 높았으며 진공밀봉에서 적었다.

CA저장중 마늘의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 저온저장에서 호흡량이 크게 높았으며, 박피 유무에 따라서는 박피된 마늘의 호흡량이 더욱 크게 나타났고, CA저장 처리

간에는 아직 차이가 없었다. 에틸렌 발생량은 전체적으로 미미하게 나타났으며 박피하지 않은 마늘보다 박피한 것의 에틸렌 발생량이 높아 선도유지에는 적합하지 못하였다. CA저장중 방울토마토의 호흡량은 CA저장에서 저장 2주 까지 크게 증가하였다가 O₂ 3%, CO₂ 2%의 조건에서는 비슷하게 유지되었으나 다른 CA저장구에서는 변화가 계속되었다. 그리고 에틸렌 생성량도 CA저장에서는 저장후 높게 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었는데 저온저장에서는 저장 3주 까지 계속 증가하다 저장 4주에 크게 감소하였다.

인용문헌

- Fisher, D.V. 1942. Mealiness of quality in delicious apples as affected by certain orchard conditions and storage techniques. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 40:128.
- Fidler, J.C., and Mann, G. 1972. Refrigerated storage of apples and pears-a practical guide. Commonwealth Agr. Bureau, Farnham Royal, Slough SL2 3BN, England.
- Fidler, J.C., Wilkinson, B.G., Edney, K.L., and Sharples, R.O. 1973. The biology of apple and pear storage, Commonwealth Agr. Bureau, Farnham Royal, Slough SL23BN, England.
- French, T.E., and Vierck, C.J. 1972. The fundamentals of engineering drawing and graphic technology. McGraw-Hill.
- Geankoplis, C.J. 1993. Transport processes and unit operations. Prentice-Hall. p525~535.
- Inaba A; Kubo Y; Nakamura R, 1989. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruit and vegetables with special reference to temperature. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science: 58 (3) 713-718, 15 ref.
- Lukes. T. M(1986) Factors governing the greening of garlic puree. J. Food sci. 51(6),1577~1582
- MAFF, Refrigerated storage of fruit and vegetable, MAFF reference book 324, HMSO, London.
- Morris, L.L., Claypool, L.L., and Murr, D.P. 1971. Modified atmosphere. An indexed reference list through 1969, with emphasis on horticultural commodities. Univ. of Calif., Div. of Agr. Sci.
- Murr, D.P., Kader, A.A., and Morris, L.L. 1974. Modified atmosphere: An indexed reference list with emphasis on horticultural commodities. Jan. 1, 1970 to Apr. 30, 1974. Univ. Calif. Veg. Crops Series 168.

제 2 절 과실류의 적정 CA 저장 조건 구명

서 설

CA저장의 상업적 수행은 1950년대를 기점으로 미국과 영국, 이태리, 프랑스 등 유럽에서 활발하게 일어났고 1965년에 이르러서는 24만톤의 CA저장고가 미국에 있었고 1987년에는 180만톤 규모로 확대되고 현재에는 200만톤 이상의 규모로 확대 추세에 있다. 세계의 많은 나라들은 CA저장에 대하여 호흡과 관련된 연구를 병행해 활발히 진행하고 다방면에 걸쳐 수행하고 있다. Bartsch는 원예작물의 냉장과 CA저장에 관한 연구를 수행하였고, Loughheed는 CA의 환경조절 gas의 계측과 제어에 관한 연구와 감압 상태에서의 CA저장에 관한 연구를 수행하였다. 국내에서 CA저장에 관한 연구는 1980년부터 시작되었고, 품종과 수확시기별로 최적의 환경가스 농도에 관한 연구가 이루어져 왔다. 1980년대 후반 농촌진흥청과 경북대학교 농과대학에서 최초의 Pilot형 CA저장고가 설치되면서 CA 저장에 관한 연구 및 국내 시설 확대가 이루어지고 있다.

국내 CA 저장 현황을 보면 국내에서 재배되고 있는 과실류에 대한 적정 CA 조건구명이 되어있지 않은 실정이므로 원예작물 수확후 품질유지를 위한 CA 저장 실용화를 대비하여 적정 CA조건이 설정되어야 할것으로 판단된다. 따라서 본 시험은 국내 주요 과실인 사과, 배, 포도, 단감, 참다래를 시험재료로 하여 CA 저장 적정 환경기체 농도를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

- 가. 사과 : '쓰가루', '후지' 나. 배 : '행수', '감천'
다. 포도 : '캠벨얼리' 라. 참다래 : '헤이워드'

2. 처리내용

- 가. 사과 '쓰가루' : CO₂ 1, 3, 5%, O₂ 1%
나. 사과 '후지' : 미숙, 적숙, 과숙으로 구분 수확하여 CO₂ 3, 5%, O₂ 1%
다. 배 '행수' : CO₂ 1, 3, 5%, O₂ 3%
라. 배 '감천' : CO₂ : 1, 3, 5%, O₂ : 2%
마. 포도 '캠벨얼리' : CO₂ 3, 5, 7%, O₂ 2%
바. 참다래 '헤이워드' : CO₂ 3, 5, 8%, O₂ 1-3%

결과 및 고찰

1. 사과 '쓰가루' 속도, 지역별 CA 저장 조건 구명

사과 '쓰가루'의 CA 저장은 선도유지 효과가 잘나타 났으며 호흡량은 저온대 조건 구에 비해 큰 차이를 보이지 않았지만 에틸렌 발생량은 CA저장이 현저히 감소되는 결과를 볼수 있었다. 사과 '쓰가루'의 CA 적정 농도는 경도, 산도 등의 품질유지효과를 고려할 때 CO₂ 3%, O₂ 1% 인 것으로 판단되며 저장 가능기간은 저온저장이 약 30일이며 CA저장은 약 90일 까지 저장기간을 연장시킬 수 있었다.

(표 1) CA 조건별 사과 '쓰가루'의 품질비교 (CA저장 90일, 저온저장 30일)

CA 조건 (%)	CO ₂ (ml/kg/h)	C ₂ H ₄ (μl/g/h)	당도 (Bx)	경도 (kg/φ4mm)	산도 (malic acid%)
O ₂ 1 CO ₂ 1	4.19	16.11	14.1	1.81	0.22
CO ₂ 3	3.34	16.38	14.2	2.17	0.24
CO ₂ 5	4.08	18.33	13.9	1.99	0.21
저온저장	6.03	31.87	13.7	1.77	0.20

2. 사과 '후지' 속도, 지역별 CA 저장 조건 구명

충주지역 및 논산지역 사과의 당도는 미숙과가 적숙과나 과숙과에 비하여 다소 낮았으며 미숙과에서는 저장 중기에 다소 증가하다가 감소하는 후숙 현상을 보였고 CO₂ 조건에 따라서는 뚜렷한 차이가 없었다. 산도와 경도는 저장기간의 경과에 따라 감소하는 경향이였으며 미숙과에서 적숙과나 과숙과에 비하여 높게 유지되었다. 일정 기간 경과후 과실의 중량감소는 미숙과에서 상대적으로 낮은 감소율을 나타내어 전체적인 품질변화가 미숙과에서 적었던 것을 알 수 있다(표 2, 3).

갈변과 발생은 충주산의 경우 CO₂ 1%처리구는 120일, 3%처리구는 60일, 5% 처리구는 저장 30일후 발생되기 시작하였으며 미숙과에서는 CO₂ 농도에 상관없이 저장 150일 까지 갈변과 발생이 거의 없었다.

또한 이온의 용출량(그림 2, 3, 4) 변화를 살펴보면 미숙과에 비하여 적숙과나 과숙과에서 이온 용출량이 더 큰 것을 볼 수 있으며 CO₂ 1%와 3%처리구에서는 각각 30일과 120일 후에 적숙과 과숙과에서 2번의 peak를 관찰할 수 있었다. 반면 5%처리구에서는 2번째 나타나는 peak가 낮은 CO₂ 처리구에 비하여 90일로 당겨진 형태를 나타내었으며 저장 말기에 이온의 용출량이 다시 증가하는 형태를 보이고 있다. 이는 저장 말기에 5%처리구의 경우 내부갈변이 있었던 부위에서 과육이 공동현상을 보였던 것과 밀접한 관련이 있는 것으로 세포자체가 완전히 괴사된 현상에 의한 증가라 생각된다.

따라서 사과와 CA저장증 나타나는 내부갈변 현상은 과실의 노화와 관련된 생리적 기작과 상당히 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

(표 2) 충주지역 사과의 CA 저장 조건별 과실 특성

구분	처리	저장기간							
		0	30	60	90	120	150		
당도 ($^{\circ}$ Bx)	1%	미숙	14.0	14.7	14.9	14.3	14.2	14.4	
		적숙	15.1	14.4	15.2	14.5	14.8	15.1	
		과숙	15.1	15.4	14.7	13.9	13.8	14.9	
	3%	미숙	14.0	14.5	14.1	14.2	13.7	13.8	
		적숙	15.1	14.2	13.7	14.3	14.5	15.0	
		과숙	15.1	14.6	14.8	14.6	14.9	14.0	
	5%	미숙	14.0	13.8	14.7	14.0	14.2	13.9	
		적숙	15.1	14.5	15.3	15.4	15.2	15.5	
		과숙	15.1	15.1	14.7	15.2	14.6	15.7	
	산도 (%malic acid)	1%	미숙	0.45	0.42	0.43	0.35	0.33	0.29
			적숙	0.31	0.38	0.41	0.32	0.30	0.27
			과숙	0.40	0.35	0.37	0.28	0.25	0.26
3%		미숙	0.45	0.43	0.37	0.41	0.33	0.33	
		적숙	0.31	0.30	0.28	0.31	0.27	0.25	
		과숙	0.40	0.40	0.31	0.34	0.23	0.23	
5%		미숙	0.45	0.45	0.36	0.38	0.33	0.28	
		적숙	0.31	0.30	0.27	0.30	0.28	0.30	
		과숙	0.40	0.28	0.28	0.29	0.25	0.24	
경도 (kg/4mm ϕ)		1%	미숙	1.49	1.47	1.23	1.10	0.96	0.90
			적숙	1.42	1.41	1.20	1.16	0.96	0.85
			과숙	1.28	1.25	1.05	1.09	0.92	0.85
	3%	미숙	1.49	1.45	1.20	1.10	1.14	1.09	
		적숙	1.42	1.27	1.17	0.97	1.02	0.91	
		과숙	1.28	1.28	1.09	0.91	0.80	0.85	
	5%	미숙	1.49	1.41	1.25	1.05	0.80	0.82	
		적숙	1.42	1.37	1.17	0.98	0.72	0.85	
		과숙	1.28	1.27	1.12	0.82	0.69	0.75	
	중량감소 (누적%)	1%	미숙	0	0.32	0.41	1.04	1.69	1.82
			적숙	0	0.37	0.35	0.71	1.18	1.90
			과숙	0	0.35	0.42	0.89	1.50	2.00
3%		미숙	0	0.32	0.86	1.94	2.65	4.38	
		적숙	0	0.72	1.14	2.75	3.93	3.56	
		과숙	0	0.36	0.63	1.53	1.82	2.46	
5%		미숙	0	0.34	0.36	0.61	1.07	1.16	
		적숙	0	0.37	1.17	2.16	2.76	3.14	
		과숙	0	0.36	0.53	1.43	1.92	2.85	

논산산 사과의 갈변과 발생은 CO₂ 1%처리구는 저장 120일, 3%는 90 일 5%처리구는 저장 60일 후에 각기 발생되었으며 충주산에 비하여 발생율이 다소 낮았다.

(표 3) 논산 지역 사과의 CA조건별 과실 특성

구분	처리	저장기간						
		0	30	60	90	120	150	
당도 (°Bx)	1%	미숙	13.9	13.8	14.2	13.5	14.6	13.9
		적숙	14.3	14.4	15.1	14.8	14.8	15.7
		과숙	14.7	13.1	13.8	12.6	12.1	13.8
	3%	미숙	13.9	14.3	14.3	14.1	14.0	15.0
		적숙	14.3	13.5	14.8	14.6	15.6	13.8
		과숙	14.7	13.7	12.9	13.0	12.1	14.0
	5%	미숙	13.9	13.7	14.7	14.4	13.6	14.8
		적숙	14.3	14.1	15.6	14.9	13.8	15.1
		과숙	14.7	13.8	12.7	12.9	13.5	13.6
산도 (%malic acid)	1%	미숙	0.39	0.35	0.39	0.34	0.33	0.34
		적숙	0.33	0.31	0.37	0.32	0.23	0.30
		과숙	0.30	0.32	0.33	0.26	0.24	0.21
	3%	미숙	0.39	0.37	0.35	0.39	0.37	0.34
		적숙	0.33	0.30	0.33	0.30	0.30	0.27
		과숙	0.30	0.29	0.27	0.28	0.26	0.27
	5%	미숙	0.39	0.35	0.35	0.33	0.35	0.33
		적숙	0.33	0.33	0.32	0.31	0.25	0.25
		과숙	0.30	0.28	0.24	0.24	0.24	0.21
경도 (kg/4mm φ)	1%	미숙	1.42	1.40	1.25	1.15	0.98	0.95
		적숙	1.42	1.43	1.21	1.24	1.06	0.98
		과숙	1.40	1.35	1.09	1.12	0.95	0.87
	3%	미숙	1.42	1.43	1.30	1.32	1.10	1.09
		적숙	1.42	1.28	1.21	1.08	0.93	0.85
		과숙	1.40	1.25	1.13	0.96	1.02	0.85
	5%	미숙	1.42	1.45	1.15	1.09	1.12	0.96
		적숙	1.42	1.28	1.05	1.05	0.96	0.96
		과숙	1.40	1.31	1.09	1.15	0.98	0.96
중량감소 (누적%)	1%	미숙	0	0.31	0.48	1.30	2.78	2.86
		적숙	0	0.32	0.57	1.15	1.82	2.31
		과숙	0	0.36	0.27	0.41	0.87	0.93
	3%	미숙	0	0.36	0.91	1.85	2.79	2.73
		적숙	0	0.56	1.28	2.42	3.99	6.34
		과숙	0	0.42	0.49	0.94	1.55	1.82
	5%	미숙	0	0.30	0.27	0.61	0.94	1.25
		적숙	0	0.71	1.27	1.98	2.40	2.88
		과숙	0	0.32	0.37	0.96	1.59	1.99

한편 이온 용출량의 변화(그림 6,7,8)도 충주산의 경우 30일 정도에 나타나던 peak의 형태가 뚜렷하지 않았으나 저장말기에 지속적인 증가를 보이는 경향이 많았다. 따라서 지역별로는 주야간 온도차이가 심한 산간지역 과실에서 갈변 발생이 더 일찍 나타났으며 숙기별로는 미숙과에서 CO₂ 처리에 상관없이 갈변 발생이 적었다.

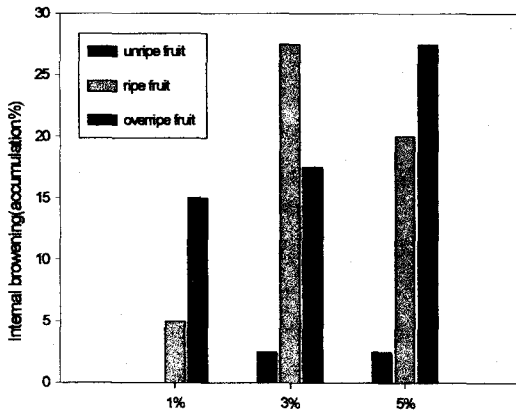


그림 1. 충주산 사과의 저장150일후 내부갈변과 발생을

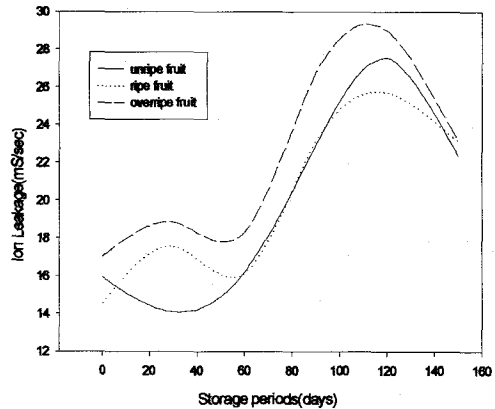


그림 2. 이온 용출량 변화(CO₂ 1%, 충주)

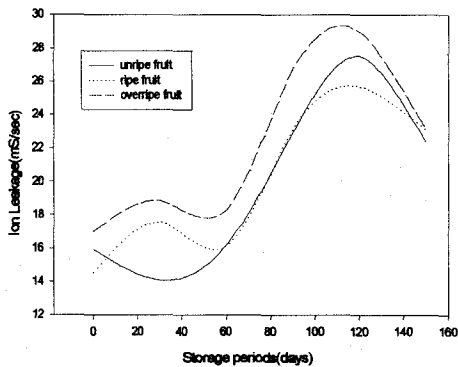


그림 3. 이온 용출량 변화(CO₂ 3%, 충주).

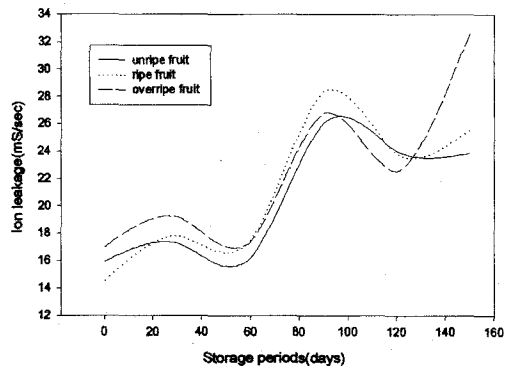


그림 4. 이온 용출량 변화(CO₂ 5%, 충주)

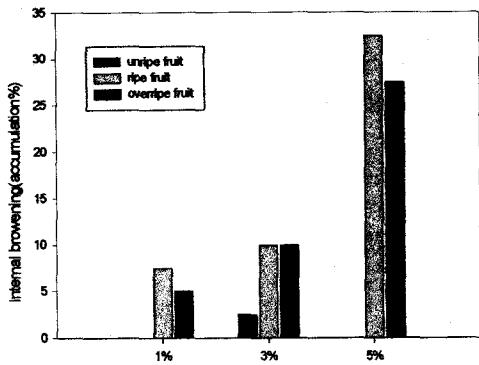


그림 5. 논산산 사과의 저장 150일 후 내부갈변과 발생을

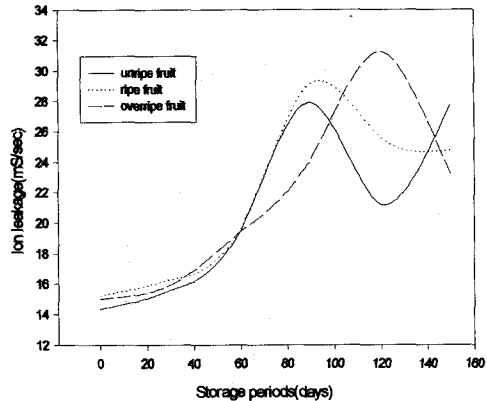


그림 6. 이온 용출량 변화(CO₂ 1%, 논산)

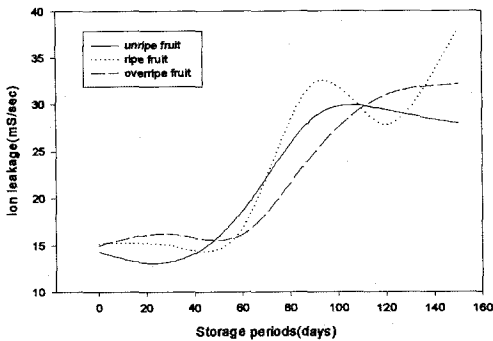


그림 7. 이온 용출량 변화(CO₂ 3%, 논산)

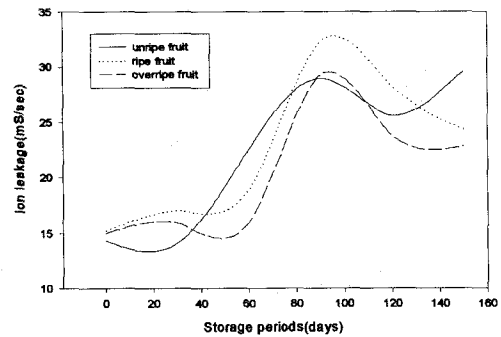


그림 8. 이온 용출량 변화(CO₂ 5%, 논산)

정상조직과 갈변조직, 밀발생조직간 전자현미경(SAM)적 구조를 비교하여 보면 정상조직(그림 9)은 원형 그대로의 조직을 유지하는 반면 갈변조직은 세포벽까지 일부 파괴된 형태(그림 10)를 보여주고 있으며 밀발생 조직은 다소 세포들이 늘린 듯한 이상구조를 나타내고 있다. (그림 11)

‘후지’ 사과의 CA저장중 내부갈변 발생은 적숙 및 과숙과에서 CO₂ 농도가 3% 이상일 때 30~60일 저장 후 발생하였으며 원인은 고농도의 CO₂ 와 저농도의 산소조건에서 과육조직이 혐기적 조건이 되면서 무기호흡에 의한 부산물과 기타 물질들이 세포내 막기능을 저하시킴으로 액포속에 존재하는 Polyphenol 물질과 세포질내에 존재하는 PPO(Polyphenol oxidase)의 작용에 의하여 유색물질이 형성되어 나타나는 것으로 생각된다.



그림 9. 사과(후지) CA저장중 정상과육의 조직관찰

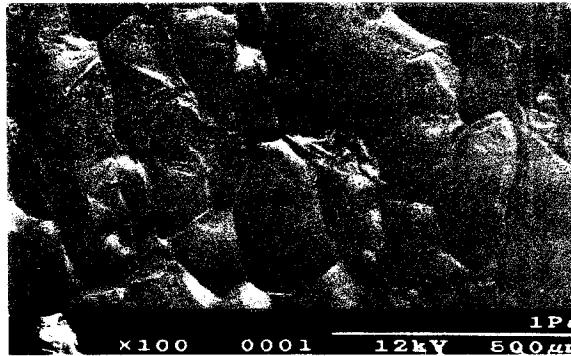


그림 10. 사과(후지)의 CA저장중 갈변과육의 조직관찰

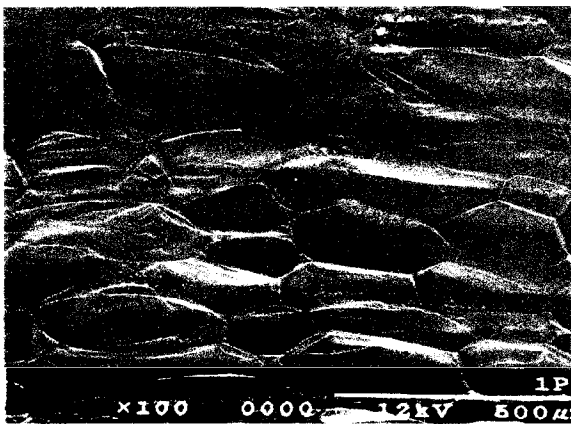


그림 11. 사과(후지)의 밀발생과육 조직의 전자현미경 사진

3. 사과 '후지' 저장 전처리를 이용한 적정 CA 조건 구명

'98년 시험결과 CA저장시에 발생하는 내부갈변 현상은 적숙과나 과숙과 모두 저장 60일(CO₂ 5%)~120일(CO₂ 1%) 경과후 발생하였다. 따라서 본 시험에서는 45일간 저온(0~2℃)에서 과실을 순화시킨후 CA 농도별로 저장하여 CO₂ 농도간 내부갈변 발생 정도와 품질특성을 조사하였다.

초기의 과실의 품질에 비하여 지연처리후 CA저장초기 과실의 품질은 당도는 조금 증가하였으며 산도는 감소하였고 경도는 큰 차이가 없었다(표 4).

(표 4) 수확초기 과실의 품질특성

구분	당도 (Bx)	경도 (kg/5mm φ)	산도 (% MA)	이온 용출비(%)	Ethanol (ppm)
수확초기	13.7	1.44	0.36	25.6	0

CA저장 기간중 당도는 저장 기간이 경과하면서 전체적으로 감소하는 경향이었으나 처리간의 뚜렷한 차이가 없었다. 산도는 예년에 비하여 적은 수치를 보였으며 저장 165일(지연 처리후 120일)후 급격히 감소하였다. CA농도간에는 CO₂ 농도가 높을수록 산도 및 경도의 감소가 적었으나 CO₂ 7%처리구는 내부갈변이 발생되면서 경도의 감소가 두드러지게 나타났다(표 5).

(표 5) 사과 '후지' 저장기간 중 CA농도별 과실 품질 특성 변화

구분	처리	저 장 기 간 (일)						
		45	75	105	135	165	195	225
당도 (oBx)	Control	14.2	13.7	13.6	13.4	13.7	13.1	12.7
	CO ₂ 1%	14.2	14.2	14.3	14.2	13.3	14.1	13.5
	3%	14.2	14.3	14.5	13.2	13.3	12.6	13.0
	5%	14.2	14.0	13.5	14.1	13.4	13.2	13.2
	7%	14.2	14.2	14.0	13.7	13.9	12.4	12.4
경도 (kg/5mm φ)	Control	1.45	1.32	1.38	1.38	1.34	1.09	0.95
	CO ₂ 1%	1.45	1.42	1.45	1.50	1.38	1.13	1.00
	3%	1.45	1.40	1.43	1.34	1.23	1.05	1.05
	5%	1.45	1.41	1.47	1.40	1.24	1.10	1.08
	7%	1.45	1.40	1.43	1.32	1.21	1.03	1.00
산도 (% malic acid)	Control	0.29	0.24	0.22	0.11	0.18	0.10	0.09
	CO ₂ 1%	0.29	0.24	0.22	0.16	0.16	0.12	0.15
	3%	0.29	0.26	0.24	0.22	0.25	0.14	0.14
	5%	0.29	0.29	0.29	0.18	0.25	0.15	0.12
	7%	0.29	0.29	0.29	0.18	0.20	0.15	0.10

지연 CA처리후 저장기간중 이온용출량의 변화는 총전해질량에 대한 측정량의 백분율로 표시하였으며 내부갈변이 나타나지 않은 조직에서는 40%이하의 낮은 수치를 보이나 갈변이 발생하기 시작한 7%처리구에서는 저장 105일째 50%이상의 수치를 보였으며 저장 135일째는 70.3%의 높은 수치를 나타내었다. 또한 CO₂ 5%처리구에서도 내부갈변과가 발생되기 시작한 165일 이후 급격히 증가하여 46.8%의 수치를 나타내었으며 그 이후도 꾸준히 증가하는 수치를 보였다. 따라서 내부갈변 발생과 막기능과는 상당히 밀접한 상관관계가 있는 것으로 생각된다(그림 12).

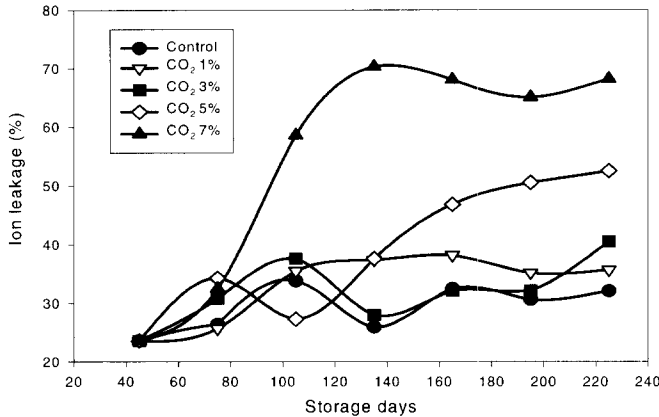


그림 12. 사과(후지)의 지연 CA 처리후 저장기간중 이온 용출량의 변화

과실의 대사 과정중 혐기성 호흡과 노화 과정중에서 발생할 수 있는 에탄올은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향이였다. CO₂ 3%이상 처리구에서 저장 105일 이후 급격히 증가하였으며 무처리구와 CO₂ 1%처리구에서도 저장말기에 증가하는 경향을 나타내었다. (그림 13) 내부갈변과 발생은 CO₂ 7%처리구에서 저장 105일(지연처리 후 60일)이후에 CO₂ 5%처리구는 저장 165일 이후 발생하였으며 무처리구와 CO₂ 1~3%처리구에서는 거의 발생하지 않았다. CO₂ 7%처리구에서는 저장 135일이 경과된 이후에 관찰되는 갈변과 형태는 과실의 상당부위가 모두 갈변된 현상을 보였으며, CO₂ 5%처리구에서는 과실의 적도면과 세로면으로 잘라서 조사하였을 때 일부 부위에 나타나는 형태를 띄었다(그림14). 이상의 결과 전처리를 통하여 내부갈변을 방지하기 위해서는 저온 저장처리후 CO₂ 농도를 3%이하로 조절하여야 하는 것으로 판단되어진다.

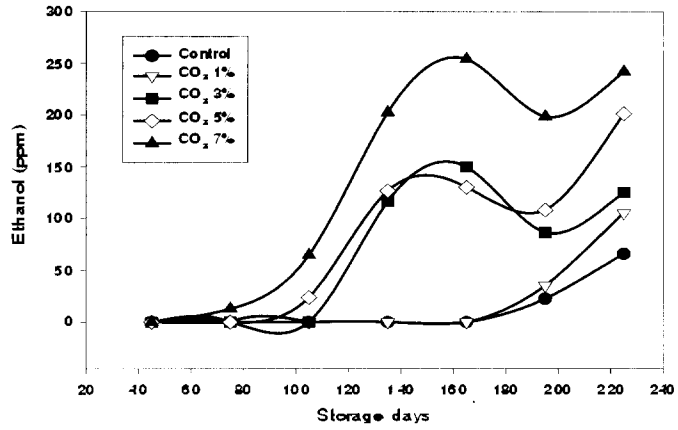


그림 13. 사과(후지)의 지연 CA 처리후 에탄올 함량의 변화

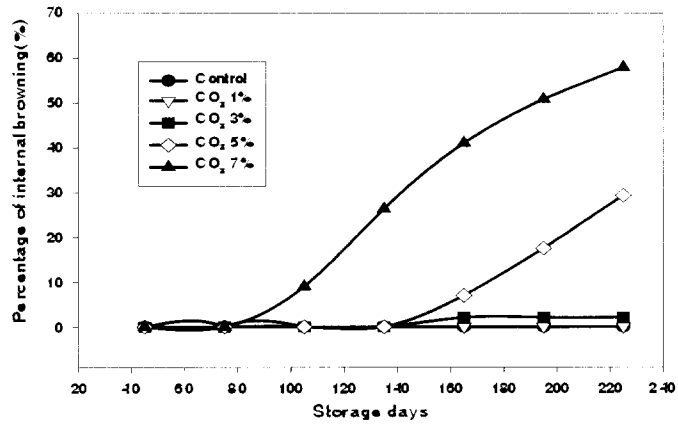


그림 14. 사과(후지)의 지연CA 처리후 내부갈변과 발생율(누적 %)

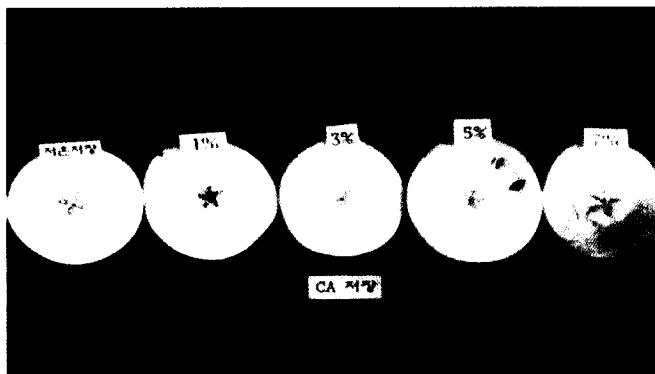


그림 15. 사과(후지)의 CO₂ 농도별 내부갈변과 발생형태

4. 배 ‘행수’ CA 저장 조건 설정

호흡량과 에틸렌 발생량은 저온저장에 비하여 CA저장이 2배가량 억제되는 효과를 보였으며 CA조건에 따라서는 CO₂ 3%, O₂ 3% 저장이 경도나 산도등의 품질유지에 효과적이었다. 따라서 배(행수)의 CA저장 적정조건은 CO₂ 3%, O₂ 3% 인 것으로 판단되었다.

저장 가능기간은 CA저장은 저장 90일 까지도 외관상 큰변화를 보이지 않았으나 품질면에서 볼 때 60-75일이 상품성을 고려한 적정 저장기간이며 저온저장은 저장 30일 후 위조 및 품질저하 현상이 나타나므로 30일로 판단되었다.

(표 6) CA저장 조건별 배(행수)의 품질비교(CA저장 75일, 저온저장 30일)

CA 조건 (%)	CO ₂ (ml/kg/h)	C ₂ H ₄ (μl/g/h)	당도 (Bx)	경도 (kg/φ 4mm)	산도 (malic acid%)
O ₂ 3 CO ₂ 1	2.81	0.23	13.2	1.37	0.14
CO ₂ 3	2.60	0.24	12.9	1.43	0.16
CO ₂ 5	3.35	0.44	12.9	1.30	0.13
저온저장	4.71	0.81	13.2	1.30	0.12

5. 배 ‘감천’ CA 저장 조건 설정

감천배의 저장기간중 과실특성의 변화를 조사한 결과, 상온의 경우 저장 30일에서 60일 사이 경도 감소가 뚜렷하였으나 당도와 산도는 큰 변화를 보이지 않았다(표 7). 또한 저장중 중량감소율은 30일째 5%를 넘었으며 60일째는 8%이상의 중량감소를 보여 30일이상 상온에서는 저장하기 어려운 것으로 나타났다. 저온의 경우 당도와 산도는 전체적으로 감소하는 경향이였으나 큰 변화를 보이지 않았다. 경도는 저장 60일째 급격히 감소하였으며 120일 경과후 중량 감소율이 5%이상되어 상품성이 상실된 것으로 판단되었다. CA저장의 경우 처리간에 큰 차이는 없으나 저장 말기에 CO₂ 5% 처리구에서 경도 감소가 나타났으며 산도와 당도는 처리구간의 차이가 없었다.

또한 중량 감소율에 있어서도 CO₂ 처리구간에는 별다른 차이 없이 5%이하의 중량 감소율을 저장 말기까지 나타내고 있다.

(표 7) 감천배의 저장기간중 과실의 품질특성 변화

구분	처리	저장기간(일)						
		0	30	60	90	120	150	180
당도 (°Bx)	상온저장	12.3	12.9	12.5	12.2	-	-	-
	저온저장	12.3	12.7	12.0	12.0	11.2	12.0	12.1
	CO ₂ 1%	12.3	12.1	12.2	12.4	12.5	12.1	12.3
	3%	12.3	12.4	12.4	12.7	12.5	12.3	12.0
	5%	12.3	12.5	12.0	12.4	12.3	12.3	12.1
경도 (N/5mmφ)	상온저장	14.2	12.2	11.0	10.3	-	-	-
	저온저장	14.2	13.0	10.4	10.4	10.9	10.7	10.9
	CO ₂ 1%	14.2	14.1	12.3	13.3	12.6	12.8	12.9
	3%	14.2	14.2	12.5	14.0	12.9	12.1	12.7
	5%	14.2	14.2	12.9	13.2	12.9	12.7	11.8
산도 (%, malic acid)	상온저장	0.05	0.05	0.05	0.05	-	-	-
	저온저장	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06
	CO ₂ 1%	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
	3%	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05
	5%	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

과실의 노화 및 이취 발생등과 상관하여 조사한 과육중 에탄올 함량은 저장 60일 이후 관찰되기 시작하였으나 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 다만, 90일째 상온에서 60ppm 이상 검출되었으며 저온저장 및 CA저장간에는 큰 차이 없이 45ppm 이하의 수치를 나타내었고 CO₂ 1% 처리구에서 다소 낮은 함량을 보였으나 유의차는 없었다(그림 18). 과심 갈변 현상은 CO₂ 5%이상의 고농도 이산화탄소 처리구에서 많이 발생하였으며 그 외 처리구에서는 저장 150일까지 15% 미만의 수치를 나타내었다(그림 19). 따라서 배(감천)의 적정 CA저장조건은 O₂ 3% 조건하에서 CO₂ 3%이하의 저장조건이 적당할 것으로 판단되어진다.

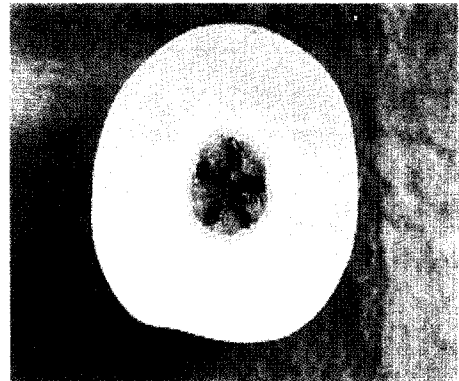
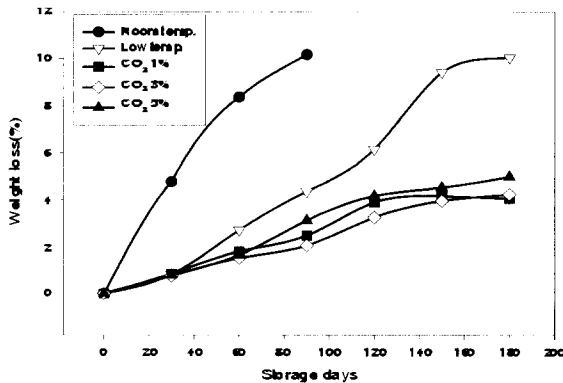


그림 16. 배(감천)의 저장기간중 중량 감소율 그림 17. 과육 및 과심 갈변과의 형태

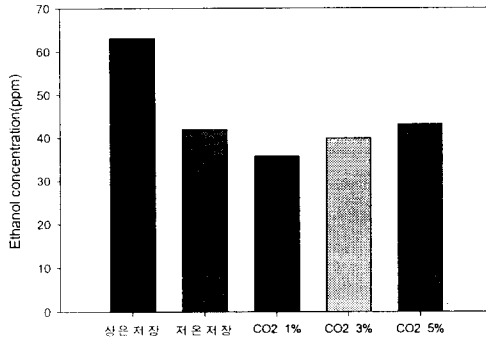


그림18. 저장조건별 에탄올 함량 (저장 90일)

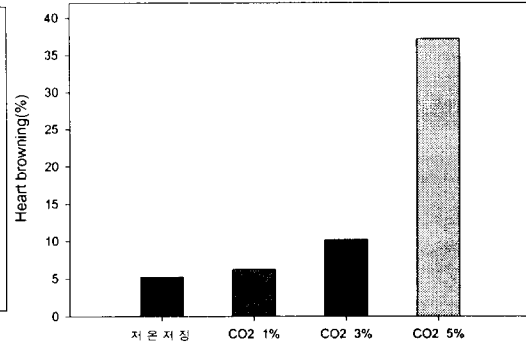


그림 19. 배(감천)의 저장 150일 경과후 과심 갈변과율

6. 포도 '캠벨얼리' CA 저장 조건 설정

포도 '캠벨얼리'의 CA은 저온저장에 비하여 저장 기간중 탈립을 방지하는데 효과적이었으며 낮은 CO₂ 농도에서는 저온저장과 큰 차이를 보이지 않았다.

따라서 포도의 적정 CA 농도는 CO₂ 5-7%, O₂ 2%로 이산화탄소의 농도가 높은 것에서 효과적인 결과를 나타내었다.

(표 8) CA 저장 조건별 포도의 품질 비교(CA저장 60일, 저온저장30일)

CA 조건 (%)	CO ₂ (ml/kg/h)	C ₂ H ₄ (μl/g/h)	당도 (Bx)	경도 (kg/ f 10mm)	탈립율 (%)
O ₂ 2 CO ₂ 3	6.00	0.13	12.0	0.84	7.32
CO ₂ 5	6.15	0.35	12.9	1.08	5.91
CO ₂ 7	6.03	0.17	12.2	1.10	2.88
저온저장	9.93	0.25	13.3	1.02	2.03

7. 참다래 '헤이워드' CA 저장 조건 설정

참다래(헤이워드)의 CA적정 농도는 CO₂ 7%, O₂ 2%인 것으로 판단되며 CO₂ 농도가 높을수록 에틸렌 발생량이 낮은 경향이였으며 경도 유지면에서도 효과적이었다.

참다래(헤이워드)의 저장은 저온저장에서 90일, CA저장에서 180일정도 저장이 가능하였다.

(표 9) CA 저장 조건별 참다래의 품질비교(CA저장 180일, 저온저장 90일)

CA 조건 (%)	CO ₂ (ml/kg/h)	C ₂ H ₄ (μl/g/h)	당도 (Bx)	경도 (kg/φ 4mm)	산도 (citric acid %)
O ₂ 2 CO ₂ 1	5.13	0.13	12.9	0.92	0.69
CO ₂ 5	5.23	0.13	13.8	1.19	0.67
CO ₂ 7	4.96	0.10	13.9	1.34	0.80
저온저장	6.50	1.43	13.8	1.11	0.80

요 약

사과 '쓰가루'의 CA 적정 농도는 경도, 산도 등의 품질유지효과를 고려할 때 CO₂ 3%, O₂ 1% 인 것으로 판단 되었다. 저장 가능기간은 저온저장이 약 30일이며 CA저장은 약 90일 까지 저장기간을 연장시킬 수 있었다. '98년 시험결과 CA저장시에 발생하는 내부갈변 현상은 적숙과나 과숙과 모두 저장 60일(CO₂ 5%)~120일(CO₂ 1%) 경과 후 발생하였다. 처리별 이온 용출량을 고려해 볼 때 내부갈변은 막기능과는 상당히 밀접한 상관관계가 있는 것으로 생각된다.

배 '행수' 품종의 호흡량과 에틸렌 발생량은 저온저장에 비하여 CA저장이 2배가량 억제되는 효과를 보였으며 CA조건에 따라서는 CO₂ 3%, O₂ 3% 저장이 경도나 산도 등의 품질유지에 효과적이었다. 따라서 배(행수)의 CA저장 적정조건은 CO₂ 3%, O₂ 3% 인 것으로 판단되었다. 배(감천)의 경우 적정 CA저장조건은 O₂ 3% 조건하에서 CO₂ 3%이하의 저장조건이 적당할 것으로 판단되어진다.

포도 '캠벨얼리'의 CA은 저온저장에 비하여 저장 기간중 탈립을 방지하는데 효과적이었으며 낮은 CO₂ 농도에서는 저온저장과 큰 차이를 보이지않았다. 따라서 포도의 적정 CA 농도는 CO₂ 5-7%, O₂ 2%로 이산화탄소의 농도가 높은 것에서 효과적인 결과를 나타내었다. 참다래(헤이워드)의 CA적정 농도는 CO₂ 7%, O₂ 2%인 것으로 판단되며 CO₂ 농도가 높을수록 에틸렌발생량이 낮은 경향이었으며 경도유지면에서도 효과적이었다. 참다래(헤이워드)의 저장은 저온저장에서 90일, CA저장에서 180일정도 저장이 가능하였다.

인용문헌

- Chavez Franco S. H. and A.A. Kader, 1993. Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in Bartlett pears. *Postharv. Biol. Technol.* 3(3):183-190.
- Downs, C.G., C.J. Brady, J. Campbell, W.B. McGlasson, 1991. Normal ripening cultivars of *pyrus serotina* are either climacteric or non-climacteric. *Scientia Horticulturae*. 48(3/4):213-221
- Ivanchenko-VI, Kantsaeva-UI, and Rutovskaya-IL. 1994. Respiratory gaseous exchange of grape berries during long-term storage. *Vinogradstvo-i-Vinodelie*, No. 1: 69-72, 4ref
- Inaba-A, Kubo-Y, and Nakamura-R. 1989. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruit and vegetable with special reference to temperature. *Journal of the Japanese Society for Hort. Sci.* 58(3):713-718, 15ref
- James A, Wolpert, Gordon S. Howell, and Charles E. Cress. 1980. Sampling Strategies for Estimates of Cluster Weight, Soluble Solid and Acidity of 'Concord' Grapes
- Kitamura, T. 1987. The influence of harvest dated, ripening temperature and ethylene treatment on the ripeing physiology and quality of La France pear. *J. Japan.Soc. Hort. Sci.* 56(2):229-235.
- Ning, B., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1991. Ripening characteristics of chinese pear Yali fruit on and off tree. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60(3):703-710.

제 3 절 환경조절 저장설비 system 국산화 연구 I

서 설

CA(Controlled Atmosphere) 저장은 과채류의 생리현상을 활용하여 성숙속도를 늦추고, 변색을 억제하며, 병원균의 성장을 억제하는 저장기술이다. CA저장은 영국의 Kidd와 West가 냉장하지 않고 인위적으로 조절된 환경 가스를 이용한 과실 저장의 가능성에 대한 연구에서 비롯되었고, 초기에는 냉장 조건하에서 저장기간을 더욱 연장시키기 위한 보조 수단으로 활용되어 본격적으로 발달하게 되었다.

