

최 종
연구보고서

채소의 산지 소포장 유통 전처리 기술 및 가스조절 system 개발

Development of the pre-treatment technique for mini-packaging and gas control system in some vegetable

연구기관

강원대학교 농업생명과학대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “채소의 산지 소포장 유통 전처리 기술 및 가스조절 system 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 10월 일

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 정 천 순

세부연구책임자 : 정 천 순

세부연구책임자 : 강 위 수

연 구 원 : 김 중 화

연 구 원 : 박 성 민

연 구 원 : 강 희 준

요 약 문

I. 제 목

채소의 산지 소포장 유통 전처리 기술 및 가스조절 system 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

현대의 농업은 고품질의 상품을 생산하는 것뿐만 아니라 유통과정에서 발생할 수 있는 손실을 최소화하는 것도 중요하다. 국내 농산물은 생산자로부터 소비자까지의 유통과정이 복잡하며, 유통방식 또한 박스단위로 이루어지기 때문에 일부 산물이 물러지거나 부패될 경우 박스내 연쇄적 피해를 입을 수 있다. 따라서 산지에서 수확된 산물을 전처리를 통해 소포장하고 이를 신선한 상태로 소비자에게 직접 공급할 수 있는 기술 개발이 시급하다. 특히 active MA 방식을 이용한 소포장은 포장내 기체 환경을 임의로 조절함으로써 산물의 품질유지 및 저장성 향상에 큰 효과가 있으리라 기대된다. 그러나 국내·외적으로 가스조절을 통한 포장기술의 개발과 이를 활용할 수 있는 포장기계에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 몇몇 채소작물의 생리·생태적 특성 및 충전포장에 필요한 최적의 혼합가스 농도를 구명하였고, 가스농도를 자동조절 할 수 있는 프로그램 및 포장기계의 개발과 포장에 필요한 포장재질 그리고 모의 유통온도에 따른 품질변화 및 유통가능 기간을 설정하기 위하여 실시하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

토마토, 대파, 상추, 시금치 및 깻잎을 이용하여 소포장 유통에 필요한 저장온도, 포장재질 및 적정가스 농도를 구명하였다. 저장온도에 관한 연구는 진공용 포장지 PEPA 75 μ m(Polyethylene polyamide)에 공시된 재료를 넣고 밀봉하여 실온(약 27 $^{\circ}$ C), 13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C 항온기에서 10일간 저장하였고, 포장재질은 OPP 40 μ m (orientation polypropylene), OPP 50 μ m, PEPA 75 μ m(Polyethylene polyamide)를 이용하여 13 $^{\circ}$ C에서 10일간 저장하였다. 최적의 가스농도 구명을 위해 진공용 포장지 PEPA 75 μ m에 산물을 넣을 때 조절된 혼합가스와 함께 충전하였는데, 가스 처리는 무처리(공기) 및 active MA(CO₂:O₂ = 6:2, 0:10, 0:30, 0:50)로 포장하였다. 저장기간에 따른 생리·생태적 특성을 알아보기 위하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 저장중에 발생하는 품질변화를 보기위해 당, ascorbic acid, 수분손실 및 관능평가를 실시하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 채소포장용 혼합가스 system 개발

본 연구에서는 다양한 농산물의 특성에 따른 혼합가스의 조성비율에 따라 정도가 우수한 혼합가스 system을 갖춘 기기를 개발하고자 하였다. 이론적으로 가스의 분압과 질량을 자동 제어할 수 있는 가스혼합기를 설계하였고, MFC를 이용하여 혼합 가스의 유량을 제어하는 기기와 혼합가스의 분압과 질량을 제어하는 공압 제어 방법과 strain gage 방법을 이용한 기기를 제작하였다. 시제품을 이용하여 혼합 가스 조성비에 따른 이론치와 시험 결과치를 비교 분석하여

혼합 가스 제어의 정도를 0.01%까지 조절할 수 있었다. 본 연구에서는 농산물을 취급하는 작업자들이 농산물의 특성에 따른 다양한 혼합 조성비율을 용이하게 자동 포장기에 입력할 수 있고, 가스 혼합비율의 따른 제어정도가 최소한 $\pm 0.01\%$ 이하가 되어야 하며 농업인들이 손쉽게 구입할 수 있도록 경제성이 있어야 하는 채소용 혼합가스 포장 system 기기를 실용성 있게 개발하였다.

2. 몇 몇 채소류의 산지 소포장시 저장온도가 품질에 미치는 영향

호흡 및 에틸렌 발생은 저장온도가 높을수록 높게 나타났으며, 이취의 원인물질인 아세트알데히드 및 에탄올 발생도 저온저장(13℃ 및 5℃)에 비해 실온저장(약 27℃)에서 높게 나타났다. Ascorbic acid 및 당의 변화는 저장기간이 늘어남에 따라 실온저장에서 서서히 감소하는 경향을 보였으나, 저온저장(13℃ 및 5℃) 간에는 큰 차이 없이 일정하게 유지되었다. 수분손실은 실온, 13℃ 및 5℃ 순으로 낮았는데, 저장 초에는 각 온도에 따른 차이를 보이지 않았으나 저장기간이 길어짐에 따라 점차 큰 차이를 나타냈다. 관능평가를 실시한 결과 토마토와 깻잎은 13℃, 대파, 상추 그리고 시금치는 5℃에서 저장 5일까지 유통이 가능한 것으로 나타났다.

3. 몇 몇 채소류의 소포장시 포장재질이 품질변화에 미치는 영향

필름종류에 따른 CO₂ 및 에틸렌 농도는 기체투과도가 높은 OPP 40 μ m에서 가장 낮았고, 아세트알데히드 및 에탄올의 경우에도 OPP 40 μ m에서 가장 완만한 증가를 보였다. Ascorbic acid 함량 변화는 전반적으로 서서히 감소하는 경향을 나타내었고, 그 중 PEPA 75 μ m에서 가장 크게 감소한 것으로 나타났다. 토마토

와 대파의 당 함량 변화는 각각의 포장재간에는 차이가 없이 저장 10일째 전반적으로 소량 감소하였다. 수분손실은 저장기간 동안 서서히 증가하였고, 포장재 질별로는 OPP 40 μ m, OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 순으로 낮게 나타났다. 그러나 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 문제되지 않았다.

4. 몇 몇 채소류의 active MA 소포장시 품질변화에 미치는 영향

호흡 및 에틸렌 발생은 산소를 높게 충전한 0:30과 0:50 처리구에서 높게 나타난 반면, 이취의 원인 물질인 아세트알데히드 및 에탄올 발생은 낮았다. 토마토와 대파의 당함량 변화는 각 혼합가스 처리에 따른 차이를 보이지 않았다. Ascorbic acid 함량변화는 토마토와 대파의 경우 호흡량이 높았던 0:30과 0:50 처리구에서 다소 감소하는 경향을 보였으나, 엽채류는 혼합가스 처리에 따른 차이가 인정되지 않았다. 수분손실은 토마토와 대파의 경우 혼합가스 처리에 따른 차이가 인정되지 않았으나, 엽채류는 호흡이 다소 원활히 진행되었던 0:30과 0:50 처리구에서 비교적 높게 나타났다. 외관품질과 이취발생을 종합하여 관능평가를 실시한 결과 0:30 및 0:50 처리구에서 무처리와 6:2 처리에 비해 2~3일 정도 유통기간 연장이 가능한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 산지에서 수확한 산물을 전처리를 통해 소포장하고 이를 인터넷 쇼핑이나 대형마트를 통해 직접 유통하고자 할 경우 OPP 40 μ m의 포장재와 산소 30~50% 충전이 바람직할 것으로 보이며, 저온조건(13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C)하에서 유통한다면 최대의 상품성 유지 효과를 얻을 수 있으리라 기대된다.

Summary

I .Title

Develop of the pre-treatment technique for mini-packaging and gas control system in some vegetable

II. Objectives and Importances

Agriculture at the present day is important to make commodities of high quality first of all as to minimize a loss for marketing. A marketing process of agricultural products from producer to consumer is very complex in Korea. Also agricultural products for marketing with box unit may be damaged to the other products as some of products be soften or rotten in box. Therefore, after agricultural products cultivated on the actual location harvested, the development of packaging technique to service directly a fresh agricultural products to consumer need. Especially, active MA system, regulated mix gas into package reported only some of studies.

The purpose of the present study is 1) to clarify an appropriate mix gas concentration of some leafy vegetable, 2) to develop the packaging machine that can be easily regulated a mix gas concentration. 3) to clarify an appropriate storage temperature and packaging materials for marketing using the packaged products.

III. Research Scopes and Methods

This study was carried to clarify the storage temperature, the packaging materials and an appropriate mix gas concentration for marketing using the packaged products in tomato, *Allium fistulosum* and some leafy vegetable. They stored at RT(about 27°C), 13°C or 5°C for 10 days using the packaged products with PEPA 75 μ m(Polyethylene Polyamide) to clarify an appropriate storage temperature and investigated. They also stored at 13°C for 10 days using the packaged products with OPP 40 μ m(orientation polypropylene), OPP 50 μ m, PEPA 75 μ m to clarify the packaging materials for marketing and investigated. To clarify an appropriate mix gas concentration for marketing, they treated with active MA(CO₂:O₂=6:2, 0:10, 0:30, 0:50) in the PEPA 75 μ m(Polyethylene Polyamide). The change of physiological features during storage period was measured for the CO₂, C₂H₄, acetaldehyde or ethanol, and quality was measured for the sugar contents, ascorbic acid, weigh loss or sensory attributes

IV. Results and Utilization

1. Develop of the gas control system for mini-packaging in some vegetable

This research was done to develop a device that injects different ratio of mixed gas into a packing bag according to various farm products.

After theoretically designing a gas mixing system to control automatically the partial pressure and mass, the system, which can control the flow rate of mixed gas with MFC(mass flow controller), and the system, which control the flow rate of mixed gas with air regulator and the mass of mixed gas with strain gage, were manufactured.

The difference of two values decreases within 0.01%, comparing the theoretical value and the experimental using a new system manufactured in the lab in mixing gas.

In this experiment the automatic mixing system is developed, into which the farmer can easily inject the different ratio of gas according to various farm products, of which the controlling accuracy is within $\pm 0.01\%$, and which the farmer can purchase at low price.

2. Effect of storage temperature on the change of quality of the packed some vegetable after harvested in field

Respiration and ethylene product were considerably higher at high storage temperature compared to low storage temperature. The acetaldehyde and ethanol product also were higher at room temperature(about 27°C) than those stored at low temperature(13°C and 5°C). Change of ascorbic acid and sugar contents was decreased at the room temperature(RT) as storage period extended, but there were no differences in low temperature(13°C and 5°C). The weight loss was low in the order of RT, 13°C, 5°C. In the early stage of storage, it did not show the differences among each temperature, but it show much differences as the storage period was extended. From results of the

value of sensory test for marketing, we know that tomato and Perilla Leaves keep on freshing for 5 days at 13°C and *Allium fistulosum*, Lettuce and Spinach keep on freshing for 5 days at 5°C.

3. Effect of the packaging materials on the change of quality of the packed some vegetable after harvested in field

Effects of CO₂ and ethylene concentration on the packaging materials were the lowest in the OPP 40µm. Acetaldehyde and ethanol contents were gradually increased in the only OPP 40µm. change of ascorbic acid contents was decreased slowly in all of the packaging materials, although it was the lowest in PEPA 75µm. Change of sugar contents of tomato and *Allium fistulosum* was generally decreased in the 10 days of storage, but it was not influenced by the each packaging materials. The weight loss increased slowly during storage period, and it was low in the order of OPP 40µm, OPP 50µm and PEPA 75µm, but marketability was not influenced by the weight loss.

4. Effect of the active MA packaging on the change of quality of some vegetable

Respiration rate and ethylene production was the highest in the 0:30 and 0:50 with the rate of CO₂ to O₂. However, in the 0:30 and 0:50 with the rate of CO₂ to O₂, acetaldehyde and ethanol contents were low. Sugar

contents of tomato and *Allium fistulosum* was not the differences among treatment of kind of mixed gas. Ascorbic acid contents of tomato and *Allium fistulosum* was gradually decreased in the 0:30, 0:50 with the rate of CO₂ to O₂, but it was not difference among the treatment of mixed gas in leafy vegetable. Weight loss of tomato and *Allium fistulosum* was not difference among the treatment of mixed gas, but ones of some leafy vegetable was comparatively high in the 0:30, 0:50 with the rate of CO₂ to O₂. From results of the value of sensory test in visual quality and off-flavor, it was possible that the self period extended to 2~3 days in the 0:30, 0:50 with the rate of CO₂ to O₂.

From these results, we suggest that packaging material of the OPP 40 μ m and oxygen injection of 30~50% could be keep on freshing for a long time in case of marketing directly to internet shopping or mart and marketing under the low temperature(13 $^{\circ}$ C and 5 $^{\circ}$ C),

CONTENTS

SUMMARY.....	2
Chapter 1 Introduction	18
Section 1 Necessity of research	18
Section 2 Status of study in present	18
Section 3 Object and Content of research	19
Chapter 2 Development of gas mixings system to pack vegetable	21
Section 1 Introduction	21
Section 2 Theoretical design of gas mixing system	23
Section 3 Design and manufacture of gas mixing system	34
1. Design and manufacture of gas mixing system using MFC	34
2. Design and manufacture of automatic gas mixing system using program to control mass and partial pressure of gas	38
가. Design and manufacture of mixing system using mixing tank	38
1) Design of gas mixing system	38
2) Manufacture of gas mixing system to pack vegetable equipped with mixing tank	39
나. Automatic gas mixing system using program to control mass and partial pressure of gas	41
1) Design	41

2) Manufacture	43
Section 4 Results and discussion	44
1. Analysis of gas mixing rate of gas mixing system using MFC	44
2. Accuracy analysis of automatic gas mixing system using program to control mass and partial pressure of gas	47
가. Accuracy analysis of gas mixing system using mixing tank	47
나. Accuracy analysis of automatic gas mixing controlling system using volume and partial pressure of gas	49
Section 5 Summary	53
Literature cited	54

**Chapter 3 Effect of storage temperature on the change of
quality of the packed some vegetable after
harvested in field**

Section 1 Introduction	57
Section 2 Materials and methods	58
1. Effects of storage temperature on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	58
2. Effects of storage temperature on the quality of some leafy vegetables	60
Section 3 Results and suggestions	60
1. Effects of storage temperature on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	60
2. Effects of storage temperature on the quality of some leafy vegetables	71

Section 4 Summary	82
Literature cited	83

Chapter 4 Effect of the packaging materials on the change of quality of the packed some vegetable after harvested in field 86

Section 1 Introduction	86
------------------------------	----

Section 2 Materials and methods	87
---------------------------------------	----

1. Effects of packaging materials on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	88
---	----

2. Effects of packaging materials on the quality of some leafy vegetables	89
---	----

Section 3 Results and suggestions	89
---	----

1. Effects of packaging materials on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	89
---	----

2. Effects of packaging materials on the quality of some leafy vegetables	99
---	----

Section 4 Summary	107
-------------------------	-----

Literature cited	109
------------------------	-----

Chapter 5 Effect of the active MA packaging on the change of quality of some vegetable 111

Section 1 Introduction	111
------------------------------	-----

Section 2 Materials and methods	112
---------------------------------------	-----

1. Effects of active MA packaging on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	112
2. Effects of active MA packaging on the quality of some leafy vegetables	114
Section 3 Results and suggestions	114
1. Effects of active MA packaging on the quality of tomato and <i>Allium fistulosum</i>	114
2. Effects of active MA packaging on the quality of some leafy vegetables	125
Section 4 Summary	136
Literature cited	137

목 차

요 약 문	2
제 1 장 서 론	18
제1절 연구개발의 필요성	18
제2절 국내·외 기술 개발 현황	18
제3절 연구개발의 목적과 범위	19
제 2 장 채소포장용 혼합가스 system 개발	21
제1절 서설	21
제2절 혼합가스 system 이론적 설계	23
제3절 혼합가스 system 설계 및 제작	34
1. MFC를 이용한 혼합가스 system 설계 및 제작	34
2. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system 설계 및 제작	38
가. Mixing tank를 이용한 혼합장치 설계 및 제작	38
1) 가스혼합장치 설계	38
2) 혼합용기를 가진 채소포장용 혼합가스 system 제작	39
나. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system	41
1) 설계	41
2) 제작	43
제4절 결과 및 고찰	44
1. MFC를 이용한 가스 system의 혼합가스 조성비 분석	44

2. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system의 정도 분석	47
가. Mixing tank를 이용한 혼합가스 system의 정도 분석	47
나. 가스의 질량 및 분압을 이용한 자동 혼합가스 제어 system의 정도 분석.....	49
제 5절 결과요약.....	53
인용문헌	54

제 3 장 몇 몇 채소류의 산지 소포장시 저장온도에 따른 포장내 생리적 특성 및 품질 변화에 미치는 영향

제1절 서설	57
제2절 재료 및 방법	58
1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향	58
2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향	60
제3절 결과 및 고찰	60
1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향	60
2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향	71
제4절 결과요약	82
인용문헌	83

제 4 장 몇 몇 채소류의 소포장시 포장재질이 품질변화에 미치는 영향

제1절 서설	86
--------------	----

제2절 재료 및 방법	87
1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향	88
2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향	89
제3절 결과 및 고찰	89
1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향	89
2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향	99
제4절 결과요약	107
인용문헌	109

제 5 장 몇 몇 채소류의 active MA 소포장시 품질변화에 미치는 영향

제1절 서설	111
제2절 재료 및 방법	112
1. Active MA 포장이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향	112
2. Active MA 포장이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향	114
제3절 결과 및 고찰	114
1. Active MA 포장이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향	114
2. Active MA 포장이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향	125
제4절 결과요약	136
인용문헌	137

제1장 서론

제1절 연구개발의 필요성

제2절 국내·외 기술 개발 현황

제3절 연구개발의 목적과 범위

제1장 서론

제1절 연구개발의 필요성

원예산물의 생산형태는 단위 면적당 생산성보다는 고품질의 산물을 생산하여 소비자에게 이르기까지 일관된 품질을 유지하는 것이 중요하게 대두될 것이고, 유통 형태도 대량 박스 유통보다는 산지에서 소비가 가능한 부위만을 소포장하여 소비자에게 직접 전달할 수 있는 방식의 유통망이 확대되리라 전망된다. 그러나 소포장의 경우에는 포장된 산물들의 호흡이 산소의 농도를 한계농도 이하로 떨어뜨릴 수 있으며, 이 때 유기호흡에서 혐기호흡으로의 전환이 이루어져 이취가 발생될 뿐만 아니라 저산소 장애로 인한 상품성 상실이 크게 문제될 수 있다. Active MA 포장이란 CA 저장과 MA 저장방법을 함께 조합한 방식으로 포장내에 산물을 넣을 때 임의로 조절된 혼합가스를 함께 충전하여 저장성 및 유통기간 연장에 큰 효과를 얻을 수 있는 포장방법이다. 따라서 active MA 포장방법을 활용하는 것이 소포장 유통중에 발생할 수 있는 손실을 최소화시킬 수 있는 하나의 방법이라고 생각된다. 그러나 국내에서는 가스조절을 통한 산지 소포장 유통기술 연구가 매우 미비한 실정이다.

제2절 국내·외 기술 개발 현황

국내·외적으로 원예농산물의 장기저장을 위해 예냉·예조처리는 물론 저온 저장, CA 저장, MA 저장 등 다양한 저장방법이 개발되어 실용화 중에 있는데, 이들 방법은 장기저장을 위한 목적의 수단이지 산지 소포장 전처리를 위한 기술

에는 접목되어 있지 않은 실정이다. 현재 국내에서도 일부 품목에 한하여 소포장이 이루어지고 있으나, 작물에 따른 소포장 기술이 정립되어 있지 않아 아직까지 대부분은 박스포장에 의해 유통되고 있다.

제3절 연구 개발의 목적과 범위

현대의 농업은 고품질의 상품을 생산하는 것뿐만 아니라 유통과정에서 발생할 수 있는 손실을 최소화하는 것도 중요하다. 국내 농산물은 생산자로부터 소비자까지의 유통과정이 복잡하며, 유통방식 또한 박스단위로 이루어지기 때문에 일부 산물이 물러지거나 부패될 경우 박스내 연쇄적 피해를 입을 수 있다. 따라서 산지에서 수확된 산물을 전처리를 통해 소포장하고 이를 신선한 상태로 소비자에게 직접 전달할 수 있는 기술개발이 필요하리라 판단된다. 특히 active MA 방식을 이용한 소포장은 포장내 기체환경을 임의로 조절함으로써 산물의 품질유지 및 저장성 향상에 큰 효과가 있으리라 기대된다. 그러나 국내·외적으로 혼합가스 조절을 통한 포장기술의 개발과 이를 활용할 수 있는 포장기계에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 몇몇 채소작물의 생리·생태적 특성 및 충전포장에 필요한 최적의 혼합가스 농도를 구명하였고, 가스농도를 자동조절 할 수 있는 프로그램 및 포장기계의 개발과 포장에 필요한 포장재질 그리고 모의 유통온도에 따른 품질변화 및 유통가능 기간을 설정하기 위하여 실시하였다.

1. 채소포장용 혼합가스 system 개발
2. 몇몇 채소류의 산지 소포장시 저장온도에 따른 포장내 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

- 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

- 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

3. 몇몇 채소류의 소포장시 포장재질이 품질변화에 미치는 영향

- 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

- 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

4. 몇몇 채소류의 active MA 소포장시 품질변화에 미치는 영향

- Active MA 포장이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

- Active MA 포장이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

제2장 채소포장용 혼합가스 System 개발

제1절 서설

제2절 혼합가스 system 이론적 설계

제3절 혼합가스 system 설계 및 제작

1. MFC를 이용한 혼합가스 system 설계 및 제작

2. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system 설계 및 제작

가. Mixing tank를 이용한 혼합장치 설계 및 제작

나. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system

제4절 결과 및 고찰

1. MFC를 이용한 가스 system의 혼합가스 조성비 분석

2. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system의 정도 분석

가. Mixing tank를 이용한 혼합가스 system의 정도 분석

나. 가스의 질량 및 분압을 이용한 자동 혼합가스 제어 system의 정도 분석

제 5절 결과요약

인용문헌

제2장 채소포장용 혼합가스 system 개발

제1절 서론

농산물의 포장에서 신선한 채소, 곡물, 한약재 등을 유통과정에서 고유한 성분이 변질되지 않는 상태로 식품 재료의 고유의 향과 색 그리고 맛을 유지하면서 장기간 보존할 수 있는 포장방법이 국민의 건강에 대단히 중요하기 때문에 이에 대한 국민들의 관심이 점점 커지고 있으며, 특히 국민들의 문화수준 향상과 생활건강에 대한 관심도가 증가됨으로서 이로 인하여 경제에 미치는 영향은 점점 증대되고 있는 실정이다. 그러나 현실적으로 채소, 식품 등을 취급하는 유통업체들은 유통과정에서 변질을 방지하기 위하여 포장용기 내부에 방부제 등과 같은 것을 첨가하는 사례가 종종 매스컴에 발표되고 있으며, 특히 청정 농산물을 산지에서 생산하였으나, 유통과정에서 손쉽게 변질되고 있기 때문에 이를 근본적으로 용이하게 억제할 수 있는 포장용 혼합가스 system이 개발되어야 한다.

원예 산업에서는 일반과실 및 채소류, 버섯 등을 수확 후 저장고 또는 포장내의 가스조성비를 변화시켜 농산물의 호흡속도를 조절하여 장기간 저장하는 CA(Controlled Atmosphere)와 MAP(Modified Atmosphere Packing)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 산물의 특성에 따라 가스조성비는 각각 다르나, 일반적으로 이산화탄소는 대부분의 박테리아와 곰팡이의 성장을 억제하고, 질소는 산화방지 역할을 함으로서 높은 수분과 지방함유 제물의 손상을 방지하며, 산화로 인해 식품에서 발생하는 악취를 방지하는 기능이 있다. 그러나 질소는 비활성기체로서 식품의 색이나 냄새에는 영향을 끼치지 않는다. 산소는 과일이나 채소의 호흡을 유지시켜 혐기성 유기물질의 성장을 방지함으로서, 유통기간의 연

장은 물론 반품의 감소, 시각적 효과, 영양소 파괴 방지 및 방부제 사용 등을 감소시킬 수 있다.