일반적으로 CA저장설비는 CA 저장실을 제작할 때, 전통적인 냉동저장고와 유사하게 지어져서 적절한 단열능력, 수증기 차단막, 높은 습도를 유지하기 위한 충분한 냉각 표면적 그리고 적절한 시간에 CA 저장실을 냉각시킬 수 있는 공기 순환을 확보하는 것이 필요하다. 제작된 CA 저장실은 일단 기체의 기밀성을 조사하고 냉장설비를 갖춘 다음 CO₂ 흡수장치 등 환경 gas를 생성하기 위한 장비가 설치된다. 그러나 다음의 문제를 해결하지 않으면 CA 저장시설의 확대와 보급이 어렵다.

첫째, 공기 조성의 조절을 위한 저장실의 완전한 기밀성 유지를 확보하는 것이다. 초기 설비비용을 낮추기 위해서는 환경 gas의 소모율을 낮추어야 하는데, 이를 위하여 gas 유출이 없거나 최소화되어야 함. 둘째, 비교적 높은 시설비 부담을 들 수 있어야 한다. CA 저장 설비는 일반 저온저장 설비보다 고가의 설비비를 소요하는데 이것은 거의 모든 기기가 외국의 수입제품에 의존. 셋째, CA 대기조성 등 품종별 저장조건 및 방법에 대한 소프트웨어의 개발이다. 국내에는 대부분 저장방법에 관한 소프트웨어 기술이 취약. 넷째, 입, 출고 관리에 있어서 저장고의 형태에 따른 작업상의 비효율성.

본 연구는 CA 저장 시스템의 공기 밀폐를 달성할 수 있는 경제적인 시스템을 개발하고자 하였다. CA 저장고의 설계기술 개발을 pilot으로 제작하여 CA 저장장치의 실용성을 확인하고자 하였고, 기밀도 유지, 시설내의 저장환경의 유지 및 제어, CA 원통 벽의 회전성능 등 일련의 연구를 수행하게 되었다. CA저장고는 우레탄으로 단열된 원통형 구조를 갖고 있고, 상·하 두 개의 기체 유출 차단용 유체 duct를 설계, 제작하여 액침 기체차단 방식을 이용하여 밀폐성을 확보하고, 원통 벽이 회전을 함으로써 저장고 문의 위치를 임의로 조정하여 저장물의 입고 및 출고를 용이하게 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

CA 저장system은 원통 회전부, 상부구조물, 하부구조물로 구성하였고, 각 부분의 제작에 소요된 주요 재료는 다음과 같다.

가. 원통 회전부

회전형 원통 CA벽과 CA 저장고 문, 상부 기체차단 duct의 수위조절기로 구성하였다. 원통 CA벽의 제작에는 합석판(두께 0.5mm, 비중 6.5g/cm³)과 단열재(urethane, 비중 0.02g/cm³)를 사용하였고, CA 저장고 문은 자전거용 알루미늄 rim(직경 57cm)과 고무튜브, silicon, 스티로폼, 합판(두께 0.3mm)을 사용하였다. 상부 기체차단 duct의 수위조절장치는 물탱크(20×30×25cm)와 floating ball(plastic, 15cm diameter)을 사용하였다.

나. 하부구조물

하부 기체 차단용 duct와 저장물이 위치할 floor, 저장고 내의 통풍을 위한 환기장치, 습도조절 시스템으로 구성하였다. 하부 기체 차단용 duct는 강철판(두께 5mm)을 사용하였고, duct위에 고정될 바닥은 합판(두께 12mm), 벽돌과 목재 방수재료로 urethane varnish를 사용하였다. 환기 duct로는 PVC pipe를 사용하였고, 습도조절 시스템은 비닐 film(0.05mm thickness)을 사용하였다. 특히 하부 기체 차단용 유체 duct의 동결을 방지하기 위하여 CaCl₂를 사용하였다.

다. 상부구조물

지붕과 기둥으로 구성하였으며, 지붕은 단열 판넬(두께 5cm)과 각목(5cm×15cm×3.5m)을 사용하였고, 기둥은 steel angle(90° angled, 두께 5mm, 길이 3m)을 사용하였다.

2. 시험방법

가. 저장고 계측 및 제어 장치

CA 저장고의 환경변수를 측정하고 이를 on-line monitoring 하기 위해 권이 제작한 one-chip microprocessor형 저장환경 제어장치와 장이 완성한 통신 program을 부분적으로 개조하여 사용하였다. controller와 PC간의 통신을 위해 RS232C의 통신방법을 사용하였다. 온도 계측용 sensor는 thermistor를, 습도 계측용 sensor는 SY-HS 220을 사용하였다. 유체 duct의 수위를 조절하기 위해 펌프(0.63 hp)와 floating ball과 check valve를 사용하였다.

Table 1. Specification of the controller and instrumentation

Item	Specification
Controller	CPU : TMS73C161
Communication between controller and PC	Communication chip : MAX 232 Communication method : RS232C
Humidity sensor	SY-HS 220
Temperature sensor	Thermistor (7k Ω)

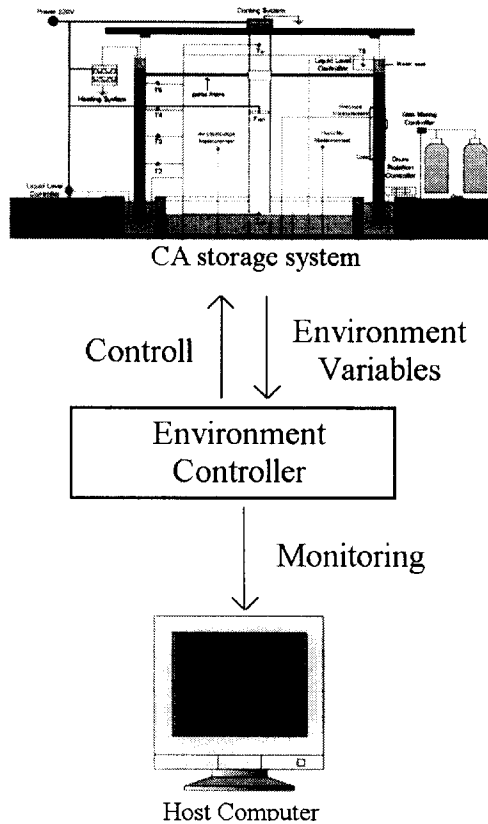


Fig. 1. Data acquisition and on-line monitoring system for CA storage

나. CA저장고의 설계

CA 저장고의 각 부분을 CAD program인 Paint Shop Pro. 5(Jasc Co.)를 사용하여 설계하였다.

다. CA저장고의 열 및 수분 수지 분석

액침 기체차단 방식의 CA저장고 회전 시스템의 열 및 수분에 관한 수지분석을 위해 CA 저장실 내부, 상부 기체차단 duct, 하부 기체차단 duct, 외부온도등 온도 4지점과 CA 저장실 내부 습도를 계측값을 활용하였다.

(1) 저장고의 열 손실량 산출 : CA 원통 벽의 두께를 10cm로 했는데 이것은 고내의 온도를 5℃로 유지하고 CA의 수요가 많은 하절기의 최대 외부 기온을 35℃로 기준으로 했을 때, CA 저장실에서의 열 손실이 3000W이하가 되도록 설계 기준을 설정하였다. 열 손실은 Fourier의 정상상태 열 이동식을 사용하였다.

평판형 다층 구조물의 열량은 식(1)을 사용하였다.

$$q = UA\Delta t \quad (1)$$

식에서

$$\frac{1}{U} = \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3}$$

U : overall heat transfer coefficient (W/m² · K)

A : surface area (m²)

x₁, x₂, x₃ : thickness (cm)

k₁, k₂, k₃ : heat conductivity (W/m · K)

Δt : difference of temperature (℃)

다층 원통형 구조물의 열손실율은 식(2)를 사용하였다.

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{r_2 - r_1}{k_1 A_1} + \frac{r_3 - r_2}{k_2 A_2} + \frac{r_4 - r_3}{k_3 A_3}} \quad (2)$$

식에서

r₁, r₂, r₃, r₄ : radius of layers of the cylindrical wall (m)

k₁, k₂, k₃ : heat conductivity of composing materials (W/m · K)

A₁, A₂, A₃ : log mean area (m²)

Δt : temperature difference (℃)

(2) 하부 기체차단 duct에서의 수분 증발 속도 : 하부 기체차단 duct내 유체의 노출 면적에 따른 저장고내 습도변화량 산출에는 Stefan법칙(식 3)을 사용하였다.

$$\dot{m}_{w_{out}} = \frac{D_p M_w A}{R_0 T (x_2 - x_1)} \ln \frac{p - p_{w_2}}{p - p_{w_1}} \quad (3)$$

식에서

- $x_2 - x$: depth of water in bottom duct (cm)
- A : exposed area of water in bottom duct (cm²)
- D_p : diffusion coefficient of water (cm²/s)
- R_0 : gas constant (cm³ · atm/g mol · K)
- P : atmospheric pressure (kg/cm²)
- P_{w_1} : saturated vapor pressure (kg/cm²)
- P_{w_2} : vapor pressure of water surface (kg/cm²)
- T : temperature (K)
- M_w : molecular weight of water

결과 및 고찰

1. 국내 CA 저장 기술의 분석

현재 국내에 보급되어 사용하고 있는 CA저장의 기본구조는 장방향의 모양으로, 냉각기, CO₂ 흡수장치, 질소 발생기, 에틸렌 흡수기, 저장 환경 gas 분석기, 가습기 및 환경제어장치 등을 포함하고 있다. 이들은 다시 저장환경 gas의 공급방법에 따라 크게 static방식과 purge방식으로 구분하고 있다.

저장고의 설계에서 기술적인 핵심 요소들은 다음과 같다.

첫째, 항상 일정한 환경 gas의 조성을 유지하여야 하며, 이를 위해서는 기밀성 유지가 중요하다. 둘째, 저장 온도 유지에 필요한 열에너지를 절감하기 위하여 외부환경과의 효과적인 차단이 유지되어야 하며, 특히 단열 구조가 중요하다. 셋째, 저장시설의 효율적 운영을 위하여 저장고내의 공간활용과 저장물의 입, 출고가 편리한 구조를 가져야 한다. 넷째, 저장고내의 공기 유통이 원활하여 온도와 환경 gas의 분포가 균일하게 유지될 수 있는 공조 시스템이 필요하다.

이러한 설비 요건들로 인해 구조 설비가 복잡하게 되었으며 CA 저장시설의 제작 비용이 크게 요구되고 있어서 일반 저온저장시설에 비해 고가이다. CA 저장고는 그 규모에 따라 대당 수천만원에서 수억원에 이르고 있다.

2. CA저장용 액침 기체 차단 방식의 저장고 회전 system의 개요

현행 CA 저장의 설비와 운영의 문제들을 개선하기 위해 CA 저장용 액침 기체차단 방식의 저장고 회전 system은 다음의 특징을 갖도록 구상하였다.

가. CA 저장 system의 기체 차단기술

CA저장 system에서 핵심이라고 할 수 있는 기체 차단성 확보를 위하여 기체 유출을 차단할 수 있는 액침 원통형의 저장시설을 개발한다. 즉, 원통형의 벽이 일정한 깊이로 물 속에 잠겨 하부의 공기 유출을 차단하고, 원통형의 벽 상부와 지붕의 접점 부에도 동일한 유체 차단 방식으로 기체 기밀성을 유지하도록 한다. 이 때 벽이 액체에 침강된 깊이는 실내의 기체압을 상회하도록 설정한다.

또한 원통형의 벽면을 하나의 roll sheet로 제작하여 이음새 부분을 최소화함으로써 벽을 통한 수평적인 기체의 유출도 차단할 수 있도록 한다. Fig. 2는 기체차단 기작을 나타내고 있다.

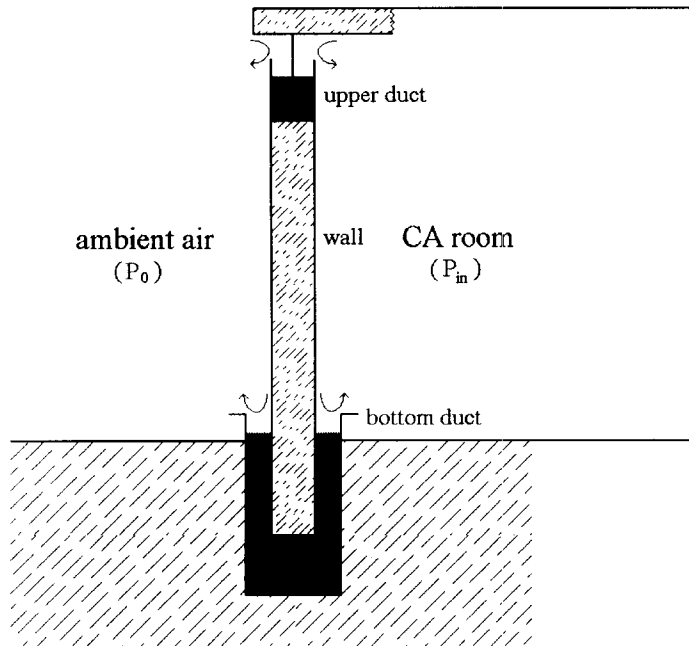


Fig. 2. Hydraulic lock method for gas sealing

나. CA 저장고 벽의 경량화 기술

기존의 저장고는 건물 형태가 장방형이거나 box형태이고, 대부분이 벽돌로 이루어져 있어서 단열을 위해 추가의 설비가 필요하였으나, 이 system에서는 단열을 위해 금속 이중벽 사이에 단열재를 충전하는 방법을 택하여 효과적인 단열을 이루도록 한다. 이러한 구조적 조건과 설계 기준을 충족시키기 위하여 roll sheet로는 합석판을, 단열재로는 urethane을 사용하여 중량을 최소화함으로써 원통형 벽이 충분히 유체에 부상할 수 있도록 할 뿐 아니라, 내구성도 갖추게 한다.

다. CA 저장고 입출고 위치의 변동 기술

저장고의 입, 출고 관리에 있어서, 장방향의 저장고는 저장물의 적재 방법이 대부분 first-in last-out의 방법을 택할 수밖에 없었으나, 이 system에서는 원통형 벽면이 물위에 부상한 채로 360° 회전할 수 있도록 하여 저장고 문의 위치를 변경함으로써 접근이 용이하고, 저장물의 입, 출고를 선택적으로 할 수 있도록 설계한다. Fig. 3은 저장고의 회전에 따른 문의 위치변화를 나타내고 있다.

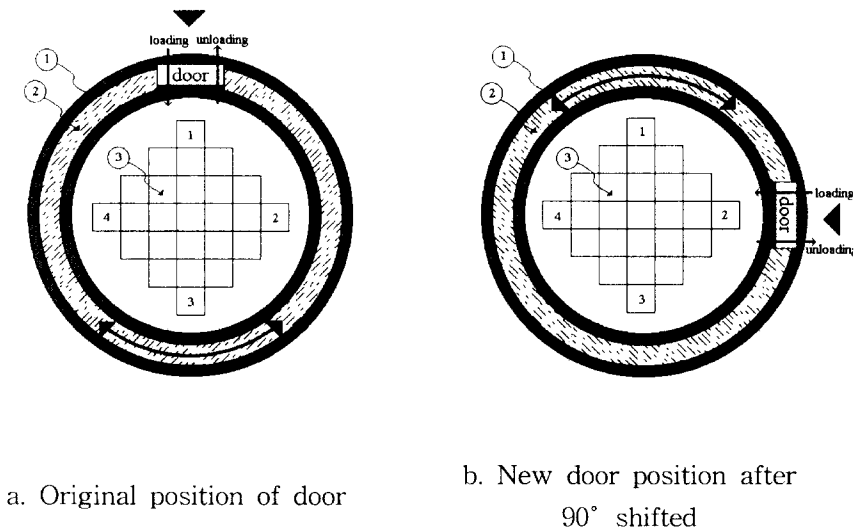


Fig. 3. Variation of door position at floating state of CA storage wall

① Fluid of bottom duct ② Wall floated ③ Food stack

라. CA 저장고내 공기 유통 방식

저장고내 gas 공급방식은 동심원의 분배방식을 갖도록 저장고의 중앙에서 gas를 공급 pipe를 설치하여 방사형으로 분배하는 CA 환경 gas 조절 기술을 적용한다.

3. CA저장용 액침 기체차단 방식의 저장고 회전 system의 기본구조

Fig. 4는 CA 저장용 액침 기체 차단 방식의 저장고 회전 시스템에 대한 기본 설계도이다.

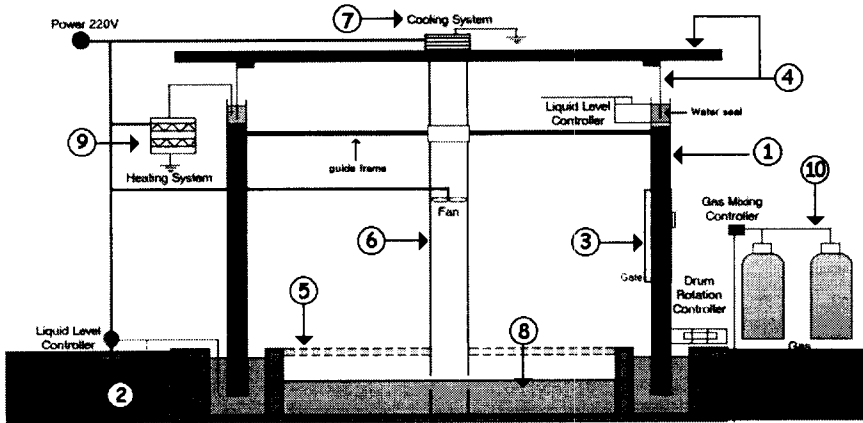


Fig. 4. Overall structure of gas tight rotating wall system by hydraulic lock mechanism for CA storage

- ① Cylindrical wall ② Bottom duct ③ Door ④ Roof ⑤ Floor
- ⑥ Ventilation column ⑦ Cooler ⑧ Soil ⑨ Heater ⑩ Gas supplier

원통형 벽(Fig. 4-①)이 원형 하부 기체차단 액체 duct(Fig. 4-②)에 잠길 수 있도록 하고, 잠수 깊이는 원통형 벽의 비중에 따라 35cm에 이르게 한다. 원통형 벽이 하부 기체차단 duct의 바닥으로부터 부상한 높이는 duct내 액체의 양에 따라 조절이 가능하도록 한다. 원통형 벽면의 중앙에는 출입문(Fig. 4-③)을 장착하도록 한다. 원통형 벽의 상부에는 상부 기체차단 duct를 포함하고 있어 지붕(Fig. 4-④)에 부착된 skirt가 여기에 잠길 수 있게 한다.

하부 기체차단 액체 duct의 안쪽 턱에는 환기구멍을 가진 floor(Fig. 4-⑤)를 얹도록 하여 저장물이 이곳에 적재되도록 한다. 중앙 환기 pipe(Fig. 4-⑥)를 통해 저장고내의 공기 순환을 동심원형으로 이루어지도록 하고, 냉각기(Fig. 4-⑦), 가열기(Fig. 4-⑨), 환경 가스 공급기(Fig. 4-⑩)를 통해 저장고내에 공급될 환경 gas의 조성 및 특성을 이루도록 한다.

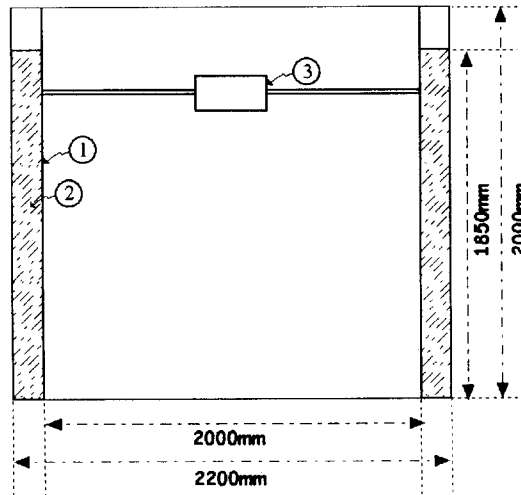
4. CA 장치 구조물의 설계와 제작

가. 회전형 원통 CA벽의 설계 및 제작

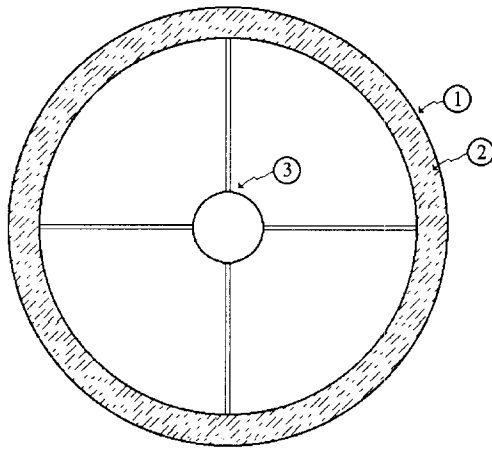
1) 회전형 원통 벽의 설계

원통형 벽(rotating wall)은 환경조절 저장설비 장치의 액침 기체유출 차단 시스템에 있어서 핵심적인 부분이다. 액침 기체 유출 차단 시스템을 위한 원통형 벽은 물에 부상할 수 있을 정도로 비중이 충분히 작아야 하며, 내구성과 단열성을 갖추어야 한다. 따라서 원통형 벽은 다음과 같이 설계하였다.

- 가. 이중으로 된 함석판 사이에 두께 10cm의 urethane 단열재를 충전하여 단열성과 내구성을 갖추도록 하였다.
- 나. 원통형 벽의 상부 15cm는 상부기체유출 차단용 duct로 설계하였다. 상부 기체 유출 차단용 duct내 액체의 높이를 일정하게 유지하기 위하여 floating ball과 check valve를 사용하여 액체 높이 조절 system을 설계하였다. 액체의 높이는 duct내에서 10cm를 유지하도록 하였다.



a. Side view



b. Top view

Fig. 5. Structure and dimension of the cylindrical CA wall

① Tin plate ② Urethane foam ③ Aluminium supporting frame

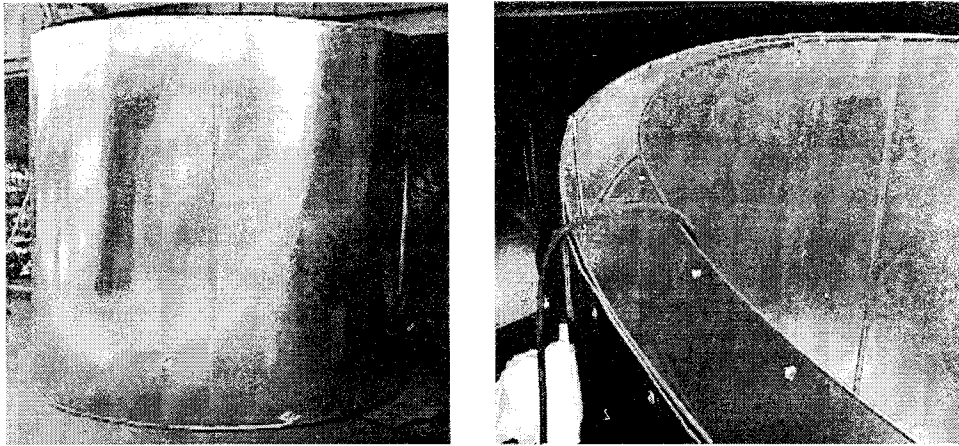
CA 원통 벽 구조의 설계도는 Fig. 5와 같다. 여기서 볼 수 있는 바와 같이 벽은 urethane으로 충전하여 단열하고 상부에는 상부 기체차단 duct를 설치하도록 했다. Fig. 5-③은 부양체인 CA원통 벽의 안정을 위하여 설치할 supporting frame이고, 높이 20cm, 직경 20cm인 cylinder형으로 설계하여 frame중량이 공기 공급 pipe에 끼워지도록 하여 이를 축으로 원통 벽이 회전할 수 있게 설계하였다.

Table 2. Construction materials of the CA wall

Material	Specification	Quantity
Tin plate	6487.95 kg/m ³	12m×2m×0.5×10 ⁻³ m
Urethane foam	23.4 kg/m ³	1.22 m ³
Bolts and Nuts	12 φ, 12cm×30	
Water in upper duct	10 cm depth	656 l
Weight (without water in upper duct)		114 kg
Weight (with water in upper duct)		179 kg
Density (without water in upper duct)		86.39 kg/m ³
Density (with water in upper duct)		136.41 kg/m ³
Soaking depth(without water in upper duct)		17 cm
Soaking depth(with water in upper duct)		27 cm

2) 회전형 원통 벽의 제작

회전형 원통 벽은 3장의 합석판(2m×4m)을 겹쳐서 연결한 후, cylinder형의 내·외벽을 만들고, 내벽과 외벽의 사이는 10cm를 유지하도록 bolt와 nut로 정렬시킨 다음, urethane foam을 벽의 상부로부터 발포, 충전하였다. bolt와 nut가 부착된 부분에서 gas누출이 일어날 수 있으므로 silicon으로 완전히 밀폐하였다. 원통 벽 높이의 중앙의 위치에 구멍을 내어 미리 제작한 CA 저장고 문을 장착하였다. 제작된 원통 벽은 상부 기체 차단 duct에 수도수를 10cm의 높이로 채웠을 때 전체 무게가 약 215kg 이었고, 비중은 175kg/m³이었다. 이 원통형 벽을 물에 부상시켰을 때, 원통형 벽의 높이의 17%인 약 35cm가 물에 잠김을 확인하였다. 그림 6은 제작된 원통 벽의 모습이다.



a. CA wall fabricated

b. Upper liquid duct constructed

Fig. 6. Cylindrical CA wall fabricated with tin plate

Fig. 6에서 보는 바와 같이 원통 벽이 매끄럽지 못한 이유는 합석판 자체의 강도가 미치지 못했기 때문이다. 제작된 원통 벽의 무게는 설계치 보다 약 35kg이 초과되었는데, 이것은 제작과정에서 roll 형의 합석판 대신 시판되는 합석판을 사용하게 되어 합석판의 이음 부분에 추가의 합석판이 소요되었고, urethane을 발포하는 과정에서 제작 과실로 과량의 urethane이 추가소요 되었기 때문이다. 또한 상부 기체차단 duct는 별도로 제작된 상태에서 원통 벽의 상부에 삽입된 후 리벳으로 고정하였기 때문이다. 그러나 원통 벽의 핵심 요구조건인 내구성, 수중에 예측된 높이로 부상 할 수 있는 무게의 경량화, 상부 기체차단 duct의 확보, 부상한 채로 회전할 수 있는 곡률 반경 등을 고려했을 때 설계 기준과 크게 어긋나지 않는 제작물을 얻을 수 있었다 (Table 3).

Table 3. Specification of CA wall fabricated

Item	Specification	Quality grade
Structural rigidity		fair
Insulation of CA wall		good
Structural homogeneity		good
Weight of CA wall	215 kg	fair (215 kg)
Density of CA wall	175 kg/m ³	fair (175kg/m ³)
Depth of CA wall submerged	35 cm	fair (35cm)

3) 저장고의 열 손실 분석

CA저장고는 동절기에는 많은 양의 냉각 부하가 필요하지 않지만 하절기에는 작물의 호흡량을 조절하기 위한 저장고내의 저온 유지가 필수적이고 이를 위해 많은 양의 냉각 부하가 필요하게 된다. 이 system에서 원통 벽의 단열재 두께를 10cm로 했을 때, 하절기의 평균온도를 35℃라고 하고 저장고가 유지해야 할 고내 온도를 5℃로 하면, 손실되는 열량은 Table 4와 같다. Table 4에서 알 수 있듯이 2515.73 kcal/h(약 3kW)의 열손실이 일어나게 된다. 그러나 이 값은 저장물의 호흡열이 배제된 상태에서 산출된 값이므로 하절기에는 저장물의 종류에 따라 냉각 부하가 달라지게 된다. 한편 원통 벽의 단열재 두께를 늘리면 냉각부하는 그 만큼 감소하게 된다.

Table 4. Heat loss rate of the CA storage

Part of CA system	Area	Variables required*	Heat loss (kcal/h)	Equation used
Cylindrical wall	9.4m ²	r1: 100cm, r2: 100.05cm, r3: 109.95cm, r4: 110cm, L: 150cm, k _{tin plate} : 0.155 k _{insulator} : 0.000086, ΔT: 30℃	92.90	Eqn (2)
Upper duct (water filled)	0.6m ²	r1: 100cm, r2: 100.05cm, r3: 109.95cm, r4: 110cm, L: 10cm, k _{tin plate} : 0.155 k _{water} : 0.0014, ΔT: 30	102.76	Eqn (2)
Skirt	0.65m ²	r1: 105cm, r2: 105.05cm, L: 10cm, k _{tin plate} : 0.155, ΔT: 30	2208.26	Eqn (2)
Roof	3.1m ²	x1: 0.05cm, x2: 5cm, x3: 0.05cm, k _{steel} : 0.155, k _{insulator} : 0.000085	76.71	Eqn (1)
Bolt	0.67m ²	Δx: 12cm, ΔT: 30, k _{steel} : 0.155,	35.10	Eqn (1)
Total			2515.73	

*r1, r2, r3, r4 : radius of layers of the cylindrical wall (m)

k : heat conductivity(cal/cm · sec · ℃)

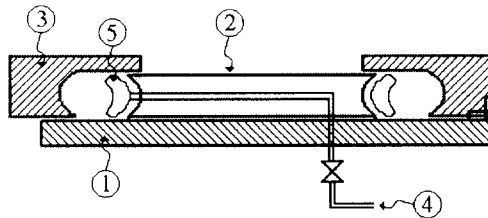
L : length(cm)

나. CA 저장고 문의 설계와 제작

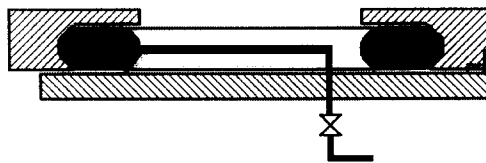
1) CA 저장고 문의 설계

CA저장고에서 기체 유출이 가장 많이 일어나는 곳은 저장고의 출입문이라고 할 수 있다. 일반적으로 저온 저장시설에서 사용하는 문의 packing 재료는 고무, 플라스틱 등이고, 이 packing 재료를 사용하여 만든 문의 sealing정도는 packing 재료와 벽의 접촉면적, packing 재료의 유연성이 결정한다. 그러나 기존의 packing 재료는 이 요인들을 충족시키지 못하여 완벽한 sealing을 제공하지 못하였다.

이 문제를 해결하기 위하여 압축공기를 고무 튜브에 공급하여 튜브를 팽창시켜서 문틀과 문사이의 접촉면을 최대로 하여 공기 유출을 막는 방법을 택하였다(Fig. 7). 문틀에는 두 장의 합판 사이에 스티로폼을, 문에는 바깥쪽에 스티로폼을 부착하여 원통 벽에 장착하였을 때 저장고의 문과 원통 벽이 단열구조가 거의 일치하도록 설계하였다. 문틀과 문의 연결은 경첩을 사용하도록 하였고, 문 입구는 원형으로 하여 작업자와 저장물이 저장고 내, 외부로 출입이 가능한 크기로 설계하였다. 저장고의 문은 제작에 들어가기 앞서 모형을 만들어서 기밀성이 유지되는지를 보았는데, 고무 튜브의 팽창을 이용한 기밀 방식이 훌륭하게 수행됨을 확인하였다.



a. Gas unfilled state



b. Gas filled state

Fig. 7. Door sealing mechanism using rubber tubing of the CA storage

① Door ② Tube frame ③ Door frame ④ Air supplying tube ⑤ Tube

튜브 내에 압축공기를 주입할 때는 문이 닫힌 상태에서 외부로 나온 공기 주입구를 T자형의 금속밸브에 연결하여 이곳을 통해 일정한 압력까지 압축공기를 주입할 수 있도록 설계하였다.

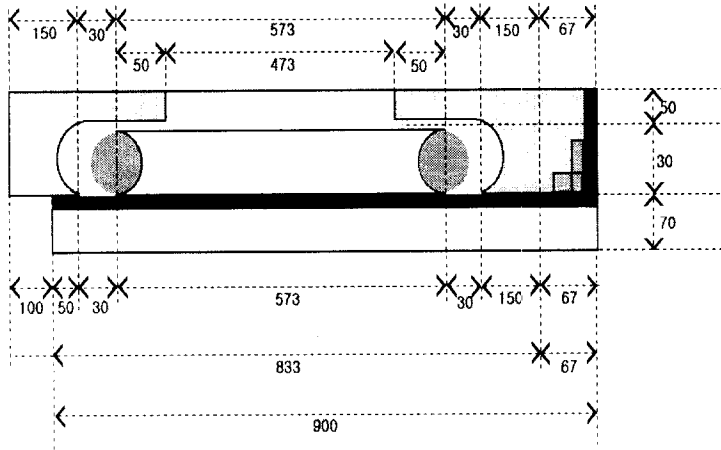
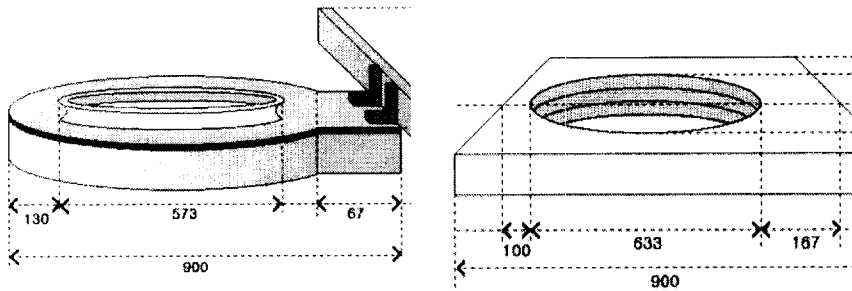


Fig. 8. The dimension of CA door



a. Door

b. Door frame

Fig. 9. Structure of CA door unit

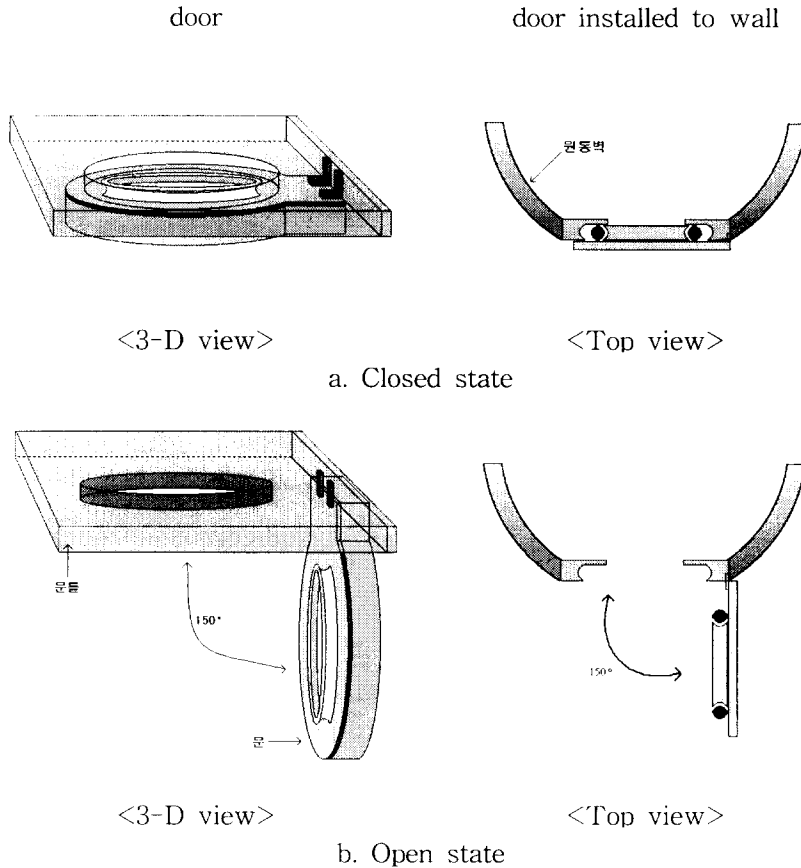


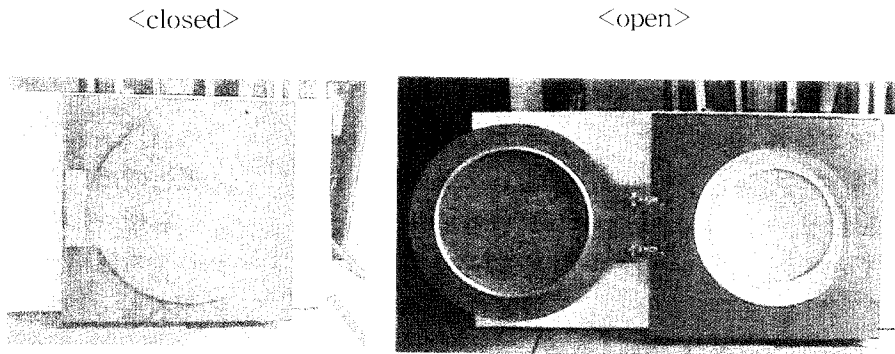
Fig. 10. Opening and closing mechanism of CA door

2) CA 저장고 문의 제작

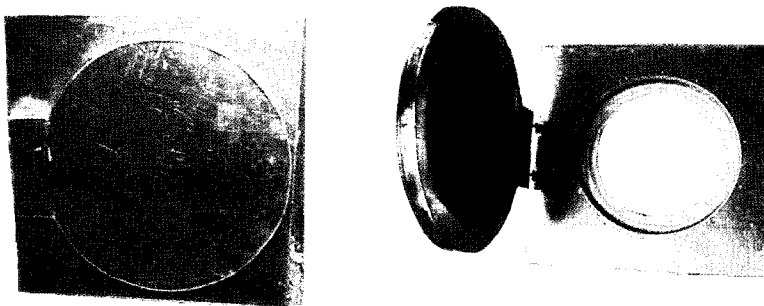
문틀은 스티로폼을 두 장의 사각형의 합판(0.9m×0.9m)사이에 넣어서 접착시킨 다음, 중앙을 원형으로 도려낸 후, 고무튜브가 팽창되어 밀착될 부분에 수도용 horse를 절반으로 분할하여 부착하였다. 문은 합판의 앞면에는 알루미늄 wheel을 부착하여 고무 튜브가 자리할 수 있도록 하였고, 뒷면에는 스티로폼을 부착하였다. 고무튜브에 압축공기를 공급하기 위해서 고무 튜브의 공기 주입구를 관으로 연결하여 밖으로 빼낸 후, T자형 밸브를 설치하여 한 쪽은 compressor에서 오는 압축공기 주입구로 사용하였고, 나머지 한쪽에는 고무튜브내의 압력을 측정하기 위한 압력계를 설치하였다. 문틀과 문을 경첩으로 연결한 후, 노출된 부분을 모두 합석판으로 감싸고 이를 원동벽에 장착함으로써 저장고 문의 제작이 완성되었다.

저장고 문은 닫혀 있는 상태에서 별도의 잠금 장치가 필요 없었고, 이 때 튜브의

내압은 39.2kPa이었다. 튜브의 내압이 10kPa이하가 되면 문은 열릴 수가 있고, 문은 최대 150 °까지 열릴 수 있었다. Fig. 11은 완성된 저장고 문을 보여주고 있다.



a. Door unit made of wood



b. Door unit covered with tin plate

Fig. 11. Door unit constructed

제작된 저장고 문은 경첩의 지지력이 예상보다 낮았기 때문에 보강이 필요하였다. 튜브 모양에 따라 문의 형태를 맞추는게 고무튜브의 특성을 살릴 수 있어서 원형으로 제작하였지만 이는 개선의 여지가 남아있다.

다. CA 저장고 지붕의 설계 및 제작

1) CA 저장고 지붕의 설계

CA 저장고 지붕은 지붕 상부와 저장고 내부와의 단열성과 밀폐성을 확보해야 하고, 저장고를 외부환경으로부터 보호할 수 있어야 하며 그 자체로 내구성을 지녀야

한다. 또한, 원통형 벽의 상부에 설치된 상부 기체차단 duct에 잠길 원형의 skirt를 제공하여야 한다. 이 액침 기체차단 방식의 저장고 회전 system에서는 기존의 저장고와는 달리 저장고의 벽과 지붕이 분리되어 저장고 자체가 회전하는 system이므로 지붕이 벽에 의해 지지되지 않고, 지붕 자체를 지지할 기둥을 따로 필요로 한다. 그리고 지붕에 각종의 구조물들이 추가로 설비될 것을 대비하여 이 무게들을 고려하여 충분한 지지력을 갖는 기둥을 선택해야 한다 .

위의 조건들을 충족시키기 위하여 다음과 같은 재료로 설계하였다.

가. 지붕의 단열성 : 조립식 단열재(1m×3m×0.05m)를 사용하였는데, 조립식 단열재는 두 장의 철판(두께 0.5mm)사이에 단열재가 부착되어 있어서 원통 벽과 비슷한 재질로 이루어져 있어서 단열성은 물론 내구성까지 갖추고 있어서 설계에 적합하였다.

나. 기체 차단용 skirt : Skirt는 함석판을 이용하고, 지붕을 지지할 기둥은 철제 앵글을 이용하기로 하였다.

Table 5. Specification of the construction materials for CA roof

Material	Usage	Specification
Insulated steel panel		1m×3m×0.05m
Steel angle column	Roof supporting	90° angled, 5mm×2.3m
Tin plate	Gas sealing	6.6m×0.15m×0.5mm
Wood frame	Combining and fixing insulation steel panels	0.15m×0.05m×3m
Vinyl	Water proof coating	diameter, 2.1m thickness, 0.3cm

2) CA 저장고 지붕의 제작

3장의 조립식 단열재를 나란히 배열한 후 나사못으로 각각을 접목시키고, 원형(지름 2.8m)으로 절단한 후, 이들이 접목된 방향과 수직으로 각목 frame을 대어 screw 나사못으로 각목 frame과 조립식 단열재를 관통하여 고정하였다. 접목된 부분은 silicon으로 처리하여 기밀성을 확보하도록 하였다. 여기에 기체차단 skirt를 장착하기 위하여 먼저 함판으로 제작된 rim을 만들어서 부착시킨 후, skirt용으로 제작된 직사각형 모양의 함석판을 rim에 수평방향으로 나사못을 이용하여 고정하였다. 한편 함판 rim이 저장고 내부에 노출될 경우 저장고 내부의 습기를 흡수하지 않도록 비닐 cover를 씌웠다. 기둥을 부착하기 위하여 철제 앵글 끝 부분과 각목 frame의 끝 부분에 각각 4개의 구멍(12mm²)을 내어 bolt와 nut로 각각 고정하였는데, 이것은 조립과 해체의 용이함을 얻기 위함이었다. Fig. 13는 제작된 지붕을 나타내고 있다.

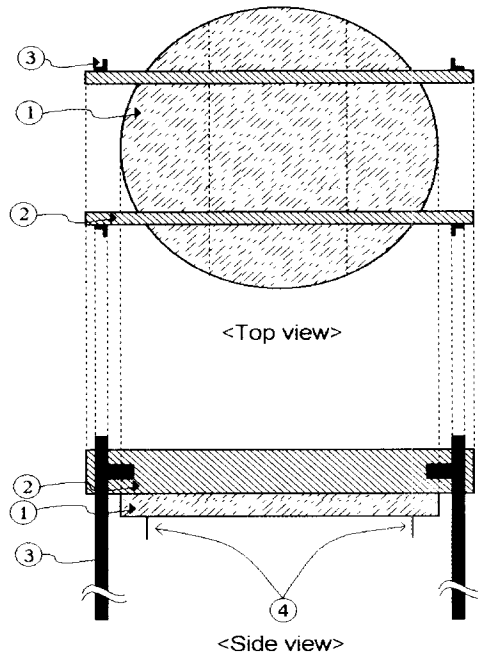
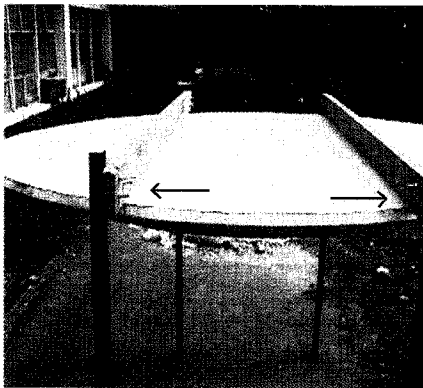
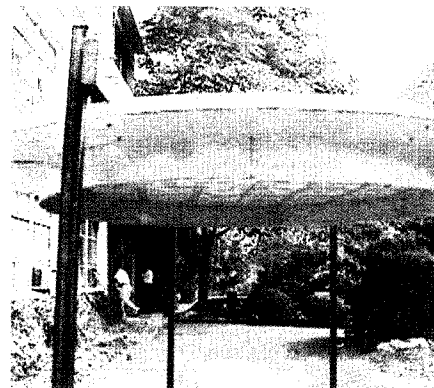


Fig. 12. The structure of CA roof

- ① Insulated steel panel ② Wood frame ③ Steel column ④ Gas-sealing skirt



a. Method of combining

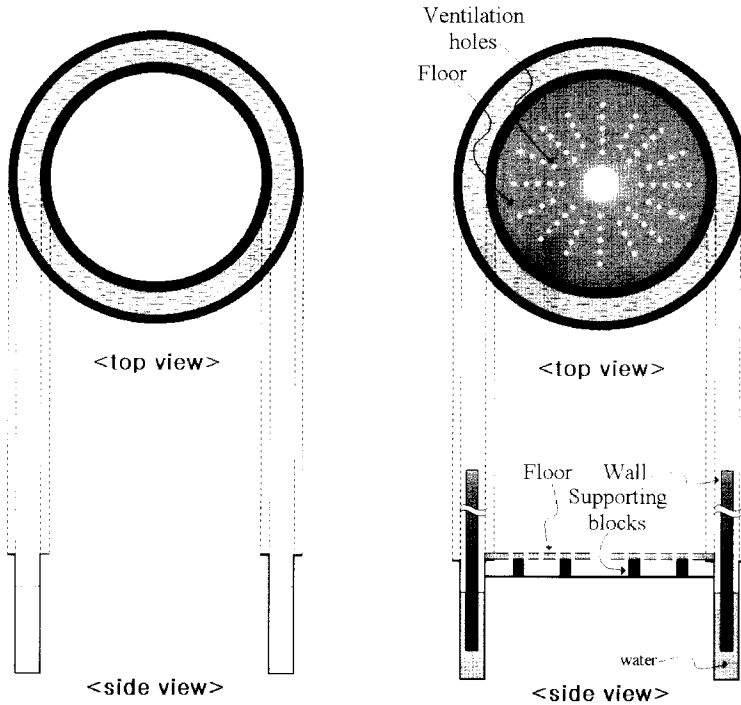


b. Skirt of roof

Fig. 13. Outlook of the fabricated CA roof

라. 하부 기체 차단 duct 와 floor의 설계 및 제작

원통 벽이 부상할 하부 기체차단 duct는 원통 벽의 부상 높이를 감안하여 설계하였다. floor는 저장물이 적재되는 장소이자 이곳을 통과하여 냉기 및 환경 gas가 공급되는 곳이다. Fig. 14는 하부 기체차단 duct와 floor의 설계도이다.



a. Design of bottom duct

b. Floor installed to bottom duct

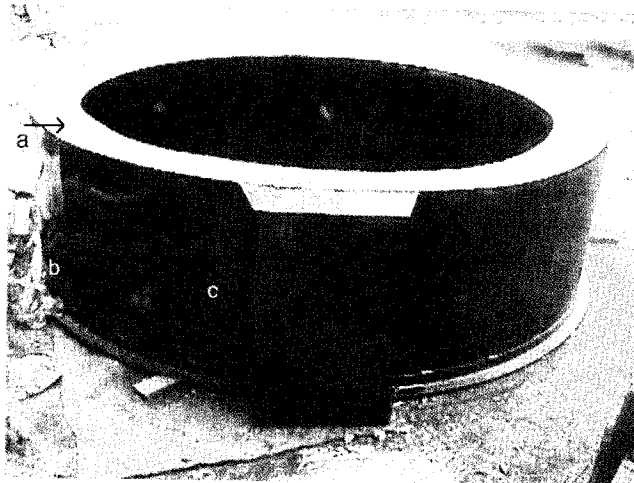
Fig. 14. Structure of the bottom duct and floor

Table 6. Specification of construction materials for the bottom duct and floor

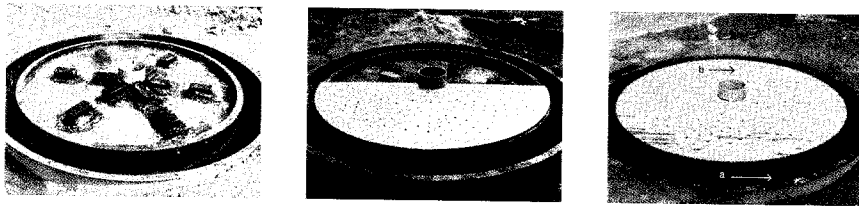
Item	Material
Bottom duct	Steel panel(thickness 3mm)
Floor	Wood panel(thickness 12mm)

제작된 duct가 부식하는 것을 방지하기 위하여 coal tar를 칠하였다. 하부 기체차단 duct내의 유체는 수도수를 사용하였다. floor에는 136개의 환기 구멍(방사형, 1.1cm²/1hole)을 만들어서 기둥으로부터 공급되는 환경 gas의 흐름이 floor의 아래로

이어지고, 다시 이 환기구멍으로 공급되도록 하였다. floor는 하부 기체차단 duct의 안쪽 턱에 얹어서 고정하였고, 이를 벽돌로 지지하였다. 합판으로 제작된 floor가 저장고 내부에서 흡습하는 것을 방지하기 위하여 urethane varnish를 칠하였다. Fig. 15는 제작된 bottom duct와 floor의 설치된 모습을 나타내고 있다.



a. Fabricated bottom duct



b. Installing floor to bottom duct

Fig. 15. Fabrication procedures of the bottom duct and floor

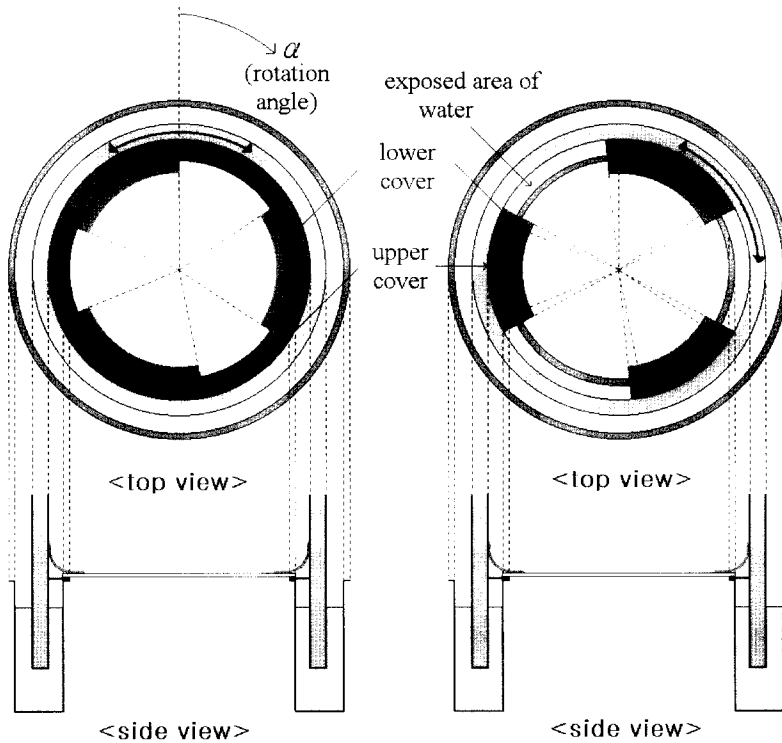
마. 습도 제어 system 설계 및 제작

저장고내의 습도는 저장고내의 온도와 습도, 하부 기체차단 duct내의 유체가 저장고 내에 대해서 노출된 면적(A), 유체의 종류에 따라서 결정된다. 특히 duct내 유체의 노출 면적이 저장고내 습도에 결정적으로 영향을 미치게 된다. 따라서 이 노출면적을 조절함으로써 저장고내의 습도를 조절할 수 있다. 원통 벽이 360° 회전이 가능한 점을 이용하여 원통 벽을 기준위치로부터 일정한 각도를 회전시켜서 노출면적을 조절할 수 있는 습도제어system을 설계, 제작하였다. 원통 벽에 부착된 상층 덮개와

floor에 부착된 하층 덮개가 원통 벽이 회전함에 따라서 서로 교차하는 면적이 달라짐에 따라 하부 기체차단 duct내의 유체의 표면적을 달리하는 방식이다. Fig. 16에서 노출 면적을 최대로 하기 위해서 원통 벽의 회전각은 기준위치로부터 약 56.25° 이다. 기온을 10℃로 하고 하부 기체차단 duct내 물의 수심을 60cm를 기준으로, 노출 면적을 각각 최대와 최소로 했을 때의 확산속도를 식(3)을 이용하여 산출한 결과가 Table 7과 같다.

Table 7. Effect of the exposed areas on the moisture diffusion rate

Rotating angle	Exposed area of water	Diffusion rate
0°	0cm ²	0g/s
56.25°	1531cm ²	5.76×10 ⁻³ g/s



a. Closed state
(rotation angle $\alpha = 0^\circ$)

b. Full open state
(rotation angle $\alpha = 56.25^\circ$)

Fig. 16. Humidity control system and mechanism of the CA room

바. CA 저장 system의 설치와 운영

1) CA 저장 system의 설치

제작된 각 구조물들은 다음 순서에 따라 결합되었다.

- 1 단계 : 하부 기체 차단 duct(①)를 지면에 매립하고 시멘트를 발라 고정시켰다. 여기에 floor를 지지할 벽돌(②)과 기둥이 세워질 틀(③)을 위치시켰다.
- 2 단계 : floor(④)를 하부 기체 차단 duct의 안쪽 턱에 고정시키고, 기둥(⑤)을 틀에 삽입하였다.
- 3 단계 : 원통 벽의 지지frame에 기둥이 끼워지도록 하여 원통 벽을 하부 액체 차단 duct에 설치하였다.
- 4 단계 : 지붕의 skirt가 상부 기체 차단 duct의 폭 중앙에 위치하도록 지붕을 세운 다음 기둥을 지면에 매립하여 시멘트로 고정시켰다.

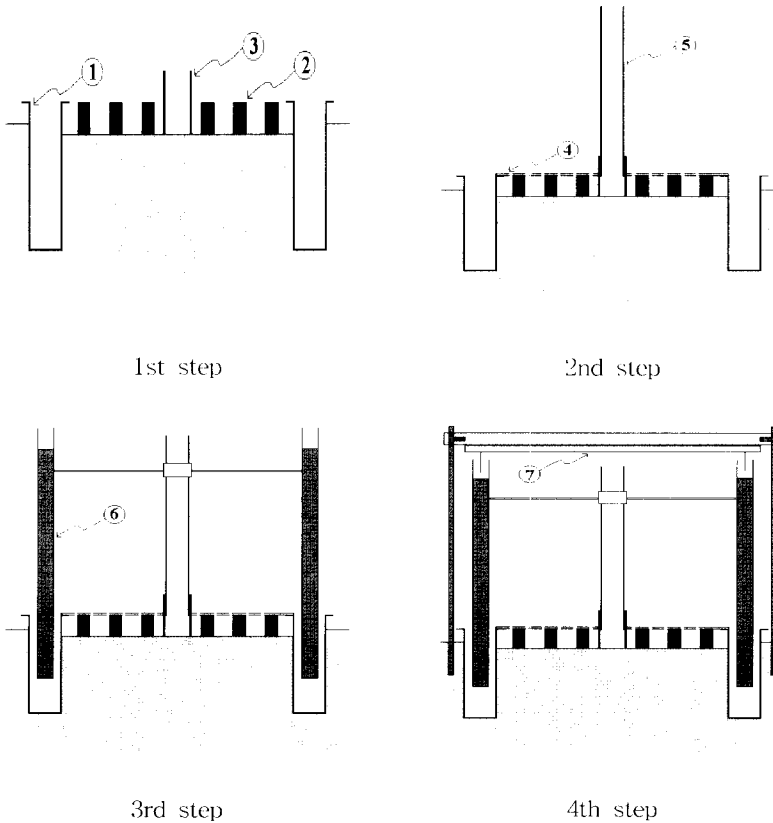


Fig. 17. Assembly procedure of the CA storage system

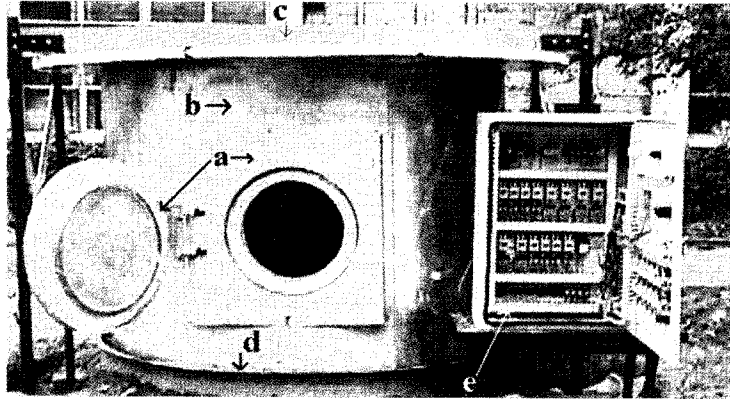


Fig. 18. The assembly of the gas-tight rotating CA system
 a. CA door b. Cylindrical wall c. Roof d. Bottom duct
 e. controller

2) CA 저장 system의 운영

① CA 저장 system의 운영과 scale-up

CA저장 system의 원통형 벽은 하부 기체차단 duct내 유체의 높이가 35cm이상이면 부상하게 되어 360° 회전이 가능하게 되었다(Fig. 20). 또한 하부 기체 차단duct내의 유체의 높이를 조정함으로써 상부 기체차단 duct내에 지붕의 skirt가 잠기는 높이를 조절할 수 있게 되었다.

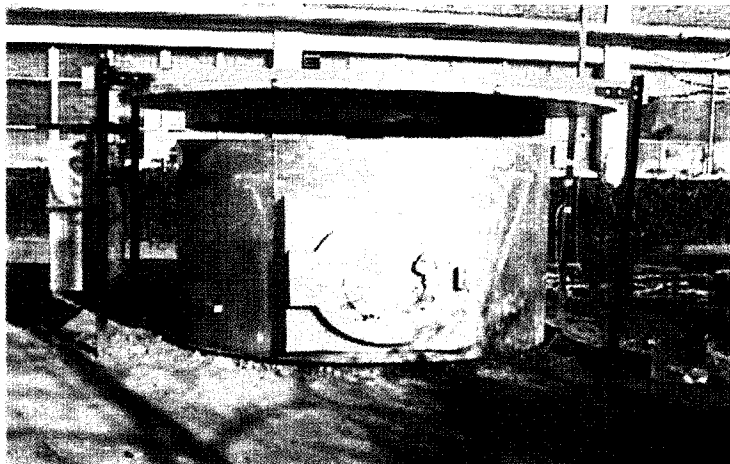
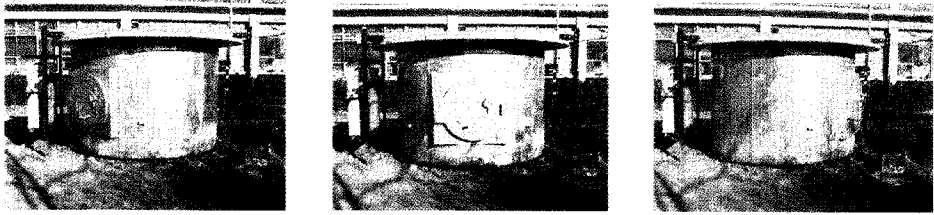


Fig. 19. The sank CA wall to provide air vent at upper wall

하부 기체차단 duct내 유체의 높이가 35cm이하이면 원통형 벽은 가라앉게 되고, 상부 기체차단 duct와 지붕의 skirt가 완전히 분리됨으로써 내부공기를 완전 치환할 수 있었다(Fig. 19). 이 상태에서는 CA 저장system을 관리하는데 필요한 여러 조작이 가능하고, 상온 저장시설과 같은 타용도로의 전환도 가능하게 되었다.

원통 벽은 원의 중심을 축으로 회전하므로 물의 점성으로 인한 마찰력이 없어 성인 남자 1인의 힘으로 회전이 가능하였다. 하부 기체차단 duct에 수도수를 공급할 경우, 별도의 reservoir를 설치하고 이것을 통해 수위를 조절하면 수 분내로 조절이 가능하다.



a. right rotated(30°) b. centered c. left rotated(45°)

Fig. 20. Variation of the door position by rotation of the wall

이 system을 scale-up했을 때, 저장물의 입,출곡 관리에 있어서 운송 차량의 하역 작업은 원통 벽을 회전함으로써 어느 위치에서나 가능하게 된다.

② 제작된 CA 저장 system의 문제점

CA 문을 원통 벽에 부착하였을 때, 문의 무게로 인하여 원통 벽 전체의 무게 균형이 이루어지지 않아 물에 부상시키는 경우 수평을 이루지 못하므로 이에 대한 보완이 필요하다. 또한 원통 벽의 회전과 수위 조절에 대한 자동화의 필요성이 요구된다.

5. CA 저장의 환경 변수 계측과 제어

CA저장의 환경변수로는 온도, 습도, CO₂ 농도, N₂ 농도, O₂ 농도 등이 있는데 본 system에서는 습도 조절 system을 통한 습도 변화와, 단열 능력을 검증하기 위한 온도 변화와 제어를 시험하였다. Fig. 21은 CA 저장에서 각 저장작물에 대한 환경변수 측정과 제어를 위한 program의 순서도를 나타내고 있다.

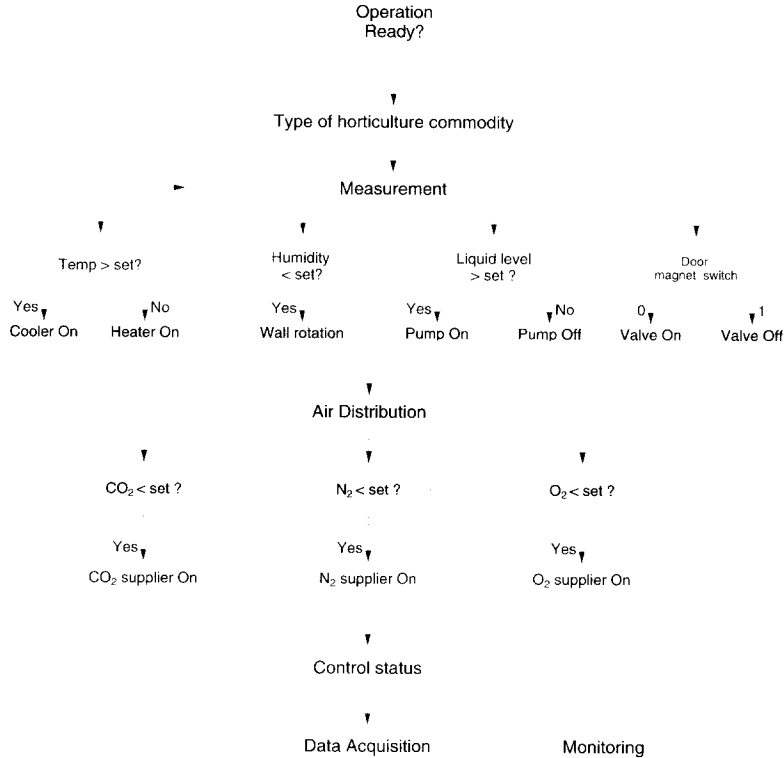
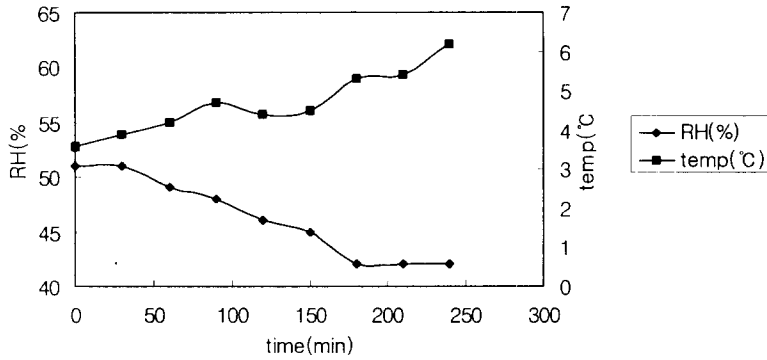


Fig. 21. The flow chart of the operation program for the CA storage system

가. CA 저장 system의 저장 습도 변화

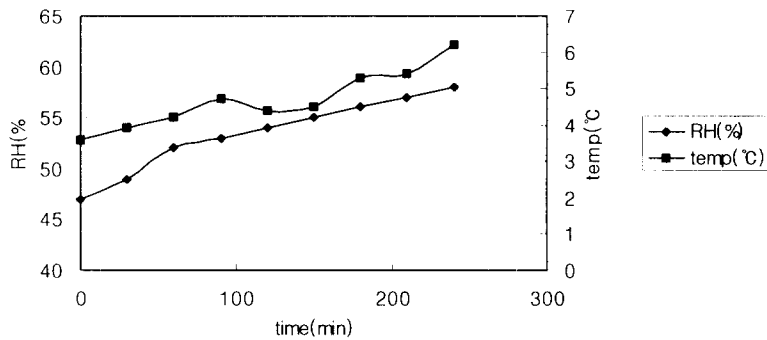
습도가 적으면 호흡작용이 낮아지는데 과실마다 어느 정도의 습도에 다다르면 호흡작용이 억제될 뿐 아니라 발아도 억제된다. 그러나 습도가 적으면 증산작용이 높아 지므로 일반적으로 80~85%가 적당한 습도라고 보고되었다⁽¹⁶⁾. 이 system에서 습도는 하부 기체차단 duct내 액체의 노출 표면적과 관련이 있으므로 별도의 가습 장치가 필요 없이 표면적을 변화시켜서 습도를 조절할 수 있다.

습도를 측정하기 위하여 권이 제작한 controller에 습도센서(SY-HS 220)를 연결하고, RS232C통신을 이용해 PC와 통신하였다. 원통 벽의 회전각을 각각 0° , 56.25° 로 했을 때, 4시간 동안의 저장고내의 습도 변화를 계측한 결과는 Fig. 22와 같다.



a. Closed state

(rotating angle $\alpha = 0^\circ$, exposed area = 0cm^2)



b. Full open state

(rotating angle $\alpha = 56.25^\circ$, exposed area = 1531cm^2)

Fig. 22. Time course change of Humidity in CA 저장실

원통 벽을 Fig. 19와 같이 강하시켜 CA 저장실을 개방하여 저장고 내부와 외부의 습도가 평형에 도달하였을 때, 다시 원통 벽을 부상하여 외부와의 환경을 차단한 후 습도를 계측하였다. 그 결과 Fig. 22-a와 같이 계측을 시작할 때, 저장고 내, 외부의 습도가 51%이었고 하부 기체차단 duct내 액체의 노출 표면적이 0cm^2 일 때(회전각 $\alpha = 0^\circ$), 4시간이 지난 후에 습도가 10%정도 감소됨을 볼 수 있었는데, 이것은 저장고 내부의 온도가 상승하여 상대습도가 감소하였기 때문이다. Fig. 22-b도 Fig. 22-a와 같은 방법으로 계측을 시작하여 내, 외부의 습도가 47%로 평형에 도달한 상태에서, 노출면적을 최대로 하였을 때(회전각 $\alpha = 56.25^\circ$), 4시간이 지난 후에 습도가 약 11% 증가했음을 볼 수 있다.

나. CA 저장 system의 저장 온도계측과 제어

CA저장에서 온도는 일차적인 저장요소이다. 온도를 계측할 때, 저장고 내부와 외부의 온도를 평형에 도달하게 한 후, 온도센서(thermistor, 7k Ω)를 이용해 온도를 계측하였다.

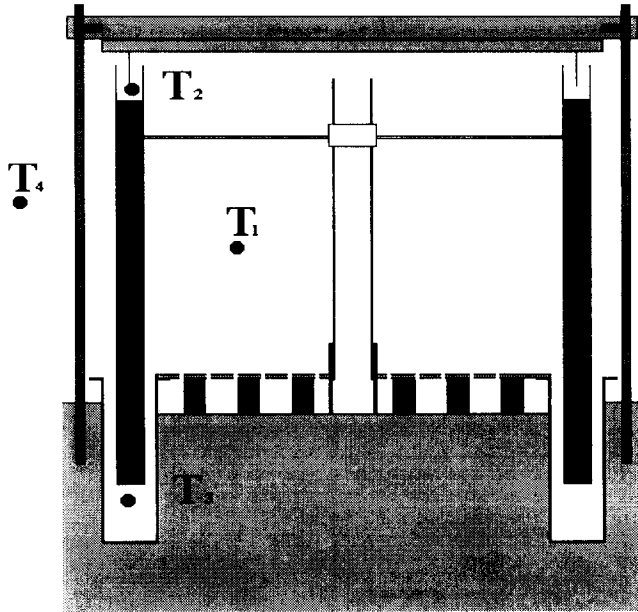


Fig. 23. Installation of thermometer probe for the data acquisition

T_1 : CA room, T_2 : Water in upper duct,
 T_3 : Water in bottom duct T_4 : Ambient air

먼저 제작된 CA저장고의 단열 능력을 검증하기 위해 CA room, 상부 기체차단 duct 내 액체, 하부 기체차단 duct내 액체, 외부의 4지점의 온도를 계측한 결과는 Fig. 24와 같다. Fig. 24는 저장고 내부의 온도와 외부의 온도가 6.5 $^{\circ}\text{C}$ 로 평형을 이룬 상태에서 계측을 시작하여 8시간 동안의 온도변화를 나타내고 있다. 외부 온도 변화의 폭이 약 11 $^{\circ}\text{C}$ 이고, CA room내부의 온도 변화의 폭은 약 5 $^{\circ}\text{C}$ 임을 알 수 있고, 또한 온도값의 peak delay가 약 2.5시간이 있음을 알 수 있다. 이것은 CA 원통 벽이 단열 능력을 보유하고 있음을 나타내었다. 상부 기체차단 duct와 하부 기체차단 duct의 액체의 온도는 비열이 크기 때문에 온도변화의 폭이 크지 않음을 알 수 있다.

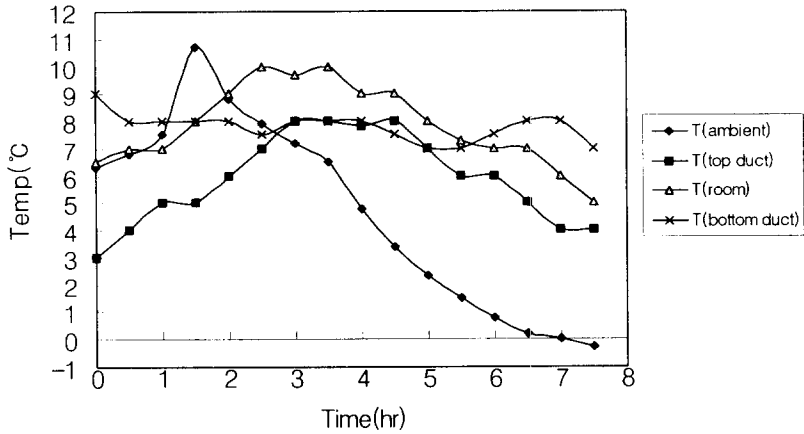


Fig. 24. Time course change of temperature in CA room

CA 저장 system의 온도 제어 능력을 보기 위해 전열기(960W)를 CA room에 설치하고 controller를 통해 on-off제어를 할 수 있도록 하였다. 온도 설정값을 20°C로 하고 온도 변화를 계측하였다. Fig. 26은 500분 동안의 온도변화를 나타내고 있다.

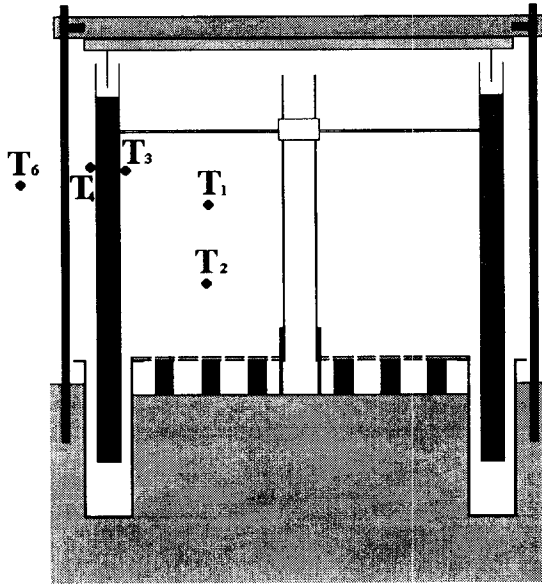


Fig. 25. Installation of thermometer probe for the room temperature control
 T_1 : CA room 1, T_2 : CA room 2, T_3 : Inner surface of wall,
 T_4 : Outer surface of wall, T_6 : Ambient air

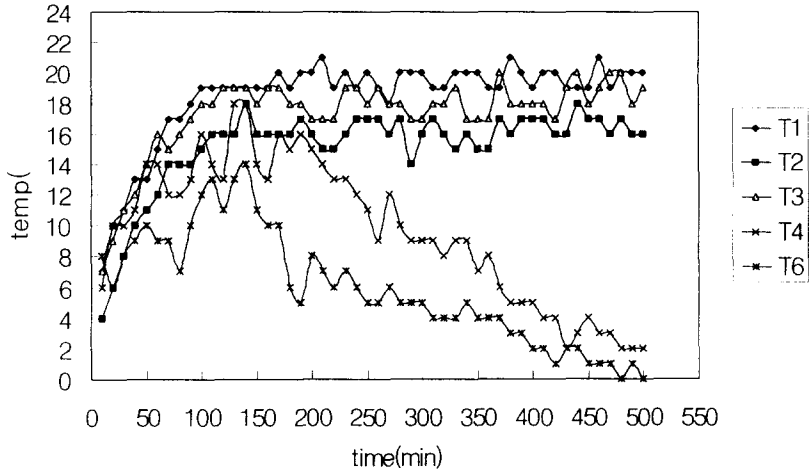


Fig. 26. Time course change of temperature in CA room with setting temperature at 20°C

T1 : CA room 1, T2 : CA room 2, T3 : Inner surface of wall,
 T4 : Outer surface of wall, T6 : Ambient air

Fig. 26에서 온도 설정값에 도달하기까지 약 100분이 소요되었고, 그후에는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 내로 온도를 제어할 수 있었다. 온도 설정값까지 도달하는 동안 소비한 열량은 1382 kcal이었고 이는 예상된 열손실량보다 적었는데, 열손실량 산출과정에서 설정한 온도 차이와 실제 실험에서 측정된 온도차이가 동일하지 않았기 때문이다.

요 약

현재 국내에 보급, 설치된 CA 저장 system의 장치 및 운영을 살펴본 결과, 저장고의 기밀성과 구조적 복잡함이 가장 큰 문제로 분석되었고, 저장고의 형태로 인한 저장물의 관리 및 운용이 불합리함이 판명되었다. 이 문제를 개선하기 위하여 액침 기체차단 저장고 회전 system을 개발, 제작하였다.

액침 기체차단 저장고 회전 system은 크게 상부 구조물, 원통 회전부, 하부 구조물로 나누어 각각을 설계하였는데, 원통 회전부가 상, 하 기체차단 duct의 유체에 잠기게 하여 밀폐성을 확보함과 동시에 제작상의 용이함과 구조의 단순함을 얻고자 하였다. 각 구조물들을 설계에 따라 제작하였고 이들은 설계기준과 대부분 일치하였다. 원통 회전부의 경우 단열성과 예측된 무게에 대한 비중에 따라 부력을 얻을 수 있었다. 원통 벽 상부에는 상부 기체차단 duct를 장착하고 있고, 상부 기체차단 duct내의

유체의 높이를 조절할 수 있는 시스템을 부착하였다. 저장고 문은 기존의 문과 비교해서 훨씬 높은 기밀성을 얻을 수 있었다. 한편 동절기에 우려되었던 상, 하부 기체 차단 duct내의 유체의 동파는 염을 첨가함으로써 성공적으로 방지할 수 있었다.

제작된 CA 저장 system의 열 손실을 살펴본 결과, 하절기에는 약 3000W의 냉각능력을 가진 냉각기가 필요함을 확인하였다. Controller를 이용하여 저장고의 온도제어능력을 살펴본 결과 설정 온도값에 대하여 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 안으로 제어할 수 있음을 확인하였다. 습도조절 system을 이용하여 저장고 내부의 습도 변화를 살펴본 결과, 원통 벽의 회전각에 따른 유체의 노출면적의 변화가 습도 변화에 영향을 미침을 확인하였다.

위 결과를 토대로 새로운 CA 저장 system의 실용성을 확인할 수 있었지만, 실제 과채류에 대한 저장 실험이 이루어지지 않았으므로 이에 대한 추가의 실험이 필요하다. 또한 환경조절을 위한 각종 부가 설비와 이에 대한 적절한 software의 개발이 필요하다.

인용문헌

- Anderson, R.E. 1965. Controlled atmosphere storage - a review of literature on harvesting, handling, storage and transportation of apples. U.S. Dept. Agr. ARS p51~54, p85~102
- Allen, F.W., and Mckinnon, L.R. 1935. Storage of yellow Newtown apples in chambers supplied with artificial atmospheres. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 32:146.
- Bishop, D.J. 1981. The application of micro-processors to controlled atmosphere fruit storage. Agricultural Engineering(1981), p51~54.
- Bishop, D. 1990. Controlled atmosphere storage. Cold and chilled storage technology. Blakie and son Ltd. p73~77.
- Dalrymple, D.G. 1967. The development of controlled atmosphere storage of fruit. U.S. Dept. Agr. Ext. Serv. Div. Mktg. and Utilization Sciences.
- Fisher, D.V. 1942. Mealiness of quality in delicious apples as affected by certain orchard conditions and storage techniques. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 40:128.
- Fidler, J.C., and Mann, G. 1972. Refrigerated storage of apples and pears-a practical guide. Commonwealth Agr. Bureaux, Farnhom Royal. Slough SL2 3BN, England.
- Fidler, J.C., Wilkinson, B.G., Edney, K.L., and Sharples, R.O. 1973. The

- biology of apple and pear storage, Commonwealth Agr. Bureaux, Farnham Royal, Slough SL23BN, England.
- French, T.E., and Vierck, C.J. 1972. The fundamentals of engineering drawing and graphic technology. McGraw-Hill.
- 권순희. 1995. 대기농 농업용 제어장치의 설계 및 운영 프로그램 개발. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- Holman, J.P. 1981. Heat transfer. McGraw-Hill. p489~491.
- Geankoplis, C.J. 1993. Transport processes and unit operations. Prentice-Hall. p525~535.
- 전재근. 1998. 식품공학. 개문사. p120~124.
- Kidd, F., and West, C. 1927. Gas storage of fruit. Dept. Sci. and Indust. Res. Food Invest. Special Rept. p30.
- Hunter, D.L. 1977. CA storage. Mich. State Univ. Dept. Hort. Rep. 28:9.
- 문광덕. 1995. 국내 CA 저장시설 현황. 농산물저장연구회 발표 자료(2) p28~33.
- 장영기. 1996. 장류용 종국 제조 공정의 환경 제어장치와 운영 프로그램 개발. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- MAFF, Refrigerated storage of fruit and vegetable, MAFF reference book 324, HMSO, London.
- Morris, L.L., Claypool, L.L., and Murr, D.P. 1971. Modified atmosphere. An indexed reference list through 1969, with emphasis on horticultural commodities. Univ. of Calif., Div. of Agr. Sci.
- Murr, D.P., Kader, A.A., and Morris, L.L. 1974. Modified atmosphere: An indexed reference list with emphasis on horticultural commodities. Jan. 1, 1970 to Apr. 30, 1974. Univ. Calif. Veg. Crops Series 168.
- Sainsbury. G.F. 1965. Designing refrigerating systems for apple and pear storages. ASHRAES Symposium on Fruit Storages. Proc. Portland, Ore. p12~19.
- Sive, A. and Reznisky, D. 1977. The outlook for CA in Israel. The experience since the 1969 conference. Mich. State Univ. Dept. Hort. Rep. 28:1.
- Smock, R.M. 1966. Recent advances in controlled atmosphere storage of fruits. HortScience 1:13.
- Zahradnik, J.W., and Southwick, F.W. 1958. Design details and performance characteristics of a Douglas fir plywood CA apple storage. Mass. Agr. Exp. Sta. Bull. 505

제 4 절 환경조절 저장설비 system 국산화 연구 II

서 설

국내에 설치된 CA 저장고는 PURGE TYPE 과 STATIC TYPE 의 두 종류가 설치되어 있으나 주로 STATIC TYPE 위주로 설치되어 오다가 최근에 들어서 PURGE TYPE CA SYSTEM이 설치되고 있다. PURGE TYPE CA SYSTEM이란 저장고내의 대기 성분을 분석하여 O_2 , CO_2 의 농도에 따라 N_2 , O_2 , CO_2 를 공급함과 동시에 공급된 만큼 PURGE시키는 방식이고 STATIC TYPE CA SYSTEM은 저장고내의 대기 성분을 분석하여 O_2 , CO_2 의 농도에 따라 N_2 , O_2 , CO_2 를 공급 또는 CO_2 흡착기에 순환 통과시켜 CO_2 를 제거하는 방식이다. 이러한 CA SYSTEM의 대부분은 외국산에 의존하여 설치되어 왔다. 국내에서는 CA 저장고 자체가 생소한 저장 방식이었기에 어쩔 수 없는 현실이라고 생각한다. 시스템이 설치되어 운영하기 위해서는 장비에 대한 폭넓은 이해와 운영의 묘가 있어야 하는데 짧은 교육기간과 언어소통의 문제로 인하여 장비의 운용이 제대로 되지 않고 사용상의 오류로 인하거나 장비의 하자로 인하여 사후 서비스를 받아야 하는데 외국산이기 때문에 시간적, 경제적인 불편이 상당히 많았다. 특히, 저장기간 중에 장비의 하자가 발생하면 그로 인한 손실은 농가에게는 상당한 타격이 된다.

지금에 와서는 CA 설비중의 대부분을 국산화하여 시스템이 구성되어지는데 CA 저장설비의 핵심이라고 할 수 있는 가스 자동분석장치만은 외국에서 수입하여 설치되고 있다. 그래서 이러한 문제점들은 여전히 해소되지 않고 있기에 이번 가스자동분석장치 국산화 연구를 통해 국내에서 가스 자동분석장치를 개발하여 농가에 보급할 수 있도록 하는 것이 연구의 주목적이다.

재료 및 방법

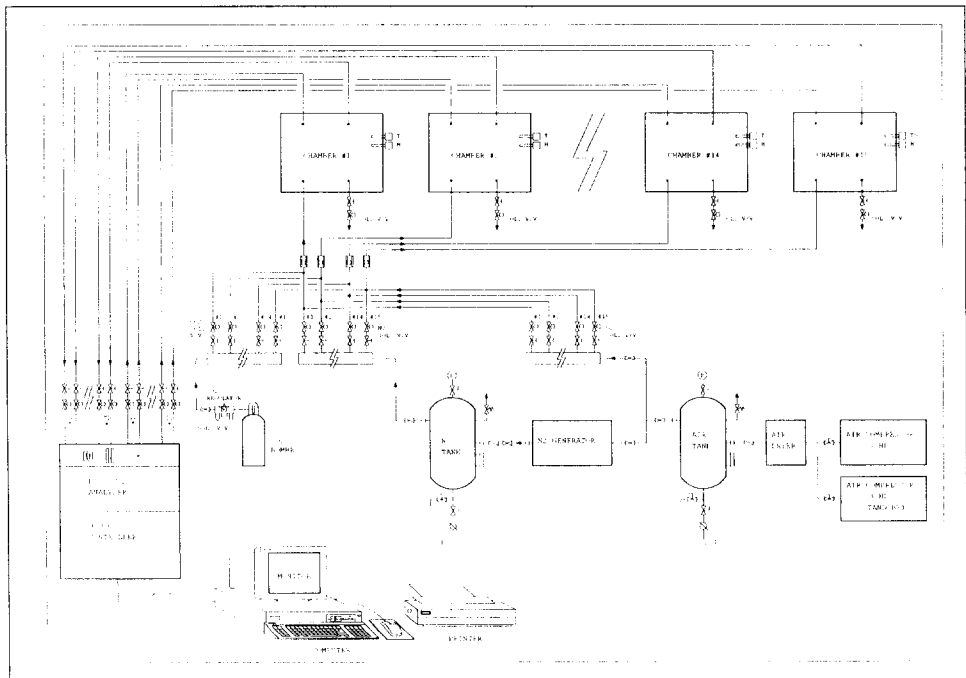
가스 자동분석장치에 사용될 O_2 , CO_2 ANALYZER는 chamber내에 O_2 는 0 ~ 20% 범위 내, CO_2 는 0 ~ 2% 범위 0.2% 이하의 오차로 측정되는 장비를 선정하였다. 선정된 O_2 , CO_2 ANALYZER를 이용하여 가스 자동분석 장치를 제어할 콘트롤 패널을 제작하였다. 패널은 O_2 , CO_2 ANALYZER CALIBRATION 및 SAMPLING을 할 수 있도록 되어 있으며, 패널

전면에 부착된 Analyzer Display로 현재 농도를 알 수 있도록 되어 있다. 또한 PURGE TYPE CA SYSTEM을 구축하기 위한 프로그램을 개발하였다. PURGE TYPE 가스 분석 장치는 chamber내의 O₂, CO₂의 농도는 운용자가 설정한 주기로 순차적으로 측정하여 chamber내의 측정된 O₂, CO₂ 농도와 설정된 O₂, CO₂ 농도의 편차에 의해 해당 chamber의 O₂, CO₂, N₂, Sol V/V를 TIME FACTOR에 의해 OPEN 시키며, O₂, CO₂, N₂, Sol V/V의 TIME FACTOR는 운용자가 적정한 수치를 입력할 수 있도록 되어 있다.

또한 Purge SOL V/V는 O₂, CO₂, N₂, Sol V/V와 연동되어 제어되며 가스 자동 분석 장치 시작품이 완료되면 표준 O₂, CO₂ 가스를 투입하여 Analyzer를 Calibration을 하고 임의의 조건들을 콘트롤러에 입력하여 동작 상태를 평가하여 제어 알고리즘의 수정 및 보안한다.

결과 및 고찰

1. 환경조절 저장 설비 기본 구조도 작성



[그림 1] 환경 조절 저장 설비의 기본 시스템

환경 조절 저장 설비의 기본 시스템은 위의 그림 1과 같다. 위의 시스템은 환경 조절 저장 설비의 PURGE TYPE으로 설계되었으며 이번 연구는 위의 설비 중 가장 핵심

부분인 가스 자동 분석 장치의 국산화에 있다고 생각된다. 가스 자동 분석 장치는 크게 두부분으로 구성 되는데 첫 번째가 가스 자동 분석 장치 패널이며, 두 번째가 가스 자동 분석 장치의 제어 프로그램이다.

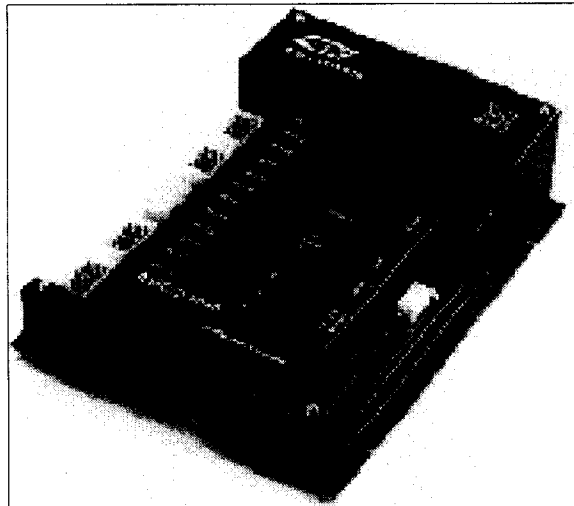
2. 가스 자동 분석 장치의 구성

가. O₂ , CO₂ ANALYZER : Servomex사 SERVOMEX 1440C

(표 1) O₂ , CO₂ ANALYZER 규격

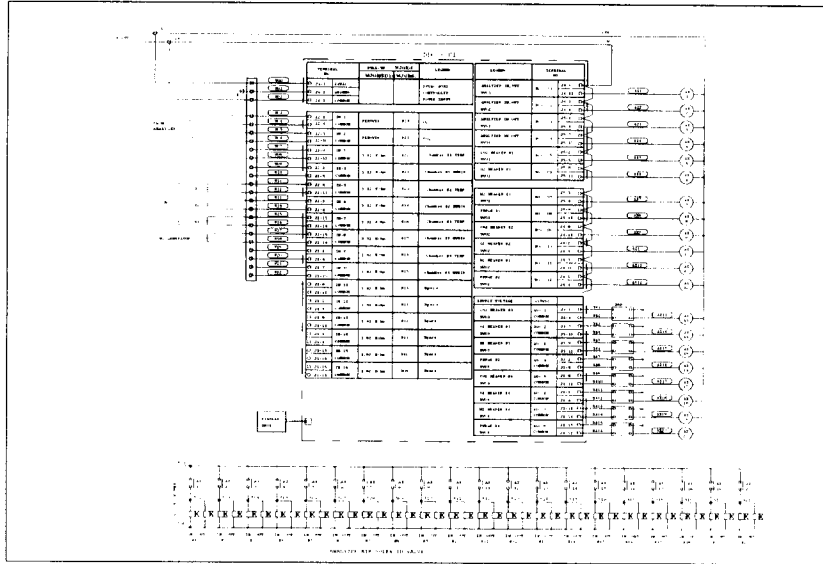
Item	O ₂	CO ₂
Performance Measurement	Paramagnetic Transducer	1520 Infrared Transducer
Output Range	0 ~ 20%	0 ~ 20%
Linearity Error	± 0.1% O ₂	1% of selected range
Response Time	2.5s at 200ml/min	< 10 seconds
Sample flow effect	< 0.1% of reading for 50 to 200 ml/min	3% of reading for 50 to 200ml/min
Ambient Pressure range	80 ~ 110kPaa	90 ~110kPaa
Relative Humidity	0 ~ 90% non-condensing	0 ~ 90% non-condensing
Storage Temperature range	-20 to 70° C	-20 to 70° C
Case Rating	IP 20 (IEC)	IP 20 (IEC)

나. 제어용 콘트롤러



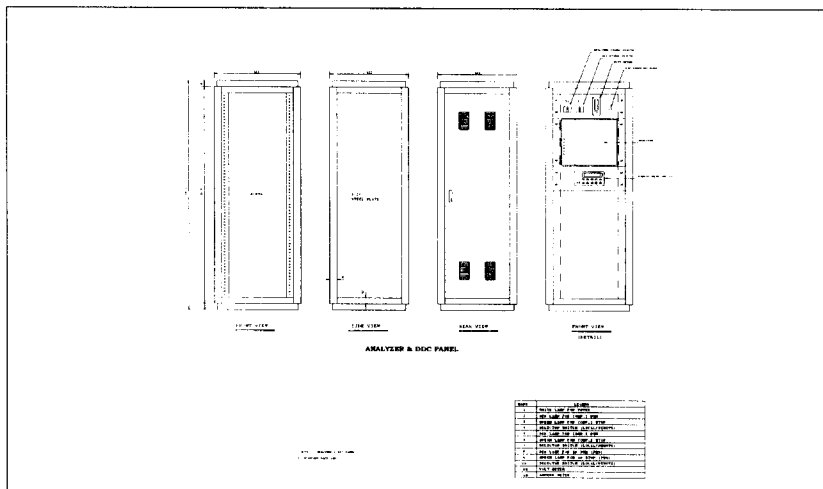
[그림 2] 제어용 콘트롤러 (ASIC/2-7040)

제어용 콘트롤러는 O₂, CO₂ ANALYZER의 농도 및 온습도 센서에 의한 데이터를 받아서 각종 전자변들을 제어 하는 콘트롤러이며 가스 자동 분석장치의 모든 제어는 이 콘트롤러에서 제어된다. 그리고 가스 자동 분석 장치의 제어 로직의 국산화는 이 소프트웨어를 개발하는 것이다.