위와 같이 각각의 산물에 따른 특성에 알맞도록 가스의 화학 조성비율을 정확하게 제어하고자 하였으나, 일반적인 압력 조절기로는 가스를 혼합하기가 매우 어렵고, 혼합가스를 구매한다고 하여도 일반가스의 10배 이상이 소비되는 실정이다. 특히 소량을 사용하는 산소의 경우 전체조성비가 무게 비에 5%이하를 사용하기 때문에 $\pm 10\%$ 이상의 편차가 발생되고 있다. 이러한 편차의 발생은 가스용기에서 분출되는 속도에 의한 것으로 산소와 질소는 분출속도가 유사하나 이산화탄소는 이에 비하여 약 1.2배 느리기 때문인 것으로 나타났다. 혼합가스를 조성비율에 따라 제어하기 위해서는 사용하는 기체유량을 MFC(Mass Flow Control)를 통해 제어할 수 있으나 매우 고가일 뿐만 아니라 이에 대한 혼합가스 system을 갖춘 기기도 아직 개발되지 않은 초보단계이다. 따라서 취급이 간단하면서도 경제적이며, 정도가 우수하게 제어될 수 있는 혼합가스 system 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 사용하는 순수가스를 이상기체라 가정했을 때 혼합가스의 조성비에 따른 몰 비를 이용하여 질량 또는 체적으로 환산한 후 가스 혼합비를 자동 제어할 수 있는 혼합가스 system이 가장 이상적으로 사료되어, 이에 대한 이론적 설계를 하여 제작하고자 하였으며, 시제품을 이용하여 가스혼합 조성비에 따른 이론치와 실험치를 비교·분석하여 혼합가스 제어 정도를 향상시키고자 하였다.

본 연구에서는 농산물을 취급하는 작업자들이 :

- 농산물의 특성에 따른 다양한 혼합 조성비율을 용이하게 자동 포장기에 입력할 수 있어야 하며,
- 가스 혼합비율에 따른 제어 정도가 최소한 $\pm 0.1\%$ 이하가 되어야 하며

- 농업인들이 손쉽게 구입 할 수 있도록 경제성이 있어야 하는

채소포장용 혼합가스 system 기기를 실용성 있게 개발하고자 하였다.

제2절 혼합가스 system 이론적 설계

채소포장용 혼합가스 system은 질소, 이산화탄소, 산소의 조성비율로 혼합하는 가스 system이다. 기체를 혼합하는데 있어서 기체의 특징을 보면 기체혼합물은 항상 균일하고, 언제나 완전하게 혼합이 된다. 또한 기체는 압축이 될 수 있어 압력이 가해지면 기체의 부피는 수축이 되는 장점이 있다. 기체의 장점을 통해 대부분 실험에서는 산소 0.1~10%, 이산화탄소 1~30%, 나머지는 질소로 혼합할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 본 이론을 통하여 기체분압인 partial volume, partial pressure 및 질량을 이용하여 기체의 비율을 일정하게 제어하는 혼합가스 system에 적용하고자 한다. 기체의 혼합에 관련하여 사용되는 모델로서 2개의 모델이 있다. 즉 Dalton 모델과 Amagat 모델이 있다.

우선 이상기체의 혼합에 대한 기초 원리를 제시해 주는 Dalton의 법칙을 보면, 이 법칙은 “둘 또는 둘 이상의 다른 기체가 하나의 용기에 들어 있을 때 각 성분 기체의 압력은 그 기체가 주어진 용기에 단독으로 있을 때의 압력과 같으며, 혼합 기체의 전 압력은 각 성분 기체의 압력의 합과 같다”는 것이다.

일반적으로 혼합할 때에 화학 변화가 일어나지 않으면 Dalton의 법칙이 성립한다. 여기서는 체적일정 및 정상흐름이라 가정한다. 이것은 어느 경우이거나 모두 비가역적이다. 우선 체적 일정하의 혼합시를 보면 온도 및 압력이 다른 기체들은 각 기체의 확산에 의해 완전히 혼합된다. 즉 이 모델에서 혼합물

및 단독으로 존재한다고 생각하는 각각의 성분이 다같이 이상기체라고 생각할 수 있다.

혼합물에 대해서 :

$$Pv = nRT \quad (2-1)$$

$$n = n_{N_2} + n_{CO_2} + n_{O_2} \quad (2-2)$$

성분에 대해서 : $P_{N_2}V = n_{N_2}RT \quad (2-3)$

$$P_{CO_2}V = n_{CO_2}RT \quad (2-4)$$

$$P_{O_2}V = n_{O_2}RT \quad (2-5)$$

따라서 $\frac{PV}{RT} = \frac{P_{N_2}V}{RT} + \frac{P_{CO_2}V}{RT} + \frac{P_{O_2}V}{RT} \quad (2-6)$

즉 $P = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2} \quad (2-7)$

여기서 P_{N_2} , P_{CO_2} , P_{O_2} 는 각각 가스 N_2 , CO_2 및 O_2 의 분압이라 한다.

그러므로 이상기체의 혼합물에 대해서는 그 압력은 각 성분의 분압을 합한 것이 된다. 분압이란 용어는 이상기체에 대해서만 타당하다는 것이다. 분압이란 개념에는 각 성분의 분자는 타성분의 존재로 인하여 영향을 받지 않으며, 또 전압(total pressure)은 각 성분의 전압의 합과 같다.

Amagat 모델에서는 각 성분의 상태량은 각 성분이 혼합물과 동일한 압력과 온도에서 단독으로 존재하는 것과 같이 생각한다. 이 조건하에서의 N_2 , CO_2 및 O_2 의 체적은 V_{N_2} , V_{CO_2} , V_{O_2} 이다. 여기서 각 성분과 혼합물이 다같이 이상기체라고 가정하였을 때

결합물에 대해서 : $Pv = nRT \quad (2-8)$

$$n = n_{N_2} + n_{CO_2} + n_{O_2} \quad (2-9)$$

성분에 대해서 :

$$P_{N_2} V = n_{N_2} R T \quad (2-10)$$

$$P_{CO_2} V = n_{CO_2} R T \quad (2-11)$$

$$P_{O_2} V = n_{O_2} R T \quad (2-12)$$

이로 부터

$$\frac{P V}{R T} = \frac{P_{N_2} V}{R T} + \frac{P_{CO_2} V}{R T} + \frac{P_{O_2} V}{R T} \quad (2-13)$$

따라서

$$V_{N_2} + V_{CO_2} + V_{O_2} = V \quad (2-14)$$

또는

$$\frac{V_{N_2}}{V} + \frac{V_{CO_2}}{V} + \frac{V_{O_2}}{V} = 1 \quad (2-15)$$

여기서 $\frac{V_{N_2}}{V}$, $\frac{V_{CO_2}}{V}$, $\frac{V_{O_2}}{V}$ 를 체적분 (volume fraction)이라 한다.

그러므로 이상기체의 경우에서 Amagat 모델은 온도와 압력을 일정하게 유지하면서 각 성분이 혼합되면 체적분의 합은 1이 되고, 또 그 체적에 변화가 없다는 결론에 도달하게 한다.

위의 식으로부터

$$\frac{V_{N_2}}{V} = \frac{n_{N_2}}{n} = \frac{P_{N_2}}{P} \quad (2-16)$$

$$\frac{V_{N_2}}{V} = Y_{N_2} = \frac{P_{N_2}}{P} \quad (2-17)$$

즉 이상기체결합물의 각 성분에 대하여 체적분, 몰분 및 전압(total pressure)에 대한 분압의 비는 서로 같다.

분몰 상태량의 특성을 설명하는 한 예로서 체적 V를 택하여 본다.

$$V = n_{N_2} \overline{V}_{N_2} + n_{CO_2} \overline{V}_{CO_2} + n_{O_2} \overline{V}_{O_2} \quad (2-18)$$

다음에 실제 기체혼합물의 일반적인 경우를 생각해 보면 혼합물이 이상기체

의 혼합물일 때에는 식

$$V = n_{N_2} \overline{v_{N_2}} + n_{CO_2} \overline{v_{CO_2}} + n_{O_2} \overline{v_{O_2}} = V_{N_2} + V_{CO_2} + V_{O_2} \quad (2-19)$$

가 되며, 이것은 위에 설명한 Amagat 룰 이다. 이때에는 식(2-19)의 모든 비체적의 값은 혼합물의 조성에 관계없이 모두 동일하다. 분몰 체적의 물리적 의미는 성분 N_2 , CO_2 및 O_2 의 혼합물이 상당히 큰 체적을 차지하고 있는 경우를 생각하면 구체적으로 이해할 수 있다. 혼합물 또는 용체 중에는 혼합 할 때에 생기는 체적 변화가 무시하여도 좋을 정도로 작은 것이 많다. 이러한 것을 이상용체라고 부르고 있다. 이 정의에 따르면 이상기체의 혼합물은 이상용체가 되므로 이것은 아주 타당한 용어라 할 수 있다. 그러나 이상용체는 비이상기체혼합물은 물론이고, 어떤 종류의 고체용체 및 액체용체도 포함된다. 이러한 가정으로부터 다수의 중요한 단순화가 가능해진다. 성분 N_2 , CO_2 및 O_2 로 구성되는 이상기체 결합물에 대해서는 식(2-19)은 성립하였다.

즉

$$(\overline{V_A} - \overline{v_A}) = (\overline{V_B} - \overline{v_B}) = 0 \quad (2-20)$$

가 되는 용체 또는 혼합물을 이상용체라고 정의하기로 한다. 그러므로 이 정의에 따르면 이상용체에서는 이상기체화합물의 경우와 마찬가지로 성분 N_2 , CO_2 및 O_2 의 혼합물의 체적은

$$V = n_A \overline{v_A} + n_B \overline{v_B} \quad (2-21)$$

이므로 이상용체라고 가정한 것은 체적가산율

$$V = \overline{v_A} n_A + \overline{v_B} n_B \quad (2-22)$$

이 성립된다고 가정하는 것과 같다 여기서 $\overline{v_{N_2}}$, $\overline{v_{CO_2}}$, $\overline{v_{O_2}}$ 는 각각 혼합물과 동일한 상에 있고, 또 혼합물과 같은 압력 P 및 같은 온도 T에 있는 순수물질

N_2 , CO_2 및 O_2 의 몰 비체적이다.

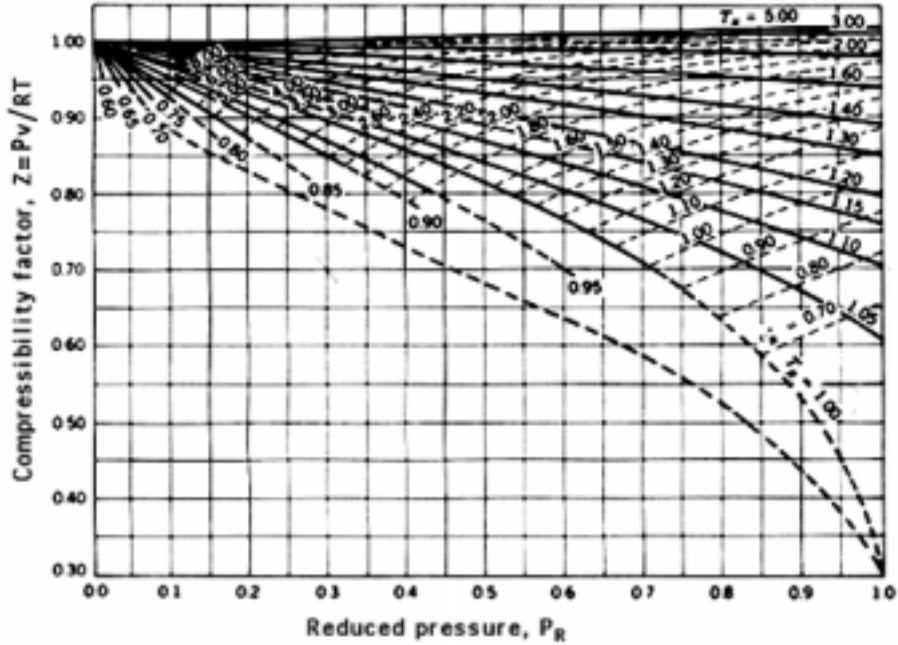


그림 1. Generalized compressibility chart

예를 들면, 몰 기준으로 80%의 질소, 10%의 산소, 10% 이산화탄소인 기체 혼합물이 체적이 $0.02m^3$ 인 혼합통내에 $27^\circ C$, $0.3MPa$ 의 상태로 저장한다면, 이 혼합기체를 이상용체라고 가정하고 탱크 안에 있는 기체의 질량을 구해보면

$$\text{식(1-20)} \quad V = (\bar{v} n)_{N_2} + (\bar{v} n)_{CO_2} + (\bar{v} n)_{O_2}$$

$$\text{즉,} \quad \bar{v} = (y\bar{v})_{N_2} + (y\bar{v})_{CO_2} + (y\bar{v})_{O_2} \quad (2-22)$$

$27^\circ C$, $0.3MPa$ 에서의 N_2 , CO_2 및 O_2 의 비체적을 찾을 수 있는 상태량표가 있으면 그 표로부터 이 온도와 압력에서의 각 성분의 가스상에서의 몰 비체적을 구해서 풀면 된다. 이러한 데이터가 없을 때에는 일반화선도(그림 1)를 이

용하여도 상당히 정확한 결과를 얻을 수 있다.

27°C, 0.3MPa의 N_2 에 대해서

$$T_r = \frac{300.2}{126.2} = 2.379 \qquad P_r = \frac{0.3}{3.39} = 0.0885$$

27°C, 0.3MPa의 CO_2 에 대해서

$$T_r = \frac{300.2}{304.2} = 0.987 \qquad P_r = \frac{0.3}{7.39} = 0.0406$$

27°C, 0.3MPa의 O_2 에 대해서

$$T_r = \frac{300.2}{154.8} = 1.9393 \qquad P_r = \frac{0.3}{5.08} = 0.059$$

일반화압축성선도에 의해 각 성분의 압축비는

$$Z_{N_2} = 1, \quad Z_{CO_2} = 0.96 \quad Z_{O_2} = 0.98$$

그러므로 각각의 비체적은

$$\bar{v}_{N_2} = \frac{Z\bar{R}T}{P} = \frac{1 \times 8.3144 \times 300.2}{300} = 8.3199 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$\bar{v}_{CO_2} = \frac{Z\bar{R}T}{P} = \frac{0.96 \times 8.3144 \times 300.2}{300} = 7.9871 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$\bar{v}_{O_2} = \frac{Z\bar{R}T}{P} = \frac{0.98 \times 8.3144 \times 300.2}{300} = 8.1535 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

몰 당 전체의 비체적

$$\bar{v} = 0.8 \times (8.3199) + 0.1 \times (7.9871) + 0.1 \times (8.1535) = 8.27 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

그리고 혼합통내에 있는 각 성분의 몰 질량(kg/kmol)

$$M = (yM)_{N_2} + (yM)_{CO_2} + (yM)_{O_2}$$

$$= 0.8X(28.013) + 0.1X(44.01) + 0.1X(31.999) = 30.0113kg/kmol$$

$$v = \frac{\bar{v}}{M} = \frac{8.27}{30.0113} = 0.2756m^3/kg$$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{0.02}{0.2756} = 72.6g$$

이것을 이상기체의 혼합물이라고 가정하고 분압에 의한 방법으로 해석할 때

$$P_{N_2} = y_{N_2}P = 0.8X(0.3) = 0.24MPa$$

$$m_{N_2} = \frac{P_{N_2}V}{RT} = \frac{240X0.02}{0.2968X300.2} = 0.0539Kg$$

$$P_{CO_2} = y_{CO_2}P = 0.1X(0.3) = 0.03MPa$$

$$m_{CO_2} = \frac{P_{CO_2}V}{RT} = \frac{30X0.02}{0.18892X300.2} = 0.0106Kg$$

$$P_{O_2} = y_{O_2}P = 0.1X(0.5) = 0.05MPa$$

$$m_{O_2} = \frac{P_{O_2}V}{RT} = \frac{30X0.02}{0.25983X300.2} = 0.00769kg$$

분압에 의한 방법으로 했을 때

각 성분의 총 질량

$$m = 0.0539 + 0.0106 + 0.00769 = 0.07219kg = 72.2g$$

표 1과 2는 혼합가스 용기의 체적을 0.02m³로 고정하여 설계하였을 경우 예를 들어 임의대로 가스조성비는 0.8mole N₂, 0.1mole CO₂ 및 0.1mole O₂로 하였을 때 압력이 0.1bar에서 5bar까지 증가시켰을 경우 온도증가에 따른 이론적 질량변화를 비교 분석하였다. 표 1에서는 가스가 ideal solution 상태로 균일하게 혼합하여 비체적으로 질량을 계산했으며, 표 2는 이상기체 상태에서 각 가

표 1. 가스 용기 체적 0.02m³에서 가스조성비를 0.8N₂+0.1CO₂,+0.1O₂로 하였을 때 압력과 온도 증가에 따른 이론적 질량변화(가스가 ideal solution라고 가정한 경우 각 gas의 비체적을 이용하여 질량계산)

온도 · 압력 변화에 따른 혼합통내의 총질량 0.8N ₂ +0.1CO ₂ ,+0.1O ₂ (g)						
압력 온도	0℃	10℃	20℃	27℃	30℃	40℃
0.1bar	2.653	2.5594	2.472	2.4144	2.391	2.328
0.5bar	13.265	12.797	12.36	12.072	11.953	11.641
1bar	26.53	25.594	24.72	24.144	23.905	23.282
3bar	79.5912	76.781	74.162	72.433	71.716	69.847
5bar	132.652	127.967	123.603	120.721	119.527	116.412

표 2. 가스 용기 체적 0.02m³에서 가스조성비를 0.8N₂+0.1CO₂,+0.1O₂로 하였을 때 압력과 온도 증가에 따른 이론적 질량변화(ideal gas로 가정했을 때 각 gas의 partial pressure를 이용하여 질량계산)

온도 · 압력 변화에 따른 혼합통내의 총질량(g)						
압력 온도	0℃	10℃	20℃	27℃	30℃	40℃
0.1bar	2.642	2.549	2.462	2.4048	2.381	2.305
0.5bar	13.212	12.746	12.311	12.024	11.905	11.525
1bar	26.425	25.492	24.622	24.048	23.810	23.049
3bar	79.274	76.475	73.866	72.144	71.430	69.149
5bar	132.123	127.458	123.111	120.240	119.050	115.249

스의 분압으로 이론적으로 질량을 계산하였다. 온도 20℃ 경우 혼합된 가스의 질량은 분압으로 계산한 값이 비체적으로 계산한 질량 값보다 0.1~1bar 범위에서는 <0.1g, 3bar에서는 <0.3g, 5bar에서는 <0.5g 많게 분석됨으로서 정도의 오차가 0.5% 이하가 됨을 알 수 있었다. 위의 이론적 질량 값과 실제 채소포

장용 혼합가스 system 장치를 이용한 실험 계측 값에서도(제4절 실험결과 및 고찰) 비교 분석한 결과 분압을 이용한 이론적 질량 값과 실제 계측 값과의 편차는 0.3% 정도 이하가 분석되었다.

표 3. 가스 용기 체적 0.02m³에 순수 질소가스를 주입할 때 압력과 온도 증가에 따른 이론적 질량변화

온도 압력 변화에 따른 질량N ₂ (g)						
압력 \ 온도	0℃	10℃	20℃	27℃	30℃	40℃
0.1bar	1.973	1.904	1.839	1.796	1.778	1.721
0.5bar	9.866	9.518	9.193	8.979	8.89	8.606
1bar	19.732	19.035	18.386	17.957	17.78	17.212
3bar	59.197	57.106	55.159	53.872	53.339	51.636
5bar	98.661	95.177	91.931	89.787	88.899	86.061

표 4. 가스 용기 체적 0.02m³에 순수 이산화탄소가스를 주입할 때 압력과 온도 증가에 따른 이론적 질량변화(ideal gas로 가정하였을 경우 각 gas의 partial pressure를 이용하여 질량계산)

온도 압력 변화에 따른 질량CO ₂ (g)						
압력 \ 온도	0℃	10℃	20℃	27℃	30℃	40℃
0.1bar	0.3875	0.3738	0.3611	0.3526	0.3492	0.338
0.5bar	1.9375	1.869	1.805	1.7632	1.7456	1.69
1bar	3.875	3.738	3.6107	3.5265	3.4916	3.38
3bar	11.625	11.215	10.832	10.5794	10.4748	10.14
5bar	19.375	18.69	18.053	17.6324	17.458	16.901

표 3, 4 및 5는 순수 질소, 이산화탄소, 산소-가스를 가스 용기 체적 0.02m³에 주입할 때 압력과 온도 증가에 따라서 이론적 질량 값(ideal gas로 가정하

였을 경우 각 gas의 partial pressure를 이용하여 질량계산)을 조사한 표이다. 질소의 액체 비중은 0.81kg/L이나 기체 비중은 1.25g/L로 실제 포장시 1L당 기화된 질소는 액체질량의 648배가 감소된 1.25g이 주입된다. 포장시 10 × 10 × 10cm 포장크기에 80% 고형물인 채소를 넣고 20% 가스를 주입한다고 하여도 0.25g이 소요됨을 알 수 있다.

표 5. 가스 용기 체적 0.02m³에 순수 산소-가스를 주입할 때 압력과 온도 증가에 따른 이론적 질량변화(ideal gas로 가정하였을 경우 각 gas의 partial pressure를 이용하여 질량계산)

온도 압력 변화에 따른 질량 O ₂ (g)						
압력 온도	0℃	10℃	20℃	27℃	30℃	40℃
0.1bar	0.2817	0.2718	0.2625	0.2564	0.2538	0.2458
0.5bar	1.4087	1.359	1.313	1.282	1.269	1.2288
1bar	2.8175	2.718	2.625	2.564	2.539	2.458
3bar	8.4524	8.154	7.876	7.692	7.616	7.373
5bar	14.087	13.59	13.126	12.82	12.694	12.288

이산화탄소의 액체비중은 1.03kg/L, 기체비중은 1.98로 실제 포장시 1L당 기화된 이산화탄소는 액체의 질량의 521배 감소된 1.977g이 주입된다. 포장시 10×10×10cm 포장크기에 80% 고형물인 채소를 넣고 혼합가스 주입량이 총 20% 중 30%를 이산화탄소 가스로 주입한다면 0.12g이(1.977g/L×0.3×0.2) 주입되기 위해선 고도의 정밀 계측기기가 요구되고 있는 실정이다. 산소의 액체비중은 1.14kg/L, 기체비중은 1.43로 실제 포장시 1L당 기화된 산소는 액체질량의 798배 감소된 1.43g이 주입된다. 포장시 10×10×10cm 포장크기에 80% 고형물인 채소를 넣고 혼합가스 주입량이 총 20% 중 최대 10%를 산소-가스를 주입한다면 0.04g 이(1.43g/L×0.3×0.1) 주입되기 위해선 고도의 정밀 계측기기가 요구되고 있는 실

정이다. 실제적으로 농업산업 분야에 농산물 포장을 위해 0.05g 정도의 가스질량을 제어할 수 있는 고가의 strain gage로 구성하여 순수가스를 각각 제어한다는 것은 경제성이 없다는 것을 분석할 수 있었다.

본 연구에서는 혼합가스 system을 경제적으로 구성하기 위하여 이상기체 조건에서 가스를 혼합할 수 있는 일반적인 압축성선도에 따른 압축인자 이론을 이용하여 혼합가스 system을 구성하고자 하였다. 예를 들어 질소, 산소, 이산화탄소가 순수가스이므로 3가지 가스를 80%, 10%, 10% 조성비에 따라 혼합하였을 때 일반적인 압축성선도에 따른 압축인자를 이론적으로 구한 것이다.

그림 1의 일반적인 압축성선도에서 보듯이 혼합가스로 사용하려는 질소, 산소, 이산화탄소 가스를 0 ~ 40°C 사용온도에서는 환산온도가 2 정도 되고, 환산압력이 0.2이하가 되어 압력이 5bar일 경우 질소 환산압력은 0.15, 산소의 환산압력은 0.098, 이산화탄소의 환산압력은 0.068로 1 이하가 되어 혼합가스로 사용하고자 하는 가스는 이상 기체처럼 체적변화가 매우 작아 무시할 수 있게 되고, 또한 압축인자가 0.9이상으로 유지되어 마치 이상기체처럼 혼합할 수 있다.

포장시 주변의 온도가 0°C에서 40°C로 최대 40°C 온도편차가 발생한다면 산소가스 비체적 변화율은 9.96%, 이산화탄소의 비체적 변화율은 15.47%, 질소의 비체적 변화율은 15.47%로 가스혼합이 불가능하나, 상온인 20°C에서 30°C까지 10°C($\pm 5^\circ\text{C}$) 온도편차 범위에서는 각 3개의 비체적 변화율이 1.67%, 25 \pm 2.5°C 온도 범위에서는 0.4%까지 이론적으로 제어할 수 있음을 분석할 수 있었다.

본 연구에서는 이론적인 토대로 가스혼합기의 혼합조건은 온도범위는 상온인 25 \pm 2.5°C, 가스혼합 용기의 압력은 3~5bar의 범위에서 설계할 경우 일반적인 제어장치인 strain gage, 공압 regulator, solenoid valve을 이용하여 공급되는 질량을 손쉽게 제어 할 수 있음이 분석되었다. 또한 기체혼합물과 동일한 온도 및 압력 하에서 순수가스 질소, 산소, 이산화탄소의 비체적을 이용한 이상용체의 질량과 압축비가 1에 가까워짐으로서 마치 이상기체처럼 혼합가스의 질량편차가

0.4g인 0.4%의 오차인 99.6% 정도까지 제어 할 수 있음을 실험결과를 통하여 분석할 수 있었다.