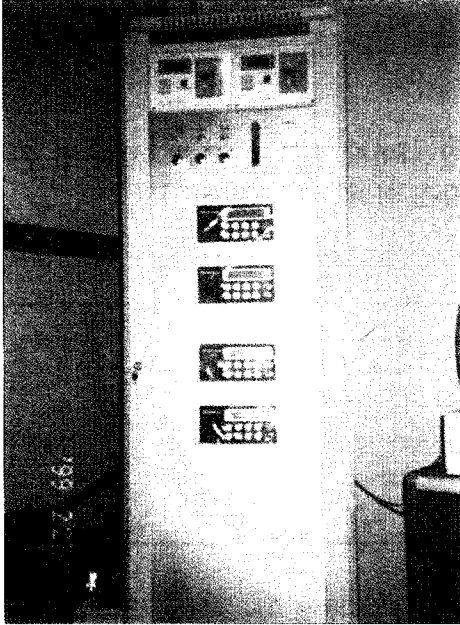


[그림 3] 제어용 콘트롤러의 입, 출력

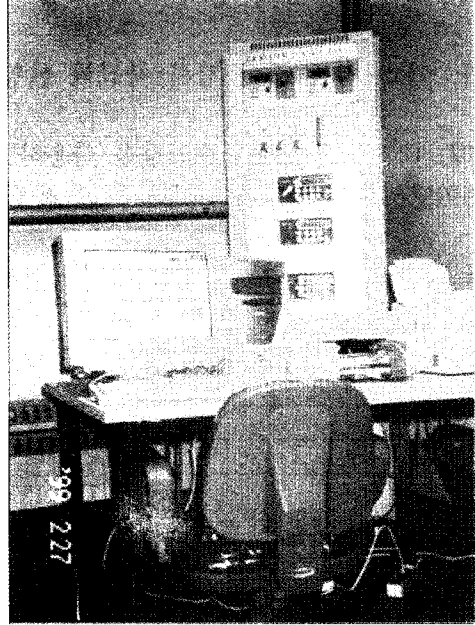
다. 가스 자동 분석 장치 콘트롤 패널



[그림 4] 가스 자동 분석 장치 콘트롤 패널



[그림 5] 가스 자동 분석 장치 판넬



[그림 6] 가스 자동 분석 장치

chamber내의 O₂, CO₂ 농도는 Analyzer Sol V/V를 통해 자동으로 O₂, CO₂의 농도를 측정 할 수 있으며, 또한 샘플링 홀을 통해 수동으로 O₂, CO₂ 농도를 측정 할 수 있다. O₂, CO₂ ANALYZER의 주기적인 Calibration을 위한 Calibration Hole이 만들어져 있고 패널 전면에 부착된 Display Unit를 통해 chamber내의 O₂, CO₂의 농도 및 온습도를 감지 할 수 있다.

(표 2) CA SYSTEM 제어 포인트

INPUT		OUTPUT	
1	Chamber O ₂ 농도	1	CHAMBER Analyzer IN, OUT Sol V/V
2	Chamber CO ₂ 농도	2	CO ₂ Header Sol V/V
3	Chamber 온도	3	N ₂ Header Sol V/V
4	Chamber 습도	4	O ₂ Header Sol V/V
5		5	Purge Sol V/V

라. 전자변

O₂, CO₂ ANALYZER 전자변

마. VACCUM PUMP

chamber내의 가스를 O₂, CO₂ ANALYZER로 보내는 펌프

3. 가스 자동 분석 장치 프로그램 개발

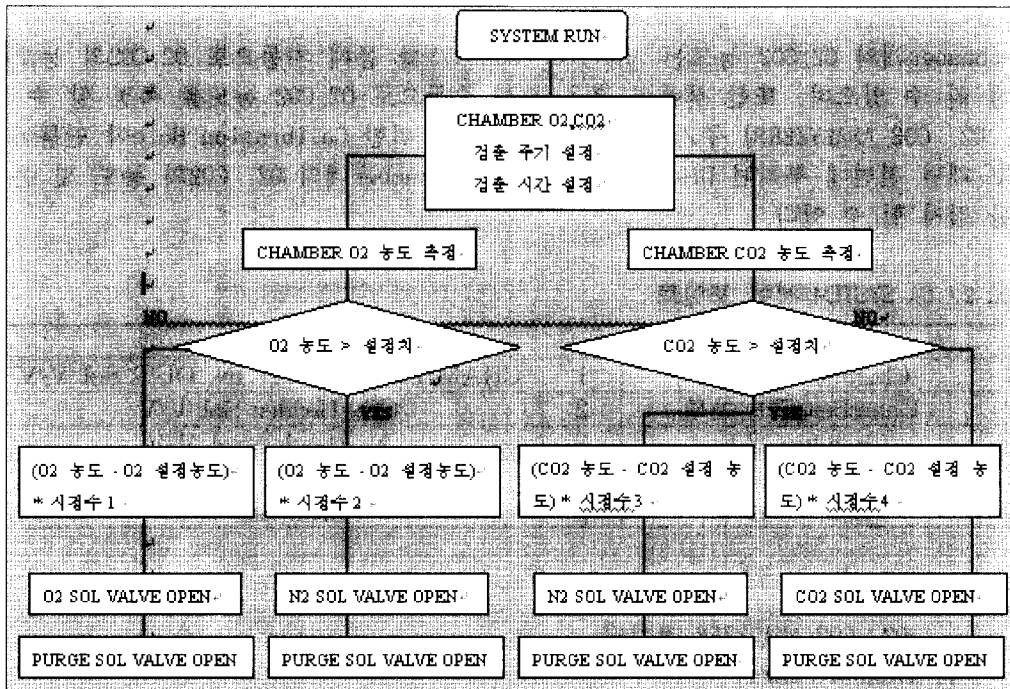
가. 가스 자동 분석 장치 국산화 현황

O₂, CO₂ analyzer는 수입품을 사용하였지만 나머지 장치 및 프로그램은 본 과제를 수행하면서 국산화에 성공했으며 그 세부 사항은 아래 (표 3)과 같다.

(표 3) 가스 자동 분석 장치 국산화 현황

번호	구 성 부 품	국산화
1	O ₂ , CO ₂ ANALYZER	수입품
2	제어용 콘트롤러	국산
3	콘트롤 판넬	국산
4	전자변	국산
5	VACCUM PUMP	국산
6	가스 자동 분석장치 제어 프로그램	국산

나. 가스 자동 분석 장치 제어 프로그램 순서도 작성

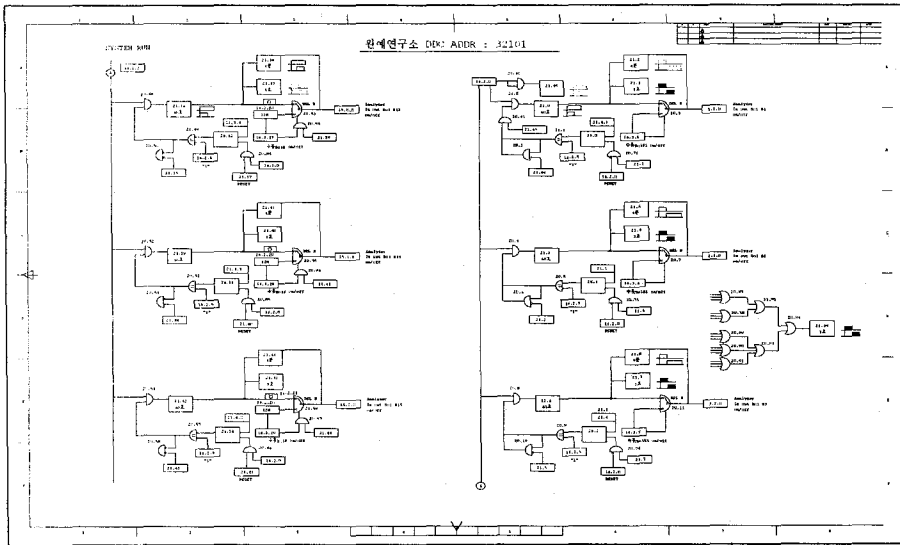


[그림 7] 제어 프로그램 순서도

다. PURGE TYPE CA SYSTEM을 구축하기 위한 프로그램 작성

- 1) chamber내의 O2, CO2의 농도는 운용자가 설정한 주기로 순차적으로 측정.
- 2) chamber내의 측정된 O2, CO2 농도와 설정된 O2, CO2 농도의 편차에 의해 해당 chamber의 O2, CO2, N2, Sol V/V를 TIME FACTOR에 의해 OPEN 시킴.
- 3) O2, CO2, N2, Sol V/V의 TIME FACTOR는 운용자가 적정한 수치를 입력.
- 4) Purge SOL V/V는 O2, CO2, N2, Sol V/V와 연동되어 제어.

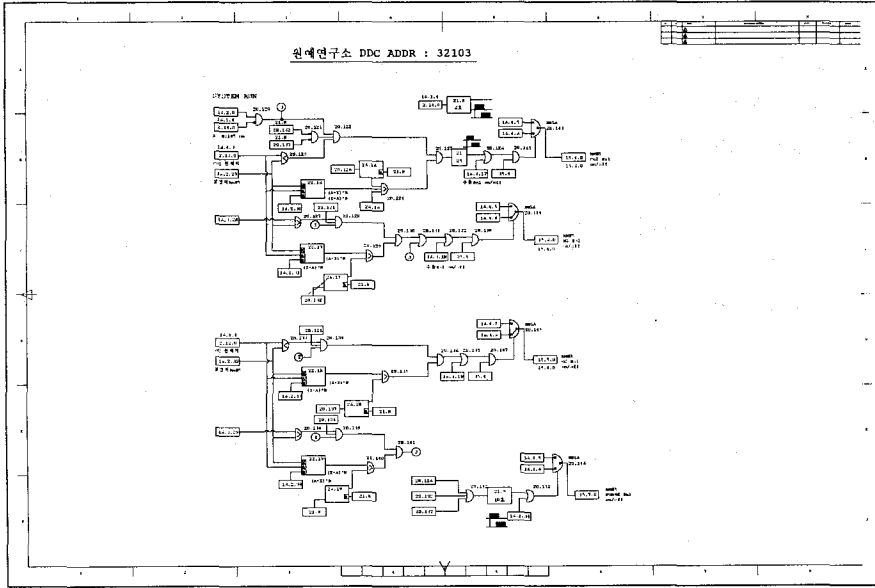
라. 가스 자동분석장치의 제어로직 작성



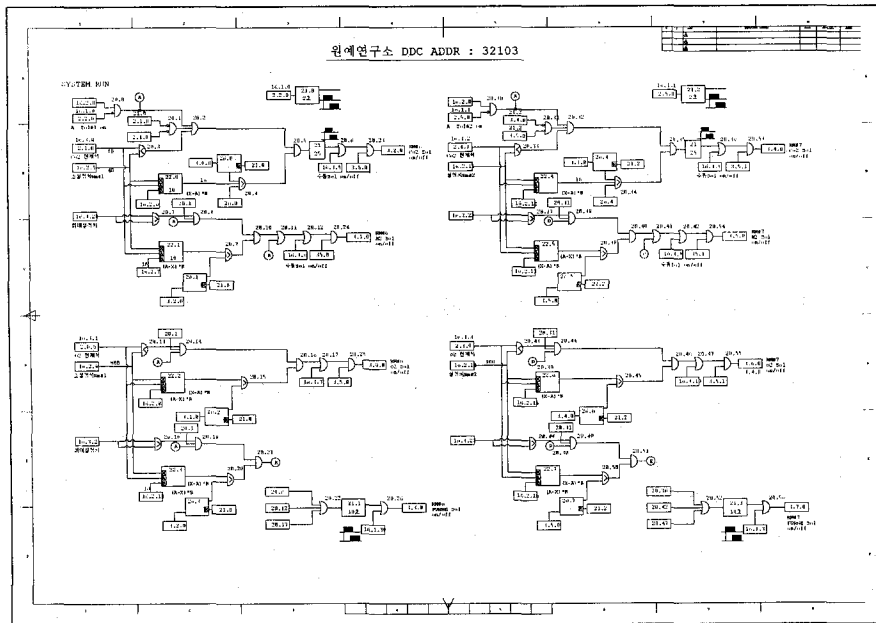
[그림 8] 가스 자동분석장치 제어로직 1

마. 가스 자동 분석장치 적용상의 문제점 점검

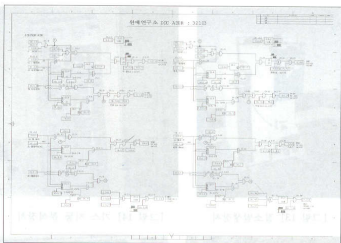
현재 CA 저장설비는 2가지 TYPE(STATIC TYPE, PURGE TYPE)으로 운영되고 있다. 농가에서 CA 저장설비를 계획하면 어떤 TYPE의 CA 저장시스템으로 설계할 것인지를 결정하게 된다. 저장 설비를 하고자 하는 농가에서 본 연구소에서 개발한 PURGE TYPE 가스 자동 분석장치로 시스템이 결정되면 CA SYSTEM을 구성하는 장비(AIR COMPRESSOR, 질소발생장치, AIR TANK, N2 TANK,)를 선정하게 되고 가스 자동 분석장치는 PURGE TYPE으로 개발되었기 때문에 실제 적용상의 특별한 문제점은 제시되지 않았으며, 아직까지 CA SYSTEM이 생소한 시스템이기 때문에 운영상에 노하우가 없어서 운영하는 데 어려움이 있는 것 같다.



[그림 9] 가스 자동분석장치 제어로직 2



[그림 10] 가스 자동분석장치 제어로직 3



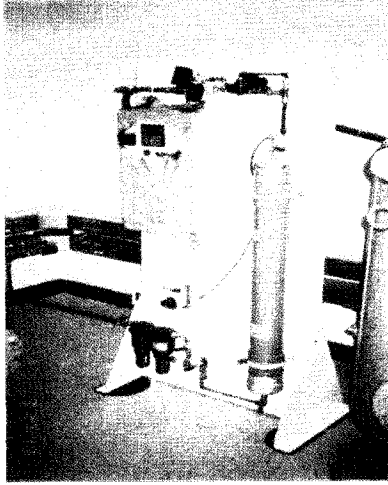
[그림 11] 가스 자동분석장치 제어로직 4

4. CA system 구성 장비

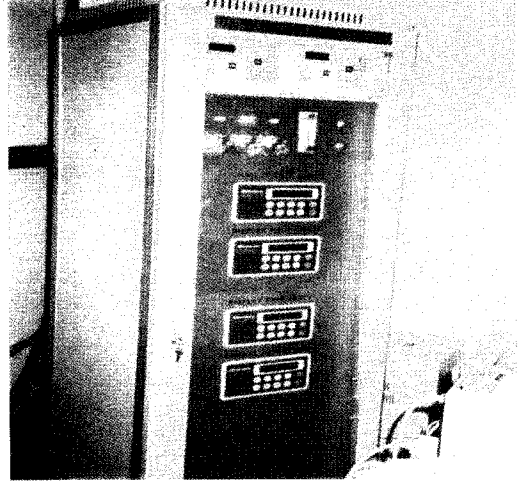
CA 저장설비에 적용함에 있어서 CA SYSTEM의 구성요소는 다음과 같다.



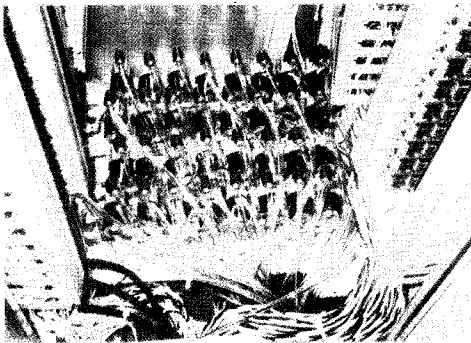
[그림 12] AIR COMPRESSOR



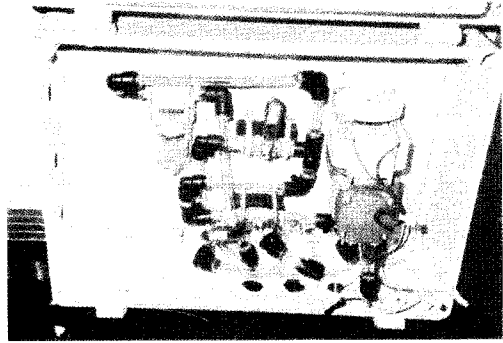
[그림 13] 질소발생장치



[그림 14] 가스 자동 분석장치



[그림 15] 가스분석장치내의 에어 배관 및 전자변



[그림 16] chamber와 센서간의 에어 순환 펌프

5. CA system 운영시 문제점 및 보완 사항

가. CA system 운영시 문제점

- 1) 가스 자동 분석장치는 CA 저장설비에서 가장 중요한 장비이며 가스 자동 분석장치 마다 제어용 컨트롤러가 다르기 때문에 운영하는 방식도 회사마다 다르다. 따라서 가스 자동 분석장치를 익숙하게 사용하기까지는 운영자가 쉽게 접근하기가 어려운 것 같다.

- 2) CA 저장설비는 아직 보편화된 설비가 아니라 가스 자동 분석장치를 처음 사용하는 것이기 때문에 아직까지는 운영상의 문제점은 제시되지 않고 있다.
- 3) 운영자가 CA 저장설비를 계속 운영하다 보면 보다 편리한 방법을 제시하거나 운영하는데 불편한 점을 제시하면 적극적인 수용을 하여 보다 편리한 제품을 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

나. CA 저장설비에서의 장치 제어 상태

가스 자동 분석장치에는 구성장비를 제어하는 콘트롤러가 내장되어 있으므로 가스 자동 분석장치가 제대로 분석되고 제어를 해야만 온전한 CA 저장설비가 운영된다고 할 수 있으며 CA 저장설비에서 주요 장치의 제어 상태 점검 사항은 아래와 같다.

- 1) O₂ , CO₂ 가스의 성분의 분석상태 및 오차율 보정
- 2) N₂ , O₂ , CO₂ 전자변 제어 상태
- 3) 에어 순환펌프의 제어 상태
- 4) chamber내의 온습도 상태
- 5) 각종 에어 배관의 누수상태
- 6) 적절한 용량의 질소발생장비 선택
 - 용량이 부족하면 기본적인 제어가 어려움(PURGE TYPE)

다. 가스 자동 분석장치 프로그램 보완

- 1) 제어 알고리즘에 의한 동작상태 확인

가스 자동 분석장치의 제어 알고리즘은 프로그래머가 CA SYSTEM에 대한 충분한 이해를 바탕으로 프로그램되어 있으므로 운영자의 의도대로 작동하는 데는 이상이 없었으며 사소한 예러는 시운전 단계에서 수정 보완되었다.
- 2) 제어 정밀도 확인

가스 자동 분석장치가 chamber내의 O₂ , CO₂ 가스의 성분을 분석하는데는 O₂ , CO₂ 센서가 필요하다. 이 센서는 chamber내의 공기를 분석하여 O₂ , CO₂ 가스의 성분을 콘트롤러에 신호를 보내주며 이때 신호는 4~20 mA의 전기적인 신호로 보내지기 때문에 약간의 오차는 발생할 수 있다. 센서에서 표시되는 O₂ , CO₂ 가스의 성분 값과 콘트롤러가 인식하는 O₂ , CO₂ 가스의 성분 값과의 오차를 줄이는 것이 가장 중요하다고 생각된다.

요 약

CA 저장고의 핵심 부품인 가스 자동분석장치의 국산화 개발은 우리나라 CA 저장고의 보급에 있어서 가장 중요한 부분이라고 말할 수 있다. 농가에서 보다 쉽고 사용하기 편리한 가스 분석장치를 개발함을 목적으로 이번 연구가 시작되었으며, 가스 자동분석장치에 사용된 O₂, CO₂ ANALYZER는 chamber내에서 O₂는 0~20% 범위내, CO₂는 0~2% 범위에서 0.2% 이하의 오차로 측정되는 장비를 선정하였다. 선정된 O₂, CO₂ ANALYZER를 이용하여 가스 자동분석 장치를 제어 할 콘트롤 패널을 제작하였으며 패널은 O₂, CO₂ ANALYZER CALIBRATION 및 SAMPLING을 할 수 있도록 되어 있고 패널 전면 에 부착된 Analyzer Display로 현재 농도를 알 수 있도록 되어 있다.

PURGE TYPE 가스 분석 장치는 chamber내 O₂, CO₂ 농도는 운용자가 설정한 주기로 순차적으로 측정하여 chamber내의 측정된 O₂, CO₂ 농도와 설정된 O₂, CO₂ 농도의 편차에 의해 해당 chamber의 O₂, CO₂, N₂, Sol V/V를 TIME FACTOR에 의해 OPEN 시키며, O₂, CO₂, N₂, Sol V/V의 TIME FACTOR는 운용자가 적정한 수치를 입력할 수 있도록 설계되어 있다. Purge SOL V/V는 O₂, CO₂, N₂, Sol V/V와 연동되어 제어되며 내장된 콘트롤러에 의해 일정한 간격으로 chamber를 측정하도록 되어 있으며 측정 주기도 사용자와 건물의 조건에 따라 변경 할 수 있다. 또한 사용하지 않는 chamber에 대해서는 측정을 하지 않고 다음 chamber로 넘어가는 기능을 가지고 있다.

이번 연구를 통해 개발된 가스 자동분석장치를 통해 농가에서 보다 쉽고 편리한 CA 저장고를 운영하기를 바란다.

인용문헌

- Allen, F.W. and Smock, R.M. 1937. Carbon dioxide storage of apples, pears, plums and peaches. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 35:193.
- Bishop, D.J. 1984. Electronic monitoring and control of carbon dioxide and oxygen in controlled atmospheres. Acta Horticulturae 157:51.
- Bartsch, J. and Blanpied, G.D. Refrigeration and controlled atmosphere storage for horticultural crops. NRAES-22, Northeast regional agricultural engineering service, Cornell University, Ithaca, NY.
- Fidler, J.C., Wilkinson, B.G., Edney, K.L. and Sharples, R.O. 1973. The biology of apple and pear storage. Commonwealth Agricultural Bureaux, London.
- 정대성. 1995. 신선 농산물의 CA 저장방법. 농산물저장연구회 발표자료(6). p67~71.
- McKenzie, K.A. 1931. Respiration studies of lettuce. Proc. Am. Soc. Hort. Sci.

28:24

Pierson, J. 1980. Apple packing storage and handling charges. Unnumbered leaflet, Aug. 12, 1980. Dept. of Agr. Economics, Mich. State Univ.

Thornton, N.C. 1933. Carbon dioxide storage 3. The influence of carbon dioxide on the oxygen uptake by fruits and vegetables. Contrib. Boyce Thompson Inst. 5:371.

Smock, R.M. 1938. The possibilities of gas storage in the United States. Refrig. Eng. 36:366.

Smock, R.M., and Van Doren, A. 1938. Preliminary studies on the gas storage of McIntosh and Northwestern Greening. Ice Refrig. 95:127.

제 5 절 저비용 CA system 개발 및 실용화 연구

서 설

저 산소 및 고 이산화탄소 조건에서의 CA (controlled atmosphere) 저장은 원예 산물의 장기 저장에 효과적인 저장 방법으로서 국내에서는 아직 보편화되어 있지 않으나 구미의 경우 널리 이용되고 있는 저장 방법이다. 원예 산물의 저장에 이용되고 있는 상용 CA 저장고의 CA 조성 방식은 저장고 내 CO₂의 농도를 제어하는 방법에 따라 크게 질소 치환 방식(nitrogen purge type)과 CO₂ 흡착 방식(CO₂ scrubbing type)의 두 종류로 구분된다. 즉, 밀폐된 저장고 내에서는 저장 작물의 호흡에 의해 CO₂ 농도의 증가가 야기되는데, 이러한 CO₂ 농도의 변화를 CO₂ 분석기로 주기적으로 분석한 후 CO₂ 농도가 일정 수준에 이르면 질소 가스를 저장고 내에 유입시켜 저장고 내 공기를 질소로 치환하여 CO₂를 배출시키거나 (질소 치환 방식) 저장고 내 공기를 CO₂ 흡착기에 순환 통과시켜 CO₂를 흡착 제거(CO₂ 흡착 방식)한다. 한편 저장고 내 O₂ 농도의 조절은 두 방식 모두 주기적인 O₂ 농도의 분석을 수행하면서 O₂ 농도가 일정 수준 이하로 저하될 때 외부 공기를 저장고에 주입하는 방법을 적용하고 있다. 따라서 기존의 이러한 CA 조성 방식에 있어서는 저장고 내 가스 농도의 주기적 분석과 함께 각종 주변 기기의 자동 제어가 필수적인 전제 조건이 되어 높은 초기 시설 투자비가 소요된다.

저 산소 및 고 이산화탄소의 CA 조건에서 과실 등의 원예 산물의 호흡은 감소하며 이러한 호흡의 저하는 에틸렌 생성 및 작용의 억제와 함께 CA 저장에 의해 저장 작물의 저장 기간이 연장되는 원인의 하나로 작용한다. 저장 중 저장 작물의 호흡량의 변화는 저장고 내 O₂ 또는 CO₂ 농도의 변화를 결정하는 주 요인으로서 CA 저장 시설의 설계 및 적절한 운영을 위한 중요한 지표로 활용된다. 그러나 고 이산화탄소 CA 조건에서의 원예 산물의 저장 중 호흡의 측정을 위하여는 조직 내에 잔존하는 외생 CO₂의 영향을 배제하기 위한 고려가 선행되어야 하는 어려움이 있다.

기존의 질소 치환 CA 조성 방식에서는 질소 가스의 유입이 단시간 동안 고속으로 이루어지며 질소 유입 개시 시점의 판단을 위하여 지속적인 가스 분석이 필수적으로 요구된다. 그러나 일정 농도의 O₂를 함유하는 질소 혼합 가스(O₂ + N₂)를 일정한 유속으로 연속적으로 저장고에 유입시킬 경우, 저장 작물의 호흡에 따른 O₂의 소모 및 CO₂의 생성으로 인해 저장고내 가스 농도는 일정한 상태에서 균형이 유지될 것이므로 별도의 가스 분석 장비 없이도 CA 조성의 유지가 가능할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 외생 CO₂의 영향을 배제하면서 후지 사과 과실의 CA 저장 중 나타나는 호흡량 및 에틸렌 생성량의 변화를 분석하여 CA 저장고의 운영에 필요한 기초 자료를 확보함과 아울러 기존의 CA 방식을 변형하여 연속적으로 혼합 가스를 저장고에 유입시킴으로써 CA 조건을 유지하는 저비용의 CA system의 개발을 위한 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 혼합가스 연속 공급 장치의 제작

Fig. 1의 장치를 제작하여 CA 저장 실험에 이용하였다. 즉, 압축 질소 가스와 압축 공기의 배관에 연결된 압력 조절용 수조(barostat tower)의 수위(H)를 조절하여 각 가스의 압력을 일정하게 유지시킨 조건에서 metering valve를 조작하여 질소와 공기가 일정한 비율로 혼합되도록 함으로써 일정 농도의 O_2 를 함유하는 혼합 가스를 연속적으로 생산하였으며, 생산된 혼합 가스는 과실이 밀폐되어 있는 저장 용기를 관통하여 배출되도록 하였다(Fig. 1). 이 때 저장 용기를 관통하는 혼합 가스의 유속은 barostat tower의 수위(H)에 의해 결정되며 가스의 유속은 bubble flow meter를 이용하여 측정하였다.

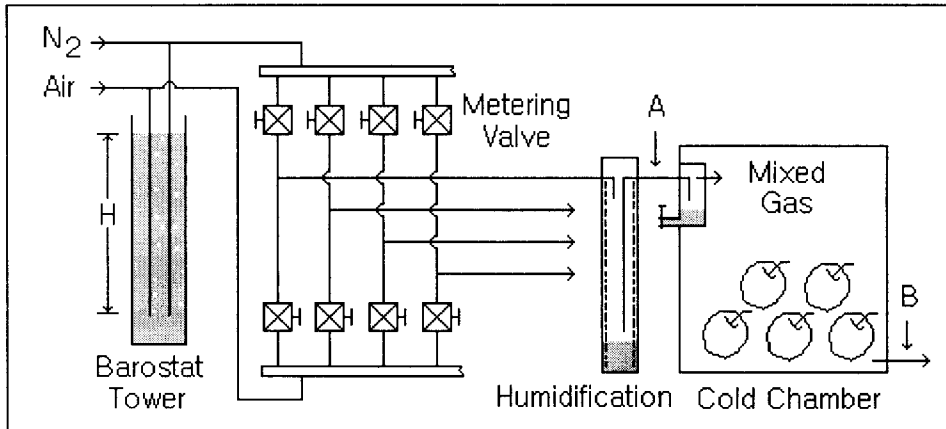


Fig. 1. 혼합 가스 연속 공급 및 CA 저장 실험 장치 제작도

2. CA 저장 중 '후지' 과실의 호흡 및 에틸렌 생성의 측정

25kg의 후지 과실(10월 하순 충주산)을 50L의 용기에 밀폐한 후 O_2 농도 1, 3%의 혼합 가스를 연속 공급(유속 6.5L/h)하여 0C에서 저장하면서 유입 가스(Fig. 1의 A 지점)와 배출 가스(Fig. 1의 B 지점) 중의 O_2 , CO_2 , 및 에틸렌 가스 농도를 gas chromatography를 이용하여 분석하였다. 과실의 호흡량 및 에틸렌 생성량은 유입 가스와 유출 가스간의 CO_2 및 에틸렌 농도의 차이로부터 산출하였다.

3. 유속의 변화에 따른 CA 조성의 차이 분석

위의 실험에 이용되었던 후지 과실 13kg을 20L 용기에 밀폐하고 질소 가스를 2시간 동안 고속 유입시켜 공기를 치환 제거시킨 후 1, 2, 3 및 4%의 O₂를 함유하는 혼합 가스를 0.7, 1 및 1.7L/h의 유속으로 연속 공급하면서 유입 및 유출 가스의 O₂ 및 CO₂ 농도를 gas chromatography를 이용하여 분석하였다. 저비용 CA system의 실용화 연구: Fig. 6과 같이 질소 발생기를 제작한 후 1.5톤의 후지 사과 과실을 Fig. 5의 저비용 CA system으로 CA 저장하면서 CA 조건의 유지 여부와 과실의 품질 변화를 경시적으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 저비용 CA system 개발을 위한 연구

Fig. 2는 Fig. 1의 장치를 이용하여 연속 생산되는 혼합 가스로 저장 용기 내 공기를 치환시키면서 후지 과실을 저장하는 동안 저장 용기 내 O₂ 및 CO₂ 농도의 변화를 측정한 결과를 보인다. 저장 용기로 유입되는 혼합 가스의 O₂ 농도는 Fig. 1의 metering valve를 조정하여 저장 개시 시점에 1.1 및 3.1%로 설정하였으며 설정된 O₂ 농도는 저장 기간 동안 $\pm 0.1\%$ 의 범위 내에서 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있었다. 혼합 가스 중 O₂ 농도는 질소와 공기의 혼합 비율에 의해 결정되며 이러한 혼합 비율은 질소와 공기의 유속을 측정함으로써 산출된다. 따라서 별도의 자동 제어 장비 없이 유속의 측정만으로 CA 조건의 조성 및 장기간 유지가 가능하였다. 한편 저장 기간 중 저장 용기 내 O₂ 농도(유출 가스의 O₂ 농도와 동일)는 유입 가스의 O₂ 농도보다 저 산소 조건에서는 평균 0.15% 그리고 대기 조건에서는 평균 0.21% 낮게 유지되었으며, CO₂ 농도는 1% O₂, 3% O₂ 및 20.8%(공기)의 혼합 가스를 유입시켰을 때 각각 0.29, 0.36 및 0.52% 이하의 수준에서 저장 기간의 경과와 더불어 지속적으로 감소하였다(Fig. 2).

각 조건에 따른 저장 용기 내 CO₂ 농도의 차이는 과실의 호흡량(CO₂ 생성량)의 차이에서 비롯되는 것으로서, O₂ 농도가 낮을수록 호흡량은 저하되는 경향을 보였으며 1, 3% 및 20.8%의 O₂ 농도 조건에서 저장 기간 중 후지 과실의 평균 호흡량은 각각 0.61, 0.76, 1.31ml CO₂/kg/h로 산출되어, 저 산소 CA 저장은 저온 저장에 비해 과실의 호흡을 약 50% 감소시키는 것으로 나타났다(Fig. 3). 한편 저장 기간 중 과실의 에틸렌 생성량은 공기 조건(20.8% O₂)에서는 저장 기간과 더불어 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나 1 및 3% O₂ 조건에서는 매우 낮아서, 저 산소 조건이 호흡과 더불어 에틸렌 생성의 억제에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

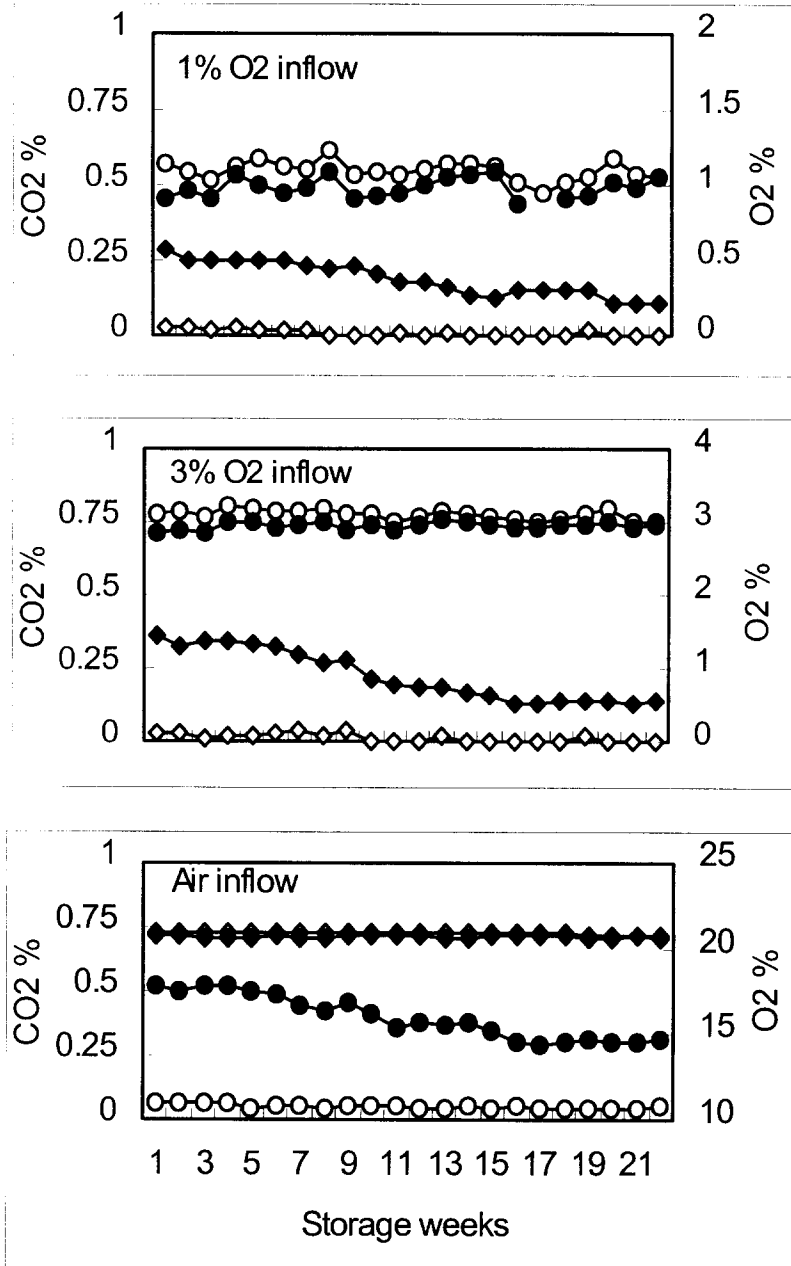


Fig. 2. 1% 및 3%의 O₂를 함유하는 질소 가스를 5L/h의 유속으로 연속 유입시키면서 사과 과실의 CA 저장 중 저장실내 CO₂ 및 O₂ 농도의 변화 (○ O₂ % in inlet gas; ● O₂ % in outlet gas; ◇ CO₂ % in inlet gas; ◆ CO₂ % in outlet gas).

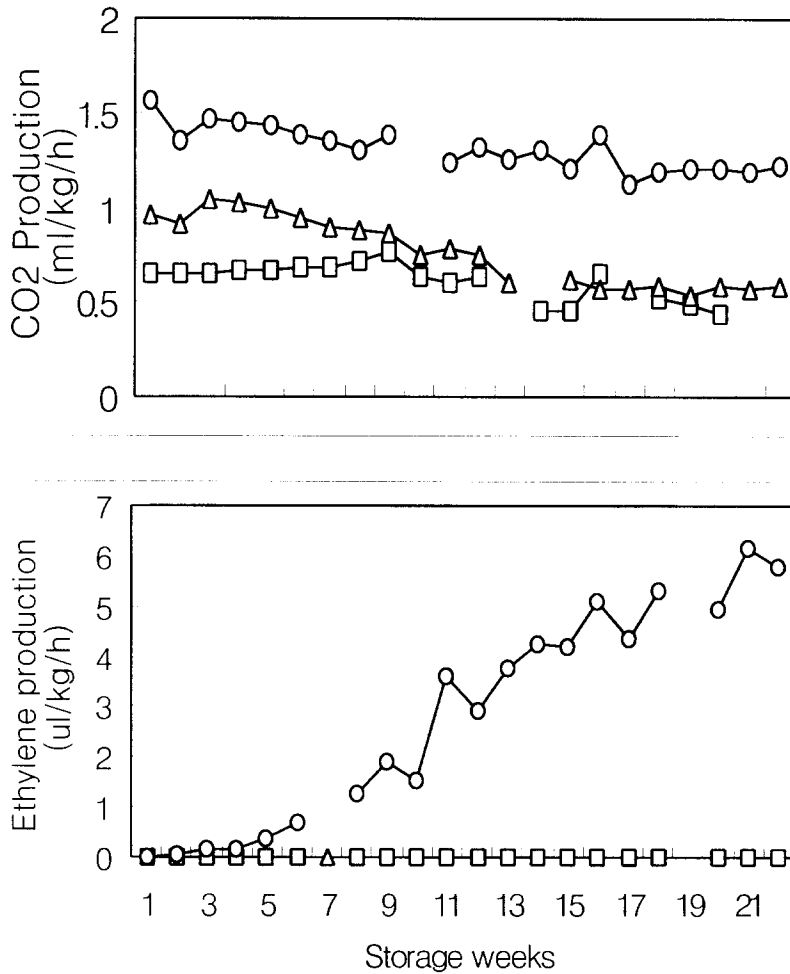


Fig. 3. 1% (□), 3% (△) 및 20.8% (○) O₂를 함유하는 질소 가스를 6.5L/h의 유속으로 연속 유입시키면서 CA 저장 중 사과 과실의 CO₂ 및 C₂H₄ 생성량의 변화

혼합가스로 저장 용기내 공기를 지속적으로 치환시키면서 과실을 저장할 때 저장 용기내 CO₂의 농도(c, %)는 과실의 시간당 CO₂ 생성량 (r; CO₂ ml/kg/h = 호흡량), 과실의 무게(w, kg) 또는 저장 용기의 과실을 제외한 용적 (v, L), 시간당 유입되는 혼합 가스의 양(f; L/h)등의 요인에 의하여 결정된다. 단, 저장 용기 용적의 60%를 과실로 채울 경우 과실의 비중을 1 이라 하면 v = 0.667 w이다.

$$\text{즉, } c(\%) = \{\text{Total amount of CO}_2 / (v + f)\} 100 \quad (1)$$

$$\text{Total amount of CO}_2 = vc/100 + rw \quad (2)$$

$$\text{따라서 } c = \left\{ \frac{(0.667wc/100 + wr/1000)}{(0.667w + f)} \right\} 100 \quad (3)$$

이므로 (3)의 공식을 이용하면 소요되는 시간당 혼합 가스의 양(f)을 산출할 수 있으며, 계산 결과(Table 1)를 보면, 혼합 가스 소요량은 과실의 호흡량이 낮을 수록 그리고 CO₂ 농도를 높게 유지할수록 감소함을 알 수 있다. 실제 12kg의 과실을 20L의 용기에 밀폐한 조건에서 혼합 가스를 0.7, 1.0 및 1.7L/h의 유속으로 유입시켰을 때 1주 후 저장 용기 내 가스 농도의 변화를 분석한 결과(Fig. 4), CO₂ 농도는 각각 약 1.0±0.1, 0.8±0.1 및 0.4±0.1%를 유지하여 (3)의 공식에 의해 예상되는 결과와 유사하였다.

Table 1. 저비용 CA system에 의해 1톤의 사과 과실을 저장시 혼합 가스 소요량

Respiration Rate (CO ₂ ml/kg/h)	CO ₂ concentration (%)	Mixed gas need (L/h)
0.71	0.5	142
0.61	0.5	122
0.71	1.0	71
0.61	1.0	61

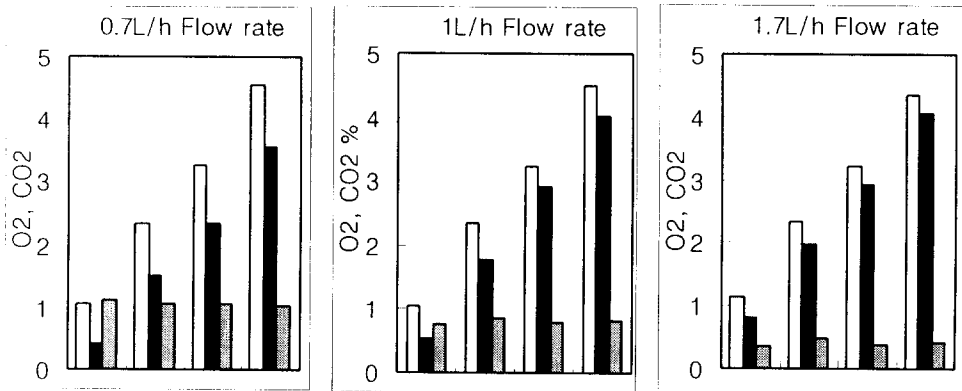


Fig. 4. 1, 2, 3 및 4%의 O₂를 함유하는 질소 가스를 0.7, 1 및 1.7L/h의 유속으로 연속 유입시키면서 사과 과실을 CA 저장할 때 저장실내 CO₂ 및 O₂ 농도의 차이 (□ O₂ % in inlet gas; ■ O₂ % in outlet gas; ▨ CO₂ % in outflowing gas).

CA 저장 시 후지 과실의 경우 저장고 내 CO₂의 축적은 CO₂ 장애를 유발할 수 있는데, 이러한 방식에 의한 CA system(Fig. 5)에서는 유입 가스의 유속을 조절함으로써 CO₂의 축적을 방지할 수 있다. 한편 O₂ 농도는 유입 가스 중 O₂ 농도와 호흡량(O₂ 소모량)에 의해 결정되므로 호흡량을 감안하여 유입 가스 중의 O₂

농도를 약간 높게 설정할 필요가 있다. 후지 과실의 경우 1% O₂ 및 0.5% CO₂ 농도를 유지하면서 CA 저장하기 위하여 소요되는 혼합 가스의 양은 과실 1톤당 122L/h로 계산되는데(Table 1), 이러한 규모는 porous fiber separator 방식의 질소 발생기를 이용할 경우 경제적 생산이 가능한 범위에 속한다.

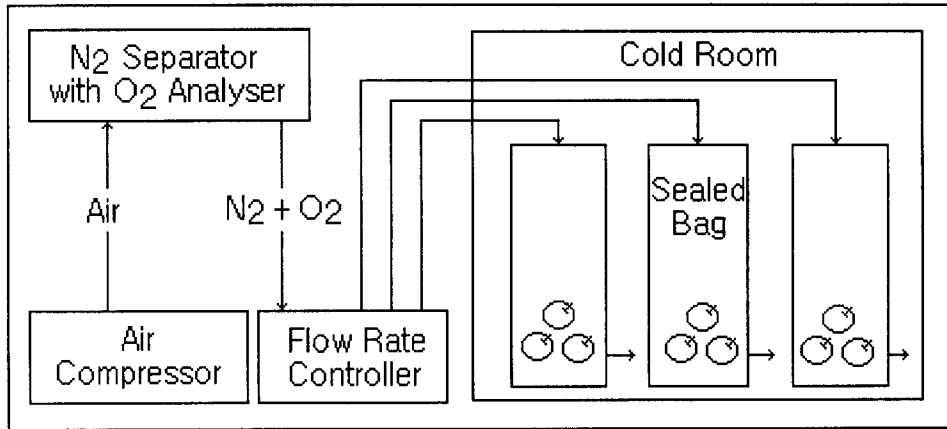


Fig. 5. 저비용 CA System의 개략도. 압축 공기로부터 질소 발생기를 이용하여 생산되는 질소 가스에 일정 농도의 O₂가 함유되도록 조절한 후 이 질소 가스를 일정 유속으로 저장실에 연속 공급함. 이 때 유입 가스의 유속은 유입 가스 중의 O₂ 농도, 과실의 호흡량 및 요구되는 CO₂ 농도에 의해 결정됨.

본 연구에서는 주기적인 가스 분석과 함께 고가의 자동 제어 장비의 구성을 필수적으로 요구하는 기존의 CA 방식과는 달리 CA 구성 가스의 유속을 조절하는 단순한 방법에 의해 CA 조건을 조성하여 장기간 안정적으로 유지할 수 있음을 확인하였다. 따라서 이러한 CA 방식은 중소규모의 저장고에 실용적으로 적용이 가능할 것으로 판단되는데, Fig. 5와 같은 CA system의 구성이 가능할 것이다. 그러나 이러한 CA 방식에서는 저장 작물의 호흡량에 따라 운영 조건이 다르므로 실제적 적용을 위하여는 원예 산물의 종류에 따른 호흡량 등의 운영 조건 구명이 선행되어야 할 것이다.

2. 저비용 CA system의 실용화를 위한 연구

Fig. 6과 같이 oxygen analyzer를 부착한 질소 발생기를 제작한 후 1.5톤의 후지 사과 과실을 Fig. 5의 저비용 CA system으로 CA 저장하면서 저비용 CA system의 안정성과 과실의 품질 변화를 경시적으로 분석하였다. 이 때, 질소 발생기에 부착한 oxygen

analyzer는 생산되는 질소 가스 중의 산소 농도를 측정 및 조절하는데 이용하였을 뿐만 아니라 3-way solenoild valve를 장착함으로써 필요에 따라 저장실 중의 산소 농도를 측정할 수 있도록 구성하였다.

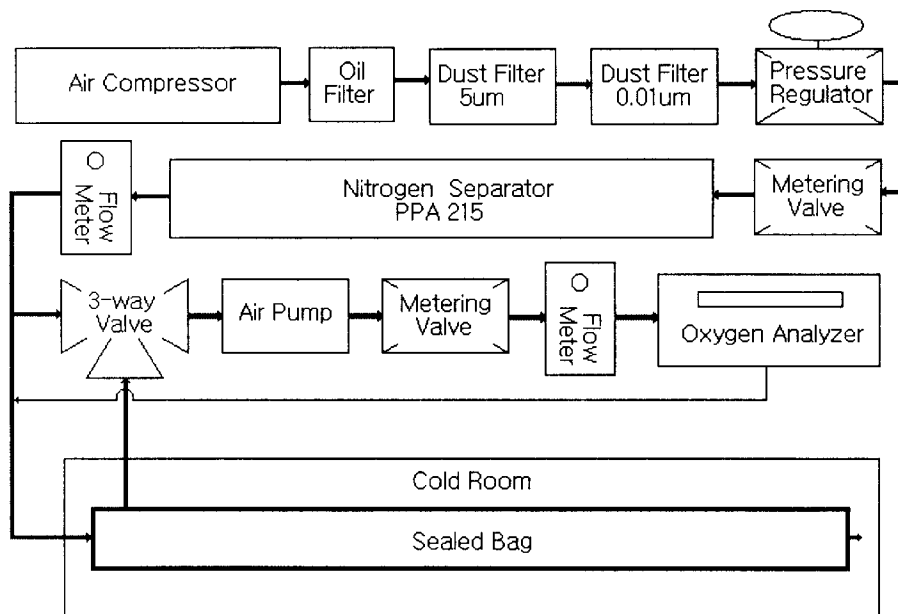


Fig. 6. 질소 발생기 제작도

Porous fiber separator 방식인 Permea 사의 PPA 215 모델의 membrane을 이용하여 질소 발생기를 제작할 경우 산소 농도별 질소 가스 생산량은 Tab. 2와 같으며, 예를 들어 1.5%의 산소를 함유하는 질소 가스는 유입 압축 공기압이 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 일 때 $2000\text{L}/\text{h}$ 의 생산이 가능하다. 따라서 앞의 공식 (3)을 이용하여 각 CA 조건별로 PPA 215 모델 membrane 1개당 저장 가능한 과실량을 산출하면 Tab. 3과 같으며 이러한 저장 물량은 경제성을 갖기에 충분하다.

이러한 질소 발생기를 이용하여 산소 + 질소 혼합 가스를 $140\text{L}/\text{h}$ 의 유속으로 연속 생산하여 1.5톤의 후지 사과 과실을 CA 저장할 때 저장실내 CO_2 및 O_2 는 장기간에 걸쳐 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있었다. 즉, 혼합 가스 중의 산소 농도를 1.8%로 설정하였을 때와 2.8%를 설정하였을 때, 저장실내 실제 O_2 농도는 1.5 (2 - 8주) 및 2.5% (9-19주), CO_2 농도는 0.2 - 0.4%의 범위를 안정적으로 유지하였다(Fig. 7).

Table 2. Nitrogen Separator PPA215의 질소 가스 생산 용량

유입공기압 (kg/cm ²)	질소 가스 순도 (%)					
	99.5	99	98	97	96	95
5.6	500	700	1100	1400	1700	2100
6.3	600	800	1300	1600	2000	2400
7.0	700	1000	1500	1900	2400	2900
7.7	800	1200	1700	2200	2700	3200
8.4	900	1300	1900	2400	3000	3600
9.1	1000	1400	2100	2700	3300	4000
9.8	1100	1600	2300	3000	3700	4400
10.5	1200	1700	2500	3200	4000	4800
11.3	1300	1900	2700	3500	4300	5200
12.0	1400	2000	2900	3800	4700	5600
12.7	1600	2200	3200	4100	5000	6000
13.4	1700	2300	3400	4300	5400	6400
14.1	1800	2500	3600	4600	5700	6800

유입 압축 공기압이 10kg/cm²일 때 2000L/h의 질소 가스 (98.5% 순도) 생산 가능

Table 3. Nitrogen Separator 1개당 저장 가능 물량

O ₂ %	CO ₂ %	저장 가능 과실량 (톤)
1	0.5	14.1
3	0.5	16.4
1	1	28.2
3	1	32.8

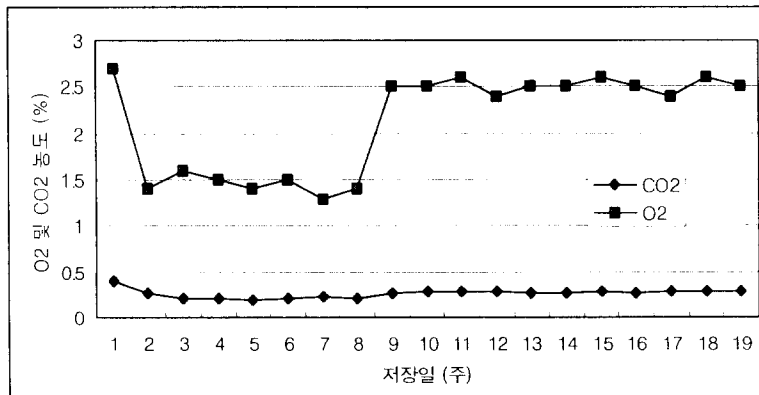


Fig. 7. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 O₂ 및 CO₂ 농도 변화

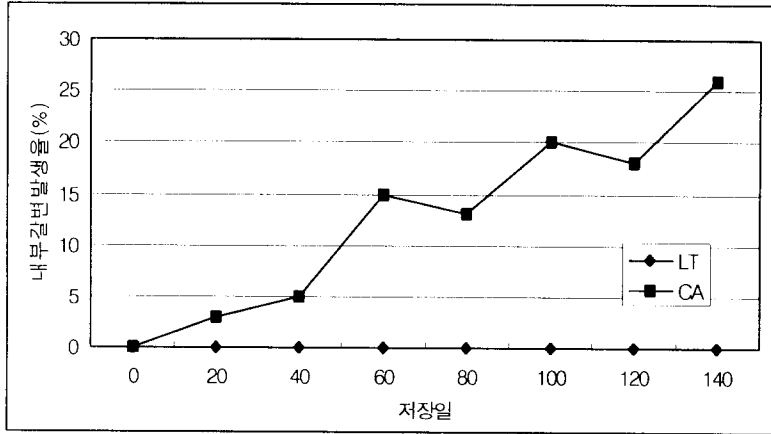


Fig. 8. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 내부 갈변 장애과 발생을

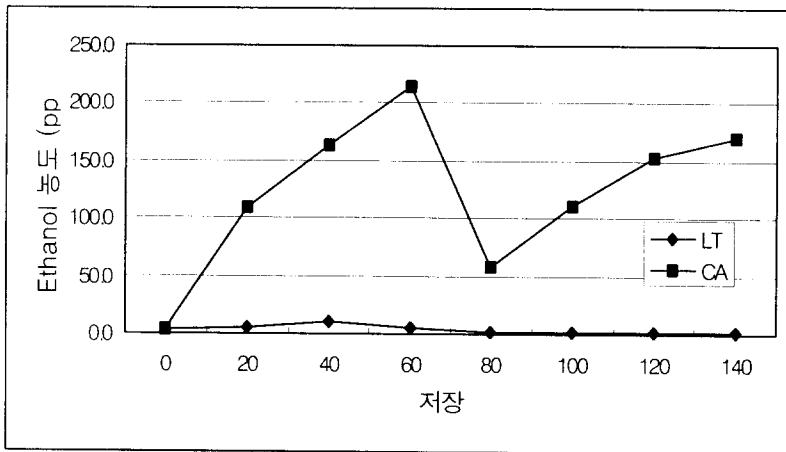


Fig. 9. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 과육내 에탄올 함량 변화

후지 사과 과실은 CA 저장에 따른 저장 장애의 발생이 심한 것으로 알려져 있으며 특히 내부 갈변의 발생이 문제시 된다. 본 실험에서도 이러한 내부 갈변의 발생이 관찰되었으며 저장 40일 후 약 5%에서 저장 기간의 경과와 더불어 발생율이 증가하여 저장 140일 후에는 약 25%의 과실에서 내부 갈변 증상이 나타났다(Fig. 8). 이러한 내부 갈변 발생은 과육내 에탄올 또는 아세트알데하이드의 축적과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며 본 실험에서도 이러한 에탄올 또는 아세트알데하이드의 축적이 관찰되었는데(Fig. 9와 10), 이러한 에탄올 또는 아세트알데하이드 농도는 저장실의 산소

농도 변화에 따른 증감이 관찰되었다.

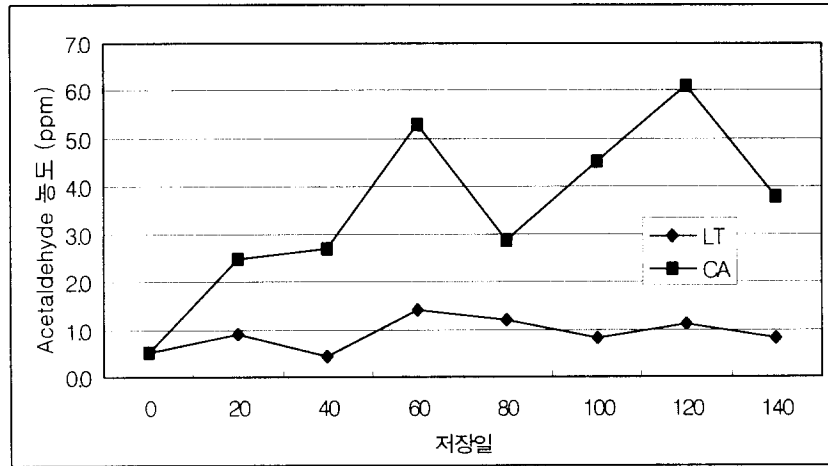


Fig. 10. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 과육내 아세트알데하이드 함량 변화

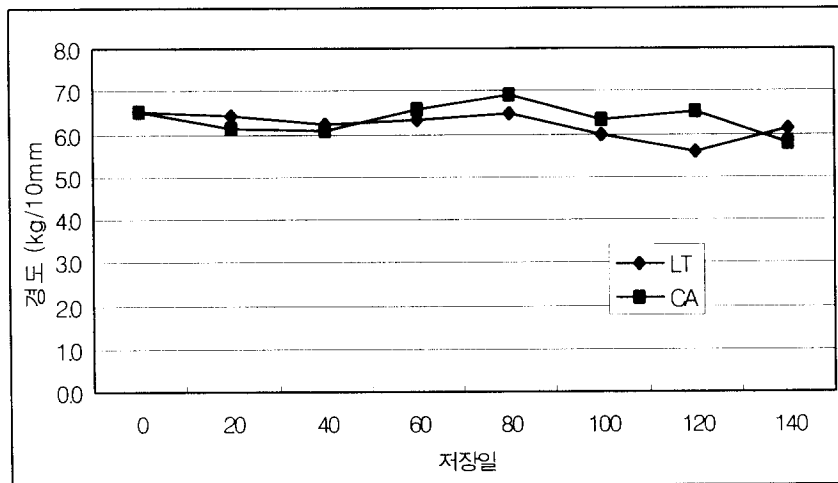


Fig. 11. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 과육의 경도 변화

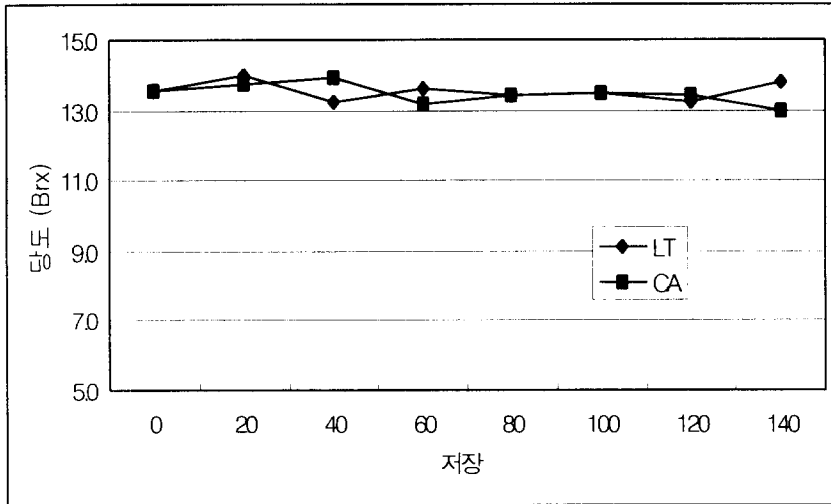


Fig. 12. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 당도 변화

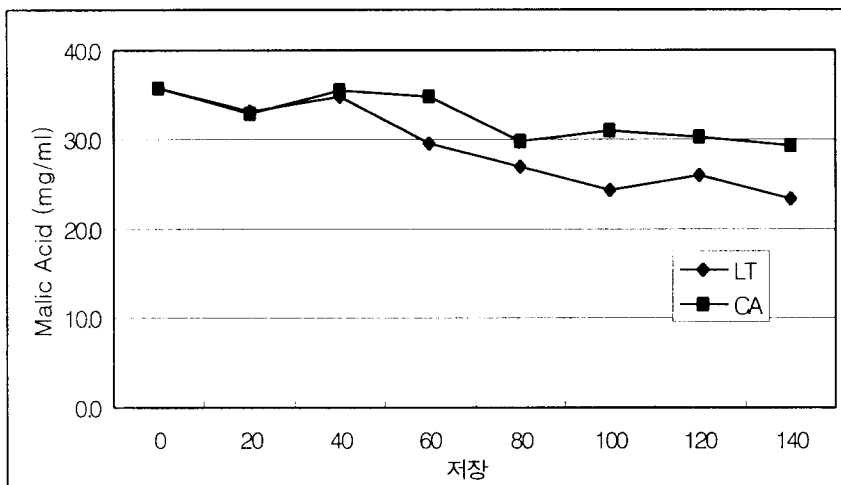


Fig. 13. 후지 사과 과실의 저비용 CA system에 의한 CA 저장 중 산도 변화

경도와 당도의 변화에 있어서는 CA 저장 과실과 저온 저장 과실 간에 큰 차이를 보이지 않았는데(Fig. 11과 12), 이는 저장성이 강하여 CA 저장의 효과가 크게 나타나지 않는 후지 과실의 일반적 특성에 의한 것으로 생각된다. 그러나 CA 저장에 따른 산도 저하의 억제 효과를 관찰할 수 있었다(Fig. 13).

이상의 결과에서 볼 때, 산소 + 질소 혼합 가스의 저유속 연속 공급에 의한 저비용

CA system은 경제성과 안정성을 갖추어 실용적 활용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 후지 사과 과실의 경우 CA 저장에 대한 내성이 매우 약하여 본 CA system의 적용시 저장 장해 발생의 가능성이 있으며, 따라서 본 system은 CA 내성이 비교적 강한 작물에 대해 적용하는 것이 유리한데, 특히 저장실 내 이산화탄소 농도를 높게 유지할수록 혼합 가스의 소요량이 감소하는 특성에 비추어 볼 때, 이산화탄소에 대한 내성이 강한 작물에 적용하는 것이 유리할 것이다.

요 약

혼합 가스를 연속적으로 생산하여 저장고에 공급하는 간단한 CA 장치에 의해 형성된 저산소 CA 조건에서 후지 사과 과실을 저장하는 실험을 통하여 이러한 장치의 실용적 CA 저장 시스템으로의 활용 가능성을 조사하는 한편 호흡량과 에틸렌 생성량을 측정하였다. 1, 3% 및 20.8%의 O₂ 농도 조건에서 저장 기간 중 후지 과실의 평균 호흡량은 0.61, 0.76, 1.31ml CO₂/kg/h로 산출되었으며, 기존의 CA 조성 방식과는 달리 가스 분석 및 자동 기기 제어 장비의 도움 없이 CA 구성 가스의 유속 조절만으로 CA 조건의 조성 및 장기간 유지가 가능한 것으로 확인되어 이러한 장치는 저비용의 새로운 CA system으로 활용이 가능함을 실증하였다.

인용문헌

- Baumann, H. 1989. Design and operation of CA stores. *Erwebsobstbau* 31: 195-196.
- Baumann, H. 1991. Gaswechsel-Messung an Fruechten in kontrollierter Atmosphaere. *Gartenbauwissenschaft* 56: 87-89.
- Burton, W.G. 1982. Manipulation of post-harvest physiology to extend storage life. p 227-268. In: *Post-harvest physiology of food crops*. Longman Inc, New York.
- Cavalierrri, R.P., W.-C. Chiang, and H. Waelti. 1989. Nitrogen scrubbing of CA storage: A simulation study. *Amer. Soc. Agric. Engineers* 32: 1709-1714
- Diedering, D.E, and K.B. McReynolds. 1985. Generon air separation system. In: *Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities*, Horticultural Report No. 126. Department of Horticulture Science, North Carolina State University, Raleigh

- Kweon, H.J., H.Y. Kim, O.H. Ryu, and Y.M. Park. 1998. Effects of CA storage procedures and storage factors on the quality and the incidence of physiological disorders of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39: 35-39.
- Pratt, H.K., M. Workman, F.W. Martin, and J.M. Lyons. 1960. Simple method for continuous treatment of plant material with metered traces ethylene or other gases. *Plant Physiol.* 35: 609-611.
- Wojciechowski, J. and H. Haber. 1982. Swingtherm - A new economic process for the catalytic burning of flue gases. *Appl. Catal.* 4: 275-280.

제 4 장. CA저장후 선도유지 유통방법 연구

제1절. 채소류 저장후 선도유지 유통방법 연구

서 설

마늘(*Allium sativum L.*)은 백합과(*Liliaceae*)의 파 속인 다년초로 우리나라 식생활의 필수 재료이며, 품종분류는 생태형에 따라 한지형과 난지형으로 구분된다. 생육 특성상 일정한 저온기간이 요구되므로 가을에 파종하여 이듬해 5~6월에 수확하는 단일작형이므로 유통기간 연장을 위해 저장이 필수적으로 요구된다. 마늘의 수확후 생리특성은 대표적으로 휴면을 들 수 있는데 휴면동안에는 호흡과 생장이 저하되고 휴면이 타파되어질 때 성장 및 품질변화가 야기되므로 저장에 있어 중요한 요인으로 대두된다. Mann 등에 의하면 휴면타파에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 온도로서 0℃ 부근이나 20℃이상 고온에서는 휴면상태를 유지하지만 5~15℃에서는 휴면이 잘 타파된다고 하였다. 이밖에 저장중 중량감소, 물성저하 및 부패성 미생물의 감염으로 인한 품질저하가 일어난다.

이와 같이 마늘을 장기 저장하기 위한 연구는 많이 수행되었지만 저장후 마늘의 소비형태가 일부 가공을 제외하면 주로 생체이며 유통기간 또한 장기적인데 비해 저장방법에 따른 저장후 유통중 품질변화에 대한 연구는 전무한 상태이다. 따라서 본 연구는 한지형인 서산마늘을 CA, MA, 저온 및 상온저장으로 각각 3개월씩 저장하면서 또한 저장후 상온 및 저온 유통시키면서 휴면과 관련된 호흡특성과 맹아현상 등 생리적 변화를 조사하여 유통기간을 고려한 적정저장 및 유통방법을 모색하고자 하였다.

양파는 백합과에 속하는 조미채소로서 보통 가을에 파종하여 5~6월에 수확하는 추파재배가 주류를 이루고 있으며, 이밖에 고랭지 춘파재배 및 추파재배 시 생산량 감소가 우려될 때 이를 보완하는 평지 춘파재배 등이 있다. 양파의 이용은 특유의 자극취와 감미가 있으며 육류의 특이취를 제거하는 작용이 있어서 어류, 육류 등의 요리 및 그 가공품, 수우프, 라면, 소오스 등에 널리 사용된다. 양파는 다수분 작목으로 그 저장성이 매우 약하고 저장 및 유통중 발아, 발근 및 부패 등으로 물량손실과 품질 저하가 심하다. 이것은 수확후 처리, 저장 방법 및 유통조건에 따라 영향을 받을 수 있다. 이에 따라 본 시험은 양파의 저장방법 및 저장후 유통온도에 따른 품질변화를 검토를 통해 유통방법을 설정 하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생리적 특성 구명

가. 시험재료

마늘은 서산마늘로 수확후 큐어링은 뿌리와 대공(2cm남김)을 절단한 후 상온에서 강제통풍으로 2주간(12시간/일) 처리하였으며, 뿌리의 응애 및 기타 해충의 사멸 목적으로 '96 농약사용 지침서(농약공업협회)에 따라 인화늄 정제(Aluminium phosphide)로 1㎡당 3g을 2일간 훈증처리후 실험재료로 사용하였다.

나. 처리내용

CA(Controlled Atmosphere)저장은 flow system 방식으로 360 l 스테인레스스틸 chamber에 가스 조절장치를 부착하였고, O₂ 3%, CO₂ 5%, N₂ 92%를 유지시키기 위해 마늘을 플라스틱 유공상자에 3kg씩 담아 적재하여 질소가스로 치환후 가스 흐름속도를 O₂ 15ml/min, CO₂ 25ml/min, N₂ 460ml/min로 조절하고 온도 0~1℃, 상대습도 70~75%에 저장하였다. MA(Modified Atmosphere)저장은 0.05mmLDPE(low density polyethylene)필름(인장강도 170kg/cm², 투습도 9g/m²·24hr)에 2kg씩 넣어 열접착기로 밀봉하여 온도 0~1℃에 저장하였다.

저온 및 상온저장은 마늘을 3kg씩 플라스틱 유공상자에 넣어 저온저장은 온도 0~1℃, 상대습도 70±5%의 저장고 내에, 상온저장은 온도 20±5℃, 상대습도 70±5%에 저장하였다. 유통조건은 저장방법별 각각 3개월씩 저장 후 상온유통은 20±5℃, 저온유통은 2~3℃에서 모의유통(simulation)하였으며, 상온저장은 대조구로서 저장후에도 상온조건에서만 유지하였다.

다. 분석방법

- 1) 호흡량 : 저온 및 상온조건에서 1 l 용기에 일정량의 마늘을 넣고 밀폐한 상태에서 1시간동안 용기내에 축적된 CO₂를, CA저장중에는 기체조성후 CO₂변화량을, MA저장의 경우에는 필름내 축적된 CO₂를 각각 gas chromatography(Varian 3400)로 측정하였다. 시료공기 0.5ml에 포함된 CO₂함량은 active carbon(60/80mesh)으로 충전된 2.4mm(ID) x 2m(L)의 column을 사용하였고, 110℃에서 helium을 carrier gas(30ml·min⁻¹)로 하여 Thermal conductivity detector(TCD)로 검출하여 CO₂량을 ml/kg·hr로 환산하여 나타내었다.
- 2) 멩아울 : 마늘의 인편을 세로로 절단한 후 vernier caliper을 이용하여 leaf

length / clove length를 백분율로 나타내었다.

- 3) 중량감모율은 초기의 중량에 대하여 감량된 무게를 백분율로 환산하여 나타내었고, 부패율은 10개의 마늘을 취해 총인편에 대한 부패인편을 백분율로 나타내었다.
- 4) 경도 : 박피한 상태에서 인편의 중앙부위를 물성측정기(Texture analyzer, Model TA.XT2, England)를 이용하여 test speed 2mm/sec, probe diameter 4mm, 및 strain 50% 조건하에서 측정하였다.

2. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생화학적 특성 구명

가. 나. 시험재료 및 처리내용 : 1항의 내용과 동일

다. 분석방법

1) 저장중 풍미성분의 지표로서 enzymatic pyruvic acid 함량 측정 : 먼저 total pyruvic acid로 마늘 인편 10g에 증류수 50ml을 넣고 blending하여 40℃에서 30분간 200rpm으로 진탕후 4℃에서 12000rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 여지(Whatman #2)와 membrane filter(milipore 0.45 μ m)로 여과하여 Sep-pak C₁₈ cartridge(Waters Inc.)로 정제한 후 HPLC(Dionex-500)로 분석하였고, Column은 ICE-AS6 (9x250mm)을 이용하였으며, Suppressor는 Anion-ICE MicroMembrane suppressor, 용매는 0.4mM heptafluorobutyric acid, postcolumn reagent는 5mM tetrabutylammonium hydroxide, flow rate는 1ml·min⁻¹, detector는 electro conductivity detector를 사용하였다. Nonenzymatic pyruvic acid는 allinase활성을 실행시키기 위해 electronic oven에서 5분간 가열처리하여 total pyruvic acid와 동일한 방법으로 분석하여 total pyruvic acid에서 nonenzymatic pyruvic acid를 뺀 것을 enzymatic pyruvic acid로 표시하였다.

2) 유기산 : 마늘 시료 10g을 80%에탄올 50ml로 추출하여 증류수로 100ml까지 정용한후 추출액을 enzymatic pyruvic acid와 동일한 방법으로 정제 및 분석하였다.

3) 유리당 함량 측정 : total pyruvic acid함량 측정과 동일한 방법으로 추출 및 정제한 후 HPLC(Spectra-Physics)로 분석하였다. 분석조건은 Column은 Sugar-pak 1 (6.5X300mm)을 이용하였으며, 용매는 water(0.1mM Ca-EDTA), flow rate는 0.5ml·min⁻¹, 그리고 detector는 Refractive index detector를 사용하였다.

4) Fructose의 polymer인 total fructan정량 : 산 분해에 의한 fructose의 함량으로 표현하였다. 즉 free sugar분석을 위한 방법으로 추출한 액 5ml에 0.7N H₂SO₄ 2ml을 가하여 교반 후 10분간 가열한 후 냉각하여 0.7N NaOH로 중화 후 유리당과 같이 HPLC로 분석한 후 total fructan 함량은 다음 식에 의해 계산하였다.

Total fructan= total fructose - {fructose + 1/2(sucrose) in free sugar}

5) 녹변은 마늘을 저장방법 및 유통온도별로 50g씩을 파쇄하여 저온(4℃)에서 5일간 보관한 후 발생된 녹변을 색차계(Minolta chroma meter CR-200, Minolta Camera Co.)를 이용하여 Hunter L, a, b system에서 녹변발생을 알 수 있는 녹색도 ("a" value)로 나타내었다.

3. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질 특성과 저장후 마늘의 유통방법 구명

가. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성 변화

한지형인 서산마늘과 난지형인 대서마늘을 재료로 하여 저장 전처리로 예건은 마늘 구내의 줄기의 수분함량이 21.4%까지 건조시킨 다음, Aluminium phosphide로 4일 ($3g/m^3$)일 훈증처리 하였다. 저장방법은 Room temp. (관행), Sube-zero temp. (-2℃) 그리고 CA(O₂ 3%, CO₂ 5%, 온도 0℃) 저장을 실시하여 마늘의 품질변화를 검토하였다.



※수분함량

- Skin : 76.67
- Stem : 85.76
- Clove : 66.31



※수분함량

- Skin : 13.36
- Stem : 21.46
- Clove : 65.73

< 예건 처리시 수분 함량변화 >

나. 저장후 마늘의 유통방법연구

위의 시험중 Sube-zero temp(-2℃) 및 CA저장 8개월 실시한 서산마늘과 대서마늘을 대상으로 유통시험을 수행하여 품질변화 및 유통가능기간을 조사하였다. 유통시험은 아래와 같이 수행하였다.

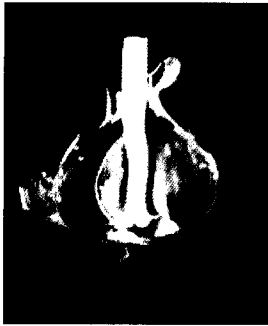
- 1) 저장8개월 → 상온유통(20±5℃)
- 2) 저장8개월 → 유통전처리(40℃, 1일) → 상온유통(20±5℃)
- 3) 저장8개월 → 박피 + 0.05mmPE밀봉 → 저온유통(3±0.5℃)

5) 녹변은 마늘을 저장방법 및 유통온도별로 50g씩을 파쇄하여 저온(4℃)에서 5일간 보관한 후 발생한 녹변을 색차계(Minolta chroma meter CR-200, Minolta Camera Co.)를 이용하여 Hunter L, a, b system에서 녹변발생을 알 수 있는 녹색도 (“-a ” value)로 나타내었다.

3. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질 특성과 저장후 마늘의 유통방법 구명

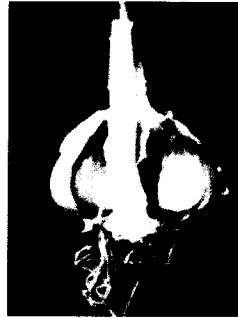
가. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성 변화

한지형인 서산마늘과 난지형인 대서마늘을 재료로 하여 저장 전처리로 예건은 마늘 구내의 줄기의 수분함량이 21.4%까지 건조시킨 다음, Aluminium phosphide로 4일 (3g/m³)일 훈증처리 하였다. 저장방법은 Room temp.(관행), Sube-zero temp.(-2℃) 그리고 CA(O₂ 3%, CO₂ 5%, 온도 0℃) 저장을 실시하여 마늘의 품질변화를 검토하였다.



※수분함량

- Skin : 76.67
- Stem : 85.76
- Clove : 66.31



※수분함량

- Skin : 13.36
- Stem : 21.46
- Clove : 65.73

< 예건 처리시 수분 함량변화 >

나. 저장후 마늘의 유통방법연구

위의 시험중 Sube-zero temp(-2℃) 및 CA저장 8개월 실시한 서산마늘과 대서마늘을 대상으로 유통시험을 수행하여 품질변화 및 유통가능기간을 조사하였다. 유통시험은 아래와 같이 수행하였다..

- 1) 저장8개월 → 상온유통(20±5℃)
- 2) 저장8개월 → 유통전처리(40℃, 1일) → 상온유통(20±5℃)
- 3) 저장8개월 → 박피 + 0.05mmPE필봉 → 저온유통(3±0.5℃)

4. 마늘의 저온 저장후 파쇄마늘 제조시 발생하는 녹변 방지방법 개발

가. 시험재료 및 저장방법

시험재료는 산지농가에서 구입한 난지형인 남해마늘(상해조생)과 한지형인 서산 및 단양 재래종을 사용하였다. 시료는 뿌리와 대를 절단한 후 상온에서 강제통풍으로 2주간 예건 처리하여 5개월간 저장하였다. 저장방법으로서는 상온저장은 온도 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도 $70 \pm 5\%$, 저온저장은 온도 0°C , 상대습도 $70 \pm 5\%$ 의 저장고에 저장하였다. 그리고 CA저장은 flow system 방식으로 360 ℓ stainless chamber에 가스 흐름속도를 O_2 15 ml/min, CO_2 25 ml/min, N_2 460 ml/min로 조절함으로써 기체조성을 O_2 3%, CO_2 5%로 유지하였고, 온도는 $0 \sim 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $70 \pm 5\%$ 로 설정하였다.

나. 녹변조사

파쇄마늘의 녹변조사는 5개월간 저장후 품종(산지)별로 50g씩을 파쇄하여 저온(4°C)에서 5일간 보관한 후 발생된 녹변을 색차계(Minolta chroma meter CR-200, Minolta Camera Co.)를 이용하여 Hunter L, a, b system에서 녹변발생을 알 수 있는 녹색도 ("-a" value)로 나타내었다.

다. 녹변방지를 위한 열처리

열처리가 녹변 발생에 미치는 영향을 알아보기 위해 위의 저장방법 중 녹변이 발생하는 저온저장했던 마늘을 대상으로 검토하였다. 난지형인 남해마늘과 한지형인 서산 및 단양 재래종을 이용하여 파쇄전 마늘을 열풍건조기로 40°C , 35°C , 30°C 에서 기간별로 처리한 후 파쇄마늘을 제조하고 저온(4°C)에서 5일간 보관한 후 녹변발생을 조사하였다.

라. 열처리에 따른 품질변화 분석

- 1) 멩아울 변화 : 열처리 전 후 마늘의 인편을 세로로 절단한 후 vernier caliper을 이용하여 sprout length / clove length를 백분율로 나타내었다.
- 2) 중량감소율 : 초기의 중량에 대하여 열처리 후 감량된 무게를 백분율로 환산하였다.
- 3) Enzymatic pyruvic acid함량 : 2항과 동일한 방법을 이용하였다.

5. 양파의 저장후 유통온도에 따른 품질변화

가. 시험재료 : 양파(창녕대고)를 수확후 큐어링은 뿌리와 대공(2cm남김)을 절단한 후 상온에서 강제통풍으로 2주간(12시간/일) 처리하여 이용하였다.

나. 처리내용

CA(Controlled Atmosphere)저장은 flow system 방식으로 O₂ 3%, CO₂ 5%, N₂ 92%를 유지하며, 온도 0~1℃, 상대습도 70~75%에 저장하였다. 저온저장은 온도 0~1℃, 상대습도 70±5%의 저장고내에 저장하였다. 유통조건은 저장방법별 각각 3개월 및 6개월 후 상온유통은 20±5℃, 저온유통은 2~3℃에서 모의유통(simulation)하였다.

결과 및 고찰

1. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생리적 특성 구명

가. 호흡을 변화

수확후 휴면 및 맹아신장과 관계가 깊은 마늘의 호흡을 수확후 저장 및 유통조건에서 조사하였다. 마늘의 저장중 호흡은 수확후 상온에서 저장할 경우 저장 60일째부터 증가하기 시작하여 저장 90일째에 35.52ml/kg/hr로 상승했는데(Table 1) 이 시기에 휴면이 타파되고 생육이 시작됨을 예측할 수 있었다. 이와 같은 호흡특성을 갖는 마늘을 CA, MA, 저온저장 할 경우 CA저장이 저장 90일까지 8.34ml/kg/hr로 호흡을 가장 낮게 유지할 수 있었고, MA저장 또한 PE필름 밀봉내의 CO₂농도가 6%내외를 유지하였으므로 호흡억제 효과를 예측할 수 있었으며, 저온저장은 11~13.4ml/kg/hr수준을 유지하였다.

저장후 유통기간중 호흡의 변화는 Fig. 1과 같았다. 상온유통에서 마늘의 호흡은 온도의 변화에 따라 증가하기 시작하여 저온저장했던 마늘은 유통 30일째, CA 및 MA저장했던 마늘은 유통 50일째에 급등현상을 나타냈으며, 저장중 호흡의 증가를 보였던 상온저장했던 마늘은 점차적으로 감소하여 큰 변화 없이 일정수준을 유지하였다. 이와 같이 저장후 상온유통조건에서 CA 및 MA저장했던 마늘이 호흡의 상승시기가 늦은 것은 저장중 호흡억제에 의한 생리변화의 지연효과로 판단되었다. 저장후 저온유통기간중 호흡은 상온유통보다 낮은 수준을 유지하였으며 유통 60일째 증가하는 양상을 나타냈고, 호흡 상승시기는 저장방법별 차이를 보이지 않았다.

Table 1. Changes in respiration rate of garlic bulbs during the various storages

Storage methods ¹⁾	Storage period (Days)			
	0	30	60	90
	Respiration rate (CO ₂ ml/kg · hr)			
CA	20.27	9.22	7.42	8.34
LT		11.43	11.14	13.04
RT		20.33	24.73	35.52
	CO ₂ concentration in PE 0.05mm film packing(%)			
MA		6.33	6.45	6.91

¹⁾ CA : Controlled atmosphere storage (O₂ 3%, CO₂ 5% at 0~1°C)

MA : Modified atmosphere storage (0.05mm PE film packing at 0~1°C)

LT : Low temperature storage (Temp. 0~1°C, RH 70±5%)

RT : Room temperature storage (Temp. 20±5°C, RH 70±5)

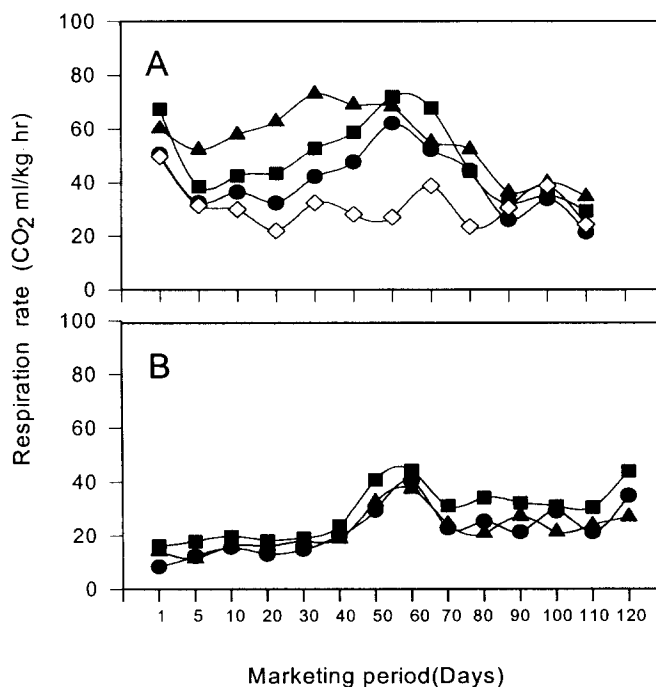


Fig. 1. Changes in respiration rate of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

* Abbreviation are described in the Table. 1

나. 맹아 특성

마늘의 수확후 대표적인 품질변화의 하나인 맹아신장을 저장조건에 따라 조사한 결과는 Fig. 2와 같았다. 저장 60일째 상온 및 저온저장에서 급격한 증가를 나타냈으나, 호흡억제 효과가 있는 CA 및 MA저장에서는 저장 90일까지 맹아율이 크게 억제되었다. 따라서 마늘의 CA 및 MA저장은 맹아율을 억제하는데 효과가 있는 것으로 판단되었다.

저장후 상온유통중 맹아율은 저장기간동안 맹아신장의 억제효과가 있던 CA 및 MA 저장했던 마늘에서 급격한 증가를 나타냈지만 상온 및 저온저장했던 마늘보다는 낮은 수준을 유지하였다(Fig. 3). Tanaka는 양파를 CA 및 저온저장한 후 20℃로 전환할 경우 저온저장했던 양파보다 CA저장했던 양파가 발아엽의 신장이 지연된다고 하였는데 본 연구에서의 마늘도 유사한 결과를 나타내었다. 저장후 저온유통중 맹아율은 유통 60일까지 저장방법별 모두 60%내외를 나타내었고, 그 중 CA저장했던 마늘이 가장 낮은 맹아율을 나타냈다.

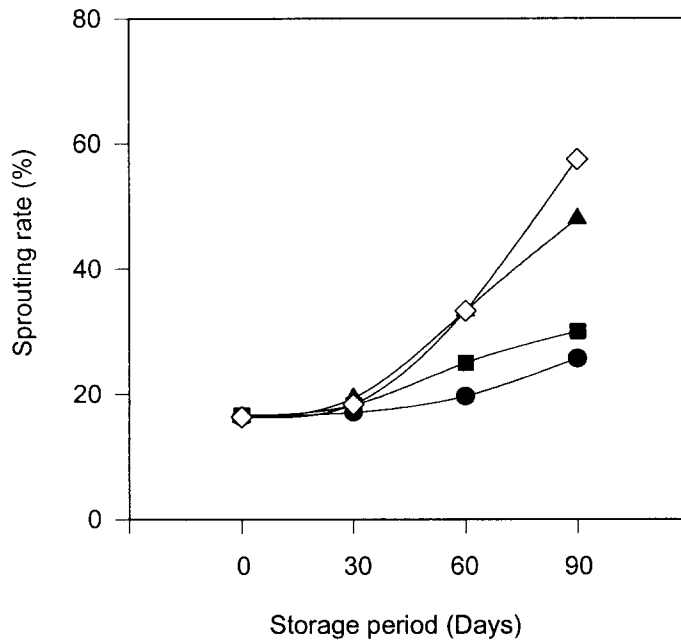


Fig. 2. Changes in sprouting rate of garlic during the storages.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

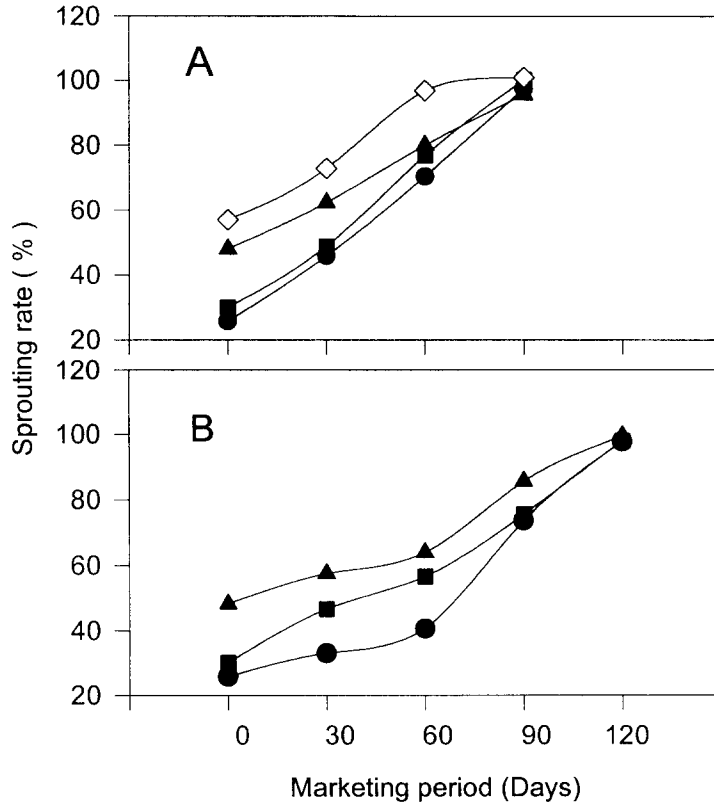


Fig. 3. Changes in sprouting rate of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

●- : CA, ■- : MA, ▲- : LT, ◇- : RT

* Abbreviation are described in the Table. 1

다. 중량 감소

저장조건별 중량감소는 상온저장에서 저장 90일까지 9.5%로 가장 높았으며 MA저장이 1.8%로 가장 낮았다. 이것은 PE필름 밀봉에 의한 호흡억제 및 건조방지 효과로 판단되었다. 그리고 CA 및 저온저장은 2.54% 및 3.67%를 유지하였다(Fig. 4).