위의 이론적인 고찰을 통하여 혼합가스의 조성비를 자동적으로 정도가 높게 제어하기 위해서는 포장용기에 MFC를 이용하여 각각의 가스유량을 연속적으로 직접 mixing chamber에 보내서 포장하는 방법과 질량과 partial pressure를 이용하여 가스의 유량을 정확하게 mixing tank에 각자의 가스를 보내어 간접적으로 보관된 용기에서 혼합된 가스를 이용하여 포장하는 채소용 포장기를 설계 및 제작하여 이론치와 실험치를 비교 분석하였다.

제3절 혼합가스 system 설계 및 제작

1. MFC를 이용한 혼합가스 system 설계 및 제작

혼합가스의 조성비를 자동적으로 제어하기 위하여 각각의 가스의 유량비를 조절할 수 있는 MFC(mass flow control)를 사용하여 혼합가스 system을 제작하였다. 그림 2와 같이 각각의 혼합가스 조성비에 따른 유량을 정확하게 제어하기 위하여 증폭기를 사용하였고, solenoid valve로 가스를 개폐할 수 있도록 설계하였다. MFC의 용량은 일반적으로 혼합가스의 조성비에서 많이 사용되는 질소는 20L/min, 이산화탄소는 10L/min, 소량 사용되는 산소 가스는 5L/min로 구성하여 그림 3과 같이 MFC(회사: Hitachi Metals.Ltd)를 이용하여 3가지 가스의 조성비에 따른 유량을 연속적으로 공급하여 mixing chamber에서 혼합하여 포장기에 공급하도록 설계하였고, 그림 4와 같이 1차적으로 실험용으로 혼합가스 system 기기를 제작하였다.

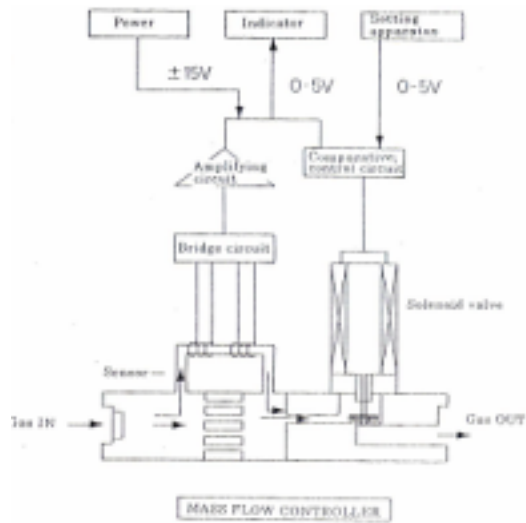


그림 2. MFC설계도

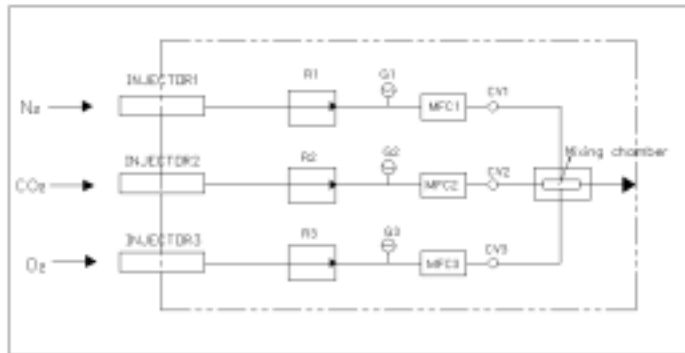


그림 3. MFC를 이용한 실험용 1차 혼합가스 system 설계도



그림 4. MFC를 이용한 실험용 1차 혼합가스 system 기기

본 연구에서는 일반 소포장용 포장기에 실험용으로 1차적 제작한 MFC 혼합 가스 system 기기를 이용하여 채소포장을 위한 실험용 혼합가스 system을 그림 5와 같이 설계하였다.

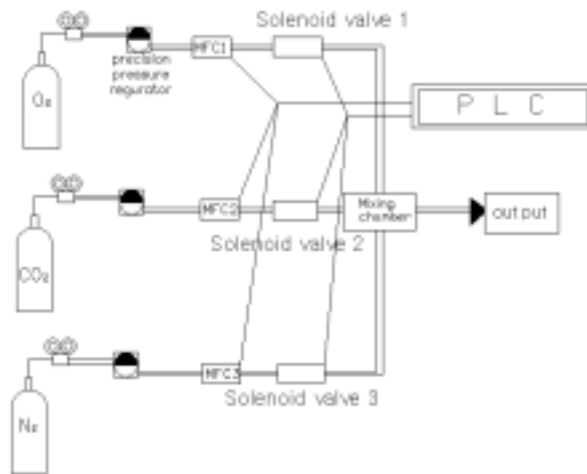


그림 5. MFC를 이용한 실험용 2차 혼합가스 system 설계도

각 산소와 질소의 가스 용기에서의 압력을 제어할 수 있도록 1차 압력게이지를 사용하도록 설계하였다. 이산화탄소는 가스의 기화점이 30℃가 되어 기화기가 달린 압력게이지를 사용하였다. 정밀하게 압력을 제어할 수 있도록 2차 정밀 압력게이지를 설계하였다. 혼합가스 system은 1차 실험용 MFC의 혼합가스 system 기기와 동일하게 설계하여 그림 9와 같이 제작하였다. 혼합가스 제어시스템은 포장기기의 전면부에 부착하여 인위적으로 각각의 가스농도를 비율별로 조절할 수 있도록 모니터에 one-touch형으로 개발하였다(그림 7).



그림 6. 일정한 압력을 유지시켜 주입될 수 있도록 압력계 장착(연구용)



그림 7. 혼합가스 제어시스템(좌: 연구용, 우: 보급용)



그림 8. MFC 방식을 채택한 혼합가스

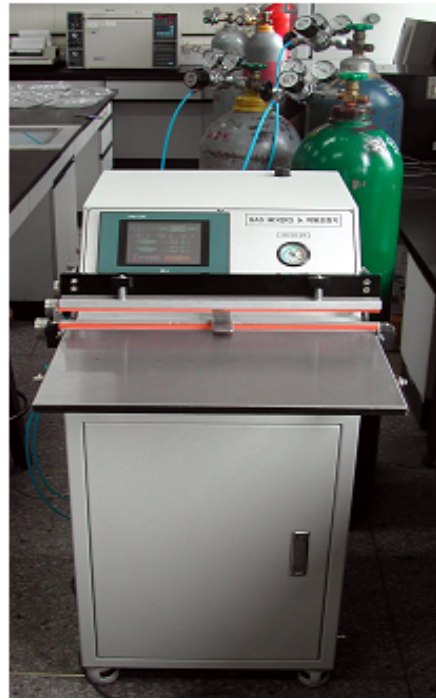


그림 9. MFC를 이용한 실험용 2차
혼합가스 조절 System 기기

2. 가스의 질량과 분압 제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system 설계 및 제작

가. Mixing tank를 이용한 혼합장치 설계 및 제작

1) 가스 혼합장치 설계

본 연구에서는 혼합가스의 질량 제어 정도를 향상시키면서 경제적으로 제작하기 위하여 고가의 MFC 대신 기체 분압인 partial pressure 와 partial weight 방법을 이용한 질량조절 system을 그림 10과 같이 설계하였다(제2절 이론적 설계 참조). 각각의 N_2 , O_2 및 CO_2 가스압축 용기에서 공급되는 기체를 1차 정밀 압력 게이지를 통해서 일정하게 압력을 유지시키도록 설계하였으며, 2차적으로

digital type 정밀 압력계지를 통해서 공급되는 가스의 압력을 제어하면서, solenoid valve 1, 2 및 3으로 각각의 유량비 크기를 조절할 수 있도록 프로그램화 하였다. 공급된 가스는 check valve로 역류를 방지하고, mixing chamber는 1250mL로 설계하였으며, 혼합된 가스를 mixing tank의 용량 55.8L에 공급하도록 그림 7과 같이 설계하였다. 혼합탱크 용기의 가스저장용량은 pressure sensor를 이용하여 압력의 크기에 따라 가스 공급유량을 제어할 수 있는 system을 구성하였다. 이 때 solenoid valve 1, 2, 3, 4와 pressure sensor는 LG GM6-PAFB PLC로 제어하였다. 채소포장 작업시 혼합된 가스용기에서 포장기에 직접 혼합된 가스를 정량으로 공급하기 위하여 solenoid valve를 사용하였다.

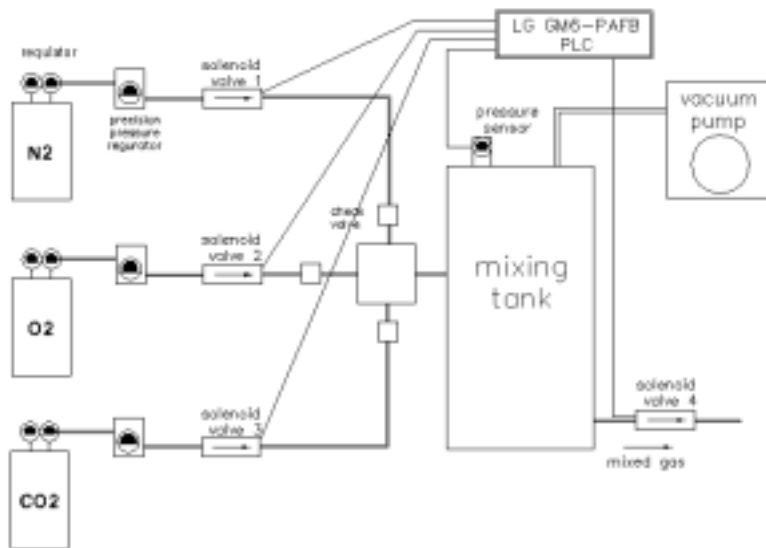


그림 10. 혼합용기를 이용한 혼합가스 system 설계도

2) 혼합용기를 가진 채소포장용 혼합가스 system 제작

본 실험에서는 가스의 부피 조성비를 $O_2 : CO_2 : N_2 = 10\% : 10\% : 80\%$ 로

고정하였으며, standard 가스는 혼합가스 전문업체인 (주)리가스에서 혼합된 가스를 고가로 구입하였다. 그림 11에서 보이는 혼합용기는 진공펌프(U.S.A Gast)를 이용하여 저 진공 0.03MPa까지 도달한 후 고정된 질량 조성비에 따라 각각의 가스를 0.25MPa까지 공급하였다. 이때 각각의 가스량은 정도 0.1g을 가진 전기저울(Shimadzu, Japan. 22kg)을 이용하여 가스의 양을 PC에서 자동 측정하였다. 혼합된 가스의 혼합 조성비는 GC를 이용하여 분석하였다. 그림 12는 본 연구에서 제작한 3가지 가스의 혼합비에 따라 유량을 MFC(Kofloc, Japan)로 제어할 수 있는 채소포장용 혼합가스 system을 갖춘 기기이다. CO₂-gas용 MFC 용량은 10L/min, O₂-gas의 MFC 용량은 5L/min, N₂-gas의 MFC 용량은 20L/min으로 구성하였다. 혼합가스 system은 가스용기 → 정밀압력계이지 → MFC → mixing chamber → solenoid valve → 포장기 → 공기흡입(진공) → 포장용기 내에 혼합가스 공급으로 구성되었다. 혼합된 가스의 혼합 조성비는 GC를 이용하여 분석하였다.



그림 11. 혼합용기를 이용한 실험용 2차 혼합가스 system 기기



그림 12. MFC를 이용한 실험용 2차 혼합가스 system 기기

나. 가스의 질량과 분압제어 program을 이용한 자동 가스 혼합 system

1) 설계

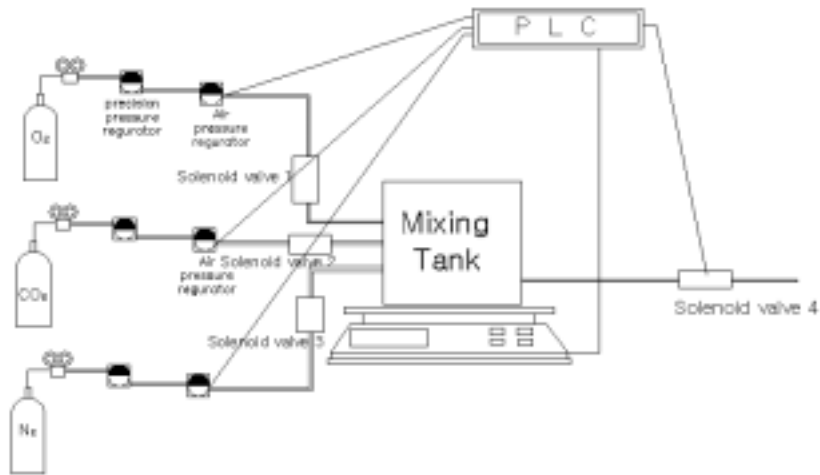


그림13 Strain gage와 air regulator를 이용한 자동 가스 혼합 system 설계도

본 연구에서는 자동적으로 혼합가스 조성비에 따라 정도가 우수하면서 경제적으로 저렴하게 제작하기 위해서는 가격이 저렴하면서 제어속도가 빠른 방향으로 3가지 방법을 설계하였다. 첫째는 각각의 가스의 조성비에 따라 변화되는 질량을 순수가스의 질량으로 계측하여 제어할 수 있도록 strain gage를 이용한 방법으로 설계하였고, 둘째는 air regulator를 이용하여 3가지 가스의 조성비에 따라 변화되는 가스의 분압을 제어할 수 있도록 설계하였고, 셋째는 가스의 조성비에 따라 변화되는 질량과 partial pressure를 동시에 다 계측 할 수 있도록 strain gage와 air digital type regulator를 구성하여 그림 13과 같이 설계하였다.

가스 용기의 1차 압력조절기로 압력을 macro하게 설정하고, 2차 정밀압력게이지를 통하여 미세한 압력을 조절할 수 있게 구성하였으며, 3차적으로 혼합가스의 조성비율에

따라 변화되는 각각의 가스에 따른 이론적인 분압크기를 설정할 수 있도록 구성하였다. 또한 혼합가스의 조성비율에 따라 각각 변화되는 질량의 크기를 이론적으로 계산하여 설정하고 이를 제어 할 수 있도록 설계하였다. 가스 혼합율에 따른 각각의 가스분압 또는 무게로 제어된 가스는 mixing tank로 유입되어 측적될 수 있도록 구성하였다.

혼합된 가스의 용기용량은 채소의 포장크기 10cm × 10cm × 10cm에 80% 고품분이고, 20%가 혼합가스로 충전시켜 포장한다고 설계하면 1회 포장시 0.2L의 혼합가스가 소요 되게 설계하였다. 혼합가스의 가스 조성비율은 몰비로 질소 80%, 산소 10%, 이산화탄소 10%로 구성되었다고 가정하면 혼합용기의 혼합가스 압력을 3bar까지 충전했을 때 채소의 소포장 횟수가 210회, 5bar의 경우 315회까지 포장될 수 있도록 혼합가스 용기의 용량으로 설계하였다. PLC 기기 조작은 혼합용기의 가스무게 조성이 질소 42.9g, 이산화탄소 8.61g, 산소 6.2g이 유입되도록 터치판넬을 통해 설정할 수 있게 설계하였다.

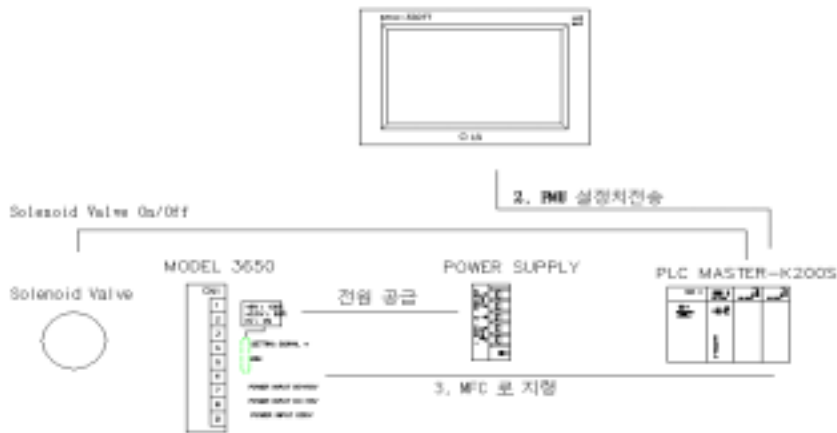


그림 14. P.L.C 제어 프로그램 설계도

Mixing tank내의 질소가스 무게가 42.9g이 되면 S/V 1은 off가 되고, S/V 2는 on으로 작동하고, 다시 이산화탄소가스 8.61g이 추가적으로 유입되면 S/V 2

가 off, S/V 3 on 순서 등으로 작동하면서 모든 가스가 tank내에 유입된 후 S/V 4가 작동하여 혼합가스가 포장기로 배출되게 설계하였다. 그림 14는 PLC로 strain gage의 질량변화에 따라 S/V를 제어하는 알고리즘을 나타내는 그림이다.

2) 제작

그림 15는 본 연구에서 제작한 3가지 혼합가스의 조성비에 따라 mixing tank 내의 가스의 질량을 solenoid valve로 제어할 수 있는 채소포장용 weight control 혼합가스 system이다. O₂-gas와 CO₂-gas통에서 들어오는 가스의 질량이 혼합통내의 총질량에서 10%가 되면 S/V가 제어되며 N₂-gas통에서 들어오는 가스의 질량이 혼합통내의 총 무게에서 80%가 되면 S/V가 제어가 된다. 혼합가스 system의 가스제어 흐름은 가스용기 → 정밀압력게이지 → O₂ solenoid valve 1 → mixing tank → CO₂ solenoid valve 2 → mixing tank → N₂ solenoid valve 3 → mixing tank → mixing gas solenoid valve 4 → 포장용기 내에 혼합가스 공급 순으로 구성되었다. 터치판넬에서 solenoid valve의 제어할 수 있는 범위는 예를 들어, mixing tank로 유입되는 질소, 이산화탄소, 산소의 순서로 질소 42.9g, 이산화탄소 8.61g, 산소 6.2g이 유입되도록 터치판넬을 통해 설정하였다.



그림 15. Strain gage를 이용한 자동 혼합가스 system 기기



그림 16. S/V를 사용한 혼합용기



그림 17. 공압용 정밀 regulator UNI(수동 TYPE)
(Input 1.0Mpa output press 0.01~0.8)



그림 18. 공기 조절기(디지털 TYPE)
(Input 4~20mADC output 0.05~5kg/cm²)

제4절 결과 및 고찰

1. MFC를 이용한 혼합가스 system 의 가스혼합 조성비 분석

실험용 2차로 제작한 MFC를 이용한 혼합가스 system기기를 사용하여 질소, 이산화탄소 및 산소를 농도비율별로 주입 후 혼합가스 조성비율의 정확도를

GC(gas chromat)로 측정하였으며, 그 결과는 표 6, 7에 나타났다.

표 6. 주어진 질소와 이산화탄소의 화학조성비율과 GC로 측정 후의 조성비율 비교 분석치

N ₂ : CO ₂ 주입 화학조성비율	N ₂ : CO ₂ peak area 비율(GC측정치)	N ₂ , CO ₂ peak 높이 면적	
		N ₂	CO ₂
97 : 3	97.8 : 2.2	418680	9232
94 : 6	94.8 : 5.1	454255	24791
91 : 9	91.5 : 8.4	417114	38332
88 : 12	88.0 : 11.9	419771	56878

표 7. 주어진 질소와 산소의 화학조성비율과 GC로 측정 후의 조성비율 비교 분석치

N ₂ : O ₂ 주입비율	N ₂ : O ₂ peak area 비율	N ₂ , O ₂ peak 높이 면적	
		N ₂	O ₂
97 : 3	95.5 : 4.4	419816	19343
94 : 6	93.9 : 6.0	417301	26769
91 : 9	91.3 : 8.6	402394	38308
88 : 12	88.6 : 11.3	393464	50128

표 8. 주어진 질소, 이산화탄소, 산소의 화학조성비율과 GC로 측정 후의 조성비율 비교 분석치

N ₂ : CO ₂ : O ₂ 주입비율	N ₂ : CO ₂ : O ₂ peak area 비율	N ₂ , CO ₂ , O ₂ peak 높이 면적		
		N ₂	CO ₂	O ₂
92 : 6 : 2	91.8 : 5.5 : 2.9	421539	24100	13341
88 : 8 : 4	89.0 : 5.5 : 5.3	407270	25589	24625
84 : 10 : 6	87.9 : 5.8 : 6.1	395407	26514	27735
80 : 12 : 8	84.4 : 6.7 : 9.7	386960	31074	39921

표 6에서 보듯이 주어진 혼합가스의 조성비율과 MFC에 의하여 혼합된 조성비율은 이산화탄소 가스가 주어진 조성비율 보다 실제 0.1~0.8 %범위로 적게 혼합되었음이 분석되었다. 그 원인은 관을 통하여 가스가 분출됨으로 Graham법칙에 적용시키면 질소의 분출속도가 이산화탄소보다 1.25배가 빠르기 때문임을 알 수 있었다. 반면에 질소와 산소의 분출속도 비는 질소가 산소보다 1.07배로 근소하게 빨라 표 7에서 보듯이 질소와 산소는 균일한 상태로 혼합됨을 분석할 수 있었다. 표 8에서 보듯이 주어진 화학조성비율이 질소가 92%, 이산화탄소가 6%, 산소가 2%인 경우 혼합 후 가스조성비는 주어진 화학조성비율과 비슷하였으나, 질소가 88%, 이산화탄소가 8%, 산소가 4%인 3가지 혼합가스의 경우 혼합된 가스는 질소가스와 산소가스는 분출속도가 비슷하여 혼합비율에 차이가 근소하였으나, 분출속도가 느린 이산화탄소의 경우 혼합비율 6% 이상을 접근하지 못하였다. 따라서 MFC의 원리는 가스의 유출 저항 크기에 따라 S/V 개폐작용으로 인해 연속적으로 가스관을 통해 유출시킬 경우에만 일정하게 유량이 결정되어 균일한 혼합을 할 수 있을 것이다. 그러나 포장기에서는 매 포장마다 불연속적으로 가스가 혼입됨으로 혼합하는 가스들의 분출속도가 유사한 상태에서의 유량비는 균일하지만, 분출속도가 큰 이산화탄소의 경우 유량비가 불균일하게 혼입된다. 특히 분출속도가 빠른 질소와 산소가 주어진 혼합조성비에 맞게 먼저 유출되어 분출속도가 느린 이산화탄소는 6% 이상 혼입되지 않았을 것으로 판단된다.

본 연구 결과에 따라 MFC를 이용하여 정도가 우수한 혼합가스 system기기에 문제점을 분석하였다. 포장기에서 임의대로 3가지 가스의 조성비율을 균일하게 제어할 수 있는 혼합가스 system 기기를 개발하여야 할 뿐만 아니라, 포장시 사용하는 순수가스의 조성비가 혼합가스 제어 system을 사용하는 가스의 몰수를 통하여 질량과 체적으로 환산하여 자동화 할 수 있는 기술이 개발되어야 한다.

2. 가스의 질량과 분압제어 program을 이용한 자동 혼합가스 system의 조성비 정도 분석

가. Mixing tank을 이용한 혼합가스 system의 조성비 정도 분석

혼합용기를 이용한 포장 system에서는 혼합용기의 0.03MPa까지 진공시킨 후 가스공급 압력 0.3MPa인 조건에서 혼합용기에 공급시켰을 경우 N₂는 2.4g/sec, O₂는 2.17g/sec, CO₂는 2.79g/sec 속도로 공급되었고, 혼합용기의 압력 0.07MPa에서 공급시켰을 경우 N₂는 2.46g/sec, O₂는 2.8g/sec, CO₂는 3.1g/sec 속도로 가스의 질량이 0.1-0.3g 차이로 산소와 이산화탄소는 0.5%정도, 질소는 1%이하의 오차가 발생하였다.

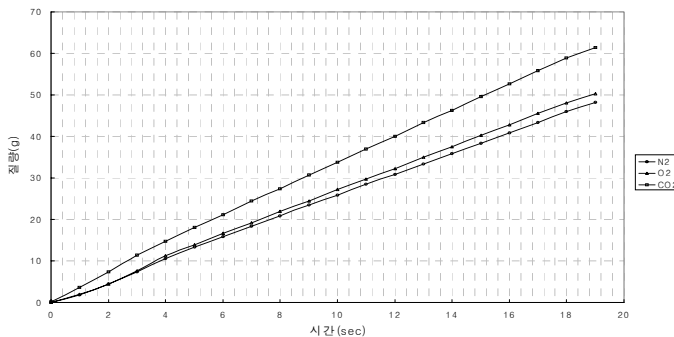


그림 19. 혼합가스 system의 질소, 이산화탄소, 산소의 유량비 (g/sec)

질소, 산소, 이산화탄소는 순수가스이므로 3가지 가스를 조성비에 따라 혼합 하였을 때 일반적인 압축성선도에 따른 압축인자를 이론적으로 구하면, 가스 주변 온도 0~50℃ 범위 내에서 혼합할 때 CO₂-가스는 $Tr \approx 1$ 정도로서 Pr 이 증가 할 때 포화액상선을 따라 Z 가 매우 낮게 증가됨으로서 온도에 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 그러므로 혼합시에는 가열기를 사용하여 Tr 을 2 정도(300℃ 정도 가열) 도달하면 $Z=1$ 정도가 될 수 있도록 50℃ 정도 가열할 수 있는 가열기

를 사용하여야 한다. 질소, 산소, 이산화탄소 가스는 0~50℃ 온도에서 환산온도가 2 정도이고 환산압력이 0.2 이하가 되도록 하기 위해서는 압력이 5bar 경우 질소 환산압력은 0.15, 산소의 환산압력은 0.10, 이산화탄소의 환산압력은 0.07로 1이하가 되어 이상기체처럼 체적변화가 무시할 수 있도록 압축인자를 0.9 이상으로 유지하여야 함을 분석하였다.