저장후 상온유통중 중량감소는 모두 급격히 증가했는데 유통 30일동안 CA, MA 및 저온저장했던 마늘의 중량감소는 상온저장했던 마늘에 비해 적었다(Fig. 5). 그중 CA저장했던 마늘이 가장 적은 중량감소를 나타냈다. 저온유통 또한 CA저장했던 마늘이 유통 90일까지 가장 적게 나타냈다. 본 연구에서 저장중 호흡이 억제된 CA, MA 및 저온저장했던 마늘을 상온유통시킬 경우 중량감소가 높아졌는데 이것은 호흡의 상승과 맹아율의 증가가 원인으로 판단되었다.

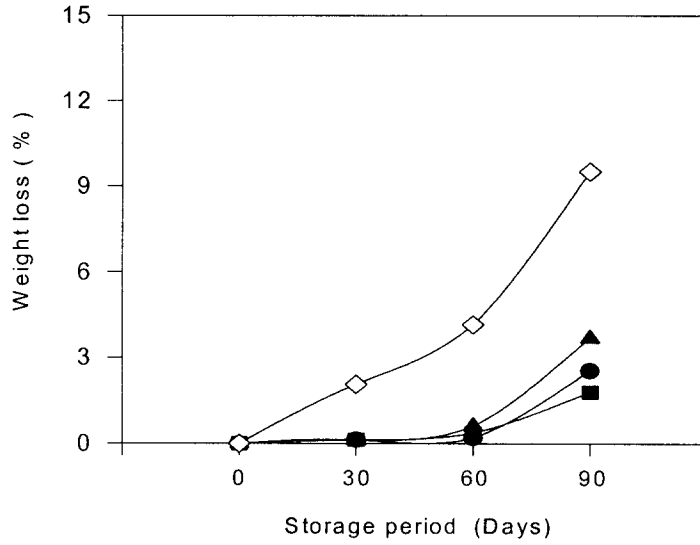


Fig. 4. Changes in weight loss of garlic during the storages.
 -●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

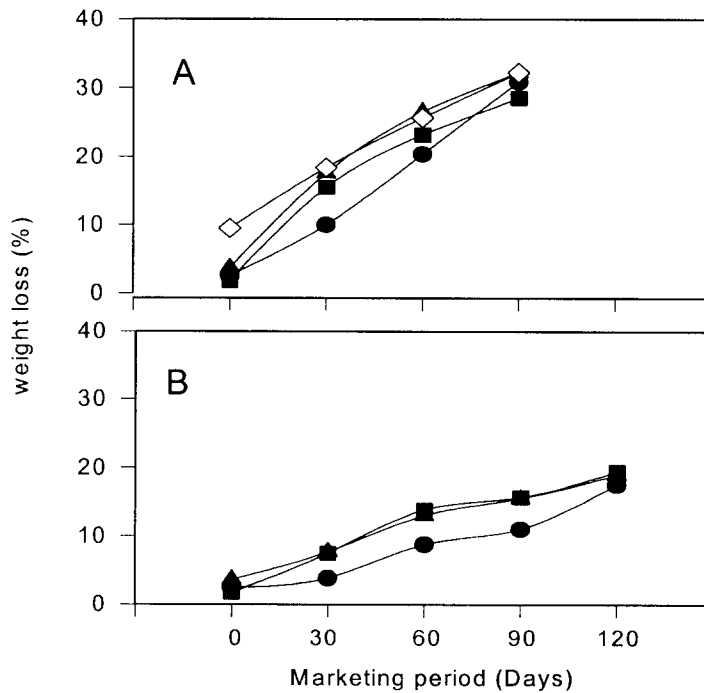


Fig. 5. Changes in weight loss of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

라. 경도변화

마늘의 일반적인 품질평가는 단단하면서 맵고, 클수록 좋은 것으로 알려져 있는데 마늘의 단단한 정도를 경도를 통해 저장방법별로 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 경도는 저장기간중 감소하여 저장 90일까지 CA 및 MA저장이 저온 및 상온저장에 비해 높게 유지되었는데 이는 호흡의 감소 및 맹아신장의 억제 등 생체내의 변화가 적기 때문에 경도유지에 효과적인 것으로 판단되었다.

Table. 2. Changes in hardness of garlic bulbs during the storages

Storage methods ¹⁾	Hardness (kg/φ4mm)			
	Storage period (Days)			
	0	30	60	90
CA	2.33	2.38	2.33	2.24
MA	2.33	2.19	2.01	2.08
LT	2.33	2.38	2.17	1.96
RT	2.33	2.16	2.00	1.90

¹⁾ Abbreviation are described in the Table 1.

저장후 상온유통기간중 경도의 변화는 유통 30일까지 CA 및 MA저장했던 마늘이 2.01kg 및 2.04kg을 나타냈는데 저온 및 상온저장했던 마늘의 1.70kg 및 1.65kg보다는 높은 수준을 유지하였으며, 저온유통에서는 CA저장했던 마늘이 가장 높은 수준을 유지하였다(Table 3).

마. 부패발생

저장조건에 따른 마늘의 부패발생은 CA 및 저온저장에서는 저장 90일까지 전혀 관찰되지 않았으나 상온저장에서 8.1%로 가장 높았고 MA저장에서 2.0%를 나타냈다. 저장후 상온유통중 부패율은 유통 60일에 MA저장했던 마늘이 22.0%로 가장 컸는데(Fig. 6) 이것은 PE필름 밀봉에 의해 마늘 표피의 수분함량이 높아 유통중 부패에 기인한 것으로 판단되었다. 또한 CA저장도 13.3%로 다소 높았는데 이것은 CA저장에서 상온으로의 전환시 갈변 인편발생에 의한 것이며 이에 따라 CA저장후 유통전 적절한 처리가 필요하다고 판단되었다.

Table. 3. Changes in hardness of garlic bulbs during marketing at room and low temperature after 3months of CA, MA, LT and RT storage

Storage methods ¹⁾	Marketing period (Days)				
	0	30	60	90	120
Hardness (kg/ ϕ 4mm)					
At room temperature ($20\pm 5^{\circ}\text{C}$)					
CA	2.24	2.01	1.87	1.81	-
MA	2.08	2.04	1.75	1.89	-
LT	1.96	1.89	1.95	1.70	-
RT	1.90	1.87	1.98	1.65	-
At low temperature ($2\sim 3^{\circ}\text{C}$)					
CA	2.24	2.06	1.99	1.90	1.93
MA	2.08	2.03	1.89	1.68	1.51
LT	1.96	1.78	1.64	1.71	1.67

¹⁾Abbreviation are described in the Table 1.

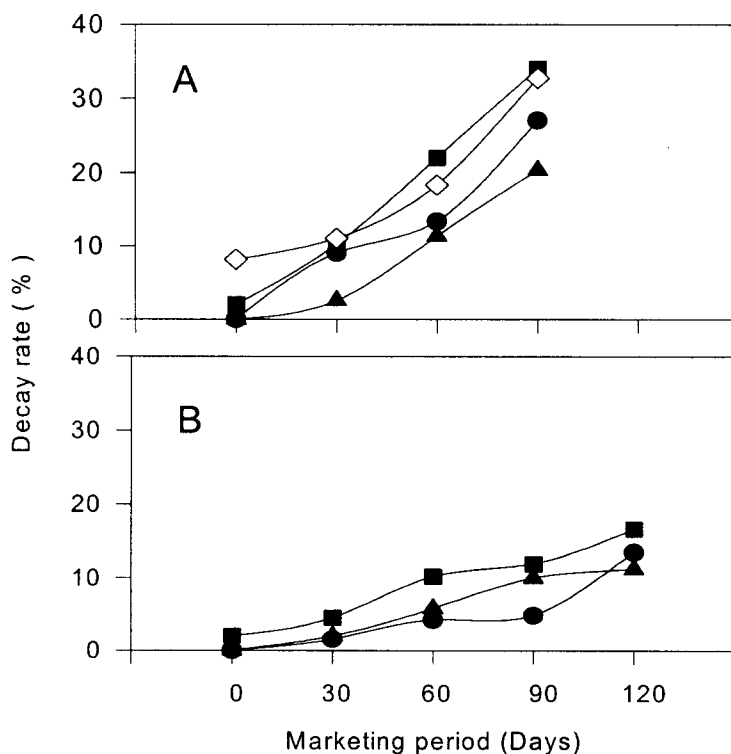


Fig. 6. Changes in decay rate of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

* Abbreviation are described in the Table. 1

2. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생화학적 특성 구명

가. Enzymatic pyruvic acid 함량 변화

마늘의 유통중 품질지표 성분으로 alliin이 allinase에 의해 생성되는 enzymatic pyruvic acid 함량을 저장조건별로 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장중 enzymatic pyruvic acid 함량은 상온 및 저온저장에서 저장 90일까지 증가하는 경향을 나타냈다. 하지만 MA저장은 약간 증가를 보이다가 감소하고, 특히 CA저장의 경우는 증가 현상을 나타내지 않고 오히려 감소하는 경향을 보였다.

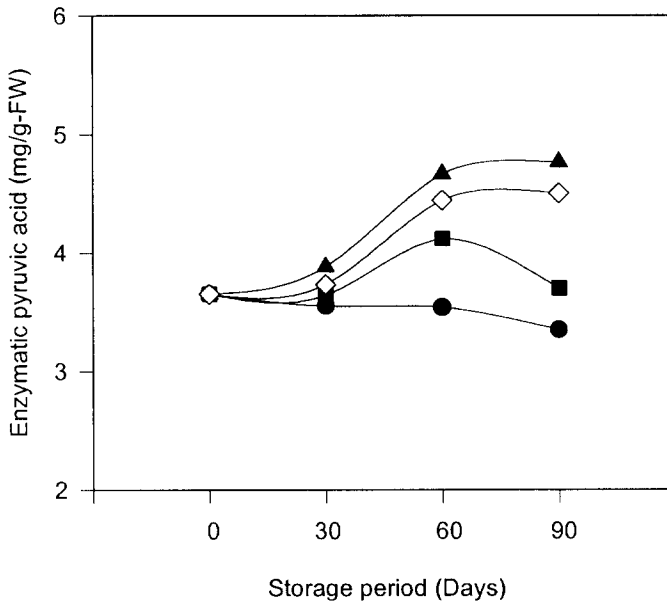


Fig. 1. Changes in content of enzymatic pyruvic acid garlic during the various storages.

- CA : O₂ 3%, CO₂ 5% at 0~1°C
- MA : 0.05mm PE film packing at 0~1°C
- ▲- LT : Temp. 0~1°C, RH 70±5%
- ◇- RT : Temp. 20±5°C, RH 70±5%

저장후 유통시킬 경우 enzymatic pyruvic acid 함량은 상온유통이 저온유통보다 높은 수준을 유지하였는데, 저장중 그 함량이 증가하였던 상온 및 저온저장했던 마늘은 상온유통에서 감소하는 경향을 보였으며 그중 상온저장한 마늘의 감소가 컸다 (Fig. 2). 이에 반해 저장중 감소를 보였던 CA 및 MA저장했던 마늘은 특이적으로 다

시 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 저장중에는 호흡억제에 의한 생리대사의 저해 및 allinase 활성의 감소에 인한 것이며, 유통중에는 다시 대사 및 활성이 회복되는 것으로 추정되었다. 저온유통에서도 CA저장했던 마늘은 유통 60일까지 증가를 보였고 MA저장했던 마늘은 증가가 적었으며 저온저장했던 마늘은 점차 감소하였다.

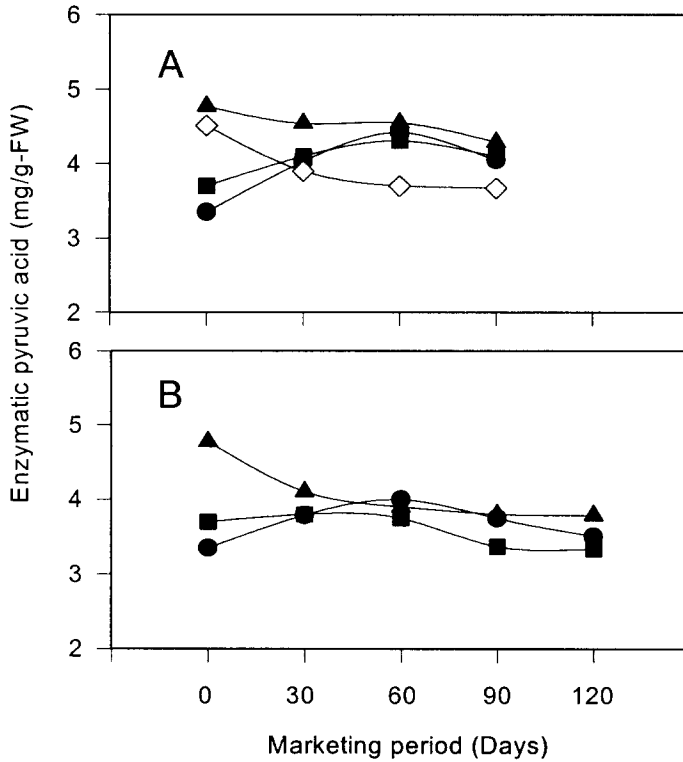


Fig. 2. Changes in enzymatic pyruvic acid content of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

* Abbreviation are described in the Fig.1

나. Fructan함량 변화

마늘에 함유되어 있는 탄수화물의 대부분은 성숙기에서 수확기까지 축적되는 fructan으로 저온 4℃에서 저장할 경우 감소하여 fructose함량을 증가시키고 또한 맹아신장과 관계가 있다. 저장조건별 fructan함량은 저장기간의 경과에 따라 모두 감소하였는데 저온저장에서 가장 감소가 컸으며, CA 및 MA저장은 감소를 지연시켰다. 그

리고 상온저장은 저장 60일까지 감소가 가장 적었으나 그 후 급격히 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 3). 저장후 상온유통에서 fructan함량은 저장방법별 모두 감소하였는데 상온저장했던 마늘이 유통 30일후 가장 감소가 컸으며 그중 CA저장했던 마늘이 가장 적게 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 4). 또한 저온유통에서도 fructan함량은 저장방법별 큰 차이 없이 감소하였다.

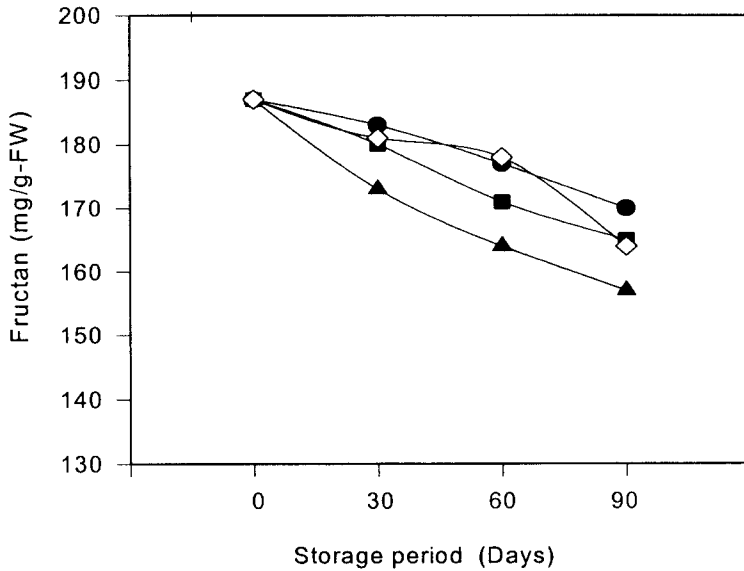


Fig. 3. Changes in fructan content of garlic during the various storages.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

* Abbreviation are described in the Fig.1

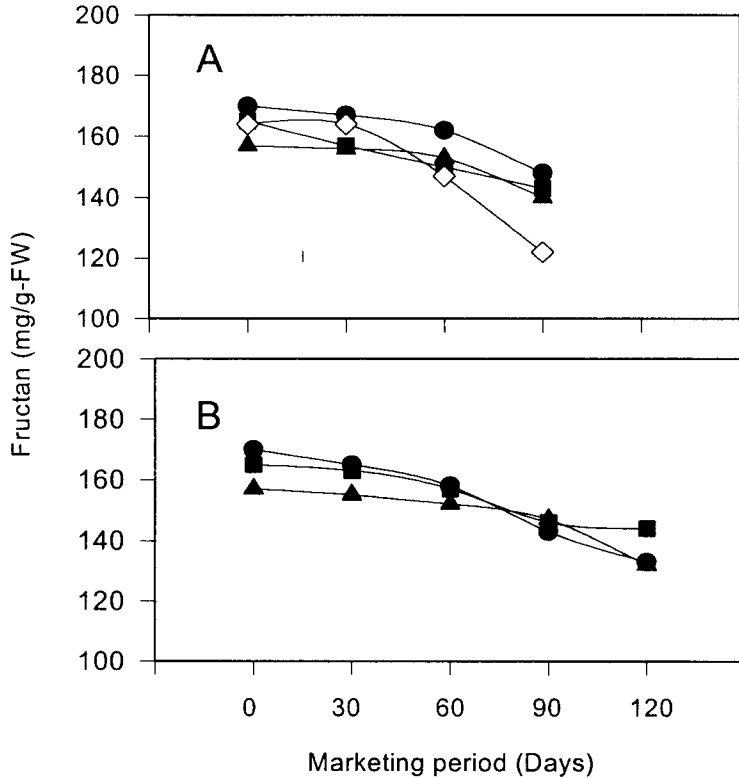


Fig. 4. Changes in fructan content of garlic during marketing at room(A) and low temperature(B) after 3months of CA, MA, LT and RT storage.

다. 유리당 함량 변화

마늘의 유리당은 주로 sucrose와 fructose로 이루어져 있으며 glucose는 미량 함유되어 있고 저장기간중 저장조건별 모두 sucrose와 fructose함량이 증가하는 현상을 나타냈다(Table 1). Sucrose 및 fructose함량은 저장 90일까지 MA 및 저온저장에서 크게 증가하였으며, CA 및 상온저장은 그 증가량이 적었다.

저장후 상온유통중 sucrose함량은 저장방법별 모두 유통기간의 경과에 따라 증가하는 경향을 보였는데 상온저장했던 마늘은 유통 60일까지 증가하다가 그후 감소하는 경향을 보였다(Table 2). 그리고 저온유통에서 sucrose함량은 저장방법별 모두 유통 90일까지 급격히 증가하고 그후 감소하였으며 그중 CA저장했던 마늘의 변화량이 적었다.

Fructose함량은 상온 및 저온유통 모두 증가하는 경향을 나타냈는데, 저온유통에

서 그 함량이 높았다. 본 연구에서 저장후 유통조건에 따른 fructan함량은 큰 차이를 나타내지 않은 것에 비해 유리당 함량은 상온유통이 저온유통보다 적었다. 이것은 상온유통에서 마늘의 호흡상승과 맹아신장에 의한 유리당의 소모가 저온유통보다 크기 때문이라고 판단되었다.

Table. 1. Changes in free sugar contents of garlic during the storages

Storage methods ¹⁾	Storage period (Days)			
	0	30	60	90
Sucrose content (mg/g-FW)				
CA	6.78	7.91	9.12	10.87
MA	6.78	7.08	13.42	13.53
LT	6.78	7.42	10.18	10.55
RT	6.78	6.25	7.58	8.38
Fructose content (mg/g-FW)				
CA	0.89	4.82	4.65	4.86
MA	0.89	5.09	5.88	5.53
LT	0.89	3.52	4.27	5.58
RT	0.89	1.12	2.66	3.71

¹⁾ Abbreviation are described in the Fig.1

Table. 2. Changes in free sugar contents of garlic during marketing at room and low temperature after 3months of CA, MA, LT and RT storage

Storage methods ¹⁾	Marketing period (Days)				
	0	30	60	90	120
At room temperature(20±5℃)					
Sucrose content(mg/g-FW)					
CA	10.87	10.61	12.64	17.27	-
MA	13.53	13.70	14.53	15.04	-
LT	10.55	11.55	14.64	16.44	-
RT	8.38	12.15	13.24	12.74	-
Fructose content(mg/g-FW)					
CA	4.86	4.98	4.86	7.02	-
MA	5.53	5.23	6.34	8.55	-
LT	5.58	6.03	6.47	6.87	-
RT	3.71	6.04	7.24	6.54	-
At low temperature(2~3℃)					
Sucrose content(mg/g-FW)					
CA	10.87	11.92	15.47	16.84	15.65
MA	13.53	12.56	21.92	22.69	14.74
LT	10.55	16.39	20.05	21.64	18.06
Fructose content(mg/g-FW)					
CA	4.86	5.62	6.29	8.02	9.76
MA	5.53	6.08	7.87	8.09	8.56
LT	5.58	7.10	7.20	7.96	8.64

¹⁾ Abbreviation are described in the Fig.1

라. 유기산 함량 변화

일반적으로 유기산은 과실에서 생리대사의 중심적 역할을 하며 호흡의 기질로서 이용되고 저장기간의 경과에 따라 그 함량이 감소하는 경향을 나타낸다. 그러나 마늘의 경우 유기산은 citric acid와 malic acid가 주로 검출되었는데 저장조건별 모두 저장기간중 증가하는 결과를 나타냈다. Citric acid함량은 비교적 호흡이 높은 상온 및 저온저장에서 호흡이 억제된 CA 및 MA저장보다 증가정도가 컸으며 그 중 상온저장에서 증가현상이 가장 컸다(Table 3). 그러나 malic acid함량은 저온저장에서 증가정도가 컸으며 CA, MA 및 상온저장은 증가량이 적었다.

Table. 3. Changes in organic acid contents of garlic bulbs during the various storages

Storage methods ¹⁾	Storage period (Days)			
	0	30	60	90
Citric acid content (mg/g-FW)				
CA	3.87	3.90	4.00	4.03
MA	3.87	3.78	4.08	4.01
LT	3.87	3.98	4.25	4.08
RT	3.87	4.05	4.42	4.29
Malic acid content (mg/g-FW)				
CA	0.40	0.67	0.68	1.19
MA	0.40	1.08	1.58	1.62
LT	0.40	0.75	2.19	2.48
RT	0.40	0.49	0.89	1.58

¹⁾ Abbreviation are described in the Fig.1

저장후 상온유통중에서 citric acid함량은 유통 60일까지 증가하는 현상을 보이다가 유통말기에 감소하였는데 그 중 저장기간동안 크게 증가한 상온저장했던 마늘이 증가가 적었으며 또한 유통 60일 후에는 크게 감소하였다(Table 4). 그리고 저온유통에서는 유통기간의 경과에 따라 큰 변화가 없었으나 그 중 MA저장했던 마늘은 감소하는 경향을 나타냈다.

Malic acid함량은 저장후 상온유통에서 CA저장했던 마늘을 제외한 모든 저장처리구가 감소하는 경향을 나타냈으며, 저온유통에서는 모두 증가하는 경향을 보였는데 저온저장했던 마늘이 유통 120일까지 증가폭이 컸다. 그리고 저장후 유통조건간에는 citric acid는 상온유통에서, malic acid는 저온유통에서 그 함량이 높게 나타났다. 이와 같이 마늘의 저장후 유통조건에서 유기산함량 변화는 fructan의 분해, 유리당의 증가 등 복잡한 관련성이 있는 것으로 추정되었다.

Table. 4. Changes in organic acid contents of garlic bulbs during marketing at room and low temperature after 3months of CA, MA, LT and RT storage

Storage methods ¹⁾	Marketing period (Days)				
	0	30	60	90	120
At room temperature(20±5℃)					
Citric acid content(mg/g-FW)					
CA	4.03	4.75	5.60	5.55	-
MA	4.01	4.90	5.40	5.40	-
LT	4.08	4.17	5.70	5.61	-
RT	4.29	4.67	5.02	4.37	-
Malic acid content(mg/g-FW)					
CA	1.19	1.43	1.61	1.13	-
MA	1.62	1.42	1.38	0.94	-
LT	2.48	1.45	1.31	0.98	-
RT	1.58	1.50	1.35	0.89	-
At low temperature(2~3℃)					
Citric acid content(mg/g-FW)					
CA	4.03	4.18	4.10	4.64	3.74
MA	4.01	3.50	3.28	3.58	3.17
LT	4.08	3.73	3.94	4.32	4.20
Malic acid content(mg/g-FW)					
CA	1.19	2.57	3.29	3.30	3.72
MA	1.62	2.66	2.96	3.18	3.36
LT	2.48	2.66	3.56	4.17	4.27

¹⁾ Abbreviation are described in the Fig.1

마. 파쇄마늘의 녹변

마늘을 파쇄하여 저온보관 할 경우 특이적으로 발생하는 녹변을 저장 및 유통조건에 따라 비교 분석하였다. 저장중 녹변은 저장 90일째에 저온저장한 마늘에서는 크게 발생하였으나 CA 및 MA저장한 마늘은 발생 정도가 낮았고, 특히 상온저장한 마늘에서는 전혀 녹변을 관찰 할 수 없었다(Fig. 5).

저장후 상온유통시킬 경우 파쇄한 마늘의 녹변은 유통 30일째 저온저장했던 마늘에서는 약간 발생하였으나, 그 외 CA, MA 및 상온저장했던 마늘은 특이적으로 녹변이 발생하지 않았으며, 그후 유통 60일째에는 저온저장했던 마늘에서도 녹변은 관찰할 수 없었다(Fig 6). 그러나 저온유통에서는 유통기간의 경과에 따라 저장방법별 모두

녹변이 더욱 심하게 발생하였는데 그 중 저온저장했던 마늘이 가장 녹변이 심하였고, CA저장했던 마늘은 유통 30일까지는 그 발생정도가 가장 적었지만 그후 심하게 발생하였다. 이에 따라 마늘의 CA저장은 어느 정도 녹변을 억제할 수 있으나, 채소류의 품질변화 방지를 위해 기본적으로 요구되는 저온유통이 마늘의 경우에는 녹변을 초래하므로 그 원인 및 방지 방법에 대한 구체적인 연구가 필요하다고 판단 되었다.

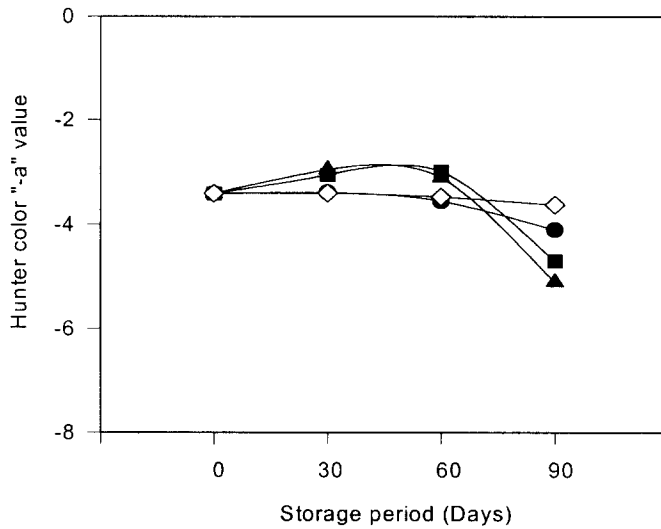


Fig. 5. Changes in Hunter color "-a" value of crushed garlic on five days at low temperature storage after crushing of garlic during the various storage.

-●- : CA, -■- : MA, -▲- : LT, -◇- : RT

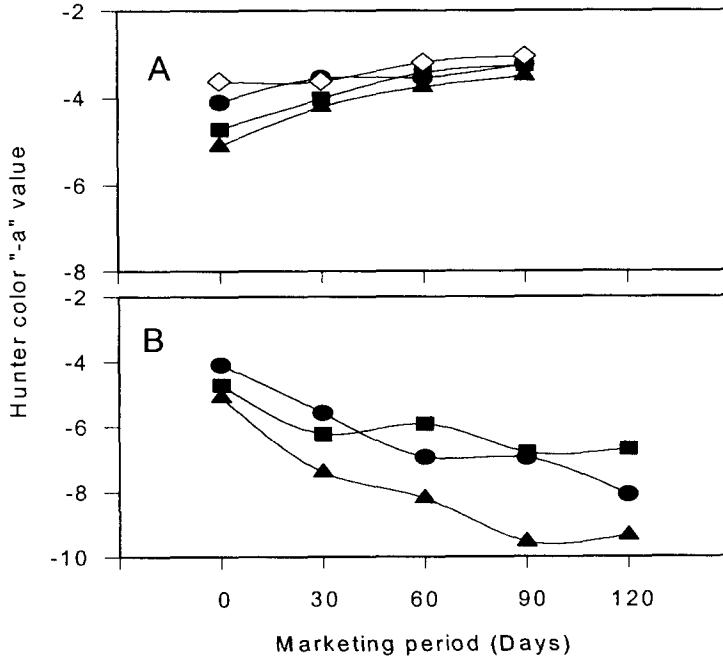
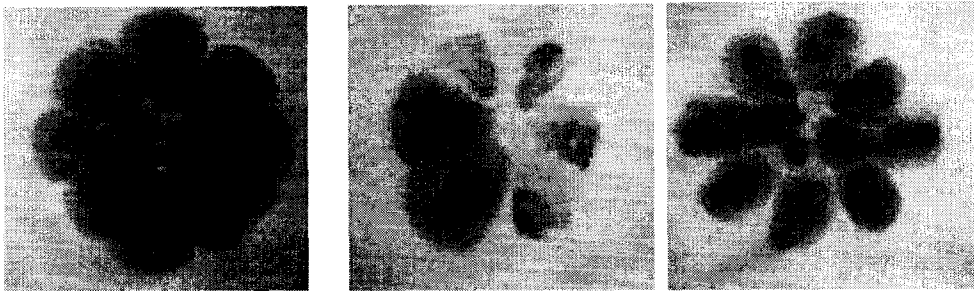


Fig. 6. Changes in Hunter color "-a" value of crushed garlic on five days at low temperature storage after crushing of garlic during marketing at room(A) and low temperature (B)after 3months storage.
 ● : CA, ■ : MA, ▲ : LT, ◇ : RT

3. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성과 저장후 마늘의 유통방법 구명

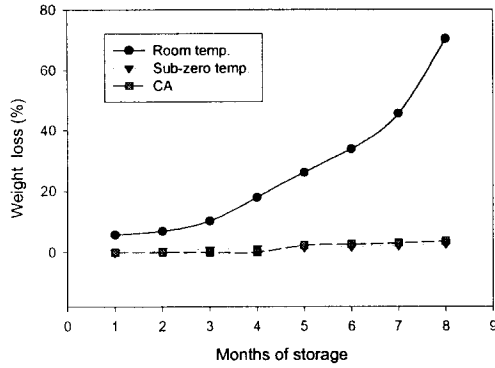
가. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성 변화



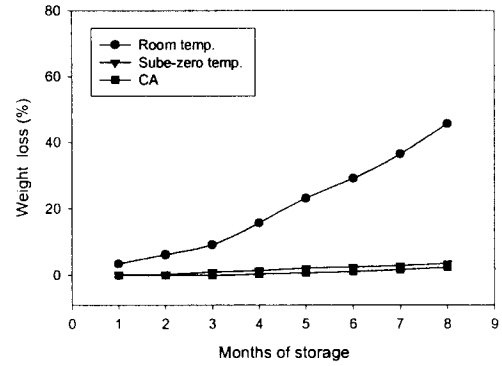
[CA and Sube-zero temp.]

[Room temp.]

Fig. 1. X-ray image of garlic at different storage conditions(After 8 months)

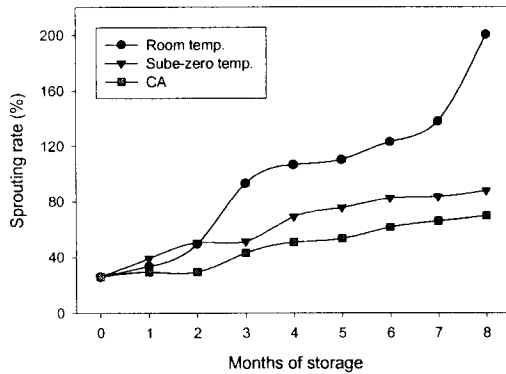


Daeser garlic(sub-tropical type)

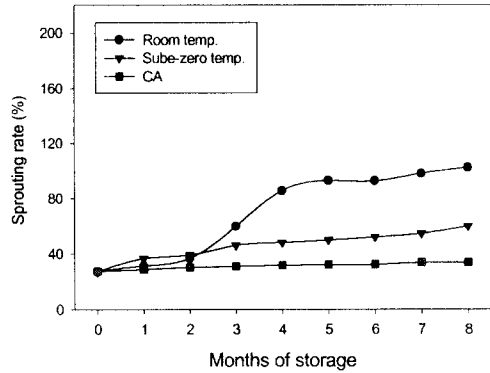


Seosan garlic (traditional type for cool area)

Fig. 2. Changes of weight loss in garlic cultivars at different storage conditions



Daeser garlic(sub-tropical type)



Seosan garlic (traditional type for cool area)

Fig. 3. Changes of Sprouting rate(leaf length/clove length x 100) in garlic cultivars at different storage conditions

마늘의 저장에서 저장기간이 오래되어도 외관은 변화가 없지만, 내부 품질은 Fig.1과 같이 X-ray 이미지를 통해 보면 상온저장에서 그 품질이 크게 떨어지는 것을 관찰할 수 있었으며, CA 및 -2°C 저장에서는 마늘의 인편이 건실한 상태를 보여준다. 중량감소율을 저장방법별로 비교한 결과도 마찬가지로 CA 및 -2°C 저장에 비해 관행저장이 산지에 관계없이 크게 증가함을 보여준다(Fig.2). 마늘저장의 척도로 이용될 수 있는 맹아신장은 난지형인 대서마늘이 생리 특성상 한지형인 서산재래마늘보다 신

장정도가 매우 높아 상온저장으로는 3개월 정도에 상품성을 상실하는 특성을 보였다. 그러나 한지형인 서산 재래마늘은 저장 5개월까지 품질을 유지할 수 있는 특성을 보였다. 그러나 이처럼 저장성이 약한 난지형인 대서 마늘도 CA 및 -2°C 저장에서 맹아율을 현저하게 억제할 수 있어 저장 8개월까지 상품성을 유지할 수 있었다(Fig 3, 5). 그중 CA저장은 맹아신장을 크게 억제할 수 있어 효과적 이었다.

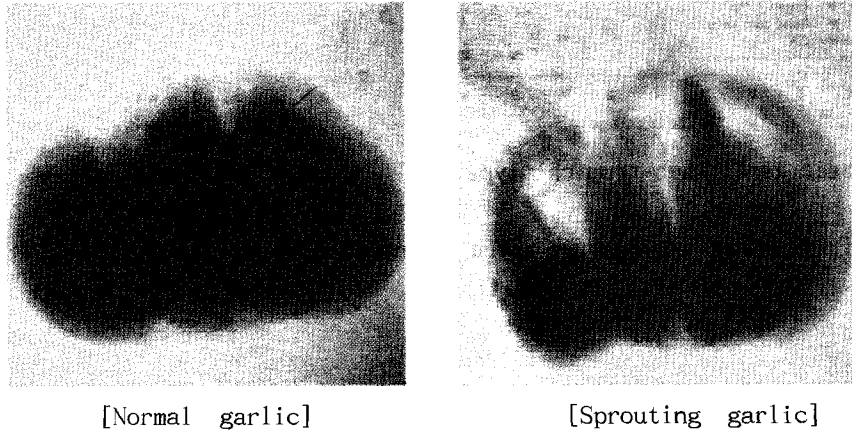


Fig. 4. X-ray image of sprouting in garlic

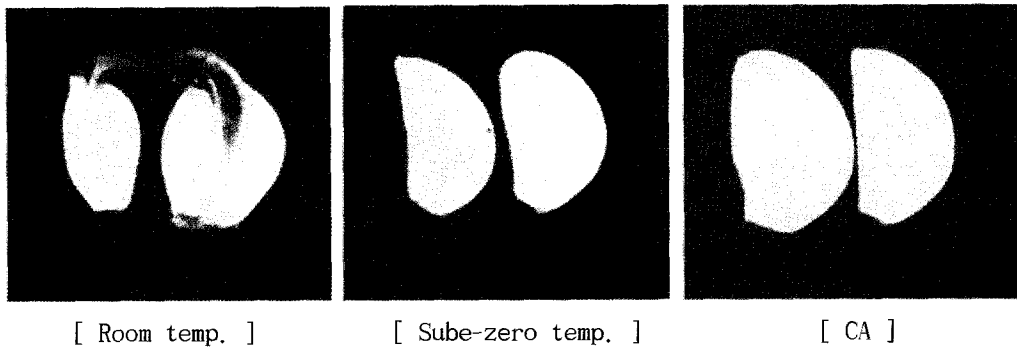
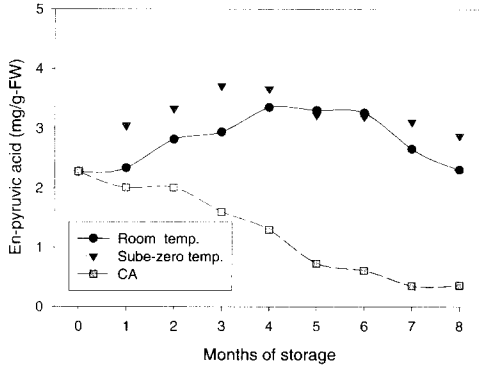
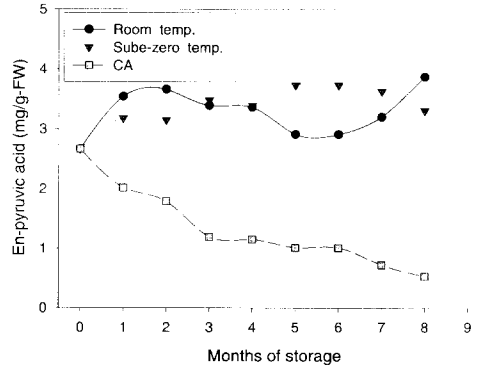


Fig. 5. Sprouting in garlic at different storage conditions (8 months storage)

마늘의 산지 및 저장방법별 유효성분인 enzymic pyruvic acid 함량 변화는 상온 및 -2°C 저장에서 약간 증가를 보이고, 그 함량의 유지에 있어 효과적 이었으나, CA저장에서는 난지형 및 한지형 모두 저장기간 동안 그 함량이 급격히 감소 하였다(Fig.6). 저장후 파쇄마늘의 녹변에 있어서는 상온 및 CA저장에서는 녹변이 형성되지 않았으나 -2°C 저장에서만 발생하였으며, 난지형인 대서마늘의 상온저장에서 녹변이 형성된 것은 맹아신장이 빨라 맹아의 녹색소에 기인한 결과이다.

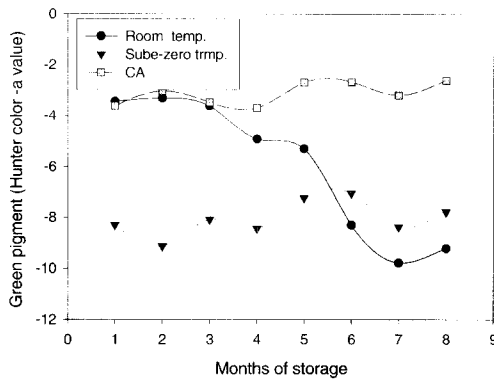


Daeser garlic(sub-tropical type)

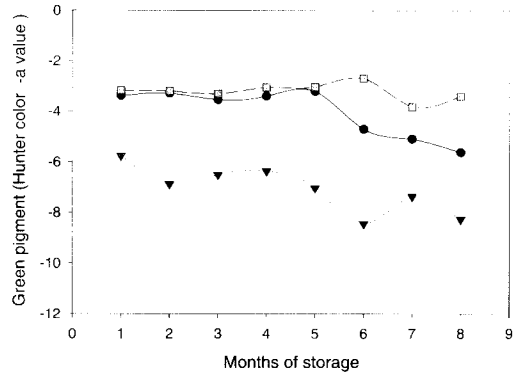


Seosan garlic (traditional type for cool area)

Fig. 6. Changes of enzymic pyruvic acid content in garlic cultivars at different storage conditions



Daeser garlic(sub-tropical type)



Seosan garlic(traditional type for cool area)

Fig. 7. Development of green pigment in crushed garlic from garlic cultivars which had been stored at different storage conditions

이상의 결과로 난지형인 대서마늘 및 한지형인 서산마늘을 기준으로 저장특성을 요약한 결과는 Table1, 2와 같다.

Table 1. Quality comparison of 'Daeser' garlic(sub-tropical type) at different storage conditions

Storage conditions (period)	Weight loss (%)	Sprouting rate (%)	En-pyruvic acid contents	Greening of crushed garlic after storage
Room temp. (3months)	10.24	93.23	Maintenance	Non-green
-2°C* (8months)	2.67	87.52	"	Green
CA** (8months)	3.65	69.60	Reduction	Non-green

* Sube-zero temp. storage : -2 °C

** CA storage : O₂ 3%, CO₂ 5%, 0°C

Table 2. Quality comparison of 'Seosan' garlic(traditional type for cool area) at different storage conditions

Storage conditions (period)	Weight loss (%)	Sprouting rate (%)	En-pyruvic acid contents	Greening of crushed garlic after storage
Room temp. (3months)	9.23	59.78	Maintenance	Non-green
-2°C (8months)	3.62	59.66	"	Green
CA (8months)	2.41	33.70	Reduction	Non-green

나. 저장후 마늘의 유통방법연구

1) 마늘의 품종 및 저장방법별 8개월 저장후 상온 유통중 품질변화

난지형인 대서마늘 및 한지형인 서산재래마늘을 각각 8개월 저장 후 저장고에서 출고하여 통마늘 상태 그대로 상온유통시킨 결과는 다음과 같다. 유통 중 품질변화는 부패에 의한 비상품 발생보다는 저장 중 억제되었던 맹아신장이 비상품화에 큰 영향을 미치는 결과를 보였다. 즉 난지형인 대서 마늘의 경우 -2°C저장했던 것은 1주 내에 맹아가 밖으로 도출되었으며(Fig.8), CA 저장한 것에서도 2주 정도에 맹아신장으로 인하여 상품성을 상실하였다(Fig.3, 4). 특히 대서 마늘의 경우 CA저장한 것이 상온 유통시킬 경우 외부로 맹아가 도출되지는 않았지만 내부에 인편이 형성되는 현상을 보이는 것을 관찰할 수 있었다(Fig.8). 마늘에서 한지형인 서산재래마늘에서는 -

2°C저장한 것은 1주정도 상품성을 유지하였으나 CA저장한 것은 맥아 신장은 상품성에 문제가 되지 않았으나, 부패율이 3주에 10%이상이기 때문에 2주정도 밖에 유통할 수 없었다.

Table 3. Changes of sprouting rate(leaf length/clove length x 100) in garlic cultivars at room temperature marketing conditions after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Marketing temp. (°C)	Marketing period(weeks)							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Daeser	-2°C*	25±5	87.5	112.6						
	CA**	"	69.6	85.4	107.4					
Seosan	-2°C	"	59.6	89.4	102.5					
	CA	"	38.6	38.7	40.94	48.0	53.1	63.8	64.3	66.4

* Sube-zero temp. storage : -2 °C, ** CA storage : O₂ 3%, CO₂ 5%, 0°C

Table 4. Changes of decay rate in garlic cultivars at room temperature marketing conditions after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Marketing temp. (°C)	Marketing period(weeks)							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Daeser	-2°C*	25±5	6.5	8.0						
	CA**	"	7.4	7.5	11.5					
Seosan	-2°C	"	6.7	7.7	8.0					
	CA	"	6.8	6.8	7.0	12.1	22.6	22.7	26.1	50.3

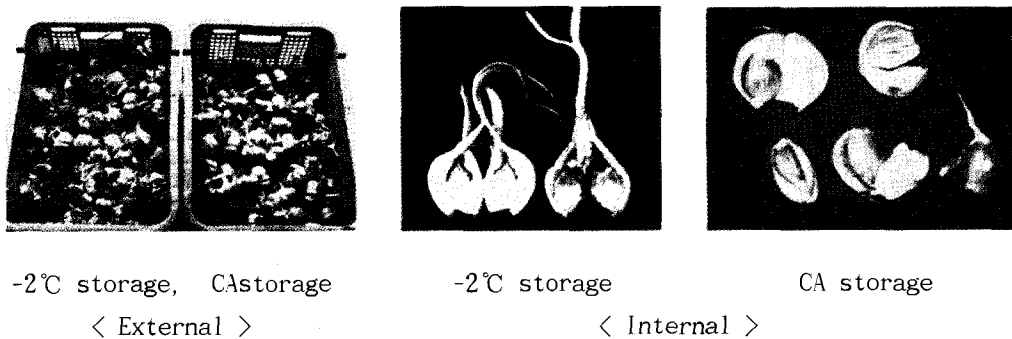


Fig. 8. Quality comparison of 'Daeser' garlic(sub-tropical type) at room temperature marketing conditions after 8 months in storages

2) 마늘의 품종 및 저장방법별 8개월 저장후 유통전처리에 따른 상온유통중 품질변화
 난지형인 대서마늘 및 한지형인 서산재래마늘을 각각 8개월 저장 후 저장고에서
 출고하여 유통전 열처리를 40℃에서 24시간 실시한 후 통마늘 상태로 상온에서 유통
 시킨 결과는 Table 5, 6과 같다. 유통전 열처리에 의해 멍아 신장 및 유통중 부패
 를 약간 억제 시켜 유통기간을 연장 할 수 있었으며, 멍아신장이 빠른 난지형인 대
 서마늘보다는 한지형인 서산 마늘에서 더 유통기간을 연장시키는 결과를 보였다.

Table 5. Changes of Sprouting rate in garlic cultivars at room temperature marketing conditions according to heat treatment after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Heat treatment /time	Marketing temp.(°C)	Marketing period(weeks)							
				0	1	2	3	4	5	6	7
Daeser	-2°C*	40°C/24h	25±5	87.5	111.2						
	CA**	"	"	69.6	91.6	94.5	100.1				
Seosan	-2°C	"	"	59.6	75.6	77.2	79.8	80.5	81.9	82.2	83.2
	CA	"	"	38.6	38.5	39.0	44.7	52.6	62.1	62.8	66.4

* Sube-zero temp. storage : -2 °C

** CA storage : O₂ 3%, CO₂ 5%, 0°C

Table 6. Changes of decay rate in garlic cultivars at room temperature marketing conditions according to heat treatment after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Heat treatment /time	Marketing temp.(°C)	Marketing period(weeks)							
				0	1	2	3	4	5	6	7
Daeser	-2°C*	40°C/24h	25±5	6.5	8.0						
	CA**	"	"	7.4	7.5	7.5	27.0				
Seosan	-2°C	"	"	6.7	7.7	7.4	8.3	9.7	9.8	10.0	12.0
	CA	"	"	6.8	6.8	7.0	7.5	8.8	10.3	12.4	20.0

다. 마늘의 품종 및 저장방법별 8개월 저장후 박피 및 PE필름밀봉에 따른 저온유통 중 품질변화

난지형인 대서마늘 및 한지형인 서산재래마늘을 각각 8개월 저장 후 저장고에서 출고하여 유통전 박피하여 0.05mmPE 필름으로 밀봉하여 저온 유통시킨 결과는 Table 7, 8과 같다. 박피와 포장 그리고 저온유통으로 인해 통마늘의 유통기간 보다는 안전한 유통을 기 할 수 있었으며, 난지형인 대서마늘도 저장 후 유통을 가능케 할 수 있었다.

Table 7. Changes of Sprouting rate in garlic cultivars at low temperature marketing conditions according to peel and packing treatment after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Peel and packing***	Marketing temp.(°C)	Marketing period(days)					
				0	10	20	30	40	50
Daeser	-2°C*	Peel	2±0.5	87.5	91.3	118.1			
	CA**	"	"	69.6	69.4	72.5	86.6	89.9	92.8
Seosan	-2°C	"	"	59.6	67.7	79.6	82.0	82.4	88.9
	CA	"	"	38.6	38.2	43.9	45.9	53.7	58.2

* Sube-zero temp. storage : -2 °C, ** CA storage : O₂ 3%, CO₂ 5%, 0°C

*** 0.05mmPE film packing

Table 8. Changes of decay rate in garlic cultivars at low temperature marketing conditions according to peel and packing treatment after 8 months in different storages (%)

Cultivars	Storage condition	Peel and packing***	Marketing temp.(°C)	Marketing period(days)					
				0	10	20	30	40	50
Daeser	-2°C*	Peel	2±0.5	0	0	0	7.8		
	CA**	"	"	0	0	0	2.0	13.8	60.0
Seosan	-2°C	"	"	0	0	1.0	9.0	75.0	
	CA	"	"	0	0	5.5	20.3	65.0	



Fig. 8. Peel and packing after 8months in different storages

이상의 결과로 난지형인 대서마늘 및 한지형인 서산마늘을 기준으로 하여 8개월 간 -2°C 및 CA저장한 다음 유통방법별 유통 일수를 요약한 결과는 Table 9,10과 같다

Table 9. Marketing periods of 'Daeser' garlic(sub-tropical type) at different marketing conditions after 8 months in storages

Storage conditions (period)	Marketing condition after storage		
	RT [*] (bulb)	Heat treatment ^{**} → RT (bulb)	Peel + 0.05mmPE → LT ^{***} (peel)
-2°C (8months)	Non-marketable	Non-marketable	10 days
CA (8months)	1week	2weeks	30 days

* Room temperature marketing : $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, ** Heat treatment : 40°C , 24h

*** Low temperature marketing : $3 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

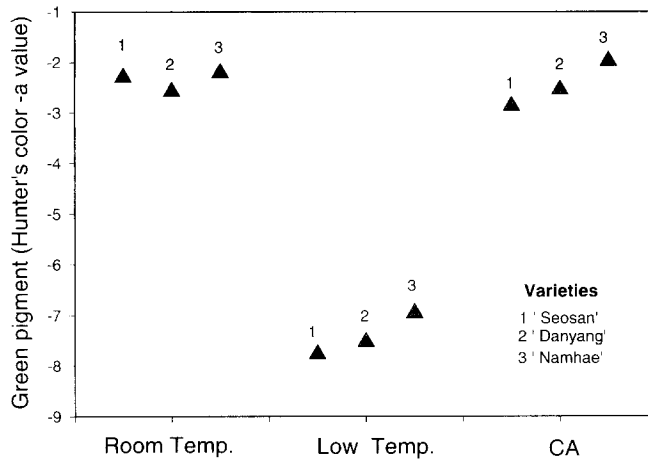
• Table 10. Marketing periods of 'Seosan' garlic(traditional type for cool area) at different marketing conditions after 8 months in storages

Storage conditions (period)	Marketing condition after storage		
	RT [*] (bulb)	Heat treatment ^{**} → RT (bulb)	Peel + 0.05mmPE → LT ^{***} (peel)
-2°C (8months)	1 week	5 weeks	40 days
CA (8months)	2 weeks	4 weeks	30 days

4. 마늘의 저온 저장후 파쇄마늘 제조시 발생하는 녹변 방지 방법 개발

가. 품종 및 저장방법에 따른 녹변발생

품종(산지) 및 저장방법별로 5개월간 저장한 후 파쇄마늘을 제조하여 저온 보관하면서 조사한 결과 녹변발생은 품종(산지)간 차이보다는 파쇄마늘 제조전 마늘의 저장방법에 크게 영향을 받았다. 저장방법간의 녹변 발생은 상온 및 CA저장에서는 전혀 발생하지 않았고 저온저장했던 마늘에서만 특이적으로 발생하는 현상임을 관찰할 수 있었다.



Room Temp. : $20 \pm 5^\circ\text{C}$, Low Temp. : 0°C , CA : O_2 3% CO_2 5%(0°C)

Fig. 1. Formation of green pigment in crushed garlic from bulbs stored for five months in three different conditions.

Fig. 1에서는 파쇄마늘을 제조하여 저온(4°C)에서 5일 경과후 발생된 녹변을 Hunter color의 녹색도 “-a”값으로 나타내었다. 파쇄마늘 제조당시의 녹색도는 -2 ~ -3정도였는데 시간이 경과 되면서 저온저장했던 마늘에서만 녹색도가 -7 ~ -8까지 증가하는 것을 보여준다. CA저장의 온도는 저온저장과 같으나 녹색도에 변화가 없는 것은 호흡억제에 기인하여 녹변 생성 기작이 억제되는 것으로 생각된다.

나. 열처리에 따른 녹변방지

저온저장한 마늘을 구형태 그대로 열풍건조기를 이용하여 열처리한 후 파쇄마늘을 제조한 결과 40°C 에서는 1일, 35°C 에서 3일간 처리한 시험구에서 녹변발생이 방지되었다. 그러나 30°C

이하에서는 녹변방지를 위한 열처리 기간이 7일 이상 소요되었다(Table 1). 상기연구에서 저온저장했던 마늘을 상온조건으로 옮겨 약 30일 경과 후에 파쇄마늘을 제조하면 녹변발생이 감소하는 결과를 얻었는데, 본 시험결과는 열풍건조기를 이용하여 열처리를 함으로써 그 기간을 1일 까지 단축시키는 결과를 얻었다.

Table 1. Effects of heat treatments before crushing for prevention of greening in 'Namhae' cultivar²

Temperature (°C)	Treatment Period (days)						
	1	2	3	4	5	6	7
40	Non-green	-	-	-	-	-	-
35	Green	Non-green	-	-	-	-	-
30	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Non-green

² 'Namhae' garlic was stored under low temperature for five months before heat treatment.

녹변방지를 위한 열처리 효과를 품종(산지)별로 검정한 결과는 Table 2와 같다. 남해산(상해조생) 및 서산, 단양산(재래종) 모두 열처리한 것은 녹색도(Hunter color -a value)가 -2 ~ -3정도로 녹변이 방지되어 그 효과를 인정할 수 있었으나 무처리인 녹색도가 -6 ~ -7수준으로 녹변발생이 심하였다. Fig. 2는 저온저장했던 마늘로 파쇄마늘을 제조할 경우 녹변이 발생(좌) 하지만, 파쇄전 40°C에서 1일간 열처리할 경우에는 녹변이 방지(우)되는 모습을 보여준다.

Table 2. Changes of Hunter's color "-a" value² in crushed garlic after heat treatments at three garlic cultivars stored in low temperature(0~1°C) for five months

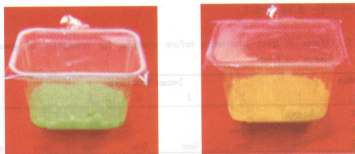
Treatment temperature (°C)	Period (Days)	Cultivars	Control	Heat treatment
40	1	Namhae	-6.36	-2.42
		Danyang	-7.54	-2.49
		Seosan	-7.46	-3.72
35	3	Namhae	-6.36	-3.17
		Danyang	-7.54	-2.44
		Seosan	-7.46	-3.26

² Hunter's color "-a" value was measured using samples stored in low temperature for five days after crushing.

The range of initial Hunter's color "-a" value of the crushed garlic : -2.19 ~ -3.23.

이와 같이 녹변이 방지된 원인은 열처리에 의해 녹변생성 기작의 활성이 감소되는 것으로

판단되어 진다. 그러나 어떤 처리도 없는 상온저장했던 마늘에서도 녹변 발생이 없으므로 그 해석도 아직 미흡한 실정이다. 따라서 녹변 발생기작에 대한 연구가 필요하다



Control

Treated at 40°C for 1 day

Fig. 2. Effect of heat treatment before crushing for prevention of greening in crushed garlic.

다. 열처리에 따른 품질변화

녹변방지를 위한 열처리가 마늘의 품질에 어떤 영향을 미치는지 조사한 결과는 Table 3 및 4와 같다. 40°C 와 35°C 처리에서 조사한 결과, 처리기간이 긴 35°C 3일 처리에서는 중량감소율이 6~7%, 당아올이 20%까지 증가되어 열처리 기간 동안 품질변화가 컸으며, 40°C에서 1일 처리하였을 때는 중량감소율 4~5%, 당아올은 3~10% 정도 증가로 변화가 적었다(Table 3). 또한 마늘의 유효성분 즉 매운맛 성분인 알린함량 및 알리네이스의 활성을 평가하는 지표로 이용되어지는 enzymatic pyruvic acid 함량은 40°C에서 1일 및 35°C에서 3일 열처리한 경우 모두 큰 차이를 나타내지 않아 변화가 없는 것으로 판단되었다(Table 4). 따라서 저온저장후 파쇄마늘 제조시 파쇄전 40°C에서 1일 열처리가 마늘에 대한 품질변화가 적어 녹변방지 방법으로 적절할 것으로 판단되었다.

판단되어 진다. 그러나 어떤 처리도 없는 상온저장했던 마늘에서도 녹변 발생이 없으므로 그 해석도 아직 미흡한 실정이다. 따라서 녹변 발생기작에 대한 연구가 필요하다

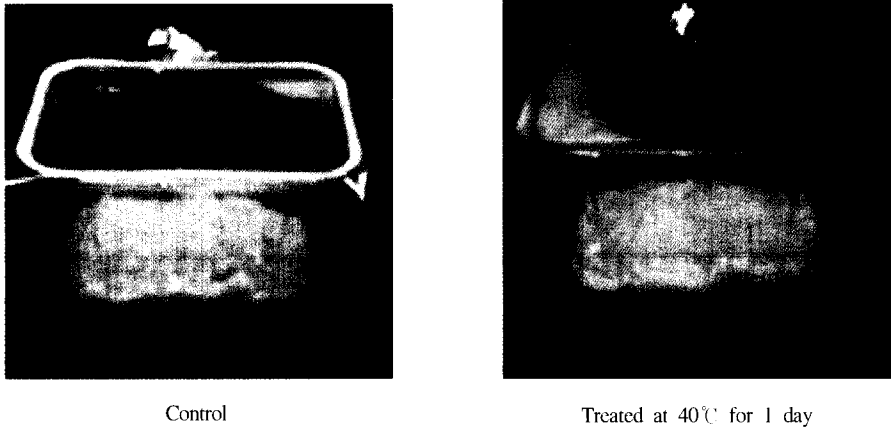


Fig. 2. Effect of heat treatment before crushing for prevention of greening in crushed garlic.

다. 열처리에 따른 품질변화

녹변방지를 위한 열처리가 마늘의 품질에 어떤 영향을 미치는지 조사한 결과는 Table 3 및 4와 같다. 40°C 와 35°C 처리에서 조사한 결과, 처리기간이 긴 35°C 3일 처리에서는 중량감소율이 6~7%, 맹아율이 20%까지 증가되어 열처리 기간 동안 품질변화가 컸으며, 40°C에서 1일 처리하였을 때는 중량감소율 4~5%, 맹아율은 3~10%정도 증가로 변화가 적었다(Table 3). 또한 마늘의 유효성분 즉 매운맛 성분인 알린함량 및 알리네이스의 활성을 평가하는 지표로 이용되어지는 enzymatic pyruvic acid 함량은 40°C에서 1일 및 35°C에서 3일 열처리한 경우 모두 큰 차이를 나타내지 않아 변화가 없는 것으로 판단되었다(Table 4). 따라서 저온저장후 파쇄마늘 제조시 파쇄전 40°C에서 1일 열처리가 마늘에 대한 품질변화가 적어 녹변방지 방법으로 적절할 것으로 판단되었다.

Table 3. Sprouting rate and weight loss of garlic bulbs by heat treatments

Treatment temperature (°C)	Period (Days)	Cultivars	Sprouting Initial	rate ² Heat treatment	Weight loss (%)
40	1	Namhae	86.0	97.1	4.00
		Danyang	62.6	65.4	5.56
		Seosan	57.4	63.5	5.07
35	3	Namhae	86.0	102.5	6.52
		Danyang	62.6	85.0	7.94
		Seosan	57.4	63.7	7.49

² Sprouting rate : Sprout length/ clove length x 100.

Table 4. Changes of enzymatic-pyruvic acid content in garlic bulbs as affected by heat treatment

Treatment temperature (°C)	Period (Days)	Cultivars	Enzymatic-pyruvic acid content (mg · g ⁻¹ -FW)	
			Control	Heat treatment
40	1	Namhae	6.68	6.47
		Danyang	4.34	4.92
		Seosan	4.35	4.07
35	3	Namhae	6.68	7.01
		Danyang	4.34	4.97
		Seosan	4.36	4.25

5. 양파의 저장후 유통온도에 따른 품질변화

가. 양파 '창녕대고' 의 저장방법별 3개월저장후 유통온도에 따른 품질변화

양파의 저장후 유통중 풍미성분으로 pyruvic acid 함량을 조사한 결과 CA저장한 양파가 유통중 그 함량이 적었으며, 또한 유통방법중에서는 저온유통이 그 함량이 적었는데 이에 대한 구체적인 연구가 필요하다고 판단되었으며, 양파의 유리당은 주로 sucrose, glucose 및 fructose로서 저장후 상온유통보다 저온유통에서 그 함량이 높게 변화되었는데 이는 저장 탄수화물인 fructan의 저온분해에 기인한 것으로 판단되었다(표 1).

저장후 경도는 저온유통시 높게 유지되었으며, 중량감모을 또한 저온유통에서 변화가 적었다. 저장후 유통중 상품화율은 저온유통에서 유통 2개월까지 100%를 유지하였고 상온유통시에는 80%정도를 유지하였는데(표 2), 상온유통 1개월내에 sprouting

이 외부까지 나타났으며 CA저장 했던 양파는 7%, 저온저장했던 양파는 10%까지 나타났다. 결과적으로 양파의 CA 및 저온저장후 유통온도별 품질변화에서 중량감모 및 상품화율면에서는 CA저장후 저온유통에서 효과적이었지만 풍미성분은 낮았으며 또한 양파의 내부 구성유리당의 변화가 심하였다.

(표 1) 양파의 저장방법별 3개월 저장후 유통방법별 품질변화 (유통2개월)

저장방법*	유통방법	Enzymetic pyruvic	유리당(mg/g-FW)		
		acid (mg/g-Fw)	Sucrose	Glucose	Fructose
C A	상온유통	0.79	10.01	24.53	26.69
저온	(20±5℃)	0.94	11.75	24.94	23.78
C A	저온유통	0.69	15.66	32.86	27.49
저온	(2~3℃)	0.75	16.77	30.35	28.56

* CA저장(O₂ : 3% CO₂ : 5%), 저온저장 (2±0.5℃)

(표 2) 양파의 저장방법별 3개월 저장후 유통방법별 품질변화 (유통2개월)

저장방법*	유통방법	Hardness	중량감모율	상품화율
		(kg/φ 4mm)	(%)	(%)
C A	상온유통	1.45	5.90	81.13
저온	(20±5℃)	1.35	7.81	80.52
C A	저온유통	1.84	3.70	100
저온	(2~3℃)	1.98	4.24	100

나. 양파 '창녕대고' 의 저장방법별 6개월저장후 유통온도에 따른 품질변화

6개월 저장후 상온 및 저온조건에서 유통 될 경우 CA저장한 양파는 저온저장한 양파에 비해 멍아올 및 중량감소 등 품질변화가 적었고 enzymatic pyruvic acid함량은 낮았다. 유통방법간에는 상온유통 10일 내에 CA 및 저온저장 모두 부패발생이 심하였으며, 저온유통에서는 30일째에 CA저장은 15.79%, 저온저장은 19.99%의 부패율을 나타냈다.

(표 3) 저장방법별 6개월 저장후 상온(20±2℃) 10일 유통시 양파의 품질

저장 방법	중량감소 경도 (%)	경도 (kg)	부패율 (%)	멍아올 (%)	Pyruvic acid (mg/g-FW)	호흡량 (ml/kg.hr)
C A	5.35	1.80	23.83	54.14	0.59	28.92
저 온	3.47	1.70	27.28	63.43	0.77	12.60

(표 4) 저장방법별 6개월 저장후 저온(1±0.5℃) 30일 유통시 양파의 품질

저장 방법	중량감소 (%)	경도 (kg)	부패율 (%)	맹아율 (%)	Pyruvic acid (mg/g-FW)	호흡량 (ml/kg. hr)
CA	10.95	1.78	15.79	52.89	0.52	5.32
저온	14.02	1.69	19.99	65.15	0.62	4.70

요 약

1. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생리적 특성 구명

본 연구는 마늘의 수확후 생리특성 변화를 통해 저장 및 유통조건을 모색하기 위한 기초연구로 서산마늘을 CA, MA, 저온 및 상온저장으로 각각 3개월씩 저장하면서 또한 저장후 상온 및 저온에서 유통시키면서 특성변화를 조사하였다. 마늘은 수확후 상온저장에서 저장 60일후 호흡의 상승으로 휴면타파 시기를 예측할 수 있었다. 저장기간중 CA 및 MA저장은 상온 및 저온저장에 비해 호흡, 중량감소 및 맹아율을 효과적으로 억제시킬 수 있었으며, 또한 경도유지 및 부패방지에도 효과적이었다.

저장후 상온유통중에도 CA 및 MA저장했던 마늘이 상온 및 저온저장했던 마늘에 비해 호흡의 상승시기 및 맹아율이 지연되는 결과를 나타냈고, 중량 및 경도변화가 적었다. 그러나 부패발생은 상온 및 MA저장했던 마늘이 높았으며, CA저장했던 마늘에서는 일부 갈변현상을 보여 유통전 전처리의 필요성이 요구되었다. 또한 저장후 저온유통중 호흡은 저장방법별 큰 차이 없이 낮게 유지되었고 맹아율, 경도, 부패율 및 중량에서의 변화는 CA저장했던 마늘에서 적었다.

2. 저장 및 저장후 유통조건에 따른 마늘의 생화학적 특성 구명

마늘의 수확후 생화학적 특성변화를 구명하기 위해 CA, MA, 저온 및 상온에서 각각 3개월씩 저장하면서 또한 저장후 상온 및 저온에서 유통시키면서 enzymatic pyruvic acid, fructan 유리당 및 유기산 또한 마늘을 파쇄하여 냉장보관시 발생하는 녹변 등을 조사하였다.

저장중 Enzymatic pyruvic acid함량은 상온 및 저온저장에서 저장 90일까지 증가하였으나 CA 및 MA저장에서는 오히려 감소하였으며, fructan함량은 저온저장에서 감

소가 컸고, CA 및 MA저장은 감소를 지연시켰다. 유리당은 주로 sucrose와 fructose이며 저장기간중 그 함량이 증가하였는데 상온저장에서는 그 증가량이 적었다. 유기산은 주로 citric acid와 malic acid였으며, citric acid는 상온 및 저온저장에서, malic acid는 저온저장에서 증가량이 높았다. 파쇄한 마늘의 녹변은 저장 90일째에 저온저장한 마늘에서 크게 나타났으며, CA저장은 녹변을 억제시킬 수 있었고, 특히 상온저장은 전혀 발생하지 않았다.

저장후 유통중 enzymatic pyruvic acid함량은 상온 및 저온저장했던 마늘에서는 감소하였으나 저장중 감소하였던 CA 및 MA저장했던 마늘은 증가하였으며, 상온유통이 저온유통보다 높게 유지되었다. Fructan함량은 유통중 감소하였는데 상온유통에서 CA 저장했던 마늘이 변화가 가장 적었고, 저온유통에서는 저장조건별 큰 차이가 없었다. Sucrose 및 fructose함량은 유통중 증가하였는데 저온유통이 상온유통보다 그 함량이 높았으며 citric acid는 상온유통에서, malic acid는 저온유통에서 저장방법별 모두 그 함량이 높았다. 유통과정중 녹변은 상온유통 30일째에 크게 감소되었지만 저온유통에서는 유통기간과 함께 CA, MA 및 저온저장 모두 심하게 발생하였다.

3. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성과 저장후 마늘의 유통방법 구명

가. 마늘의 품종 및 저장 방법별 품질특성 변화

마늘의 품종 및 저장방법별 품질변화 검토를 통하여 장기 안정저장 방법을 설정하기 위해 서산에서 재배된 한지형인 재래종마늘, 난지형인 대서마늘을 수확한 후 예건(37℃, 4일) 및 훈증처리(Aluminium phosphide, 3g/lm³, 4일)를 실시하여 저장은 상온, 동결점 근접(Sub-zero temp. -2℃) 및 CA(O₂ 3%, CO₂ 5%, 온도 0℃)저장을 적용하여 품질변화를 비교 조사하였다. 상온저장 결과, 생리특성상 저장성이 낮은 대서마늘은 저장 3개월만에 맹아율이 93.2%로 상품성을 상실하였는데 비해, 재래종마늘은 저장 5개월에 맹아율 92.9%로 대서마늘보다 저장성이 높았다.

장기저장을 위한 동결점 근접 및 CA저장을 적용할 경우, 맹아신장이 빠른 대서마늘도 8개월 이상 안전하게 저장할 수 있었으나 재래종 마늘이 대서마늘 보다 맹아신장이 낮아 상품성이 우수하였다. 저장방법간 차이는 동결점 근접에 비해 CA저장이 맹아신장 억제에 크게 효과적이었으나, 유효성분인 alliin과 allinase에 기인하는 En-pyruvic acid 함량은 크게 감소하는 결과를 보였다. 또한 저장후 파쇄마늘 제조시 발생하는 녹변은 동결점 근접 저장한 마늘에서 심하였으나 CA저장한 마늘에서는 나타나지 않았다.

나. 저장후 마늘의 유통방법 연구

대서(난지형)마늘은 저온저장후 상온에서 맹아가 급격히 신장하므로 통마늘 상태로 유통이 불가능하였으며, 마늘을 저장후 박피하여 0.05mmPE필름에 밀봉하여 깎마늘 상태로 저온($3\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)에 유통시키는 방법이 가장 효과적이었다. 재래마늘(한지형)은 난지형 마늘보다는 저장후 1주일정도 통마늘 상태로 유통이 가능하며, 저장후 유통전처리로서 40°C 에서 1일간 예건처리하면 4-5주까지 유통이 가능하였다. 한지형 마늘 또한 저장후 박피하여 0.05mmPE필름에 밀봉하여 깎마늘 상태로 저온($3\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)에 유통시키는 방법이 품질변화가 적어 유통기간을 연장시킬수 있었다.

4. 마늘의 저온 저장후 파쇄마늘 제조시 발생하는 녹변 방지 방법 개발

파쇄마늘의 녹변발생은 품종(산지)간 차이는 적었으나 파쇄전 원료마늘의 저장방법에 크게 영향을 받았다. 즉 상온 및 CA저장했던 마늘은 녹변이 없었으나 저온저장했던 마늘에서만 그 발생이 심하였다. 그리고 녹변 방지방법으로 저온저장한 마늘을 파쇄전 40°C 에서 1일간 열처리할 경우 녹변을 효과적으로 방지할 수 있었으며, 품종별 열처리 효과검정 결과 남해, 서산 및 단양마늘 모두 녹변이 방지되었다. 열처리에 따른 마늘의 품질변화는 40°C 에서 1일간 처리에서 중량감소 및 맹아율 변화가 적었고, 유효성분의 평가지표로 이용되는 enzymatic pyruvic acid함량 변화도 적었다.

5. 양파의 저장후 유통온도에 따른 품질변화

양파의 저장방법 및 저장후 유통온도에 따른 품질변화를 검토하고자 양파를 CA 및 저온저장으로 3개월 및 6개월 저장한 후 유통처리는 상온 및 저온으로 구분하여 유통중 품질변화를 조사하였다. 양파의 CA 및 저온저장 3개월후 유통온도별 품질변화에서 중량감모 및 상품화율면에서는 CA저장후 저온유통에서 효과적이었으며, 6개월 저장후 유통시에는 상온유통 10일 내에 CA 및 저온저장 모두 부패발생이 심하였으며, 저온유통에서는 30일째에 CA저장은 15.79%, 저온저장은 19.99%의 부패율을 나타냈다.

인용문헌

- 박무현, 고재영, 신동화, 서기봉(1981) 마늘 장기저장 방법. 한국농화학회지. 24(4), 218
- 박무현, 신동화, 김준평(1988) 생체마늘의 적정 저장조건 설정연구. 한국식품과학지 20(2), 213~217
- Fenwick G.R. and hanley, A.B. : The genus allium, part 2. CRC. Crit. Rev. Food sci. Nutr. 22 : 273 (1985)
- Harm D. Rabinowitch, and James L. Brewster(1990) Onions and Allied Crops. CRC Press, Inc 1(4), 89~111
- John I. ahmad (1996) Garlic-a panacea for health and good taste. Nutrition & Food Sci., No(1) : 32~35
- 정희돈(1973) Maleic Hydrazide 처리가 allinase 활성에 미치는 영향. 한국원예학회지 14, 37~40
- 조길석, 김현구, 하재호, 박무현, 신효선(1990) 마늘 정유물의 향기성분 및 저장안정성. 한국식품과학회지. 22(7), 840~845
- Liliana N. CECL. Osvaldo A. curzian, and Alicia B. pomilid (1991) Effects of irradiation and storage on the flavor of garlic bulbs cv "Red". J. Food Sci. 56(1), 44~46
- Mann, L. K. and D. A. Mings(1958) Growth and bulbing of garlic in response to storage temperature of planting stocks, daylength and planting data. Hilgardia 27(5) : 385~419
- Robert E. Hardenburg, Alley E. watada and chien Y wang(1985) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agriculture Hand book number 66, 59~60
- Shashikanth, K.N., Basappa, S.C., and Murthy, V.S.(1981) Studies on the antimicrobial and Stimulatory factors of garlic(*Allium sativum* L.). J. Food Sci. and Techol., 18, 44
- 송정춘, 박용환, 윤인화, 한판주(1979) 비축농산물 저장연구사업보고서. 267
- 小増戸和夫(1976) 果實野菜の長期貯蔵技術とシステム. 食品工業學會誌 23 : 38~48
- Small, L.D., Bailey, J.H. and Cavallito, C.J. : Alkyl thiosulfates. J. Am. Chem. Soc., 69 : 1710~1713 (1947)
- whitaker, J.R. : Development of flavor, odor and pungency in onion and garlic. Adv, Food Res. 22 : 739 (1976)

제 2 절 과실류 CA 저장후 선도유지 유통방법 연구

서 설

과실류중 조생종으로써 수요 최성기에 많이 소비되는 과실은 사과 “쓰가루”, 배 “행수”, 포도 “캠벨얼리” 품종이 이용된다. 특히 “쓰가루”와 “행수”는 국내의 소비 특성상 추석에 많이 이용되는 과실이다. 그러나 품종 고유의 특성인 저장력이 약하여 수확후 선과, 포장, 저장, 출하, 유통중 품질이 급격히 변하며 특히, 저장방법, 유통방법에 따라 생리장해발생 및 선도유지에 많은 문제점을 갖고 있어 생산자는 물론 소비자에 이르기까지 유통중 손실율이 많다.

따라서 이들의 단기저장과 아울러 유통방법에 대하여 체계적인 연구가 필요하다. 그러기 위해서는 각 과종별, 품종별 저장 및 유통방법에 영향을 미치는 호흡 및 기초생리 분석이 선행되어 연구되어야 하며 아울러 그에 따른 유통중 과실의 생리적 변화와 연관된 품질특성변화 등의 연구가 필요하다.

또한 국내에서는 아직 저온유통 시스템이 발달되지 않아 우리나라에서는 CA저장후 유통방법에 따른 품질변화를 반드시 검토해 보아야 한다. 따라서 본 연구는 우선 저장방법에 따른 과실류의 생리적 변화를 알아보고자 저온저장, CA저장으로 구분하여 그에 수반한 호흡생리변화를 연구하였으며, 아울러 저장후 유통방법에 따른 과실의 품질변화 특성을 조사하고 과실특성에 맞는 피막제 및 포장방법을 선발하여 호흡 및 생리적 대사 변화를 최소화함으로써 신선도 유지를 위한 최적 유통 조건을 설정 하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 과실류의 CA 및 저온 저장중 품질 변화 와 저장후 유통중 품질변화

본 실험에 사용한 사과(쓰가루)는 경기도 화성군 서신면에서 재배된 과실을 8월 하순에 수확하였으며 1일 예건 및 선과후 처리하였다. 배(행수)는 경기도 안성군에서 재배한 것으로서 농가 관행 수확기인 9월 초순에 수확한 것으로 과중은 200~250g 정도였으며 수확후 2일간 그늘에서 예건 및 선과를 한후 처리하였다. 포도(Campbell Early) 과실은 경기도 화성군에서 재배되어 8월 하순경 수확하여 수확후 2일간 예건 및 선과를 실시한후 처리하였다. 시험처리 내용은 아래와 같다.

○ 시험 처리 내용

저 장 방 법	유통 및 포장방법	비 고
○ 저온저장		
○ CA저장(저장조건)	○ 유통온도	출하후 5일
- 사과(O ₂ 1~3%, CO ₂ 1~5%)	- 상온, 저온(0~3℃)	간격 조사
- 배(O ₂ 2~4%, CO ₂ 1~2%)		
- 포도(O ₂ 2~5%, CO ₂ 1~3%)		
(온도 0~3℃, 습도 85~90%)		

2. 사과 '후지' 품종의 CA 저장후 상온 및 저온 유통 중 품질변화

사과(후지) 과실을 충북 충주에서 재배된 사과(후지)과실을 10월 하순에 수확하여 2일 예건 및 선과를 실시하여 이용하였다. 또한 본 실험에 이용된 wrap는 일반 가정용으로 이용되는 것을 사용하였으며, wax처리는 Fruit coating wax emulsions으로 주식회사 코실에서 제공한 Prowax-F를 이용하였으며 시험처리 내용은 아래와 같다.

○ 시험 처리 내용

CA 저장조건	CA저장후 유통방법	비 고
	무처리	- CA 저장 온도
	Wrap 포장	1±1℃
CO ₂ 3%,	Prowax-F처리(원액)	- CA 저장후 유통온도
02 3%	Prowax-F처리(1/2배액)	상온 : 20±1℃
	Prowax-F처리(1/4배액)	저온 : 1±1℃

과실의 경도측정은 texture meter(SMS, TA-XT2)를 이용하였으며 과실 적도부 부위를 측정하여 평균값으로 하였다. 색도는 색차계(Minolta chromameter CR-200, Japan)를 이용하여 과실 적도 3지점에서 측정하여 Hunter 값으로 나타내었다. 가용성고형물은 과즙을 한 과실당 4부위에서 채취한 과육에서 착즙하여 굴절당도계(Atago Co., Japan)로 가용성고형물을 측정하였고, 적정산 함량은 과즙을 5배로 희석하여 0.1N NaOH로 적정하여 사과 및 배는 malic acid, 포도는 tatic acid로 환산·표기하였다.

과실의 CO₂ 및 C₂H₄ 생성량은 각각의 저장온도 조건에서 1ℓ 용기에 과실 1개씩을 넣고 1시간 밀폐하여 용기 내에 축적된 CO₂와 C₂H₄을 GC(FID)로 측정하여 조사하였으며 상기 분석은 공히 5반복하였다.

결과 및 고찰

1. 과실류의 CA 및 저온저장중 품질 변화 와 저장후 유통중 품질변화

가. CA 및 저온저장중 품질변화

사과 “쓰가루” 품종의 저장방법별 경도의 변화는 CA 및 저온저장 모두 저장기일이 지날수록 저하하였으며 저온저장은 CA저장보다 저하속도가 빨랐다. 반면 당의 함량에 있어서는 CA 및 저온저장 두처리 모두 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 산의 함량은 CA 저장에서는 감소속도가 완만하게 감소하였으나 반면 저온저장에 있어서는 CA저장에 비해 빠르게 감소하여 CA 저장이 저온저장보다 경도 및 산의 함량유지에 매우 효과적인 것으로 나타났다(그림 1, 2, 3).

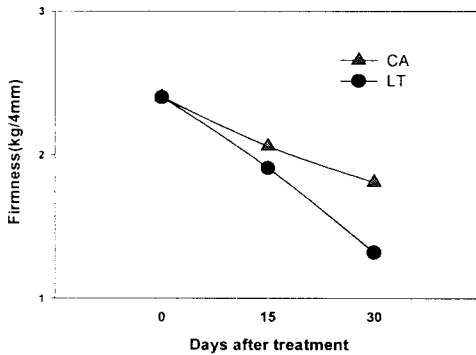


그림 1. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 경도변화

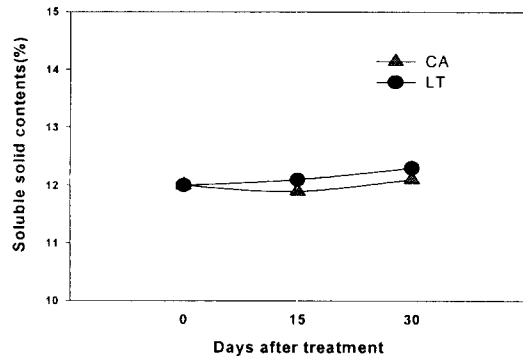


그림 2. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 당도변화

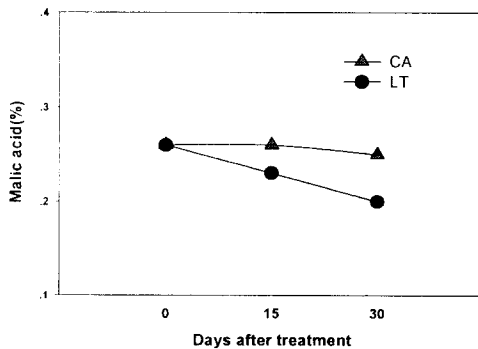


그림 3. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 산도변화

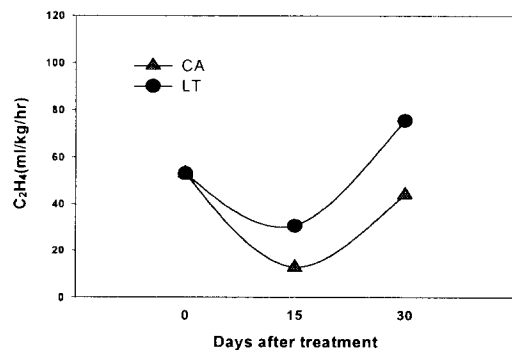


그림 4. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 에틸렌변화

과실의 호흡량은 처리당시에 비해 두처리구 모두 저장기간중 매우 감소하였으며 처리간에 뚜렷한 차이는 볼 수 없었다. 과실의 연화에 영향하는 에틸렌의 발생량은 처리시를 기준으로 두처리구 모두 감소후 증가하는 경향이였으며 전체적인 발생량은 저온저장이 CA 저장보다 발생량이 많아 CA 저장은 저온저장보다 과실의 에틸렌 발생 억제 효과가 있는 것으로 나타났다(그림 4, 5).

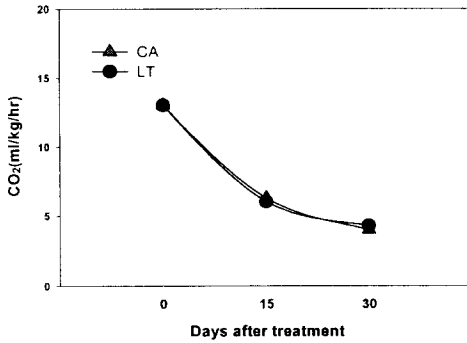


그림 5. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 호흡량변화

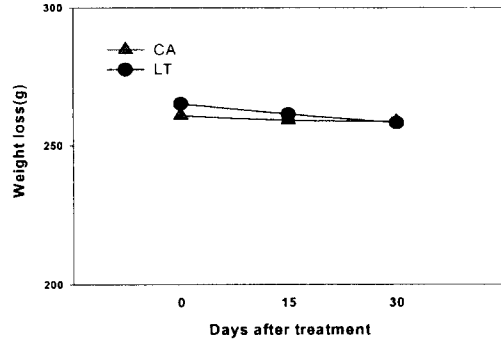


그림 6. 사과과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 중량감소

과중감소는 CA 및 저온저장에서 감소하는 경향이였으나 저온저장에서 감소하는 정도가 심하였는데 이는 저장고내의 습도에 기인한 것으로 생각된다(그림 6).

<표 1> 사과과실의 저장방법 및 저장 기간중 색도변화

색 도	저장방법	저장기간(일)		
		0	15	30
Hunter "L" value	CA 저장	64.24	64.83	65.87
	저온저장	64.24	66.28	68.32
Hunter "a" value	CA 저장	-14.07	-10.24	-8.37
	저온저장	-14.07	-12.72	-7.8
Hunter "b" value	CA 저장	36.24	36.54	37.5
	저온저장	36.24	37.62	38.8

과실의 외관 품질 변화를 보기 위하여 Hunter value를 측정하였는데 색의 밝기를 나타내는 Hunter L 값은 저온저장이 CA 저장보다 빠르게 증가하였으며 색의 적색도를 나타내는 a 값 또한 Hunter L value 와 비슷한 경향을 나타내었다. 반면 Hunter b 값은 두처리구 모두 완만하게 증가하는 경향이였다. 이러한 색의 변화를 종합할 때 저

온저장은 CA저장보다 변화정도가 심하여 과실의 과피색이 빠르게 변함을 나타내고 있으며 결론적으로 저온저장 보다는 CA 저장이 사과 “쓰가루” 품종선도유지에 매우 효과가 있음을 보여주고 있다(표 1).

배 “행수” 품종의 저장방법별 경도의 변화는 사과과실과 같은 경향으로 CA 및 저온저장 모두 저장기일이 지날수록 저하하였으며 저온저장은 CA저장보다 저하속도가 빨랐다. 당의 함량에 있어서는 CA 및 저온저장 두처리 모두 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 사과과실의 저온저장중 산의 함량감소는 매우 빠르게 감소한 반면 배과실에 있어서는 CA 및 저온저장 모두 약간의 감소를 보일 뿐이었다(그림 7, 8, 9).

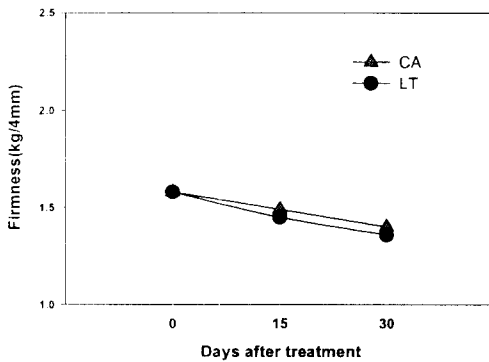


그림 7. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 경도변화

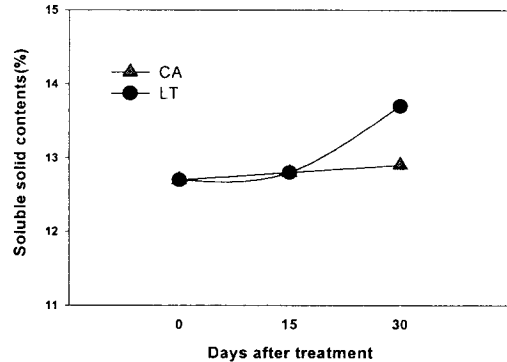


그림 8. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 당도변화

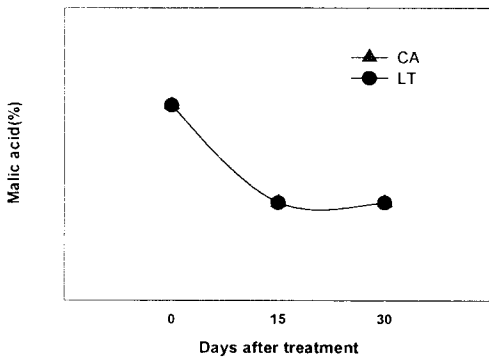


그림 9. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 산도변화

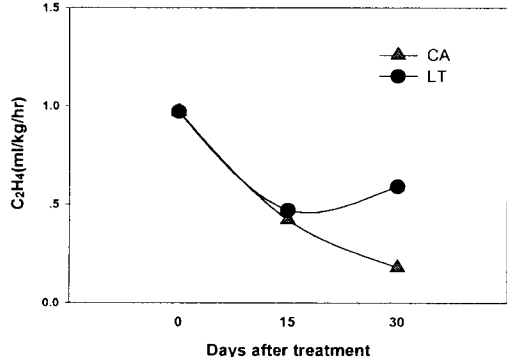


그림 10. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 에틸렌변화

과실의 호흡량은 처리당시에 비해 두 처리구 모두 저장 기간중 감소하는 경향이었으며 처리간 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다. 과실의 연화에 영향하는 에틸렌의 발생량은 처리시기를 기준으로 두처리구 모두 감소하였으며 전체적인 발생량은 사과과실에

비하여 현저히 낮은 수준이었다(그림 10,11). 과중감소는 CA 및 저온저장에서 감소하는 경향이었으며 저온저장에서 감소율이 높았다.

과실의 외관품질의 변화는 Hunter value를 측정하였으며 (그림 12) 사과 과실과 달리 색의 밝기를 나타내는 Hunter L 값은 CA 및 저온저장에서 모두 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 색의 적색도를 나타내는 a 값은 약간 증가하는 경향이었으나 그 정도는 미미한 수준이었다. 결과적으로 배과실은 사과과실과 달리 저장방법에 따른 과피색의 변화에는 많은 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다(표 2).