표 9. 질소, 이산화탄소 산소의 압축인자

Gas Type	Tr(reduced Temperature)	Pr(reduced Pressure)	Z(Compressibility factor)	specific volume (5bar)	
				0℃ (m3/kmol)	50℃ (m3/kmol)
O ₂	1.76-2.09	0.002-0.2	0.97-1	8.904	9.889
CO ₂	0.89-1.06	0.001-0.14	0.92-0.98	8.904	10.534
N ₂	2.16-2.56	0.03-0.3	0.99-1	9.086	10.749

혼합가스조성비 : O₂, CO₂, and N₂ = 10 : 10 : 80

(온도범위 : 0 - 50℃, 압력범위 : 0.1 bar - 10bar)

가스의 온도가 0℃에서 50℃로 50℃의 온도편차가 있으면 산소가스의 비체적 변화율은 9.96%, 이산화탄소의 비체적 변화율은 15.47%, 질소의 비체적 변화율은 15.47%로 가스혼합이 불가능하나, 상온인 20℃에서 30℃까지 10℃ 온도편차 범위에서는 각 3개의 비체적 변화율이 1.67%로 가장 적게 조사되었다. 표 9의 분석에 따른 가스혼합기의 혼합조건은, 온도범위는 상온인 25 ± 5℃, 가스혼합 용기의 압력은 5bar로 조사되었다. MFC를 사용한 포장시스템 실험에서(표 10) 산소와 질소가스는 표준치보다 1~2% 적게 혼합되었고, 이산화탄소는 약 3%까지 많이 혼입되었는데 그 원인은 조성비에 따른 각 가스의량이 연속적으로 mixing chamber 유입될 때 각 가스의 유속편차를 감소시킬 수 없었기 때문이었다. 그러나 혼합가스 용기를 사용한 포장시스템은 가스혼합 용기에 가스혼합 조성비를

일정한 온도와 압력하에 불연속적으로 일정한 량을 공급시킴으로서 산소와 질소가스는 <0.5%, 이산화탄소는 0.7%로 정밀도가 높게 분석되었다(표 10).

표 10. 가스혼합system의 오차비율

gas type	Standard Weight(%)	Experiment			
		Mixing Tank		MFC	
		wt(%)	error rate	wt(%)	error rate
O ₂	10	9.81	-0.19	8.81	-1.19
CO ₂	10	10.72	+0.72	12.9	+2.9
N ₂	80	79.51	-0.49	78.2	-1.8
	100	100		100	

(O₂ : CO₂ : N₂ = 10% : 10% : 80%)

(55.8L; 압력범위 ; 0.07 - 0.25MPa,) and MFC

나. 가스의 질량 및 분압을 이용한 자동 혼합가스 제어 system의 조성비 정도 분석

그림 20은 채소포장용 질량 control 혼합가스 system을 통한 질소, 산소 및 이산화탄소의 압력에 따른 질량변화를 실험적인 값(Experiment value)과 이론적인 값(Theory value)으로 비교한 그래프이다. 1~5bar의 범위에서 비교한 결과 이론적인 값과 실험적인 값이 선형을 이루고 있음을 알 수 있다. 약간의 오차는 온도에 의한 것으로 27℃를 기준으로 실험하였기 때문에 혼합용기 주위의 온도차와 제어의 시간차에 의해 발생된 것으로 생각된다. 채소포장용 질량 control 혼합가스 system에서는 혼합용기의 0.01MPa까지 진공 후 가스공급량을 저울의 질량변화를 통하여 S/V를 제어한 결과 가스 공급압력 0.1MPa인 조건에서 혼합용기에 공급시켰을 경우 N₂ : 22.3g, CO₂ : 3.6g, O₂ : 1.6g (표 11), 0.2 Mpa인 조건에서, N₂ : 43.7g, CO₂ : 8.1g, O₂ : 5.9g (표 12), 0.3 Mpa일 때 N₂ : 43.7g,

CO₂ : 8.1g, O₂ : 5.9g (표 13). 0.5 Mpa일 때는 N₂ : 65.6g, CO₂ : 12.5g, O₂ : 8.7g (표 14)로 혼합되었다. 질량 control를 사용한 포장시스템은 가스혼합 용기에 가스혼합 조성비를 일정한 온도와 압력하에 불연속적으로 일정한 량을 공급 후 S/V로 제어하는 방법을 사용했을때 0.1Mpa 0.6%, 0.2Mpa 0.3%, 0.3Mpa일때 0.3%, 0.5Mpa 0.3%의 오차범위에서 가스혼합이 이루어졌다.

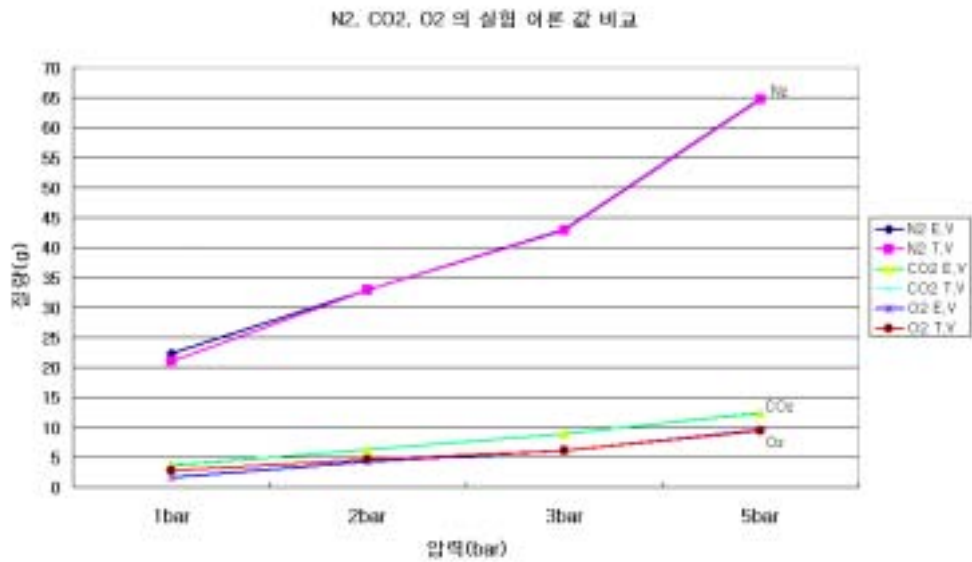


그림 20. 순수 N₂, O₂, CO₂-가스를 이상기체로 보았을때 혼합가스 용기 (20L)에 주입시 혼합된 가스의 압력증가에 따른 질량변화:

이상기체 법칙에 적용한 압력 - 질량 변화비(Theory Value)

순수가스를 혼합가스 용기에 주입시 혼입된 질량 (Experiment Value)

0.1Mpa일때 소량의 가스가 유입되어 제어에 어려움이 있었지만 압력의 조절을 통하여 더욱 정밀하게 혼합할 수 있었다. 약 0.3%~0.6%의 이 오차범위는 strain gage와 PLC간의 통신 오차 때문에 발생한 것으로 보인다.

표 11. 혼합가스 조성비 : O₂, CO₂, 및 N₂ = 10 : 10 : 80

E. M. V					T. M. V			
종류 횟수	N ₂	CO ₂	O ₂	합계	N ₂ (0.8bar)	CO ₂ (0.9bar)	O ₂ (1bar)	합계
1	22.4g (0.79bar)	3.4g (0.83bar)	1.7g (0.98bar)	27.3g	20.96g	3.86g	2.86g	27.68g
2	22.4g (0.78bar)	3.6g (0.82bar)	1.6g (0.98bar)	27.6g				
3	22.1g (0.77bar)	3.7g (0.82)	1.6g (0.98)	27.4g				
평균	22.3g	3.6g	1.6g	27.5g				

$$N_2(0\sim 0.8\text{bar}) + CO_2(0.81\sim 0.9\text{bar}) + O_2(0.91\text{bar}\sim 1\text{bar})$$

(온도범위 : 27℃, 압력범위: 0bar~1 bar)

표 12. 혼합가스 조성비 : O₂, CO₂, 및 N₂ = 10 : 10 : 80

E. M. V					T. M. V			
종류 횟수	N ₂	CO ₂	O ₂	합계	N ₂	CO ₂	O ₂	합계
1	33g (1.5bar)	6.2g (1.7bar)	4.7g (2bar)	43.9g	32.9g	6.15g	4.65g	43.7g
2	32.9g (1.5bar)	6.2g (1.75bar)	4.2g (2bar)	43.3g				
3	32.9g (1.55bar)	6.3g (1.75bar)	4g (2bar)	43.2g				
평균	32.9.g	6.2g	4.3g	43.4g				

$$N_2(0\sim 1.6\text{bar}) + CO_2(1.61\sim 1.8\text{bar}) + O_2(1.81\text{bar}\sim 2\text{bar})$$

(온도범위 : 27℃, 압력범위: 0bar~2bar)

표 13. 혼합가스 조성비 : O₂, CO₂, 및 N₂ = 10 : 10 : 80

E. M. V					T. M. V			
종류 횟수	N ₂	CO ₂	O ₂	합계	N ₂ (2.4bar)	CO ₂ (2.7bar)	O ₂ (3bar)	합계
1	42.9g (2.15bar)	8.9g (2.64bar)	6.2g (2.96bar)	58g	42.9g	8.61g	6.2g	57.69g
2	43g (2.15bar)	8.9g (2.64bar)	6.1g (2.96bar)	58g				
3	43g (2.15bar)	8.8g (2.64bar)	6.1g (2.96bar)	57.9g				
평균	42.96g	8.81g	6.13g	57.9g				

$$N_2(0\sim 2.4\text{bar}) + CO_2(2.4\sim 2.7\text{bar}) + O_2(2.7\text{bar}\sim 3\text{bar})$$

(온도범위 : 27°C, 압력범위: 0bar~3bar)

표 14. 혼합가스 조성비 : O₂, CO₂, 및 N₂ = 10 : 10 : 80

E. M. V					T. M. V			
종류 횟수	N ₂	CO ₂	O ₂	합계	N ₂ (4bar)	CO ₂ (4.5bar)	O ₂ (5bar)	합계
1	64.7g (3.7bar)	12.5g (4.2bar)	9.5g (4.97bar)	86.7g	64.7g	12.3g	9.5g	86.5g
2	64.9g (3.7bar)	12.4g (4.2bar)	9.7g (4.95bar)	87g				
3	64.7g (3.7bar)	12.3g (4.21bar)	9.6g (4.88bar)	86.6g				
평균	64.8g	12.4g	9.6g	86.8g				

$$N_2(0\sim \text{bar}) + CO_2(4\sim 4.5\text{bar}) + O_2(4.5\text{bar}\sim 5\text{bar})$$

(온도범위: 27°C, 압력범위 : 0bar~5bar)

본 연구를 통하여 질량 control system이 혼합가스비가 정밀하게 제어되어 혼합됨을 알 수 있었다. 또한 압력을 통하여 제어하는 pressure control system이 질량 control system보다 더욱 정밀한 혼합가스를 만들 수 있는 가능성이 있다. 즉 압력을 통하여 3가지 가스를 혼합할 수 있는 경제적인 가스 포장기계를 만들 수 있다고 사유된다.

제5절 결과요약

본 연구에서는 다양한 농산물의 특성에 따른 혼합가스의 조성비율에 따라 정도가 우수한 혼합가스 system을 갖춘 기기를 개발하고자 하였다. 이론적으로 가스의 분압과 질량을 자동 제어할 수 있는 가스혼합기를 설계하였고, MFC를 이용하여 혼합가스의 유량을 제어하는 기기와, 혼합가스의 분압과 질량을 제어하는 공압 제어 방법과 strain gage 방법을 이용한 기기를 제작하였다. 시제품을 이용하여 혼합가스 조성비에 따른 이론치와 실험 결과치를 비교·분석하여 혼합가스 제어의 정도를 0.01%까지 조절할 수 있었다.

본 연구에서는 농산물을 취급하는 작업자들이 :

- 농산물의 특성에 따른 다양한 혼합 조성비율을 용이하게 자동 포장기에 입력할 수 있고,
- 가스 혼합비율의 따른 제어 정도가 최소한 $\pm 0.01\%$ 이하가 되어야 하며
- 농업인들이 손쉽게 구입할 수 있도록 경제성이 있어야 하는

채소포장용 혼합가스 system 기기를 실용성 있게 개발하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- ① MFC를 이용한 포장 system은 약 3%까지 오차가 발생하였다.
- ② 혼합용기를 이용한 채소포장용 혼합가스 system은 혼합가스 조성비를 <1%미만까지 제어할 수 있었다.
- ③ 고가의 MFC를 이용하지 않고도 단지 혼합용기를 사용하여 가스의 농도를 정확히 제어할 수 있는 system을 개발할 수 있다.
- ④ Mixing tank를 통한 혼합가스의 농도가 mixing chamber를 통한 혼합가스 농도보다 정밀하며 58g(3bar), 86.8g(5bar)의 혼합가스를 사용할 수 있다.
- ⑤ 질량과 압력을 이용한 채소포장용 혼합가스 system은 혼합가스 조성비를 < 0.01%까지 제어할 수 있었다.
- ⑥ 혼합용기를 strain gage로 이용한 채소포장용 혼합가스 system은 분압으로 제어함으로써 재현성과 정도가 우수하다.
- ⑦ 고가의 MFC를 공압 gage와 solenoid valve로 대체시킬 경우 자동제어가 용이하기 때문에 농가나 유통 상가에서 저렴하게 제작할 수 있어 경제적인 가격으로 구입이 가능하다.

인 용 문 헌

1. 이귀현, 정천순. 2001. 장기저장을 위한 홍고추 및 홍피망의 CA 저장효과, Food Eng. Pro. 5(1):52-57
2. 이현동, 윤홍선, 이원욱, 정 훈, 조광환. 2002. Flow-through 시스템을 이용한 농산물 배출가스 자동 측정 시스템 개발. 한국농업기계학회논문집
3. 이현동, 윤홍선, 이원욱, 정훈, 조광환, 박원규. 2003. 느타리버섯의 환경기체 조성 농도 예측 및 MA 저장 중 품질특성 변화, 한국식품저장유통학회지, Vol. 1, pp.16-22

4. 최동진, 이숙희, 김창배, 윤재탁, 최성국. 2002. CA 및 MA 저장이 마늘의 품질 변화에 미치는 영향, 한국원예학회지, 43(6):703-706
5. 화학의 기본개념, 일반화학교재연구회. 자유아카데미. 2000.
6. Alley E. Watada and David R. Massie A Compact Automatic System for Measuring CO₂ and C₂H₄ Evolution by Harvested Horticultural Crops, HORTSCIENCE, VOL. 16(1). February 1981
7. Forcier F, G. S. V. Raghavan and Y. Garipey. Electronic sensor for the determination of fruit vegetable respiration. Rev. Int. Froid Vol 10 November, 1987
8. G.A. Resmond., T.R. Gormley. and F. Butler., Effect of short-and long-term frozen storage with MAP on the quality of freeze-chilled lasagne. Lebensm.-Wiss. u.-Technol, 2004
10. Gordon J. Van Wylen Richard E. Sonntag. fundamentals of classical thermodynamics. John wiley & sons, Inc, 1993
11. Grahame W. Gould. Method for preservation and extension of shelf life. International Journal of Food Microbiology 33. pp 51-64, 2001.
12. Inaba, A., Y. Kubo, and R. Nakamura. Effect of exogenous ethylene on respiration in fruits and vegetables with special reference to temperature. J. Japan Soc. Hort. Sci. 58:713-718.
13. James E. A. John. Gas dynamics. Prentice hall. 1984
14. Jeong, H. S., Chung. H. S., Lee. H. D., Seong. J. H. and Choi.J. U., Contrilled Atmosphere Storage and Modified Atmosphere Packaging of Astringency-removed Persimmons. Food Sci. Biotechnol. Vol. 10, No4, pp380-386. 2001.

15. Lyndall G. Smith., Peter J. Hofman., Rodney A. Jordan. and Chaim Lee.,
An inexpensive, low maintenance, Multiple controlled atmosphere system
for research on perishable products. *Postharvest Biology and Technology*
117 pp123-130, 1997.
16. Mikal E. Saltveit., Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?
Postharvest Biology and Technology 27 pp3-13, 2003.
17. Mikal E. Saltveit, Jr. and Terry Strike A Rapid Method for Accurately
Measuring Oxygen Concentrations in Milliliter Gas Samples,
HORTSCIENCE, VOL. 24(1), February 1989
18. Mylene Blanchard., Francois Castaigne., Claude Willemot. and Joseph
Makhlouf., Modified atmosphere preservation of frshly prepared diced
yellow onion. *Postharvest Biology and Technology* 9 pp173-183,
1996.
19. Sharon J. Peterson, Werner J. Lipton, and Masami Uota. Methods for
Premixing Gases in Pressurized Cylinders for Use in Controlled
Atmosphere Experiments.
20. Shiping Tian., Yong Xu., Aili Jiang. and Qinqin Gong, Physiological and
quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres
in storage. *Postharvest Biology and Technology* 24 pp335-340, 2002.
21. Yan, T. Y, J. H. Chung and C. O. Rhee. Development of an automatic packer
using vacuum packaging and its effects on the rice quality, *J. Biosystems
Engineering*. 29(2):13'-140, 2004
22. Yun D. D. and K. S. Lee, MA storge of korea fresh ginseng. *J. Kor.Soc.Hort.Sci.*
40(6):689-692, 1999
23. 権名.and 武未. 菜類の自動ガス代謝測定装置の開発. 農流技研會報
pp123:13-16, 1997.

제3장 몇 몇 채소류의 산지 소포장시 저장 온도에 따른 포장내 생리적 특성 및 품질 변화에 미치는 영향

제1절 서설

제2절 재료 및 방법

1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향
2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

제3절 결과 및 고찰

1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향
2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

제4절 결과요약

인용문헌

제3장 몇 몇 채소류의 산지 소포장시 저장온도에 따른 포장내 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

제1절 서 설

신선한 채소는 영양학적인 측면에서 탄수화물, 비타민, 무기물의 공급원으로서 매우 중요한 의미를 갖는다(Goddard와 Mathews, 1979). 그러나 원예산물은 수확 후에도 호흡, 증산작용 등의 생리활동을 계속하며, 이러한 생리활동은 저장, 유통 중 생산물의 품질을 저하시키는 원인이 될 수 있다(Sacher, 1973). 특히 호흡을 통한 내부 에너지 소모는 상품의 질을 떨어릴 뿐만 아니라, 이 때 발생하는 CO₂, 에틸렌 및 호흡열 등이 과다누적 될 경우 저장중인 다른 산물에까지 심각한 장애를 일으킬 수 있다. 증산작용의 경우에도 중량 감소는 물론 조직변화를 일으켜 신선도를 떨어뜨리고 시들어지면서 외양에 지대한 영향을 미친다.

저장온도를 낮게 유지하므로써 작물의 생리활동을 억제하는 방법은 가장 보편화된 저장방법이다. Burzo(1980)는 18가지의 원예작물을 대상으로 한 실험에서 호흡율이 0℃에 비해 5℃에서는 1.8배, 10℃는 2.8배, 15℃에서는 4.5배, 20℃에서는 6배까지 증가한다고 하였다. 稻葉 등(1989)은 가지, 피망 및 오이는 20~25℃일때 호흡량이 증가하고 10℃ 이하에서는 감소하며, 岩田과 緒方(1971)은 딸기를 1℃에 저장하면 상품성이 17일간 유지되며 20℃에서는 2일간 유지된다고 하였다.

이와 같이 저장고 내에서의 저장온도에 따른 원예산물의 생리·생태적 변화와 그 효과에 대한 연구는 매우 활발히 진행된 편이나 산지에서 수확한 산물을

포장재를 이용하여 직접 소포장하고 이를 인터넷 쇼핑이나 대형마트를 통해 직접 유통하고자 할 때 각각의 저장온도에 따른 포장내 품질변화에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. 특히 밀봉포장으로 인한 이취발생은 상품성 상실에 가장 큰 요인으로 작용되거나 육안으로의 관측이 어려워 각각의 저장온도에 따른 유통 가능 기간을 밝히는 연구도 매우 중요하리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 산지에서 수확한 토마토, 대파 및 엽채류의 소포장을 통해 직접 유통하고자 할 때 각각의 저장온도에 따른 포장내의 생리·생태적 특성을 알아보고 가장 효과적인 저장온도와 유통가능 기간을 구명하고자 수행하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 토마토 ‘세계’(서울종묘)와 대파(금장외대파)를 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장방법은 진공용 포장지 PEPA 75 μ m(Polyethylene polyamide)에 토마토 350 \pm 10g(22 \times 25cm), 대파 250 \pm 10g(15 \times 60cm)를 넣고 밀봉하여 실온(약 27 $^{\circ}$ C), 13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C에서 10일간 저장하였다. 저장온도에 따른 생리·생태적 특성을 보기 위하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 품질변화를 보기위해 당, ascorbic acid, 수분손실 및 관능평가를 실시하였다. 측정은 1, 3, 5 및 10일에 각각 실시하였다.

저장 중 포장내의 CO₂ 및 C₂H₄ 는 Park 등(1997)의 방법에 준하였고, 측정은 GC를 이용하여 CO₂의 oven 온도를 150 $^{\circ}$ C, TCD 온도를 200 $^{\circ}$ C로 하여 승온식으

로 0.2mL씩 주입하여 측정하였고, C₂H₄는 oven 온도를 225℃, FID 온도를 200℃에서 승온식으로 0.5mL씩 주입하였다. Column은 60/80 carboxen-1000, 15'×1/8" SS(2.1mm ID)(SUPELCO Inc., USA)를 사용하였다. 아세트알데히드 및 에탄올 측정은 Park 등(1997)의 방법에 준하여 gas chromatography(GC, model 680D, 영인과학, 국산)를 이용하여 oven 온도 100℃, FID 온도를 250℃에서 승온식으로 0.5mL씩 주입하여 측정하였다. Column은 5% carbowax 20M 80/120 carboblack™B, 2m 1/8" OD(2mm ID)(Restek Co., USA)를 사용하였고, 이동 gas는 고순도 질소를 이용하였다. Ascorbic acid 분석은 시료에서 처리당 5g씩 채취하여 HPO₃ 20mL와 함께 균질기(10,000rpm)로 10분간 마쇄후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45μm membrane filter로 여과후 10μL씩 주입하여 HPLC로 분석하였다. HPLC (model : SPD-10AV)의 조건은 UV-detector 254nm로 하고, column은 μBondapak™C₁₈ (3.9mmØ × 30cm)으로 분석하였다. 저장 중 중량 감모율은 초기 중량에 대한 감량을 백분율로 나타내었다. 실험 결과는 Duncan의 다중검정법과 평균과의 차이를 표준편차를 구하여 통계처리 하였다. 당 분석은 토마토의 경우는 과실의 중앙부에서, 대과는 연맥부에서 각각 5g을 채취하여 착즙 후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45μm membrane filter로 여과 후 10μL씩 주입하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. 당 분석은 HPLC (model : RID -10A, Shimadzu, Japan)의 RI detector, column은 Shim-pack SCR-101N (7.9mmØ × 30cm)로 환원당 및 비환원당을 분석하였다. 품질변화를 보기 위한 관능평가는 5명으로 구성된 panel team이 별도의 등급표 (4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor)에 의하여 visual quality 및 off-flavour를 조사하여 종합적으로 판단해서 유통가능 기간을 설정하였다.