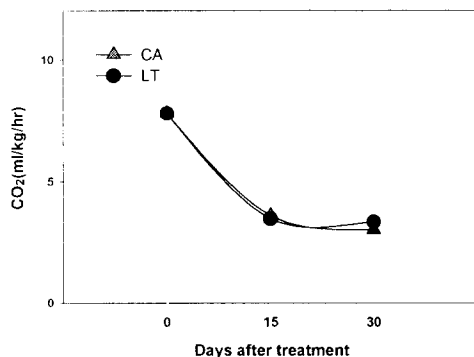


그림 11. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 호흡량

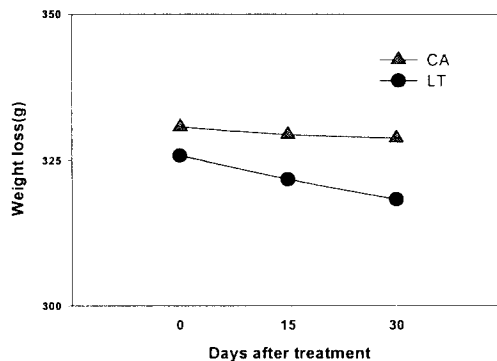


그림 12. 배과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 중량감소

<표 2> 배과실의 저장방법 및 저장기간중 색도변화

색 도	저장방법	저장기간(일)		
		0	15	30
Hunter "L" value	CA 저장	66.89	66.23	65.65
	저온저장	66.89	63.27	63.72
Hunter "a" value	CA 저장	1.18	1.28	2.32
	저온저장	1.18	0.87	1.94
Hunter "b" value	CA 저장	38.07	38.14	38.09
	저온저장	38.13	38.02	38.15

포도 "캠벨얼리" 품종의 저장방법별 경도의 변화는 사과 및 배과실과 같은 경향으로 CA 및 저온저장 모두 저장기일이 지날수록 저하하였으며 저온저장은 CA저장보다 저하속도가 빨랐다. 당의 함량에 있어서는 CA 및 저온저장 두처리 모두 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. CA 및 저온저장중 산의 함량감소는 사과과실과 비슷하게 저장중 감소하는 경향이었으며 저온저장이 CA 저장보다 빠르게 감소하였다(그림 13, 14, 15). 과실의 호흡량은 처리당시에 비해 두처리구 모두 저장기간중 감소하는 경향이있

으며 처리간 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다. 과실의 연화에 영향을 미치는 에틸렌의 발생량은 처리시를 기준으로 두처리구 모두 감소하였으며 전체적인 발생량은 사과과실에 비하여 현저히 낮은 수준이었으며 저장중에는 극히 미미한 수준이었다(그림 16, 17). 과중감소는 CA 및 저온저장에서 감소하는 경향이었으며 저온저장에서 감소율이 높았다(그림 18).

과실의 외관품질의 변화는 Hunter value를 측정하였으며 사과 과실과 달리 색의 밝기를 나타내는 Hunter L 값은 CA 및 저온저장에서 모두 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 색의 적색도를 나타내는 a 값은 약간 증가하는 경향이었으며 저온저장은 CA저장보다 빠르게 증가하는 경향이었다. 한편 Hunter b 값은 처리간 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 결과적으로 포도과실은 CA 저장이 경도, 산의 함량, 적색도의 유지에 효과적인 것으로 나타났다(표 3).

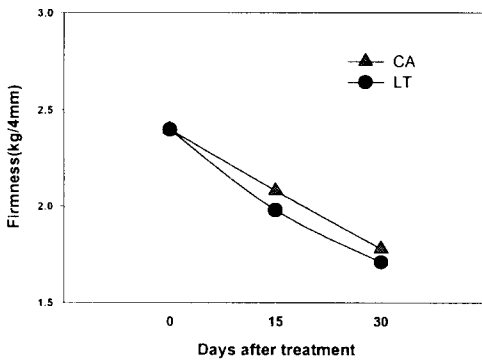


그림 13. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 경도변화

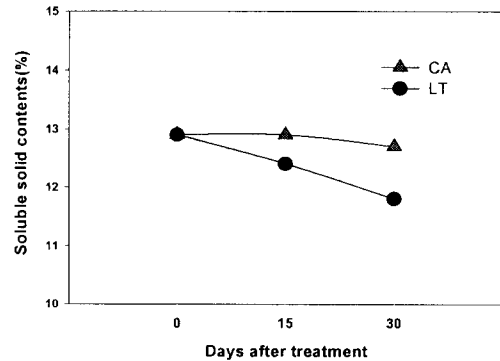


그림 14. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 당도변

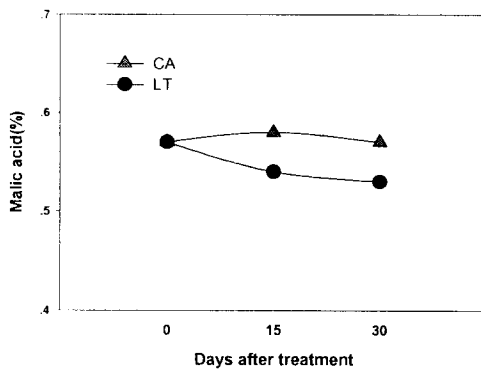


그림 15. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 산도변화

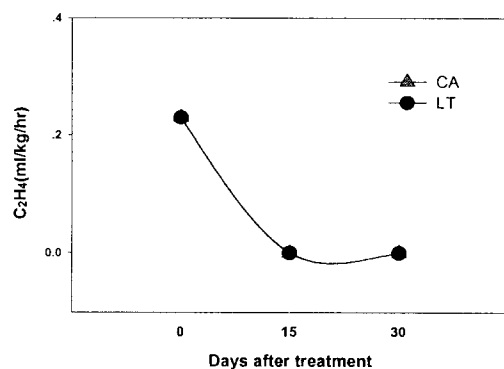


그림 16. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 에틸렌변화

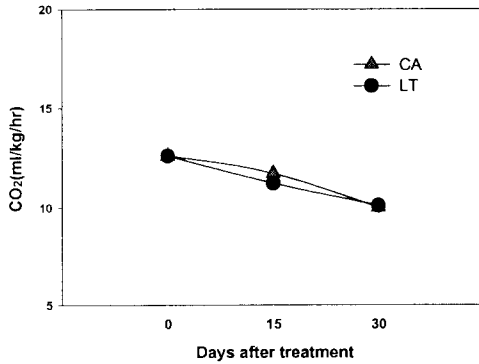


그림 17. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 호흡량변화

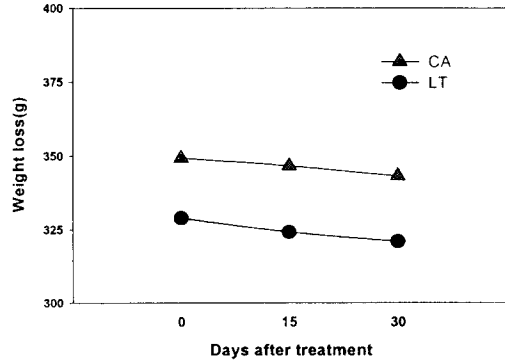


그림 18. 포도과실의 저장방법 및 저장기간에 따른 중량감소

<표 3> 사과과실의 저장방법 및 저장기간중 색도변화

색도	저장방법	저장기간(일)		
		0	15	30
Hunter "L" value	CA 저장	26.11	26.35	26.33
	저온저장	26.11	26.72	26.58
Hunter "a" value	CA 저장	0.17	0.24	0.18
	저온저장	0.17	0.25	0.70
Hunter "b" value	CA 저장	0.10	0.08	0.11
	저온저장	0.12	0.12	0.13

나. 과실류의 CA 및 저온저장후 유통방법별 품질변화

과실류의 저장후 유통방법으로는 CA 저장후 저온유통(C-L), CA 저장후 상온유통(C-R), 저온저장후 저온유통(L-L), 저온저장후 상온유통(L-R) 으로 구분하였다.

저장방법 및 유통방법에 따른 사과 "쓰가루" 품종의 경도변화는 C-L 및 C-R처리구가 L-L 및 L-R처리구에 비하여 경도 유지에 효과적이었으며 상온유통보다는 저온유통이 경도저하가 완만하였다. 당의 함량변화는 처리구 모두 낮아지는 경향이었으며 처리간에는 뚜렷한 차이를 볼수 없었으나 L-R이 낮은 편이었다. 산의 함량변화는 모든 처리구에서 낮아지는 경향이었으며 L-R, L-L, C-R, C-L처리구순으로 함량저하가 많았다(그림 19, 20, 21).

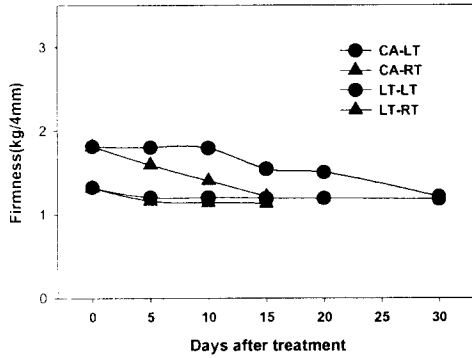


그림 19. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 경도변화

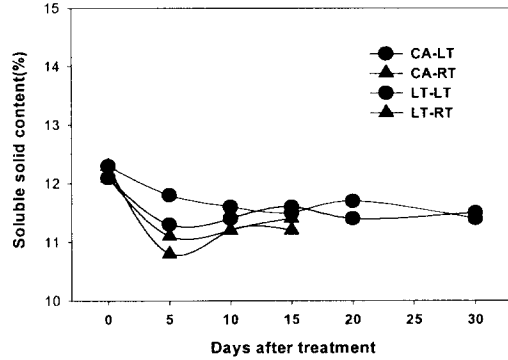


그림 20. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 당도감소

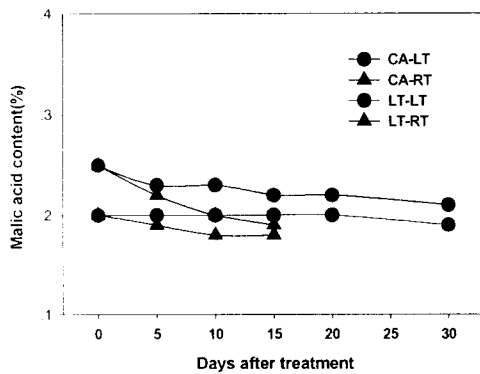


그림 21. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 산도변화

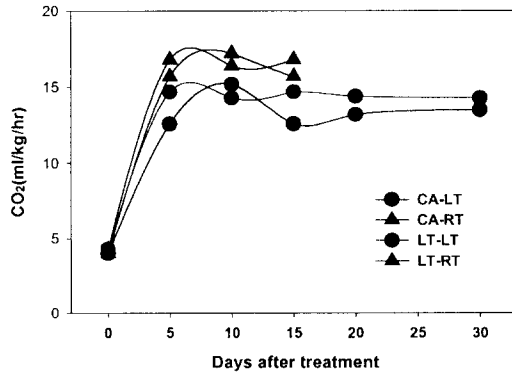


그림 22. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 에틸렌 변화

과실의 호흡량 변화는 저장당시보다 유통중에 급격히 증가하였으며 L-L 보다는 C-L 이 L-R 보다는 C-R 처리구의 발생량이 상대적으로 적은 편이었다. 에틸렌 발생량의 변화는 호흡량변화와 비슷한 경향이었으나 증가하는 정도가 더욱 급격하였으며 특히 C-L 보다는 L-L이 L-R 보다는 C-R 처리구에서 에틸렌 발생량이 많았다. 즉 과실의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 저장후 유통중에 저온 및 CA에 억제되었던 생리작용이 온도의 상승과 아울러 활발하게 일어남에 따라 급격히 증가하는 것으로 생각되었다. 그러나 이후 저온저장후 상온유통은 그 생성량이 급격히 감소하였는데 이는 과실의 노화가 다른 처리구보다 빠르게 진행되었기 때문으로 생각된다. 과중감소는 유통전 저장방법에 관계없이 저온유통보다는 상온유통조건에서 감소가 많았다(그림 22, 23, 24).

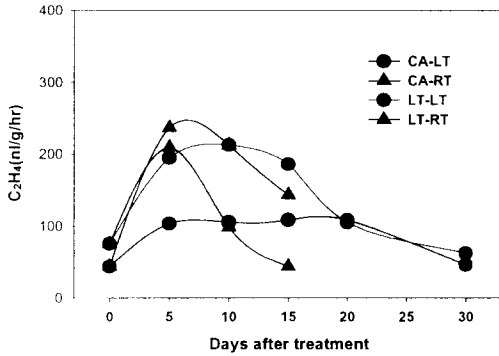


그림 23. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 에틸렌변화

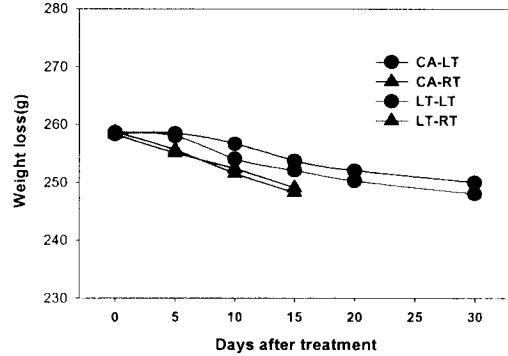


그림 24. 사과과실의 저장 및 유통 방법에 따른 중량감소

저장후 유통방법에 따른 과피색의 변화에 미치는 영향을 Hunter value로 조사한바 Hunter a "value" 및 "b" value 는 유통중 증가하는 경향이였으며 저온보다는 상온에서 높은 값을 유지하였다. 반대로 Hunter "a" value는 저하하는 경향이였으며 상온 유통에서 저온유통보다 빠르게 저하하였다. 사과의 과피색은 저온보다는 상온에서 빠르게 변화하여 결과적으로 과피색의 변화정도와 함께 품질이 저하하고 있는 것으로 나타났다(표 4). 즉 저장후 유통방법에 따른 사과 과실의 품질변화는 저온 보다는 상온에서 그 정도가 심하였으며 유통 5 일 경과후를 기준할 때 CA 저장한 과실이 저온 저장한 과실 보다 저온 및 상온유통중 품질 유지에 효과적이였다. 결과적으로 사과과실의 유통후의 품질변화는 유통전 품질유지와 직결되며 아울러 저온유통시스템이 과실의 품질유지에 매우 효과적이라는 것을 보여주는 결과로 생각된다.

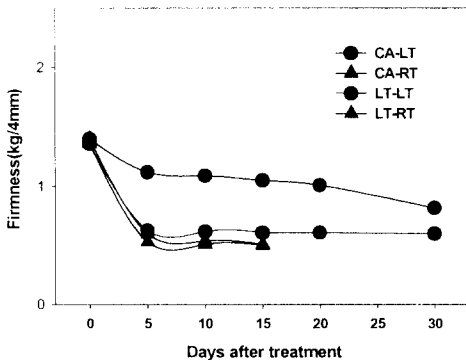


그림 25. 배과실의 저장 및 유통 방법에 따른 경도변화

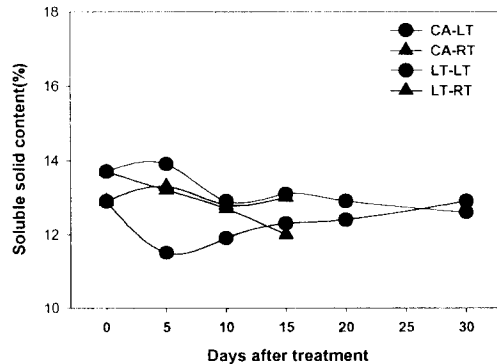


그림 26. 배과실의 저장 및 유통 방법에 따른 당도변화

저장방법 및 유통방법에 따른 배 “행수” 품종의 경도변화는 저장후 저온유통처리구가 상온 유통처리구에 비하여 경도 유지에 효과적이었으며 저온저장보다는 CA저장한 처리구에서 경도저하가 완만하였다. 당의 함량변화는 모든 처리구에서 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 산의 함량변화는 저장방법별 상온유통 처리구에서 낮아지는 경향이었으며 저온유통처리구는 처리시와 같은 수준을 보였다(그림 25, 26, 27).

반면 과실의 호흡량 변화는 사과 ‘쓰가루’ 과실보다는 현저히 낮은 수준을 보였으나 저장당시보다 모든 처리구에서 유통중에 증가하는 경향이었으며 특히 C-R, L-R 처리구가 생성량이 많음으로써 저장후 유통중 온도수준이 과실의 호흡에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 에틸렌 발생량의 변화는 호흡량변화와 비슷한 경향이였다. 즉 배 과실의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 사과과실과 정도는 다르지만 저장후 상온유통중에 저온 및 CA에 억제되었던 생리작용이 유통온도의 상승과 더불어 활발하게 일어남에 따라 증가하는 것으로 생각되었으며 호흡량 및 에틸렌 발생의 증가는 과실의 경도감소와 밀접하게 연관되어 있음을 나타내어준다(그림 28, 29, 30).

<표 4> 사과 “쓰가루” 품종의 CA 및 저온저장후 유통방법에 따른 Hunter value.

구 분	저장방법	처리후 일수					
		0	5	10	15	20	30
Hunter "L" value	CA저장후 저온유통	65.87	71.78	65.72	63.93	66.31	69.20
	CA저장후 상온유통	65.87	71.42	67.1	68.0	-	-
	저온저장후 저온유통	68.32	72.46	70.3	68.2	69.5	71.3
	저온저장후 상온유통	68.32	73.62	73.2	75.3	-	-
Hunter "a" value	CA저장후 저온유통	-8.37	-7.95	-9.24	-11.34	-13.61	-12.80
	CA저장후 상온유통	-8.37	-12.34	-10.34	-8.68	-	-
	저온저장후 저온유통	-7.80	-7.20	-7.10	-6.23	-10.20	-12.51
	저온저장후 상온유통	-7.80	-12.06	-11.21	-10.23	-	-
Hunter "b" value	CA저장후 저온유통	37.5	41.01	39.04	36.72	41.23	45.23
	CA저장후 상온유통	37.5	43.30	42.04	43.54	-	-
	저온저장후 저온유통	38.8	44.53	42.94	42.73	43.37	47.29
	저온저장후 상온유통	38.8	48.64	47.68	48.12	-	-

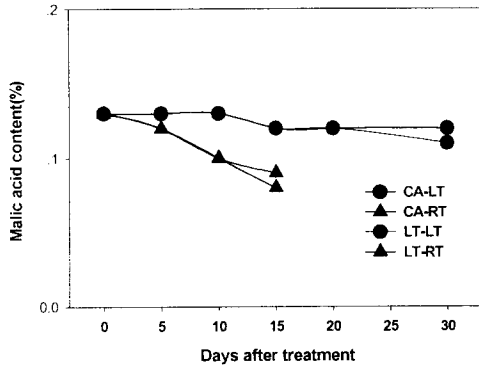


그림 27. 배과실의 저장 및 유통 방법에 따른 산도변화

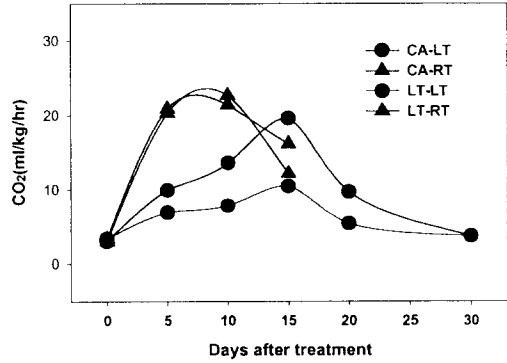


그림 28. 배과실의 저장 및 유통방법에 따른 호흡량 변화

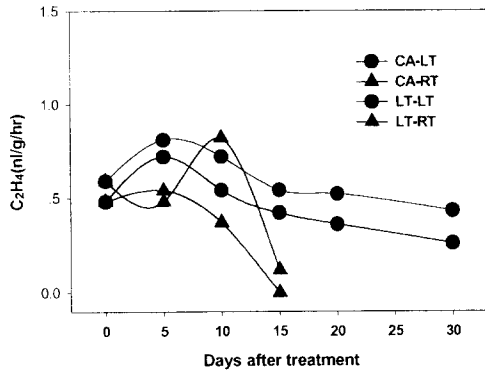


그림 29. 배과실의 저장 및 유통 방법에 따른 에틸렌변화

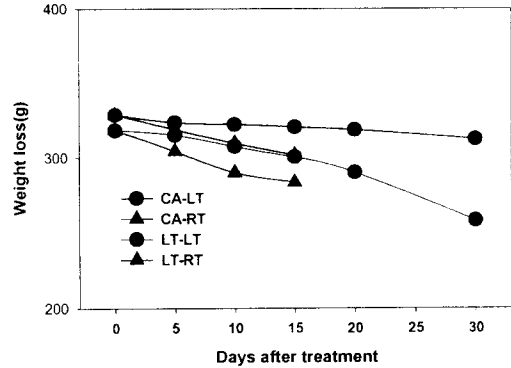


그림 30. 배과실의 저장 및 유통 방법에 따른 중량감소

한편 과중감소는 저온유통보다는 상온유통조건에서 감소가 많았다.(그림 30) 저장후 유통방법에 따른 과피색의 변화에 미치는 영향을 Hunter value로 조사한바 Hunter L "value" 는 약간 감소하였으며 Hunter "a", "b" value 는 약간 증가하였으나 그 정도는 미미 하였다(표 5). 즉 배 과실의 과피색은 저장후 유통중에도 사과와 달리 변화정도가 미미 하였다. 즉 저장방법 및 유통방법에 따른 배 과실의 품질은 유통 5 일 경과후를 기준할 때 CA 저장한 과실이 저온저장한 과실 보다 품질 유지에 효과적이었다. 결과적으로 유통전 저장방법은 유통중 과실의 호흡량 및 품질변화에 많은 영향을 미치는 것으로 생각된다.

(표 5) 배 “행수” 품종의 CA 및 저온저장후 유통방법에 따른 Hunter value

구 분	저장방법	처리후 일수					
		0	5	10	15	20	30
Hunter “L” value	CA저장후 저온유통	65.65	62.12	63.20	63.48	63.48	63.20
	CA저장후 상온유통	65.65	62.41	60.74	59.72		
	저온저장후 저온유통	63.72	63.09	63.12	62.63	62.14	61.34
	저온저장후 상온유통	2.32	63.74	61.72	59.60		
Hunter “a” value	CA저장후 저온유통	2.30	3.57	2.71	2.60	2.73	2.58
	CA저장후 상온유통	2.30	3.89	3.57	3.64		
	저온저장후 저온유통	1.94	2.49	3.16	3.24	3.42	3.58
	저온저장후 상온유통	1.94	2.23	2.39	2.53		
Hunter “b” value	CA저장후 저온유통	38.09	37.17	37.94	38.23	38.43	39.46
	CA저장후 상온유통	38.09	36.78	35.78	33.01		
	저온저장후 저온유통	38.15	38.55	38.98	39.13	38.43	37.69
	저온저장후 상온유통	38.15	34.79	34.53	32.62		

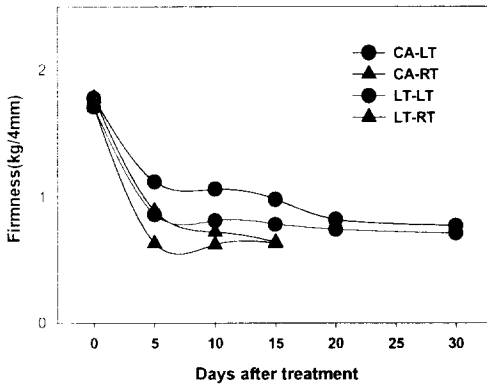


그림 31. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 경도변화

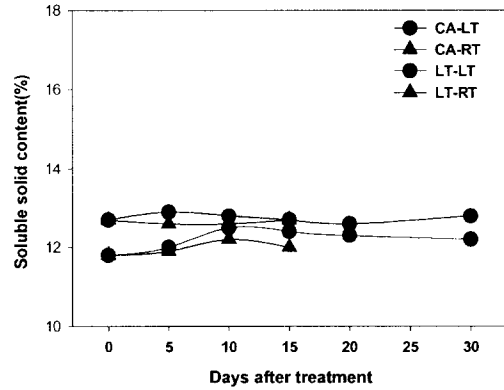


그림 32. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 당도변화

저장방법 및 유통방법에 따른 포도 “캠벨엘리” 품종의 경도변화는 저장방법에 관계없이 저장후 저온유통처리구가 상온 유통 처리구에 비하여 경도 유지에 효과적이었으며 저온저장보다는 CA저장한 처리구에서 경도저하가 완만하였다. 당의 함량변화는 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 산의 함량변화는 모든 처리구에서 낮아지는 경향이었으며 상온유통 처리구보다는 저온유통 처리구에서 산의 함량감소가 완만하였다. pH의 변화는 산의 함량변화와 정반대의 경향을 보였다(그림 31, 32, 33).

반면 과실의 호흡량 변화는 사과 또는 배와 마찬가지로 저장 당시에 비하여 그 중

가량이 현저히 높았으며 저온유통 보다는 상온유통에서 호흡의 정도가 높았다. 에틸렌 발생량의 변화는 저장중에는 거의 흔적을 보이는 정도에서 미미하지만 모든처리구에서 증가하였다. 단 저온저장후 상온유통에서 흔적을 보였는데 처리간의 차이로 보기에는 어려울 것으로 생각되었다.

한편 과중감소는 저온유통보다는 상온유통조건에서 감소가 많았으며 그로인한 과경의 건조정도도 저온유통 보다는 상온 유통에서 심하였으며 CA 및 저온저장후 상온 및 저온유통 20일 후에는 부패되는 과실이 확인 되었는데 이러한 유통중 부패를 방지할 방법이 모색되어져야 할 것으로 생각되었다(그림 34, 35, 36).

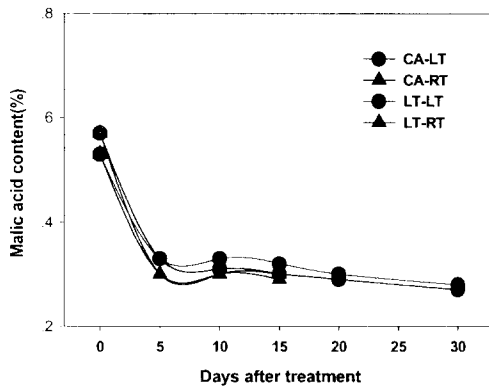


그림 33. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 산도변화

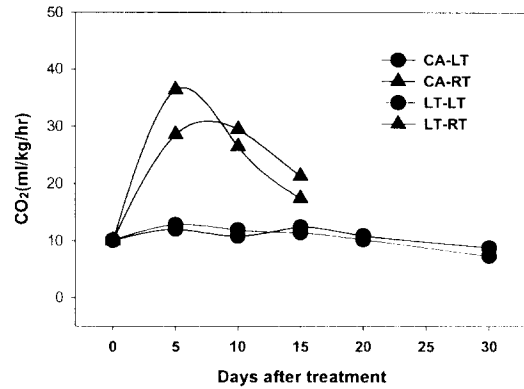


그림 34. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 호흡량

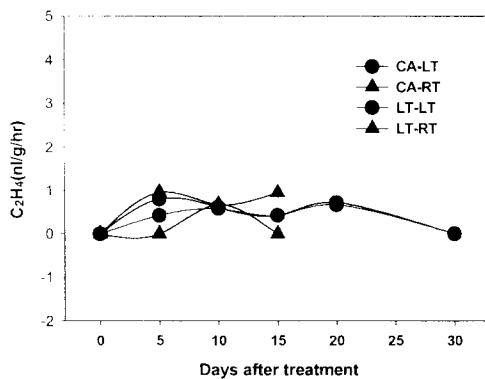


그림 35. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 에틸렌변화

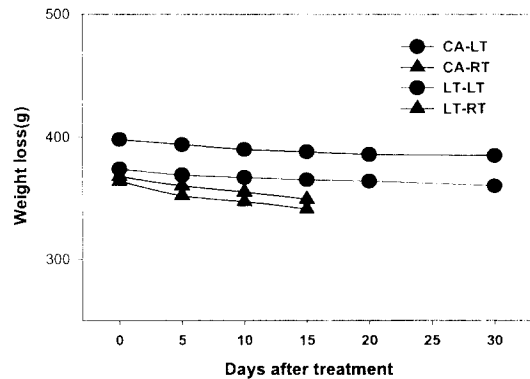


그림 36. 포도과실의 저장 및 유통 방법에 따른 중량감소

저장후 유통방법에 따른 과피색의 변화에 미치는 영향을 Hunter value로 조사한바

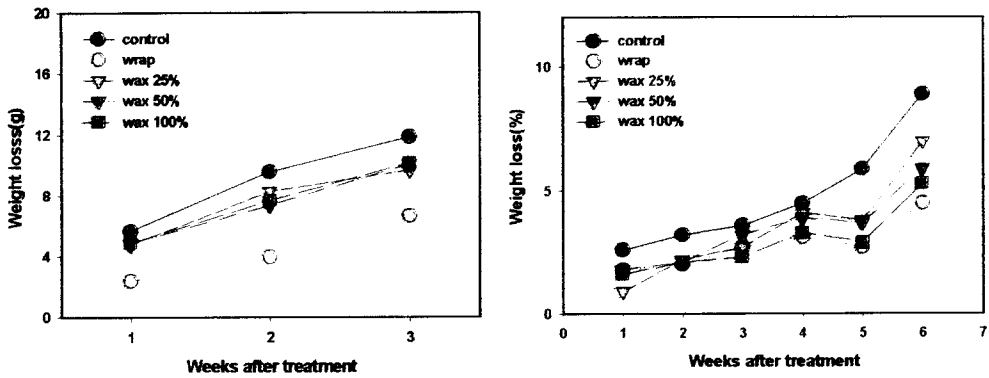
Hunter L "value" 는 거의 비슷한 수준을 나타내었으며 Hunter "a" 값은 모든처리구에서 증가하거나 비슷한 수준을 나타내었으며 "b" value 는 감소하는 경향이였다. 즉 포도 과실의 저장방법 및 유통방법에 따른 포도 과실의 품질은 CA 저장한 과실이 저온저장한 과실 보다 품질 유지에 효과적이였다.

(표 6) 포도 "캠벨" 품종의 CA 저장후 유통방법에 따른 Hunter value 변화

구 분	저장방법	처리후 일수					
		0	5	10	15	20	30
Huntrer "L" value	CA저장후 저온유통	26.33	25.13	26.19	25.78	26.04	26.32
	CA저장후 상온유통	26.33	26.51	26.28	25.84		
	저온저장후 저온유통	26.58	25.23	25.19	25.34	25.68	25.32
	저온저장후 상온유통	26.58	26.46	25.34	25.43		
Huntrer "a" value	CA저장후 저온유통	0.18	1.45	1.21	0.80	0.72	0.24
	CA저장후 상온유통	0.18	1.18	0.94	0.42		
	저온저장후 저온유통	0.70	0.96	0.87	0.79	0.82	0.69
	저온저장후 상온유통	0.70	1.83	1.61	1.21		
Huntrer "b" value	CA저장후 저온유통	0.11	0.10	0.12	0.14	0.14	0.13
	CA저장후 상온유통	0.11	0.05	0.16	0.28		
	저온저장후 저온유통	0.13	0.04	0.08	0.07	0.09	0.12
	저온저장후 상온유통	0.03	0.05	0.14	0.32		

2. 사과 '후지' 품종의 CA 저장후 상온 및 저온 유통 중 품질변화

CA 저장후 유통방법에 따른 사과 "후지" 품종의 증량감소는 유통 3주까지를 기준으로 할 때 유통 방법에 관계없이 저온유통이 상온 유통에 비하여 증량감소가 매우 적었다. 또한 무처리구에 비하여 wrap이나 wax 처리구가 증량감소를 억제 할 수 있었으며 그 효과는 상온 유통에서 더욱 뚜렷하였다. 이를 볼 때 CA저장후 유통 조건에서는 과실의 건조에 의한 피해를 최소화하는 것이 필요함을 보여준다(그림 37).

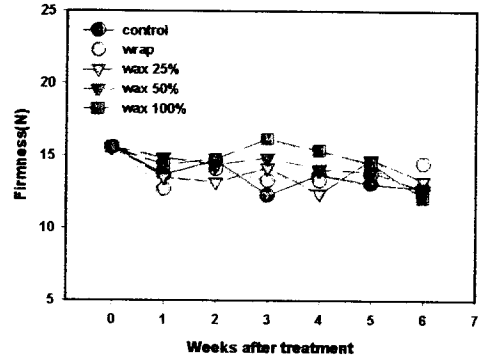
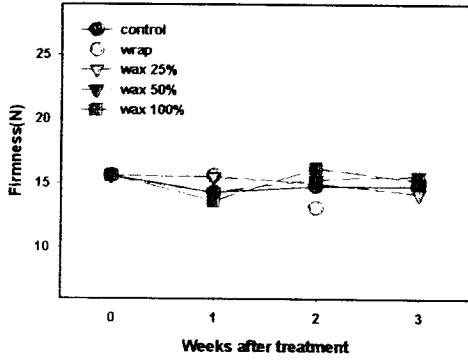


〈그림 37〉 사과 과실의 CA 저장 후 상온 및 저온 유통중 중량 감소 (왼쪽 상온, 오른쪽 저온)

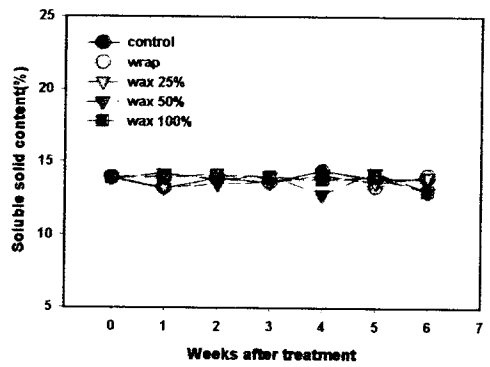
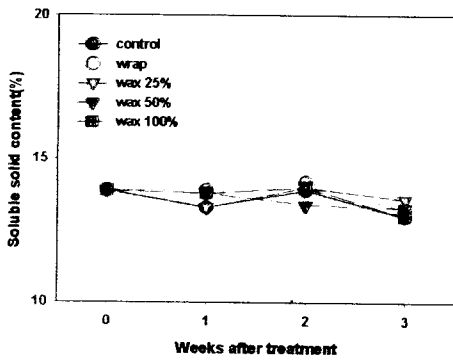
CA저장후 상온 및 저온 유통중 wrap 및 wax 처리에 따른 경도, 당도 및 가용성 고형물 함량의 변화는 유통중 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 단지 유통중 그들의 변화의 폭은 상온 유통 보다는 저온 유통에서 작음을 볼 때 사과 과실의 CA저장후 품질유지를 위해서는 우선 저온유통이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 사과 과실의 CA 저장후 wrap 및 wax 처리가 중량감소에는 어느정도 효과는 있으나 품질을 대표할 수 있는 경도, 당도, 산도의 변화 차이가 뚜렷하지 않음을 볼 때 상온 및 저온유통에서 조차 실용적으로 적용하기에는 어려움이 따를 것으로 본다(그림 38, 39, 40).

CA저장후 유통 방법에 따른 과실의 호흡량 및 에틸렌 발생량은 저온보다는 상온유통에서 그 발생량이 많았는데(표 7, 8, 9, 10), 그러한 차이가 상온에서 보다 저온유통에서 품질을 잘 유지 할 수 있는 생리적인 원인을 제공하는 것이라 생각된다. 또한 상온 유통 조건에서는 과실의 호흡량이 유통 1주에 비하여 2주 및 3주 기간에 매우 적게 나타났는데 이는 상온 조건하에서 과실의 노화가 빠르게 진행되었기 때문으로 생각된다.

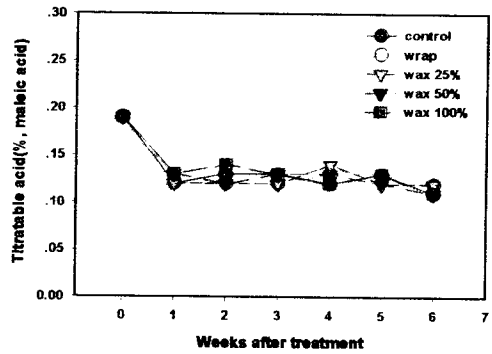
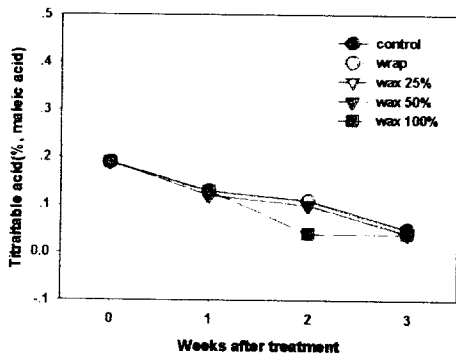
과실의 외관을 나타내는 Hunter a "value"는 wrap 및 wax처리에 관계없이 저온 유통 조건에서 대체적으로 높은 값을 나타내었는데 이는 CA 저장후 어떠한 처리보다는 저온 유통이 과실의 품질에 가장 중요한 요소인 것으로 판단된다(표 11, 12)



〈그림 38〉 사과 과실의 CA 저장후 상온 및 저온 유통중 경도(왼쪽 상온 오른쪽 저온)



〈그림 39〉 사과 과실의 CA 저장후 상온 및 저온 유통중 가용성 고형분 (왼쪽 상온 오른쪽 저온)



〈그림 40〉 사과 과실의 CA 저장후 상온 및 저온 유통중 산함량(왼쪽 상온 오른쪽 저온)

〈표 7〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 상온 저장중 Ethylene 생성량(nl/g/hr)

구 분	저 장 기 간		
	1주	2주	3주
Control	25.9	11.8	12.2
Wrap	28.4	20.1	19.2
Prowax 25%	28.8	19.0	18.7
Prowax 50%	26.0	13.9	14.5
Prowax 100%	25.7	17.6	17.7

〈표 8〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 저온 저장중 Ethylene 생성량(nl/g/hr)

구 분	저 장 기 간		
	1주	2주	3주
Control	6.3	8.8	8.8
Wrap	4.9	7.9	8.6
Prowax 25%	4.9	6.9	7.5
Prowax 50%	4.1	6.4	6.6
Prowax 100%	5.0	7.2	7.7

〈표 9〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 상온 저장중 CO2 생성량(ml/kg/hr)

구 분	저 장 기 간		
	1주	2주	3주
Control	10.7	8.8	9.2
Wrap	11.3	9.2	10.9
Prowax 25%	11.0	10.0	11.5
Prowax 50%	11.0	9.4	10.9
Prowax 100%	10.5	8.6	12.2

〈표 10〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 저온 저장중 CO2 생성량(ml/g/hr)

구 분	저 장 기 간		
	1주	2주	3주
무처리	4.7	4.3	5.0
Wrap	4.4	4.4	4.6
Prowax 25%	4.1	3.9	4.1
Prowax 50%	3.9	3.7	3.8
Prowax 100%	4.1	4.0	4.2

〈표 11〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 상온 저장중 Hunter a value

구 분	저 장 기 간		
	1주	2주	3주
Control	25.0	24.9	23.7
Wrap	25.5	22.3	18.3
Prowax 25%	23.5	23.2	24.5
Prowax 50%	22.4	23.2	20.7
Prowax 100%	24.0	23.4	21.6

〈표 12〉 사과 과실의 CA 저장후 처리별 저온 저장중 Hunter a value

구 분	저 장 기 간					
	1주	2주	3주	4주	5주	6주
Control	24.1	25.7	28.8	30.0	25.6	25.2
Wrap	24.8	27.7	25.1	25.0	27.6	27.2
Prowax 25%	26.5	25.1	26.0	24.1	24.1	24.3
Prowax 50%	24.6	25.8	28.1	24.3	24.7	23.9
Prowax 100%	25.0	26.7	26.6	26.6	23.6	23.7

요 약

사과(쓰가루), 배(행수), 포도(캠벨)의 CA저장한 과실은 저온저장한 과실보다 대체적으로 품질이 양호하였으며 CA 및 저온저장후 상온유통중에는 CA 저장한 과실이 저온저장한 과실보다 품질유지에 효과적이었다. 또한 CA저장한 과실은 상온유통 보다는 저온유통에서 품질유지에 매우 효과적이었다.

사과(후지)과실의 CA 저장후 Wrap 및 wax 처리후 유통은 상온 및 저온 유통에 관계없이 증량감소를 줄이는 데 효과적이었으며 사과(후지)과실의 CA저장후 품질유지에는 Wrap 및 wax 처리간 뚜렷한 차이를 볼 수 없었고 저온유통에 의한 품질유지가 더욱 효과적이었다. 이상과 같은 결과를 종합할 때 과실의 CA저장후 유통 방법은 우선 건조에 의한 피해를 최소화함과 동시에 저온유통 시스템에 의한 유통이 우선되어야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

- Abdulilah Mokhlif Al Ani and D.G. Rechardson, 1985. Effect of calcium and nitrogen on respiration and ethylene evolution of Anjou pear fruit. Iraqi J. Agric. Sci. "Zanco". 3(4):81-95.
- Aharoni, Y. and G.J. Stadelbacher. 1973. The toxicity of acetaldehyde vapors to postharvest pathogens of fruits and vegetables. *Phytopathology* 63:544-545.
- Banks, N. H. 1984. Internal atmosphere modification in Prolong coated apples. *Acta Hort.* 157 : 105-112.
- Blanpied, G.D., and E. Hansen. 1968. The effect of oxygen, carbon dioxide and ethylene on the ripening of pears at ambient temperature. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93:813-816.
- Chavez Franco S. H. and A.A. Kader. 1993. Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in Bartlett pears. *Postharv. Biol. Technol.* 3 :183-190.
- Couey, H.M. and M. Uota. 1961. Effect of concentration, exposure time, temperature, and relative humidity on the toxicity of sulfur dioxide to the spores of *Botrytis cineria*. *Phytopathology* 51:815~819.
- Downs, C.G., C.J. Brady, J. Campbell and W.B. McGlasson. 1991. Normal ripening cultivars of *pyrus serotina* are either climacteric or non-climacteric. *Scientia Horticulturae*. 48:213-221.
- 황용수, 이재창, 천종필, 1992. 피막제가 사과 "쓰가루" 과실의 저장과 유통 중 품질에 미치는 영향. *충남대 농과연보* 19:136-144.
- Kitamura, T. 1987. The influence of harvest dated, ripening temperature and ethylene treatment on the ripeing physiology and quality of La France pear. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 56:229-235.
- 이재창. 1974. 과실피막제(TAG)가 사과 "고울든딜리셔스", "스타킹딜리셔스" 및 "후지"의 저장성에 미치는 영향. *한국원예학회지* 15:106-109.
- 이재창, 권오원, 유명상. 1986. 피막제 Prolong 처리가 사과 쓰가루의 저장력 및 Ethylene 관련물질의 변화에 관한 연구. *한국원예학회지* 27:347-352.
- Lougheed E. C. and J. T. A. Procter. 1983. Postharvest physiology of fruits. *Ann. Rept. to Regional NE-103*, June 1983.
- Ning, B., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1991. Ripening characteristics of chinese pear Yali fruit on and off tree. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60:703-710.

- Ning, B., Y. Kubo, A. Inaba, and R. Nakamura. 1992. Effects of storage temperature on occurrence of chilling injury and storage life in chinese pear Yali. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61:461-467.
- P. L. Sholberg and A.P. Gaunce. 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. *HortScience*, 30:1271-1275.
- Richardson, D .G. and A. A. Am. 1982. Calcium and nitrogen effect on d'Anjou pear fruit respiration and ethylene evolution. *Acta Hort.* 124:195-201.
- Santara, M. C., R. Mitchel, and M. Torres. 1983. Respiration rate of some fruits showing climacteric pattern. Effect of prior cold storage. *Agrotecnia de Cuba* 15:79-84.
- Smilanick, J.L., P.L. Hartsell, D. Henson, D.C. Fouse, M. Assemi, and C.M. Harris. 1990. Inhibitory activity of sulfur dioxide on the germination of spores of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 80:217-220.
- Smith, S. M. and J R Stow. 1982. The potential of sucrose ester coating material for improving the storage and shelf-life of 'Cox' s Orange Pippin' apples. *Annals of Appl. Biol.* 104:388-391.
- Stadelbacher, G.J. and Y. Aharoni. 1971. Acetaldehyde vapor treatment to control postharvest decay in strawberries. *HortScience* 6:280(Abstr.).
- Stadelbacher, G.J. and K. Prasad. 1974. Postharvest decay control of apple by acetaldehyde vapor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:364-368.
- Tian, M. S., E. W. Hewett and R. E. Lill. 1994. Effects of carbon dioxide on ethylene forming enzyme activity in Japanese pear and apple. *Postharv. Biol. Technol.* 4:1-12.
- Tian, M. S., E. W. Hewett, and R. E. Lill. 1994. Effects of inhibitors on the carbon dioxide-stimulation of ethylene-forming enzyme activity in fruit of Japanese pear and apple. *Postharv. Biol. Technol.* 4:13-21.
- Wilson, C.L., J.D Franklin, and B.E. Otto. 1987. Fruit volatiles inhibitory to *Monilinia fructicola* and *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 71: 316-319
- Wilson, C.L., M.E. Wisniewski, C.L. Biles, R. McLaughlin, E. Chalutz, and S. Droby. 1991. Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetable: Alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection* 10: 172-177.