2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 상추(청치마), 시금치(입추시금치) 및 깻잎(잎들깨 1호)을 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장은 상추와 시금치 100g 및 깻잎 30g을 PEPA 75 μ m(Polyethylene polyamide) 비닐 필름에 넣어 밀봉하였으며, 실온(약 27 $^{\circ}$ C), 13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C 항온기내에 각각 10일간 저장하였다. 저장온도에 따른 생리·생태적 변화를 보기 위하여 실험 1과 동일한 방법을 이용하여 CO₂, 에틸렌, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 품질변화를 보기위해 엽록소, ascorbic acid, 수분손실 및 관능평가를 실시하였다. 측정은 1, 3, 5 및 10일에 각각 실시하였다. 저장기간 동안 엽록소 함량은 chlorophyll meter(model : SPAD-502, minolta, Japan)로 처리당 10개체씩 선발하여 동일한 부위를 측정하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 저장온도에 따른 토마토 및 대파의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

저장온도에 따른 호흡량을 살펴보면 토마토는 실온저장 1일에 59.4mg.kg⁻¹.h⁻¹로 저온(13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C) 18~25mg.kg⁻¹.h⁻¹에 비해 2배 이상 높게 나타났으며 저장기간 동안 급격하게 감소하였다. 그러나 저온저장 간에는 큰 차이가 없이 완만한 감소를 나타내었다. 대파의 경우에는 실온저장 1일에 호흡량이 100.7mg.kg⁻¹.h⁻¹, 13 $^{\circ}$ C 저장에서 70.8mg.kg⁻¹.h⁻¹, 그리고 5 $^{\circ}$ C 저장에서 32.6mg.kg⁻¹.h⁻¹로 각 온도에 따른 호흡량 차이가 분명하게 나타났는데, 저장기

간이 길어짐에 따라 13°C 저장에서 호흡이 빠르게 감소하여 저장 5일후부터 저온저장(13°C 및 5°C) 간에는 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 1).

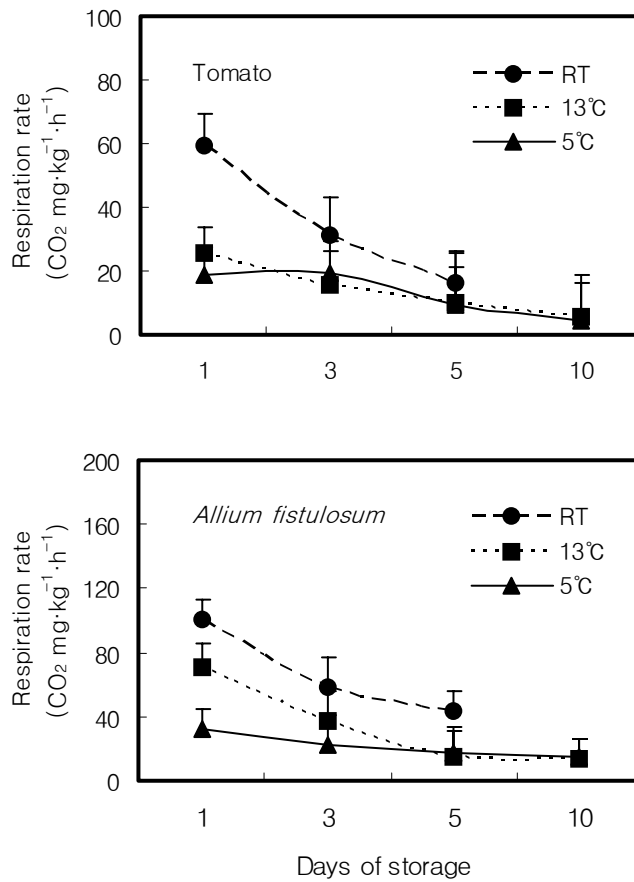


Fig. 1. The effect of storage temperature on the respiration rate of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

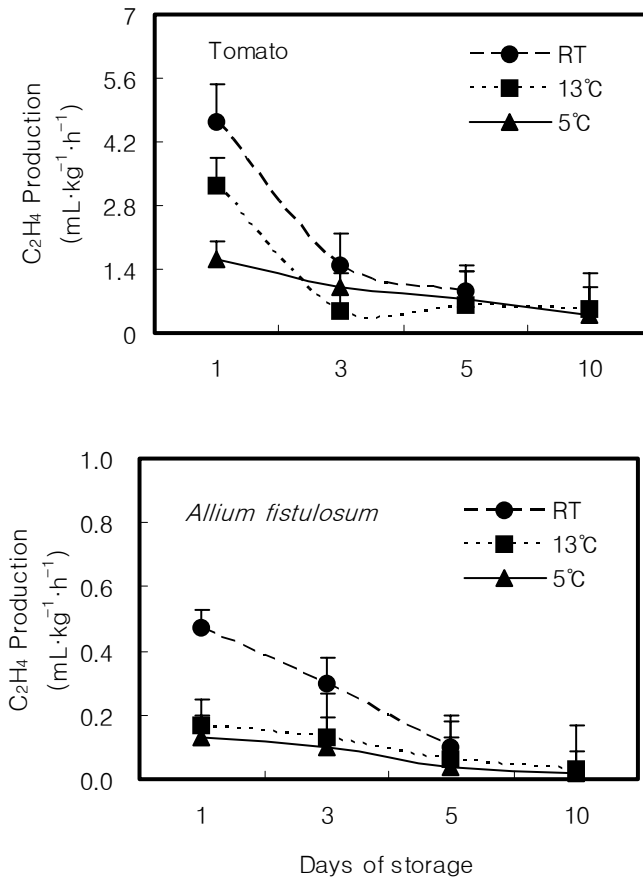


Fig. 2. The effect of storage temperature on the ethylene production of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 에틸렌 발생은 저장 1일에 실온저장에서 4.65mL·kg⁻¹·h⁻¹, 13°C 저장에서 3.25mL·kg⁻¹·h⁻¹ 그리고 5°C 저장에서 1.60mL·kg⁻¹·h⁻¹로 저장온도가 높을수록 높게 나타났으며, 실온과 13°C 저장 3일째까지 현저히 감소하다가 그 후 저장기간이 길어짐에 따라 점감하여 10일째에는 각 온도별 차이를 보이지

않았다. 대과는 실온에서 저장 1일째 $0.47\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 저온저장에 비해 2배 이상 높게 나타났으나, 저장기간이 연장됨에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 에틸렌은 과실을 빠르게 후숙시켜 저장성을 약화시킴으로 산물 이용의 목적에 따라 주의를 요구하는 식물호르몬이다(An과 Paull, 1990; Kader, 1985; Sherman, 1985; Reid, 1985). 본 실험에서 저장기간 동안 호흡량과 에틸렌 발생은 저장온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내어 저장 중 호흡량 및 에틸렌 증가에 의한 품질저하를 억제시키기 위해서는 저온저장(13°C 및 5°C)이 바람직할 것으로 생각된다.

토마토의 아세트알데히드 발생은 실온저장 1일째 $100.6\mu\text{L.L}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 13°C 및 5°C 순으로 낮게 나타났다. 그러나 저온저장 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 저장기간에 따른 아세트알데히드 함량변화는 3일째까지 실온저장에서 급격히 감소한 반면 저온저장에서는 완만하게 감소하였다. 한편 대과는 실온저장에서의 초기 발생량이 $135.0\mu\text{L.L}^{-1}$ 로 매우 높았으나 저장기간이 길어짐에 따라 급격히 감소하여 저장 5일째 $32.6\mu\text{L.L}^{-1}$ 를 나타냈다(Fig. 3). 아세트알데히드의 발생은 산소 함량이 한계농도 이하로 떨어질 때 이루어지는데 저장기간에 따른 변화의 양상을 살펴 본 결과, 앞서 언급한 호흡량의 변화와 잘 일치하였다.

토마토의 에탄올 발생은 실온저장 1일에 0.28mL.L^{-1} 로 저온저장에 비해 5배 이상 높았으며 저장기간 동안 다소 빠르게 감소하였다. 저온저장 간에는 5°C 저장에 비해 13°C 저장에서 비교적 높게 나타났다. 대과의 에탄올 발생은 실온저장에서 높게 나타났는데, 실온저장 3일째까지 증가하다가 서서히 감소한 반면, 13°C 저장에서는 저장 5일째에 최고치를 보인 후 감소하였다. 한편 5°C 저장의 경우 에탄올 발생은 거의 이루어지지 않았다(Fig. 4). 일반적으로 에탄올 발생은 아세트알데히드와 함께 혐기호흡을 통해 이루어지는데, 실온저장에서 에탄올 발생이 저온저장에 비해 높았던 것은 온도가 높을수록 호흡이 왕성하여 포장 내 산소농도가 빠르게 감소되었기 때문이라고 생각한다.

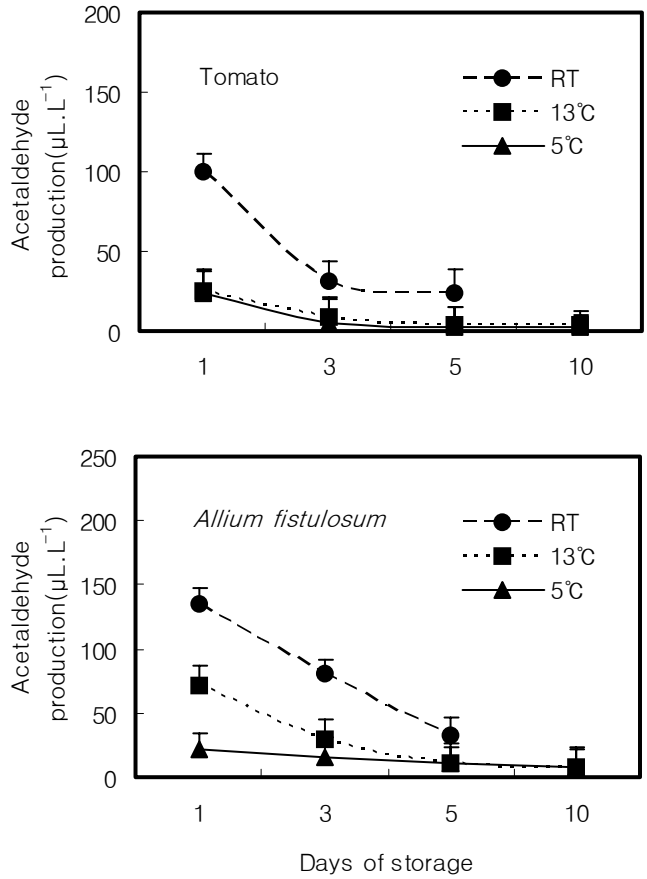


Fig. 3. The effect of storage temperature on the acetaldehyde production of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

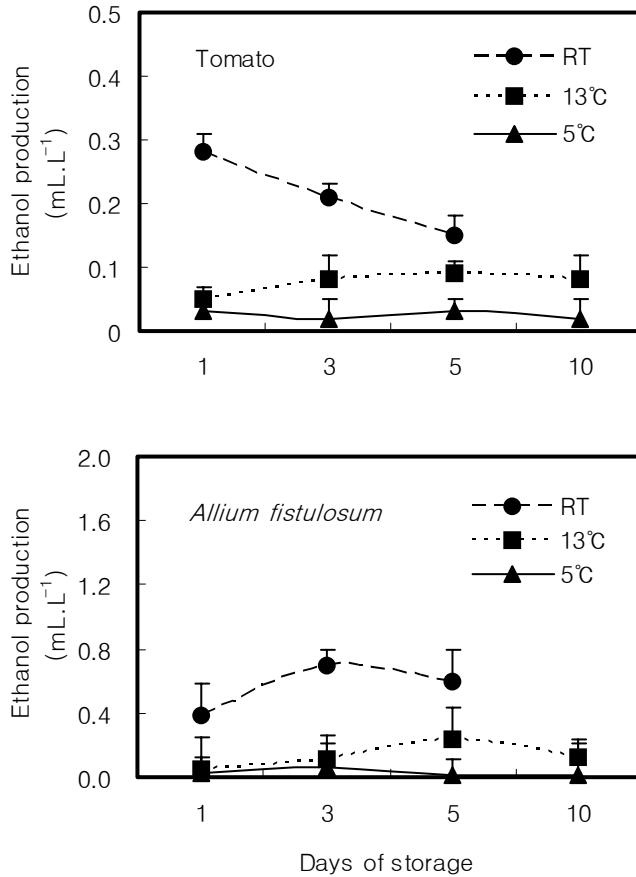


Fig. 4. The effect of storage temperature on the ethanol production of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 저장온도에 따른 수분손실은 저장 1일에 0.07%로 모두 동일했으나, 저장 3일에 실온에서 0.2%, 13°C에서 0.11%, 5°C에서 0.04%로 저장온도가 높을 수록 수분손실도 많은 것으로 나타났다. 한편 저장 5일째 실온저장에서 수분손실이 0.3%로 최고치를 보였는데, 토마토의 생체중 감소 허용범위 7%(Burton,

1982)에 비해 훨씬 적어 저장 중 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 나타나지 않았다. 대파는 상온에서 높은 수분손실을 나타냈으나 생체중 감소 허용범위 5%는 넘지 않았다(Fig. 5).

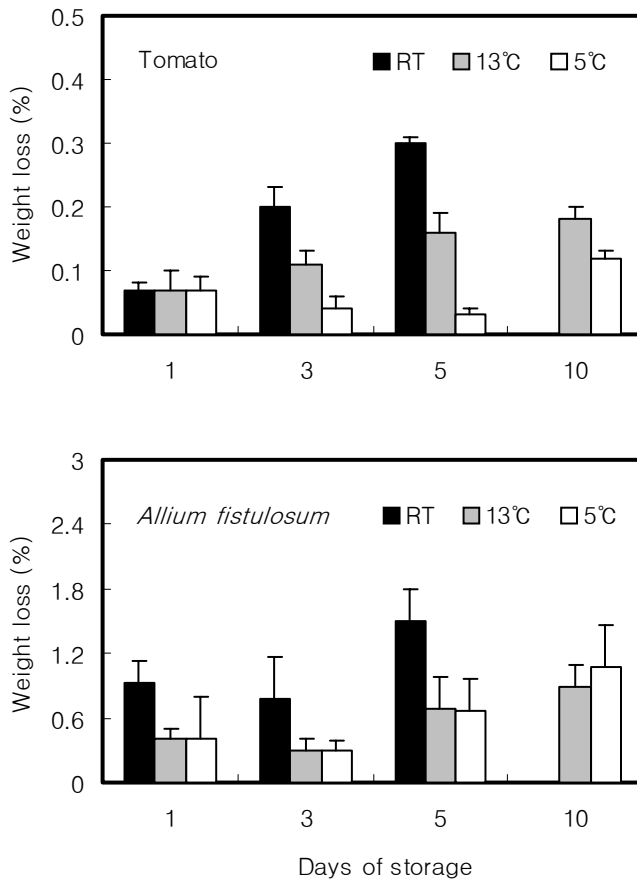


Fig. 5. The effect of storage temperature on the weight loss of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 구성당은 glucose와 fructose 및 미량의 sucrose로 본 실험에서 저장 중 토마토 과실의 glucose와 fructose 함량의 변화를 분석한 결과 glucose가 fructose에 비해 다소 높게 유지되었고, 전당함량은 저장 5일까지 소폭 증가 후 감소하였다. 그러나 저장온도에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

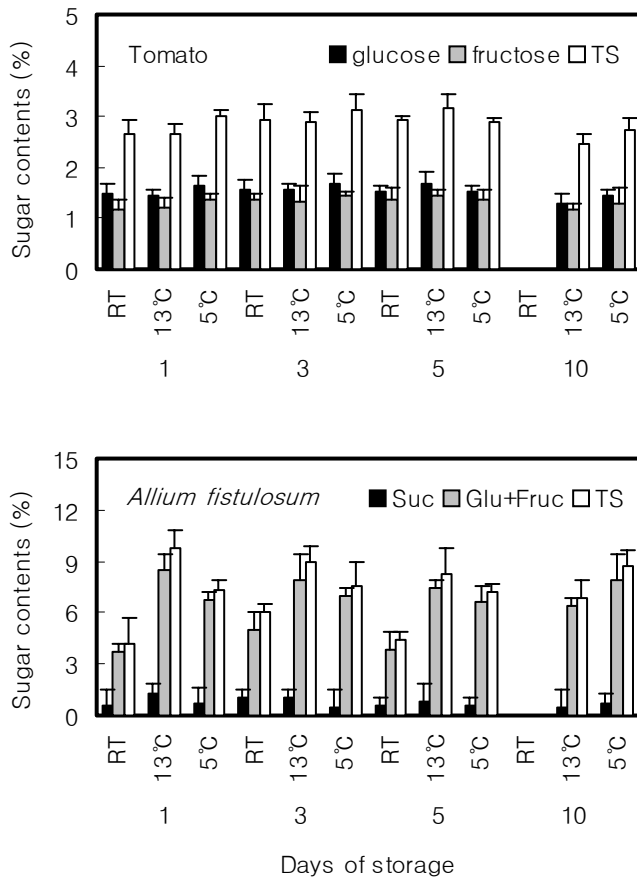


Fig. 6. The effect of storage temperature on the sugar contents of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

대파는 저장 1일째 전당함량이 실온저장에서 4.2%, 13°C 저장에서 9.7% 그리고 5°C 저장에서 7.3%로 실온저장에서 현저히 낮았으며, 저장기간 동안 일정하게 유지되었다(Fig. 6).

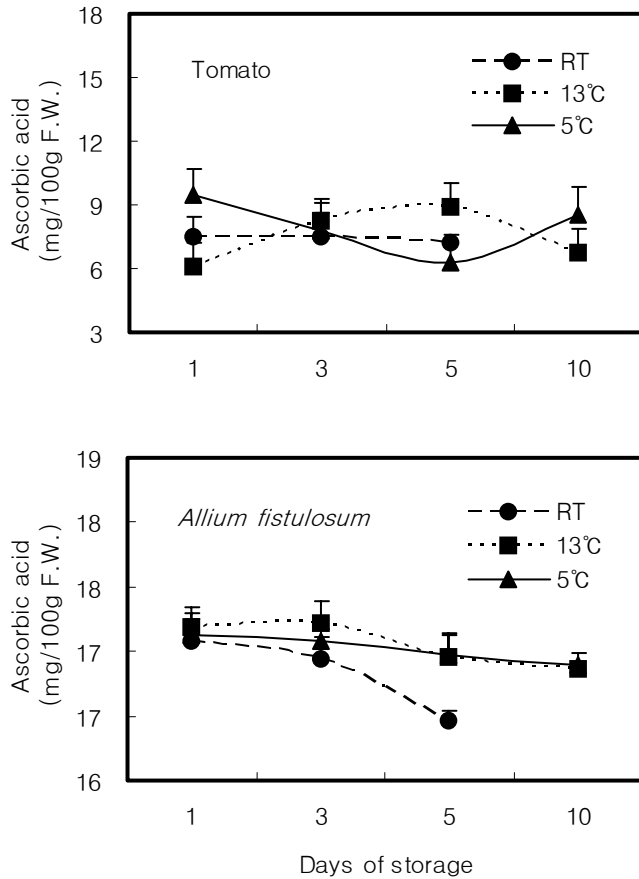


Fig. 7. The effect of storage temperature on the ascorbic acid contents of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 ascorbic acid 함량은 저장 1일에 실온저장에서 7.46mg/100g FW, 13℃ 저장에서 6.12mg/100g FW, 5℃ 저장에서 9.51mg/100g FW로 각각 나타났으며, 13℃ 저장의 경우 5일까지 서서히 증가하다가 7일째 6.77mg/100g FW로 다소 낮아진 반면, 5℃ 저장의 경우 5일까지 서서히 감소하다가 7일째 8.55mg/100g FW로 높아지는 경향을 보였다. 대과는 저장 1일 이후부터 실온저장에서 서서히 낮아지는 경향을 나타냈으며, 저온저장(13℃ 및 5℃)에서는 처리 온도 간에 큰 차이 없이 실온저장보다 높게 유지되었다(Fig. 7).

Table 1. The effect of storage temperature on the quality^z of tomato and *Allium fistulosum*..

Storage time (day)	Storage temp. (°C)	Visual quality		Off-flavour	
		Tomato	<i>Allium fistulosum</i>	Tomato	<i>Allium fistulosum</i>
1	RT ^y	4.0 a ^x	3.2 b	4.0 a	3.6 b
	13	4.0 a	3.8 a	4.0 a	3.8 a
	5	4.0 a	3.8 a	4.0 a	3.8 a
3	RT	2.4 c	1.8 c	2.2 c	1.4 c
	13	3.2 b	3.6 b	3.6 b	3.4 b
	5	4.0 a	3.8 a	3.8 a	3.6 a
5	RT	0.4 c	1.2 c	0.2 c	0.8 c
	13	2.8 b	1.8 b	2.4 b	1.6 b
	5	3.2 a	3.0 a	3.0 a	3.2 a
10	RT	* ^w	*	*	*
	13	0.2 b	1.8 b	0.2 b	0.4 b
	5	1.4 a	2.6 a	1.4 a	1.6 a

^zSensory evaluation table : 4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor.

^yRT; room temperature (about 27°C)

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^wData after shelf life was removed

상이한 저장온도에서 일정기간 동안 외관품질에 대해 관능검사를 실시한 결과 토마토는 5일째 13°C 및 5°C 모두에서 판매가능한 점수를 보였으나 대파는 13°C에서 1.8점으로 판매가 불가능한 것으로 나타났다. 이는 이취발생을 통한 관능검사의 경우에도 유사한 결과를 보였다(Table 1).

2. 저장온도에 따른 엽채류의 생리적 특성 및 품질변화에 미치는 영향

호흡량은 실온, 13℃ 및 5℃ 순으로 낮게 나타났다. 특히 시금치는 실온저장 (약 27℃ 내외) 1일에 140.7mg.kg⁻¹.h⁻¹로 저온저장(13℃ 및 5℃)에 비해 4배 이상 높게 나타났으며 저온저장 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 깻잎은 13℃ 저장 1일째 99.6mg.kg⁻¹.h⁻¹로 비교적 높은 호흡량을 나타내었다(Fig. 8). 에틸렌 발생량은 온도가 높을수록 높게 나타났다. 상추와 시금치는 실온저장 1일에 약 0.25mL · kg⁻¹ · h⁻¹로 13℃ 저장에 저장한 것과 커다란 차이를 보이지 않았으나 깻잎은 상온에서 저장 1일째 0.39mL · kg⁻¹ · h⁻¹로 저온저장에 비해 2배 이상 높게 나타났으며 저장기간 동안 급격히 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 9). 에틸렌은 저장온도가 높아짐에 따라 발생이 심해지고 발생한 에틸렌이 다시 산물에 악영향을 미치기 때문에 산물의 노화를 더욱 촉진시키는 역할을 한다 (Kader, 1985; McGlasson, 1985; Reid, 1985; 淺野 등, 1991; Sherman, 1985). 따라서 엽채류의 저장 중 에틸렌의 증가에 의한 품질저하를 억제시키기 위해서는 13℃ 이하에서 저장하는 것이 바람직하다고 생각된다.

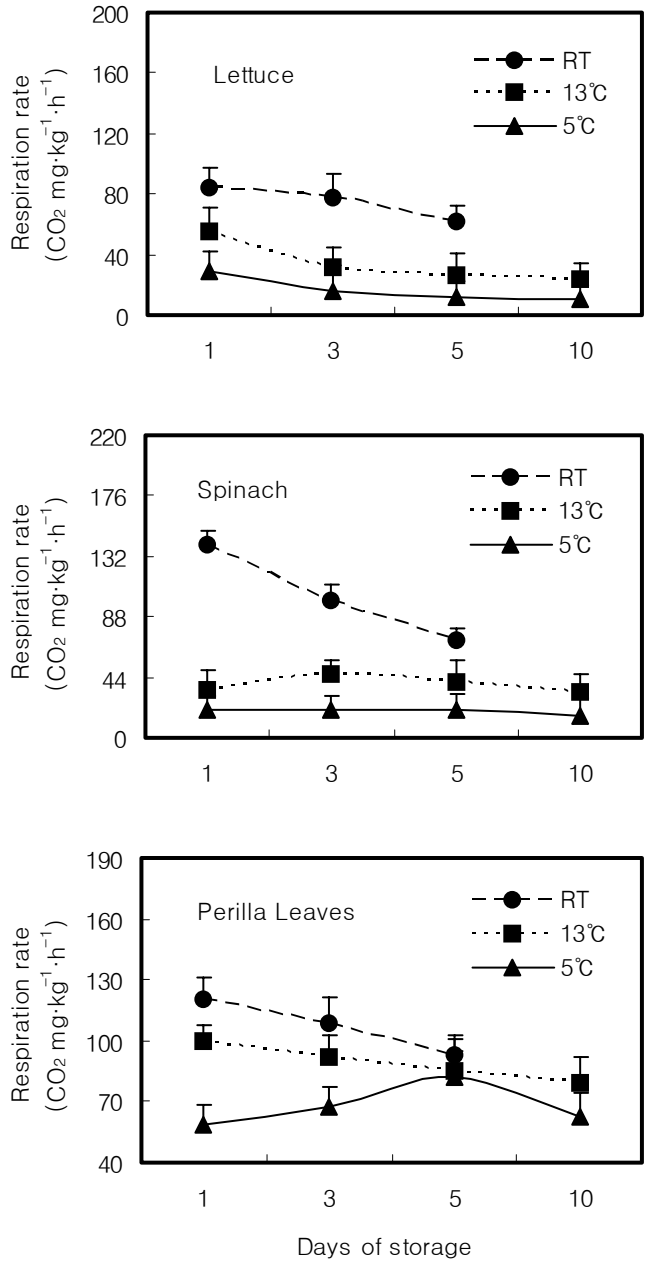


Fig. 8. The effect of storage temperature on the respiration rate of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

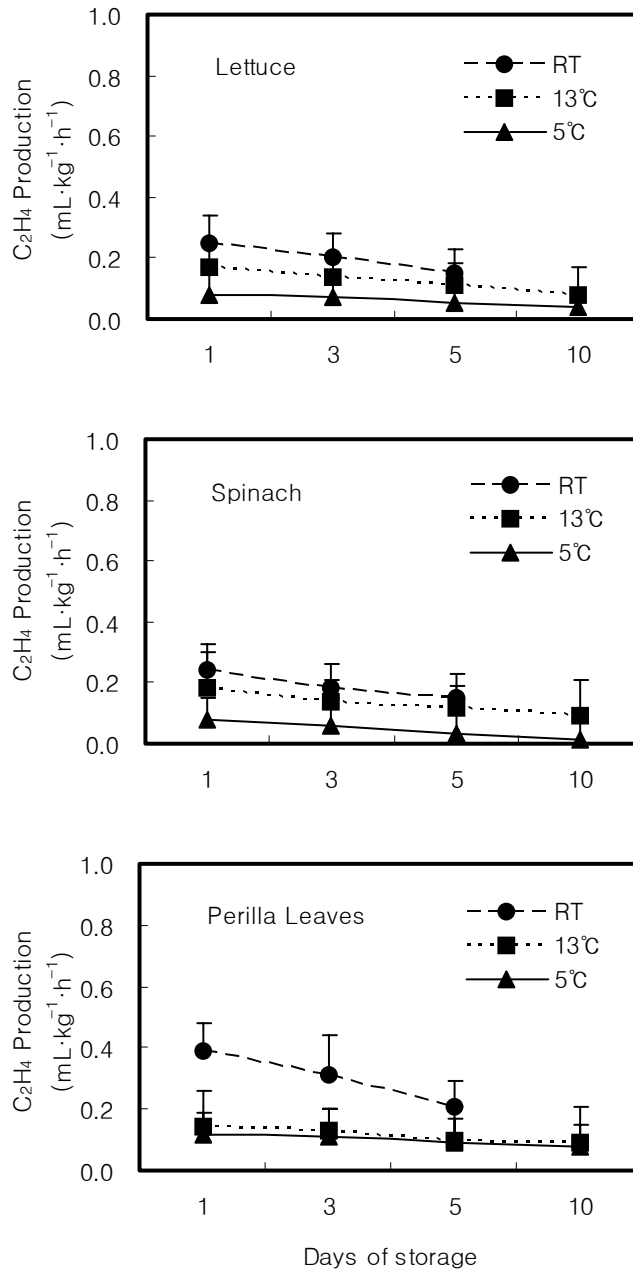


Fig. 9. The effect of storage temperature on the ethylene production of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

아세트알데히드 발생량은 실온저장과 저온저장 간에 뚜렷한 차이를 나타냈다. 상추와 시금치는 실온저장 1일에 약 $100.0\mu\text{L.L}^{-1}$ 로 저온저장(13°C 및 5°C) $15\sim 45.0\mu\text{L.L}^{-1}$ 에 비해 2배 이상 높았으며, 깻잎은 1.5배 이상의 차이를 나타냈다(Fig. 10). 저장 중 아세트알데히드의 발생은 대기의 이산화탄소 농도가 15% 이상이 될 때 호흡과정 중 pyruvate가 TCA cycle로 연결되지 못하고 알코올 발효화되어 일어난다(Kays, 1991). 따라서 실온저장에서 아세트알데히드의 발생이 높은 것은 저온저장에 비해 실온저장에서 높은 호흡량에 의해 이산화탄소를 빠르게 축적시킨 결과라고 생각한다. 상추 및 시금치의 에탄올 발생은 실온저장에서 높게 나타났으며, 저장 후 3일까지 증가하다가 그 이후부터 서서히 감소하였다. 한편 5°C 저장에서 에탄올은 저장 3일까지 거의 발생되지 않았다. 깻잎은 실온저장에서 발생이 많았으나 저장기간에 따른 발생시기를 볼 때 저장초기에 거의 발생되지 않다가 실온저장은 1일, 저온저장은 3일후부터 에탄올 발생이 진행되었다(Fig. 11).

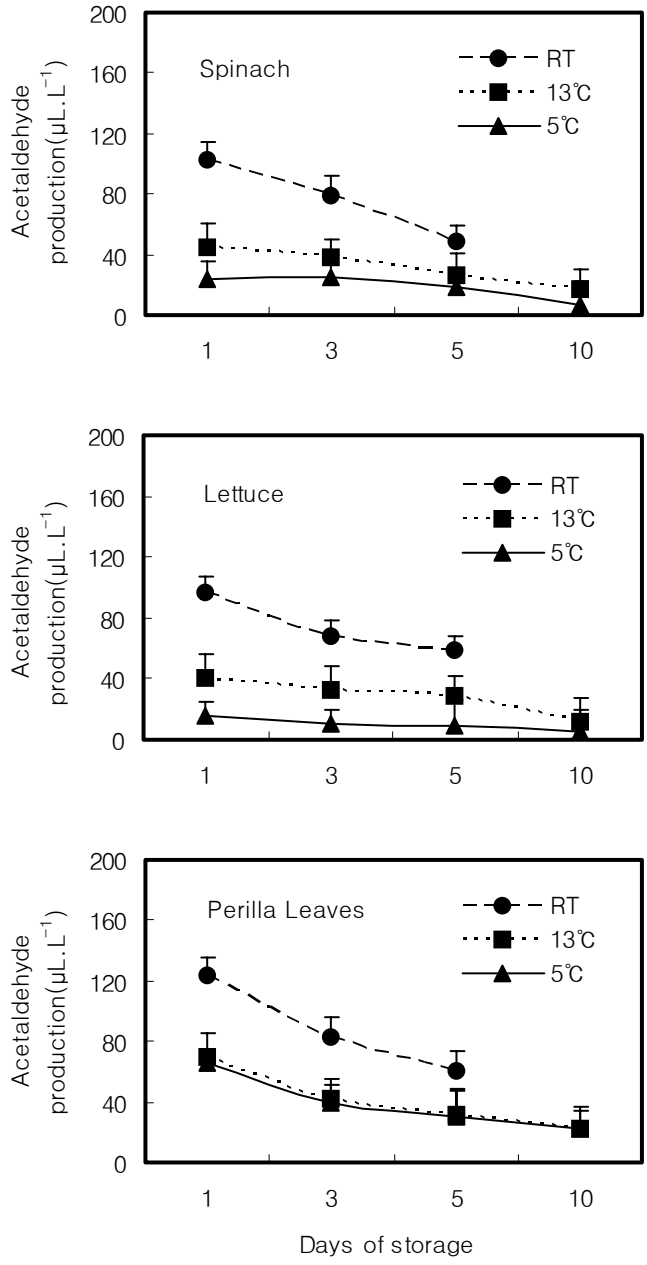


Fig. 10. The effect of storage temperature on the acetaldehyde production of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

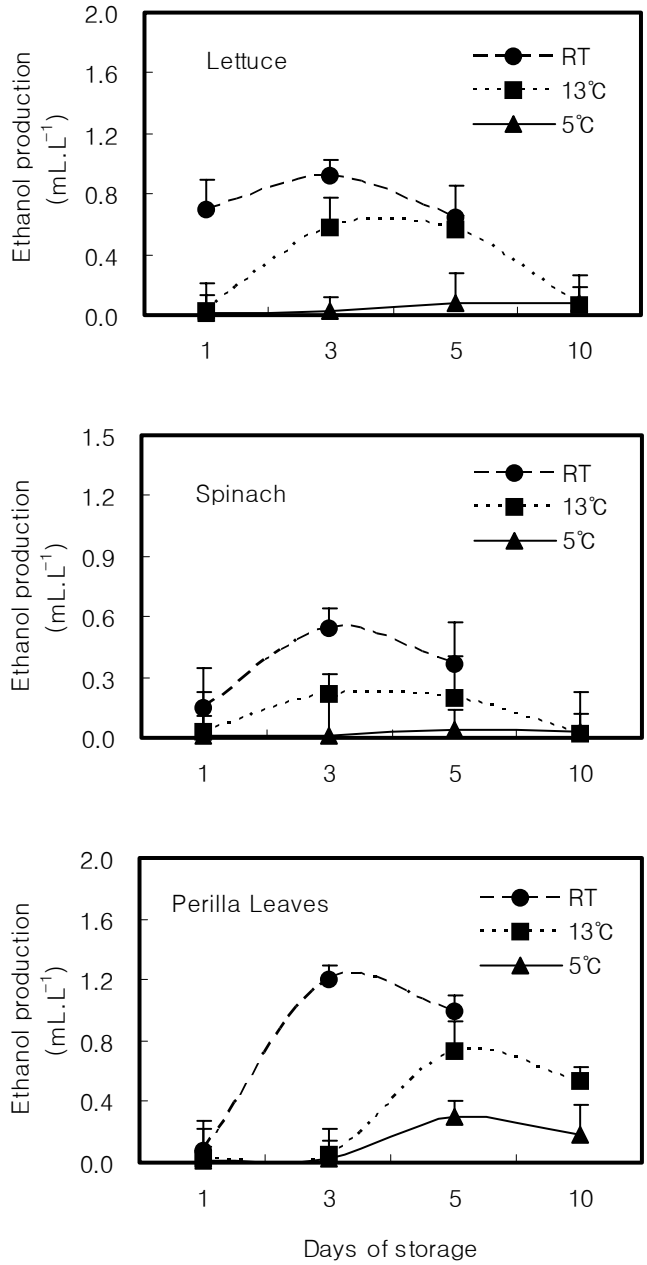


Fig. 11. The effect of storage temperature on the ethanol production of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

저장온도에 따른 수분손실은 온도가 높을수록 높게 나타났는데 이는 일반 채소류의 MA 저장 결과(Park, 1999; Ben-yehoshua, 1985)와 유사하였다. 상추는 저장 1일째 각각 약 0.2% 내외로 유사하였으나 저장기간이 늘어남에 따라 점차 큰 차이를 보였다. 생체중 감소는 황화, 비타민 C 함량 및 경도 감소 등 품질저하에 큰 영향을 미친다고 한다(Lee, 1996). 일반적으로 엽채류 저장시 생체중 감소는 3~5% 정도까지 허용되는데, 본 연구에서 수분손실은 모두 3% 이내로서 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 나타나지 않았다. 이는 각각의 온도처리가 모두 비닐 필름포장 PEPA 75 μ m 내에서 이루어졌기 때문에 증산에 의한 수분손실이 적었을 것으로 추정된다(Fig. 12). Lownds 등(1994)은 수분손실은 품종에 따라 상이하고 저장온도가 낮은 것보다는 높은 것이 많다고 하였으며, 수분손실 방지는 비닐포장에 의해 방지할 수 있다고 하였다.

Ascorbic acid 함량 변화는 상추와 깻잎의 경우 저장 1일 이후부터 실온저장에서 서서히 낮아지는 경향을 나타냈으며, 저온저장(13 $^{\circ}$ C 및 5 $^{\circ}$ C)에서는 온도처리 간에 커다란 차이 없이 저장기간 동안 일정하게 유지되었다. 그러나 시금치는 실온저장에서 저장 초기부터 급격한 감소를 나타냈으며 저온저장의 경우에도 저장 최종일에 ascorbic acid 함량이 약 4.0mg/100g FW 내외로 포장전 6.7mg/100g FW에 비해 현저히 감소한 것을 알 수 있었다(Fig. 13). Ishii와 Shinbori(1988)에 의하면 순무를 저장했을 때 저장온도가 높은 쪽이 ascorbic acid 함량의 감소속도가 빠르다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

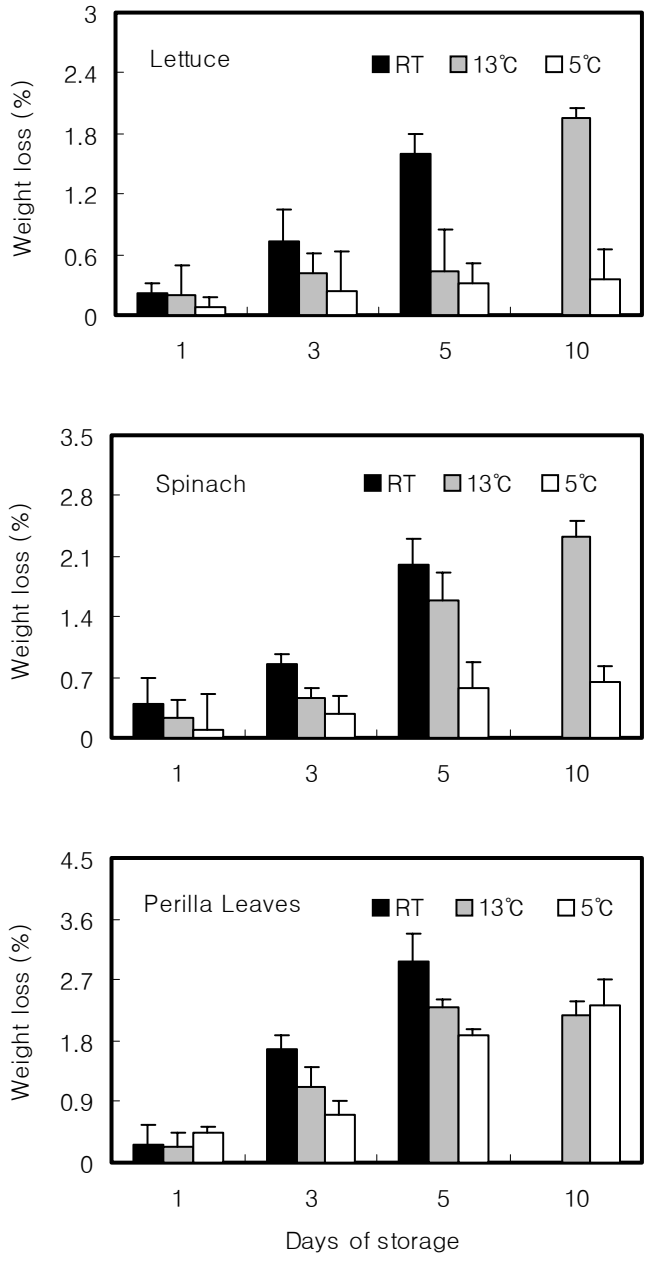


Fig. 12. The effect of storage temperature on the weight loss of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

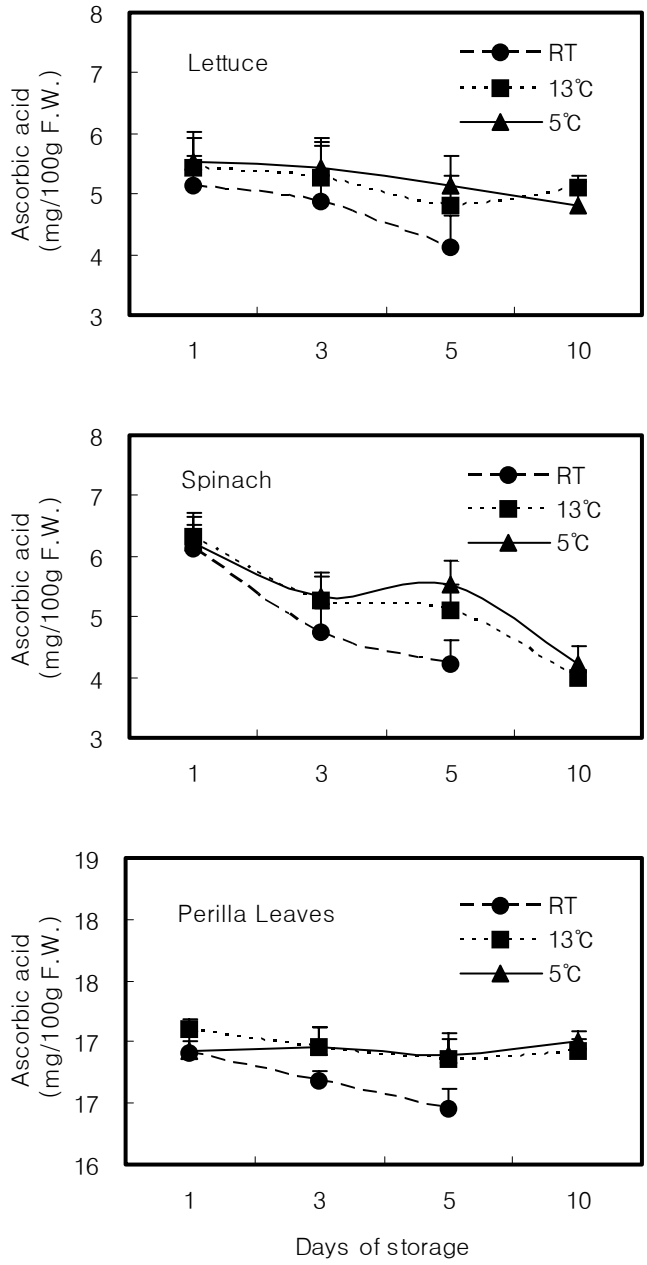


Fig. 13. The effect of storage temperature on the ascorbic acid contents of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

Table 2. The effect of storage temperature on the chlorophyll contents of some leafy vegetables.

Storage time (day)	Storage temp. (°C)	Chlorophyll contents (SPAD-502 unit)		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
Initial	-	25.2	32.4	63.4
1	RT ^z	28.6 a ^y	29.7 b	58.9 c
	13	33.1 b	32.0 a	60.5 b
	5	29.7 a	32.1 a	64.7 a
3	RT	24.6 a	31.7 a	63.3 c
	13	23.7 b	31.1 a	68.6 b
	5	23.1 b	29.9 b	69.7 a
5	RT	20.0 a	30.8 b	*
	13	18.4 b	32.1 a	70.9 a
	5	25.6 c	31.8 a	68.2 b
10	RT	* ^x	*	*
	13	23.6 a	31.5 a	71.8 a
	5	26.4 b	32.2 a	63.6 b

^zRT; room temperature (about 27°C)

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^xData after shelf life was removed

상추, 시금치 및 깻잎의 엽록소 함량은 저장기간이 길어짐에 따라 완만하게 감소하는 경향을 보였으나, 저장온도에 따른 엽록소 함량 차이는 크게 나타나지 않았다(Table 2).

Table 3. The effect of storage temperature on the quality^z of some leafy vegetables.

Storage time (day)	Storage temp. (°C)	Visual quality			Off-flavour		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach	Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
1	RT ^y	4.0 a ^x	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	13	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	5	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
3	RT	1.4 c	3.6 c	0.8 c	1.2 c	3.6 b	0.6 c
	13	3.0 b	3.8 b	3.6 b	3.0 b	3.8 a	3.6 b
	5	3.2 a	4.0 a	3.8 a	3.4 a	3.8 a	3.8 a
5	RT	0.2 c	0.8 c	0.2 c	0.4 c	1.0 c	0.6 c
	13	2.8 b	3.6 b	1.8 b	1.8 b	3.4 b	1.6 b
	5	3.0 a	3.8 a	3.6 a	3.2 a	3.8 a	3.0 a
10	RT	* ^w	*	*	*	*	*
	13	0.8 b	0.8 b	0.4 b	0.2 b	0.4 b	0.4 b
	5	1.8 a	1.2 a	2.8 a	1.4 a	1.6 a	2.4 a

^zSensory evaluation table : 4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor.

^yRT; room temperature (about 27°C)

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^wData after shelf life was removed

상이한 저장온도하에서 일정기간 동안 외관품질에 대해 관능검사를 실시한 결과 상추 및 시금치는 실온저장에서 3일째 0.8~1.4점으로 저온저장(13°C 및 5°C)에 비해 부패가 빠르게 진행되는 것을 알 수 있었다. 그러나 깻잎은 실온저장 3일째까지 3.6점으로 높은 상품성을 유지하였다. 이취 발생은 상추와 시금치에서 5°C 저장에만 5일까지 유통이 가능하였으나, 깻잎은 13°C 저장에서도 가능한 것으로 나타났다(Table 3). Jordan 등(1985)은 외관품질 평가는 실제 구매자

나 소비자가 상품의 구매의사를 결정할 때 가장 큰 영향을 미칠 수 있다고 보고 하였다.

제4절 결과요약

산지에서 수확한 토마토, 대파 및 엽채류를 소포장해서 직접 유통하고자 할 때 각각의 저장온도에 따른 포장재 내부의 생리·생태적 변화를 조사하여 가장 효과적인 저장온도를 구명하고자 수행하였다. 호흡 및 에틸렌 발생은 저장온도가 높을수록 높게 나타났다. 그리고 저장기간이 연장됨에 따라 엽채류에서 다소 완만한 감소를 보인 반면, 토마토 및 대파에서는 빠르게 감소하였다. 이취의 원인이 되는 아세트알데히드 및 에탄올은 실온저장에서 발생이 저온저장(13℃ 및 5℃)에 비해 현저히 높았는데, 아세트알데히드는 저장기간 동안 꾸준히 감소한 반면, 에탄올은 저장기간이 길어짐에 따라 서서히 증가 후 실온저장은 3일, 저온저장은 5일후부터 감소하였다. 수분손실은 실온저장(약 27℃), 13℃ 및 5℃ 저장순으로 낮게 나타났는데, 저장 초에는 각 온도에 따른 차이를 보이지 않았으나 저장기간이 연장됨에 따라 점차 큰 차이를 나타냈다. 그러나 이는 모두 생체중 감소 허용범위 내에서 이루어져 수분손실을 통한 상품성 상실은 나타나지 않았다. Ascorbic acid 함량의 변화는 저장기간이 늘어남에 따라 실온저장에서 서서히 감소하는 경향을 보였으나 저온저장(13℃ 및 5℃)간에는 큰 차이 없이 일정하게 유지되었다. 당 함량의 변화를 살펴보면 대파의 전당함량은 실온저장이 저온저장에 비해 약 2% 정도 낮게 나타났으며, 저온저장 간에는 큰 차이 없이 비교적 높게 유지되었다. 그러나 토마토는 각각의 저장온도에 관계없이 저장기간 동안 비교적 일정한 함량을 유지하였다. 상추, 시금치 및 깻잎의 엽록소 함량은 저장온도에 따른 차이를 보이지 않았으며, 관능평가는 토마토에서 5일까지 13℃

와 5℃저장 모두에서 판매가 가능하였으나, 대과는 5일째 13℃ 저장에서 1.8점으로 판매가 불가능한 것으로 나타났다. 상추와 시금치는 실온저장에서 3일째 점수가 0.8~1.4점으로 저온저장(13℃ 및 5℃)에 비해 부패가 빠르게 진행되는 것을 알 수 있었다. 그러나 깻잎은 실온저장 3일까지 3.6점으로 높은 상품성을 나타냈다.

이상의 결과를 종합해 보면 산지에서 수확한 산물을 직접 소포장하여 유통하고자 할 때 낮은 온도에서의 저장이 호흡 및 에틸렌, 이취 발생 등을 억제시킬 수 있으며 토마토와 깻잎은 13℃, 대과와 상추 그리고 시금치는 5℃에서 저장 5일째까지 유통이 가능한 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

An, J.F. and R.E. Paull. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 949-953.

岩田隆, 緒方那安. 1971. 코어로드·체어온における靑果物の品質保持と溫度許容度に 關する研究(第1報). *園學雜.* 40: 437-443.

Burzo, I. 1980. Influence of temperature level on respiratory intensity in main vegetables. *Acta Horticulturae* 62: 197-208

Burton, W.G. 1982. Post-harvest physiology of food crops. p. 62. Longman, London and New York.

Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual sealpackaging of fruits and vegetables in plastic film, a new post-harvest technique. *HortScience* 20: 32-37.

- 浅野次郎 외 22인. 1991. 園藝農産物の鮮度保持. 青果物預冷貯藏施設協議 會編. p.72.
- 稻葉昭次, 久保隆隆, 中村怜之輔. 1989. 青果物の呼吸活性に及ぼすエチレンの作用力とその 温度特性. 園學雜. 58: 713-718.
- Goddard, M.S. and R.H. Mathews. 1979. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition. Hort. Sci. 14, 15
- Ishii, K. and F. Shinbori. 1988. Respiration rate and the relation between changes in some chemical components and appearance quality of turnips (*Brassica campestris* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57: 319-323.
- Jordan, J.L., R.I. Shewfelt, S.E. Prussia, and W.C. Hurst. 1985. Estimating the price of quality characteristics for tomatoes: Aiding the evaluation of the postharvest system. Hort Sci. 20: 203-205
- Kader, A.A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. HortScience 20: 54-57.
- Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products AVI publishing. New York.
- Klien, J.D. and S. Lurie. 1992. Heat treatment for improved postharvest quality of horticultural crops. Hort. Technology 2: 316-320.
- Lee, S.K. 1996. Postharvest physiology of horticultural crops(korean). sungkunsu p.11, 187.
- Lester, G.E. and B.D. Bruton. 1986. Relationship of netted muskmelon fruit water loss to postharvest storage life. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 727-731.
- Lownds, N.K., M. Banaras, and P.W. Bosland. 1993. Relationships between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annum* L.). HortScience 28: 1181-1184.

- McGlason, W.B. 1985. Ethylene and fruit ripening. *HortScience* 20: 51-54.
- Park, K.W., H.O. Kang, D.M. Kim, and H.W. Park. 1999. Effects of packaging films and temperatures on modified atmosphere storage of ripe tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40: 643-646
- Reid, M.S. 1985. Ethylene and abscission. *HortScience* 20:45-50.
- Sacher, T.A. 1973. Senescence and postharvest physiology. *Ann. Appl. Biol.* 81: 399-408.
- Sherman, M. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. *HortScience* 20: 57- 60.

제4장 몇 몇 채소류의 소포장시 포장재질이 품질변화에 미치는 영향

제1절 서설

제2절 재료 및 방법

1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향
2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

제3절 결과 및 고찰

1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향
2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

제4절 결과요약

인용문헌

제4장 몇 몇 채소류의 소포장시 포장재질이 품 질변화에 미치는 영향

제1절 서 설

유통 중에 발생하는 손실은 유통방법이나 산물의 종류에 따라 차이는 있지만 일반적으로 10~25%에 달한다(Shewfelt와 Prussla, 1993). 그 주된 원인으로는 호흡을 통한 자체 에너지 소비와 이산화탄소 축적에 의한 CO₂ 장해를 들 수 있으며 특히 엽면적이 넓은 엽채류의 경우에는 증산할 수 있는 면적 또한 크기 때문에 생체중 감소가 가장 큰 요인으로 나타났다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 저온저장(Seymour 등, 1990; Mitsuaki와 Hogara, 1981), CA 저장(Arpaia 등, 1984), 감압저장(Ichiro, 1973), 방사선 조사(Carol 등, 1965; Responses 등, 1989) 및 화학약제 처리(Saguy와 Mannheim, 1975)에 의한 저장등이 검토·이용되고 있다. 그 중 PE(Polyethylene) film과 같은 각종 포장재료를 이용한 MA(Modified atmosphere) 저장방법은 저장 중 포장내의 대기환경이 작물의 호흡에 의해 자연적으로 고 CO₂, 저 O₂ 농도가 유지되고, 저장 중 작물의 생체중 감소의 가장 큰 원인이 되는 증산작용을 억제하여(Ben-Yehoshua, 1985) 많은 작물의 저장수명 연장에 탁월한 효과가 입증된 바 있다(Golomb, 1984, Isenberg, 1969, Jeong, 1990).

국내에서 PE 등을 이용한 채소의 MA 저장연구는 Jeong 등(1990)이 잎상추 저장 중 재배조건 및 저장요인이 저장수명과 품질에 미치는 영향에 관한 연구를 수행한 것을 시작으로 산채류 등에서 많은 연구가 이루어졌다(Park 등 1992, Park 등 1993). 그러나 산지에서 수확한 산물을 MA 저장을 통해 직접 유통하

고자 할 경우 포장된 산물들의 호흡이 산소 농도를 한계농도 이하로 떨어뜨릴 수 있으며, 이 때 유기호흡에서 혐기호흡으로의 전환이 이루어지면 이취가 발생되어 상품성을 크게 저하시킬 수 있다. 따라서 포장용 필름류는 최소한의 호기적 호흡을 유지하기 위한 산소가 포장 밖으로부터 안으로 일정하게 투과되어야 하며 이에 반해 발생하는 탄산가스는 포장 안에서부터 밖으로 배출될 수 있어야 한다.

본 연구에서는 몇몇 채소류의 산지 소포장을 위한 포장재질과 모의 유통온도에 따른 생리·생태적 특성 및 품질변화를 알아보고 소포장에 필요한 최적의 포장재질을 구명하기 위하여 수행하였다.

제2절 재료 및 방법

포장재료는 OPP 40 μ m(orientation polypropylene), OPP 50 μ m, PEPA 75 μ m (Polyethylene polyamide)로, OPP 40 μ m, OPP 50 μ m에는 BOPP+Anti·fog가 처리되었다. 저장 중 포장내의 CO₂ 및 C₂H₄은 gas chromatography(GC, model 680D, 영인과학, 한국)로 측정하였다(Park 등 1997). CO₂ 측정은 oven 온도를 150 $^{\circ}$ C, TCD 온도를 200 $^{\circ}$ C로 하여 승온식으로 0.2mL씩 주입하여 측정하였고, C₂H₄는 oven 온도를 225 $^{\circ}$ C, FID 온도를 200 $^{\circ}$ C에서 승온식으로 0.5mL씩 주입하였다. Column은 60/80 carboxen-1000, 15'×1/8" SS(2.1mm ID)(SUPELCO Inc., USA)를 사용하였다.

아세트알데히드 및 에탄올 측정은 Park 등(1997)의 방법에 준하여 GC를 이용하여 oven 온도 100 $^{\circ}$ C, FID 온도를 250 $^{\circ}$ C에서 승온식으로 0.5mL씩 주입하여 측정하였다. Column은 5% carbowax 20M 80/120 carboblackTMB, 2m 1/8" OD(2mm ID)(Restek Co., USA)를 사용하였고, 이동 gas는 고순도 질소를 이용

하였다. Ascorbic acid 분석은 시료에서 각 처리당 5g씩 채취하여 HPO₃ 20mL와 함께 균질기(10,000rpm)로 10분간 마쇄후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45 μ m membrane filter로 여과후 10 μ L씩 주입하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. 분석조건은 HPLC(model : SPD-10AV)의 조건은 UV-detector 254nm로 하고, column은 μ BondapakTMC₁₈(3.9mm ϕ ×30cm)으로 분석하였다. 저장중 중량감모율은 초기 중량에 대한 감량을 백분율로 계산하였다. 실험결과는 Duncan의 다중검정법과 평균과의 차이를 표준편차를 구하여 통계처리 하였다.

1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 토마토 ‘세계’(서울종묘)와 대파(금장외대파)를 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장방법은 각각의 포장재에 토마토 350g \pm 10g(22×25), 대파 250g \pm 10g(15×60)을 넣고 밀봉하여 13 $^{\circ}$ C 항온기에 10일간 저장하였다. 포장재질에 따른 생리·생태적 변화를 보기 위하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 품질변화를 보기 위해 당함량, ascorbic acid 및 수분손실량을 측정하였다. 측정은 1, 3, 5 및 10일에 각각 실시하였다. 당 분석은 토마토의 경우 과실의 중앙부에서, 대파는 연맥부에서 각각 5g씩을 채취하여 착즙 후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45 μ m membrane filter로 여과 후 10 μ L씩 주입하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. 당 분석은 HPLC(model : RID-10A, Shimadzu, Japan)의 RI detector, column은 Shim-pack SCR-101N (7.9mm ϕ ×30cm)로 환원당 및 비환원당을 분석하였다.

2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 상추(청치마), 시금치(입추시금치) 및 깻잎(잎들깨 1호)을 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장재는 상추와 시금치 100g, 깻잎 30g을 각각의 포장재에 넣고 밀봉하여 13℃ 항온기에 10일간 저장하였다. 포장재질에 따른 생리·생태적 변화를 보기 위하여 실험 1과 동일한 방법을 이용하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 품질변화를 보기위해 엽록소, ascorbic acid 및 수분손실량을 측정하였다. 측정은 1, 3, 5 및 10일에 각각 실시하였다. 저장기간 동안 엽록소 변화는 chlorophyll meter(model : SPAD-502, minolta, Japan)로 처리당 10개체씩 선발하여 동일한 부위를 측정하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 포장재질이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

포장재 종류와 저장기간에 따른 CO₂ 변화를 살펴보았다. 토마토는 OPP 40 μ m의 경우 저장기간 동안 약 20% 내외로 크게 변화하지 않은 반면, OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m에서는 저장기간이 길어짐에 따라 계속 증가하여 저장 10일째 약 42% 내외의 높은 CO₂ 농도를 나타냈다. 대파는 OPP 40 μ m내에 CO₂ 함량이 가장 낮았으며 OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 간에는 차이를 보이지 않았다(Fig. 1). 에틸렌의 경우 토마토는 저장 1일째 OPP 40 μ m에서 28ppm으로 가장 낮게 나타났으며, PEPA 75 μ m 및 OPP 50 μ m 순으로 높았다. 저장기간에 따른 변화는 저장

5일 후부터 전반적으로 서서히 감소하는 경향을 보였으나, PEPA 75 μm 의 경우 감소하지 않고 일정하게 유지되어 저장 최종일인 15일에 에틸렌 농도가 가장 높았다. 에틸렌 농도는 저장 5일째까지 PEPA 75 μm 에 비해 OPP 50 μm 에서 높게 나타났는데 이는 두 포장재 간에 기체투과도 차이가 OPP 40 μm 에 비해 상대적으로 매우 낮아 기체투과도 보다는 측정 시료에 의한 영향을 더 크게 받았기 때문이라고 생각된다. 대과의 경우 저장 1일부터 빠르게 증가하여 3일째 최고치를 보였으며 그 후 급격한 감소를 나타내었다(Fig. 2).

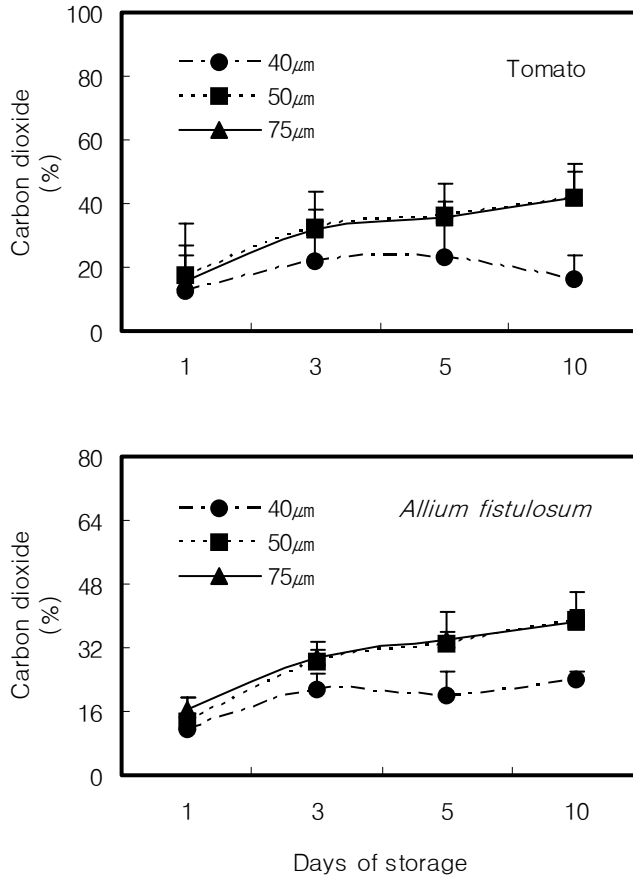


Fig. 1. Change in carbon dioxide contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

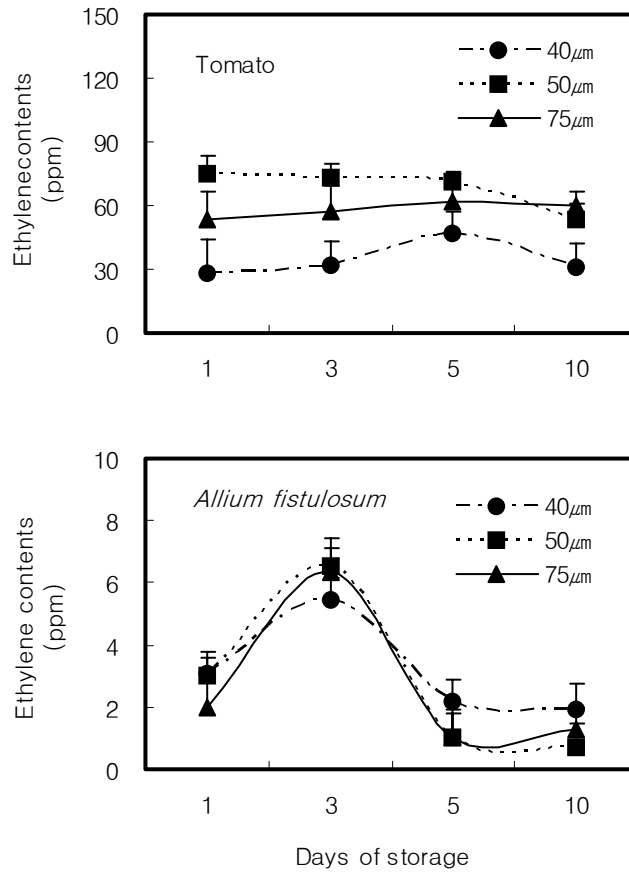


Fig. 2. Change in ethylene contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

포장재 종류에 따른 아세트알데히드 농도 변화는 토마토의 경우 저장 10일째 OPP 40µm에서 0.3ppm, OPP 50µm에서 0.4ppm이었으며, PEPA 75µm에서 0.45ppm으로 가장 높게 나타났다. OPP 40µm의 경우 저장기간 동안 비교적 완만한 증가를 보인 반면, PEPA 75µm에서는 빠르게 증가하였다. 대파는 저장 3일째 OPP

40 μm , OPP 50 μm 및 PEPA 75 μm 순으로 높게 나타났는데, 저장기간이 연장됨에 따라 OPP 50 μm 및 PEPA 75 μm 에서 빠르게 증가하였다(Fig. 3).

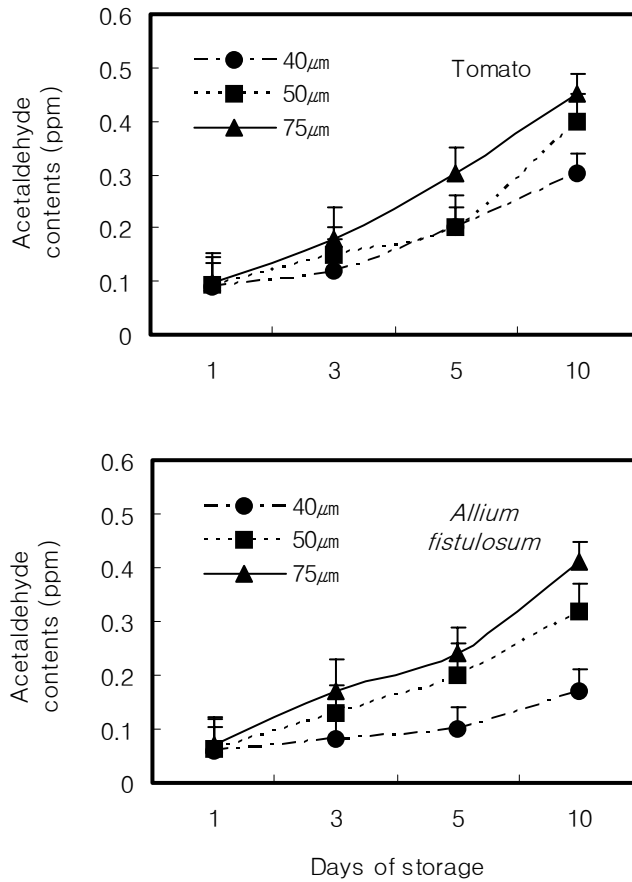


Fig. 3. Change in acetaldehyde contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

에탄올은 저장 5일까지는 비교적 완만한 증가를 보인 후 빠르게 증가하였는데 PEPA 75 μ m내에서 가장 높은 농도를 보였다. 대과는 저장기간이 길어짐에 따라 비교적 빠른 증가를 보였고, 포장재 종류에 따른 포장내 농도변화는 OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m에 비해 OPP 40 μ m에서 매우 낮게 유지되었다(Fig. 4).

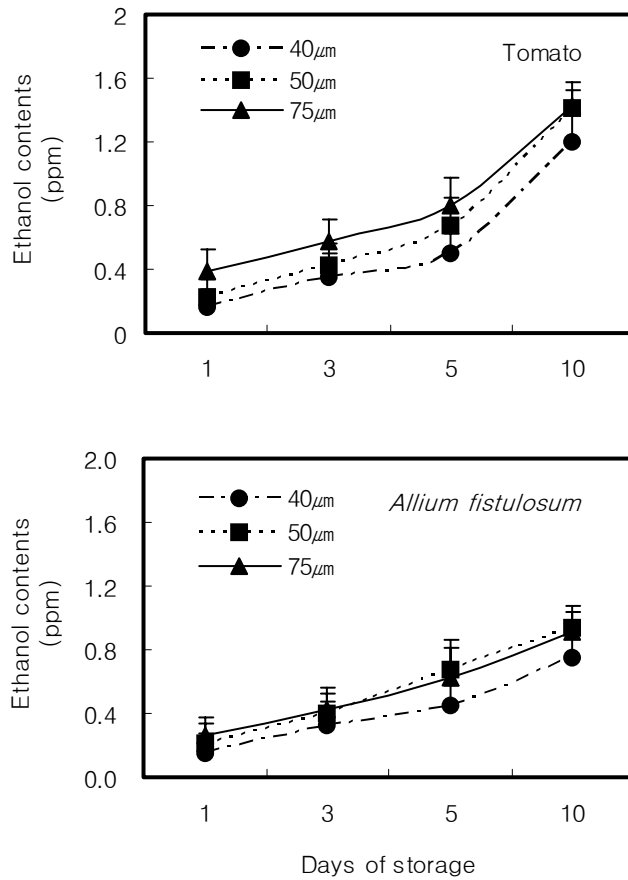


Fig. 4. Change in ethanol contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

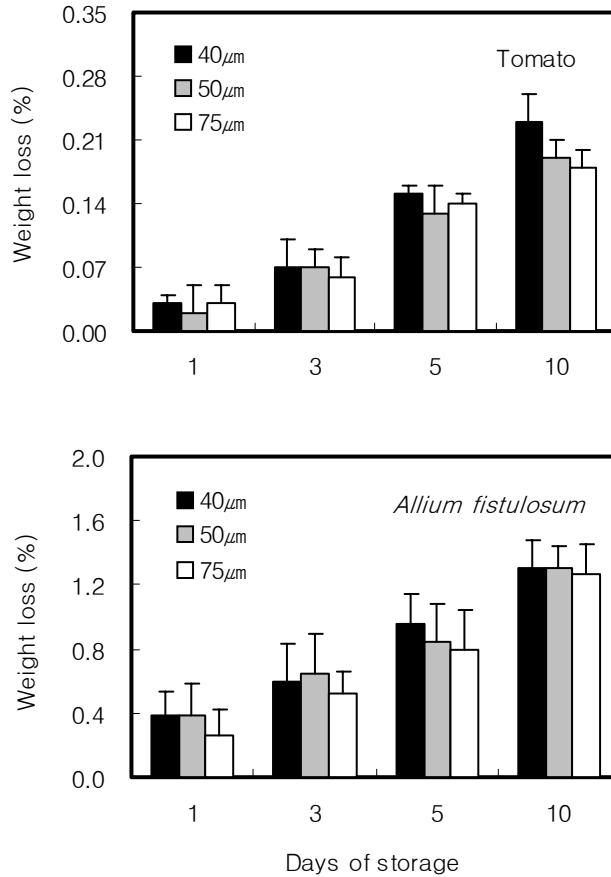


Fig. 5. Change in weight loss during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

수분손실을 보면 저장기간이 길어짐에 따라 서서히 증가하는 것을 알 수 있었다. 포장재 종류에 따른 생체중 감소는 OPP 40µm에서 가장 높았는데 이는 기체투과성이 가장 좋았기 때문에 내부 대기 가스조성상 산소의 농도가 가장 높아 가장 활발한 호흡이 이루어진 것과 수분투과도가 가장 높아 증발산에 의한 수분

손실도 가장 컸던 것이 원인이라고 생각한다. 한편 OPP 50 μ m과 PEPA 75 μ m에서 수분손실은 OPP 40 μ m에 비해 낮았으며 두 포장재 간에 차이는 크게 나타나지 않았다. 또한 OPP 40 μ m에서 생체중 감소는 토마토의 생체중 감소 허용범위 7% (Burton, 1982)보다 훨씬 적은 0.3% 미만이기 때문에 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 나타나지 않았다. 대과의 경우에도 기체투과도가 높았던 OPP 40 μ m에서 다소 높게 나타났다(Fig 5).

당 함량의 변화는 Fig. 6에 나타내었다. 토마토의 주요 구성당인 glucose와 fructose의 함량 변화를 분석한 결과 glucose에 비해 fructose에서 약 0.2% 정도 높게 나타났으며 저장기간 동안 포장재질에 따른 차이 없이 비교적 일정하게 유지되다가 저장 10일째 OPP 40 μ m에서 소량 감소한 것으로 나타났다. 기체투과도가 높았던 OPP 40 μ m에서 전당함량이 다소 감소한 것은 저장물질이 가수분해되는 과정에서 전분으로 저장되지 않고 호흡을 통해 당의 감소가 일어난 것으로 생각된다. 대과의 경우는 환원당(glucose+fructose)이 비환원당(sucrose)에 비해 4배 이상 높게 나타났으며 저장기간 동안 포장재질에 관계없이 일정하게 유지되었다.

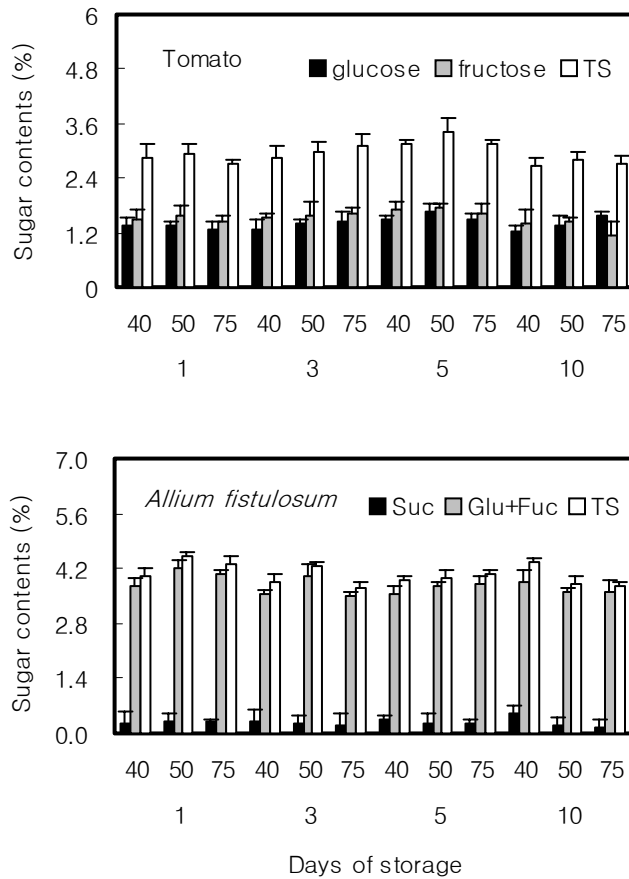


Fig. 6. Change in sugar contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

토마토의 ascorbic acid 함량은 저장기간이 연장됨에 따라 서서히 감소하다가 저장 5일후 급격히 감소하였다. 포장재 종류에 따른 ascorbic acid 함량은 OPP 40 μ m에서 높게 유지되었는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 OPP 40 μ m 포장

내에 과실의 노화를 유발시키는 에틸렌 농도가 다른 포장재에 비해 낮았기 때문 이라고 생각된다. 대파는 저장 1일부터 급격한 감소를 보였는데 특히 PEPA 75 μm 의 경우 저장 3일째 5.0mg/100g FW로 포장 전 16.8mg/100g FW에 비해 3배 이상 감소한 것으로 나타났다(Fig. 7).

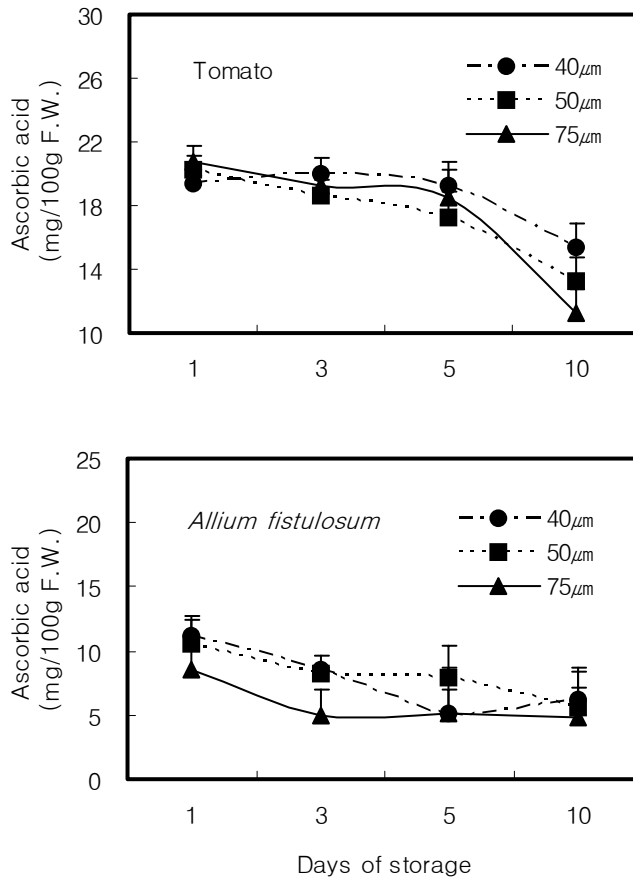


Fig. 7. Change in ascorbic contents during storage of tomato and *Allium fistulosum* at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

2. 포장재질이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

포장재 종류에 따른 CO₂ 함량은 상추의 경우 포장재 종류에 관계없이 저장 1일째 6% 내외로 낮게 나타났으나, 저장 5일째부터 OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 포장재내에 CO₂ 함량이 급증하여 10일에 각각 24.8% 및 23.9%로 OPP 40 μ m에 비해 2배 이상 차이를 나타냈다. 시금치와 깻잎은 OPP 40 μ m내에 CO₂ 함량이 가장 낮았으며 OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 간에 차이는 크지 않았다(Fig. 8).

포장재질에 따른 에틸렌 함량은 상추의 경우 저장 3일까지 빠르게 감소하였고 그 후 급증하여 5일에 최고치를 나타낸 후 다시 점감하였다. 에틸렌 농도는 PEPA 75 μ m 포장내에 변화의 폭이 다소 적었으며, 깻잎에서도 유사한 경향을 보였다. 시금치는 저장 1일째 에틸렌 함량이 0.50~0.57ppm으로 높게 나타났으나 저장기간이 길어짐에 따라 급격히 감소하였고 저장 5일부터 소량 증가하였다(Fig. 9).

포장내 아세트알데히드는 OPP 40 μ m에 비해 OPP 50 μ m, PEPA 75 μ m에서 높게 나타났으며 두 포장재 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 깻잎은 포장재 종류와 관계없이 저장 5일까지 완만한 증가를 보이다가 그 후 빠르게 증가하여 저장 10일째 PEPA 75 μ m에서 가장 높게 나타났다(Fig. 10).

저장기간에 따른 에탄올 농도 변화는 상추의 경우 저장기간이 길어짐에 따라 다소 완만한 증가를 보인 반면 시금치와 깻잎은 비교적 빠르게 증가하였다. 포장재 종류에 따른 포장내 농도 변화는 OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m에 비해 OPP 40 μ m에서 다소 낮게 유지되었다. 한편 시금치는 포장재 종류와 관계없이 저장 3일째까지 0.4ppm 내외로 비슷했으나, 5일째부터 PEPA 75 μ m, OPP 50 μ m 및 OPP 40 μ m 순으로 낮게 나타났다(Fig. 11).

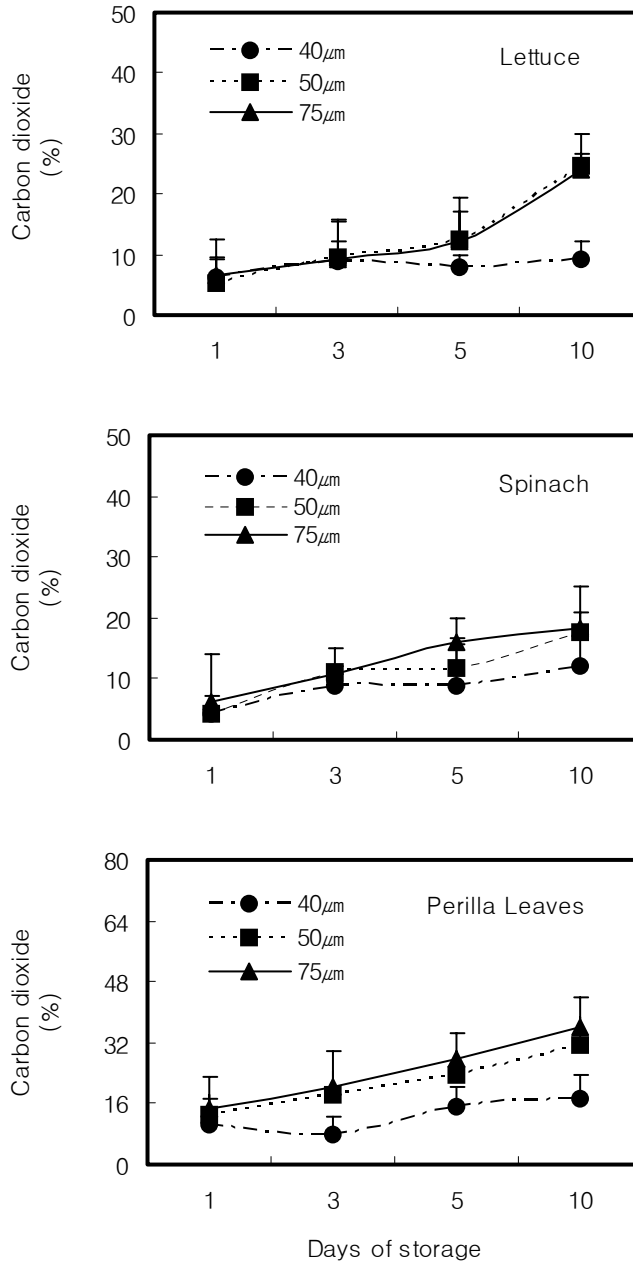


Fig. 8. Change in carbon dioxide contents during storage of some leafy vegetables at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

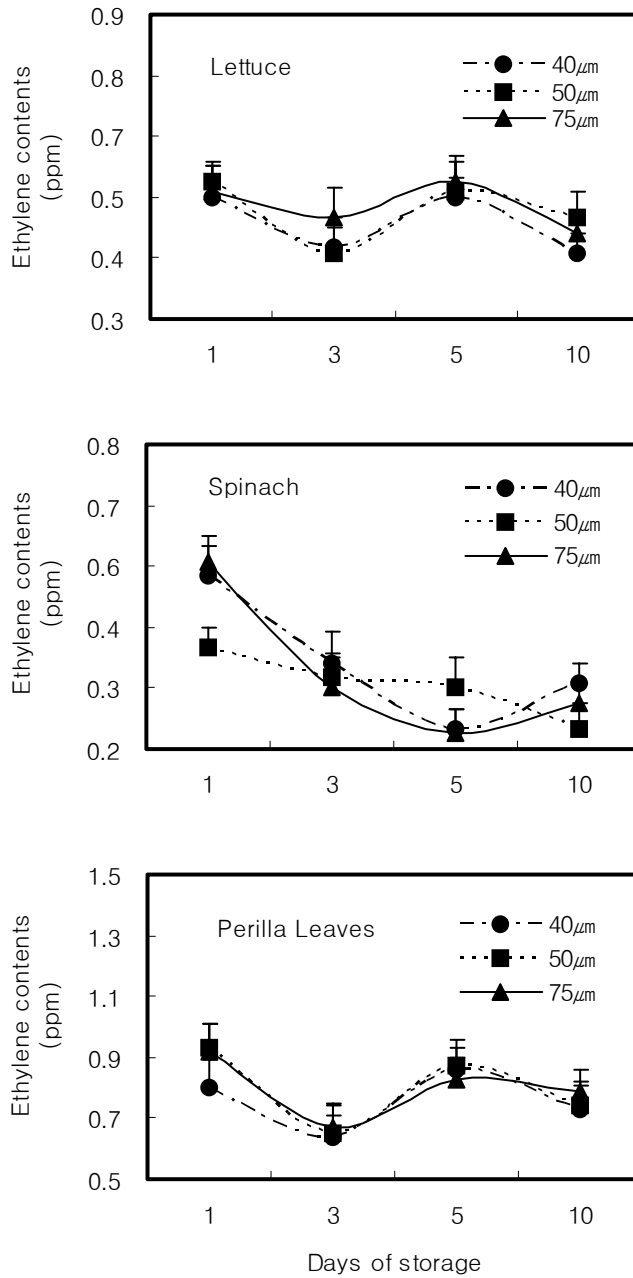


Fig. 9. Change in ethylene contents during storage of some leafy vegetables at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

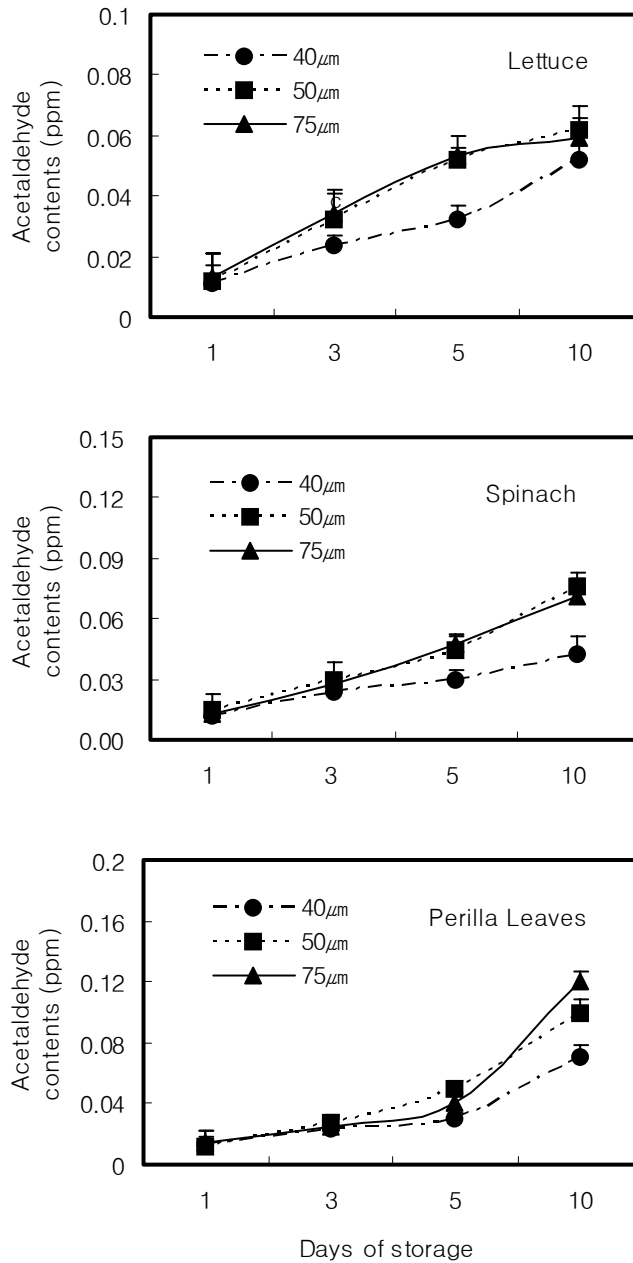


Fig. 10. Change in acetaldehyde contents during storage of some leafy vegetables at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

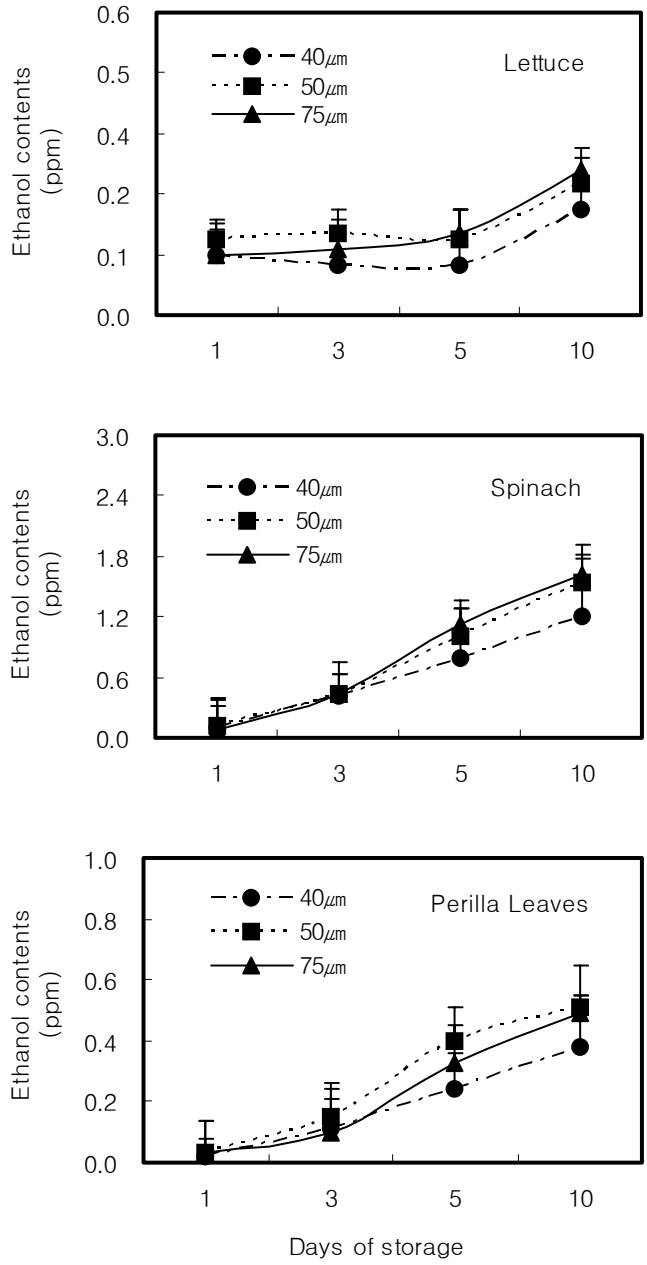


Fig. 11. Change in ethanol contents during storage of some leafy vegetables at 13°C as influenced by packaging materials. Vertical bars indicate standard errors.

수분손실율은 저장기간이 연장됨에 따라 서서히 증가했으나 시금치의 경우 저장 5일후부터 급격히 증가하여 저장 10일째 약 2% 내외의 높은 수분손실율을 보였다. 포장재질별로는 OPP 40 μ m, OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 순으로 낮게 나타났는데, 이는 OPP 40 μ m의 기체 투과성이 가장 높았기 때문에 내부 대기 가스조성상 산소의 농도가 가장 높아 가장 활발한 호흡이 이루어진 것과 수분투과도가 가장 높아 증발산에 의한 수분손실도 가장 컸던 것이 원인이라고 생각된다. 저장중 생체중 감소는 숙성, 황화 및 탈리를 촉진하며 경도, 비타민 A와 C의 감소를 유발하고, 외관상 품질저하의 원인이 된다고 하였다(Lee, 1996). 일반적으로 엽채류 저장시 생체중 감소는 3~5% 정도까지 허용되는데, 본 연구에서 수분손실은 모두 2.5% 이내에서 이루어졌기 때문에 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 나타나지 않았다(Fig. 12).

Ascorbic acid 함량은 저장기간이 연장됨에 따라 전반적으로 서서히 감소하였으며, 포장재 종류별로는 PEPA 75 μ m 포장에서 다소 낮게 나타났다(Table 1). 이는 PEPA 75 μ m 내에 높게 축적된 이산화탄소와 에틸렌이 그 원인인 것으로 생각된다. 엽록소 측정 결과에 따르면 시금치의 경우 저장기간이 길어질수록 엽록소 함량도 서서히 감소하였으며 포장재 종류에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 이는 깻잎에서도 유사한 경향을 보였으나 상추는 엽록소 함량이 포장전에 비해 다소 높아지는 경향을 나타내었다(Table 2).

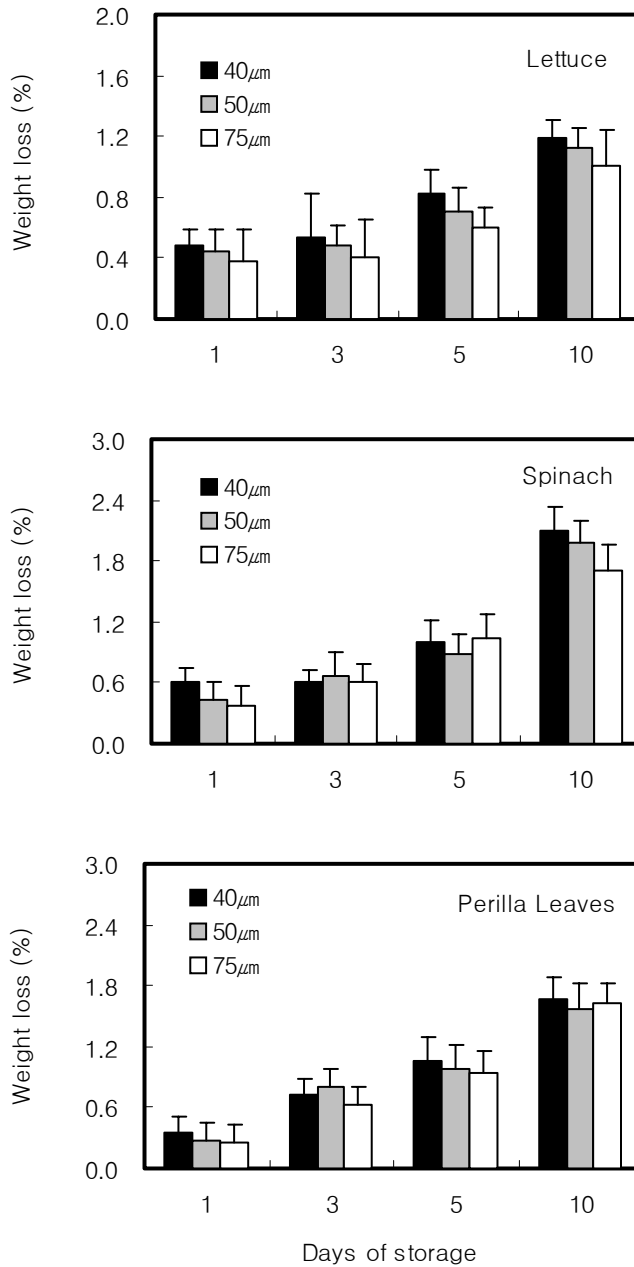


Fig. 12. The change of fresh weight in MA storage of some leafy vegetables at 13°C influenced by kinds of films. Vertical bars indicate standard errors.

Table 1. The change of ascorbic acid contents in MA storage of some leafy vegetables at 13°C influenced by kinds of films.

Storage time(day)	Kinds of films	Ascorbic acid(mg/100g FW)		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
Initial	-	6.03	15.68	7.62
1	OPP ^z - 40 μ m	7.06 a ^x	15.45 a	9.72 a
	OPP - 50 μ m	7.11 a	15.58 a	8.36 b
	PEPA ^y - 75 μ m	6.92 b	15.70 a	8.93 b
3	OPP - 40 μ m	5.94 a	15.04 a	7.26 a
	OPP - 50 μ m	6.00 a	14.92 b	6.35 b
	PEPA - 75 μ m	5.72 b	14.96 a	6.21 b
5	OPP - 40 μ m	5.47 a	15.26 a	8.32 a
	OPP - 50 μ m	5.34 a	14.73 b	7.21 b
	PEPA - 75 μ m	5.23 a	14.54 b	7.56 b
10	OPP - 40 μ m	5.84 b	14.52 a	5.32 a
	OPP - 50 μ m	6.12 a	14.32 a	4.39 b
	PEPA - 75 μ m	5.73 c	14.47 a	4.72 b

^zOPP; Orientation polypropylene

^yPEPA; Polyethylene polyamide

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 2. The change of chlorophyll contents in MA storage of some leafy vegetables at 13°C influenced by kinds of films.

Storage time (day)	Kinds of films	Chlorophyll contents (SPAD-502 unit)		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
Initial	-	27.7	34.8	68.2
1	OPP ^z - 40 μ m	33.2 a ^x	32.5 c	67.0 a
	OPP - 50 μ m	30.9 b	34.7 a	65.5 c
	PEPA ^y - 75 μ m	30.2 b	33.9 b	66.0 b
3	OPP - 40 μ m	26.2 c	34.4 a	64.8 a
	OPP - 50 μ m	27.9 b	29.2 c	64.3 a
	PEPA - 75 μ m	28.0 a	31.8 b	63.5 b
5	OPP - 40 μ m	29.5 c	32.2 b	62.8 b
	OPP - 50 μ m	30.7 b	28.9 c	63.5 a
	PEPA - 75 μ m	32.6 a	34.7 a	62.9 b
10	OPP - 40 μ m	30.9 c	30.0 b	61.4 b
	OPP - 50 μ m	32.0 b	31.9 a	61.6 b
	PEPA - 75 μ m	33.8 a	29.1 c	62.2 a

^zOPP; Orientation polypropylene

^yPEPA; Polyethylene polyamide

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

제4절 결과 요약

본 연구는 각각의 포장재료를 이용하여 토마토, 대파 및 엽채류 등을 소포장할 경우 포장재질과 저장기간에 따른 생리·생태적 변화를 알아보고 가장 적합

한 포장재질을 구명하기 위해 수행되었다. 포장재 종류에 따른 CO₂ 함량은 기체투과도가 높은 OPP 40 μ m에서 가장 낮았고, OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 간에 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 에틸렌 농도 변화는 엽채류에서 그 변화의 모습이 다양하게 나타났는데 저장기간이 길어짐에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다. 토마토의 경우 저장 1일째 OPP 40 μ m에서 28ppm, OPP50 μ m에서 75ppm, 그리고 PEPA 75 μ m에서 53ppm으로 각각 나타났으며, 저장기간 동안 비교적 일정하게 유지되었다. 아세트알데히드 및 에탄올의 경우에는 저장기간이 증가함에 따라 전반적으로 증가하였는데, OPP 40 μ m에서 비교적 완만하게 이루어져 저장 최종일에 가장 낮은 농도를 나타내었다. 엽채류에서의 수분손실은 저장기간 동안 서서히 증가했으며, 포장재질별로는 OPP 40 μ m, OPP 50 μ m 및 PEPA 75 μ m 순으로 낮게 나타났다. 토마토에서도 OPP 40 μ m에서 수분손실이 가장 적었으나 OPP 50 μ m과 PEPA 75 μ m 간에 차이는 크게 나타나지 않았다. 대파의 경우 저장 5일째 OPP 40 μ m에서 높은 수분손실을 보였으나 저장 10일째에는 포장재질에 따른 수분손실이 비슷하였다. 엽채류의 ascorbic acid 함량 변화는 전반적으로 서서히 감소하는 경향을 나타내었고, 그 중 PEPA 75 μ m에서 가장 크게 감소한 것으로 나타났다. 이는 대파에서도 유사한 경향을 보였으나 토마토의 경우에는 저장 10일째 OPP 40 μ m에서 15.3mg/100g FW로 이전과 다른 결과를 보였다. 토마토와 대파의 당 함량 변화는 각각의 포장재에 따른 차이 없이 저장 10일째 전반적으로 소폭 감소하였다. 엽채류의 엽록소 함량은 저장기간에 따라 서서히 감소하는 것으로 나타났으나 필름종류에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 산지에서 생산된 토마토, 대파 및 엽채류 등을 소포장을 통해서 직접 유통 판매하고자 할 경우 기체투과도가 높은 OPP 40 μ m을 이용한다면 CO₂ 장해 및 이취의 발생을 가장 최소화할 수 있으리라 판단된다.

인 용 문 헌

- Akihiko, O., T. Koizumi, K. Yamamoto, T. Furuya, H. Yamakawa, and K. Ogawa. 1989. A study on variable low pressure storage for cabbage and turnip. *J. Japan Soc. Food. Sci. Tech.*, 36, 369
- Arpaia, M.L., F.G. Mitchell, G. Mayer, and A.A. Kader. 1984. Effect of delays in establishing controlled atmospheres on kiwifruit softening during following storage *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109, 768
- Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packaging of fruits and vegetables in plastic film, a new post-harvest technique. *HortScience* 20 : 32-37
- Carol F. Johnson, Maxie, E.C. and Elizabeth M. Elbert. 1965. Physical and sensory tests on fresh strawberries subjected to gamma radiation. *Food Technol.*, 3, 119
- Golomb, A.S., S. Ben-Yehoshua, and Y. Sarig. 1984. Polyethylene wrap improves healing and lengthens shelf life of mechanically-harvested grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:155-159.
- Ichiro K. 1973. Low pressure storage of fruits simple apparatus for low pressure storage and its application to white peaches and Jonathan apples. *J. Japan Soc. Food. Sci. Tech.*, 20, 331
- Isenberg, F.M. and R.M. Sayles. 1969. Modified atmosphere storage of danish cabbage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:447-449
- Jeong J.C., K.W. Park, and Y.J. Yang. 1990.: The influence of packaging with high-density polyethylene (HDPE) film on the quality of leaf lettuce stored at low temperature. *J. Kor. Hort. Soc.* 31: 219-225

- Lee, S.K. 1996. Postharvest physiology of horticultural crops(korean). sungkunsu p.11, 187.
- Mitsuaki, A. and H. Makino. 1981. Effects of maturity at the harvest and low temperature distribution on keeping quality of strawberry fruits. J. Japan Soc. Hort. Sci., 49, 583
- Park, K.W., C.H. Choi, and K.W. Park. 1992. The influence of low storage temperature and packaging with high-density polyethylene film and ceramic film on the shelf-life of various wild vegetables. Res. Rpt., Col. of Natural Resources.(Korea Univ.) 32:101-111.
- Park, K.W., M.H. Lee, and G.P. Lee. 1993. Effect of trimming, storage temperature and kind of film packaging of the shelf life of brussels sprouts. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34:421-429
- Responses V., J.E. Packer, and E.A. Macrae. 1989. Responses of Fuyu persimmon to Irradiation. Hortscience, 24, 635
- Sacher, T.A. 1973. Senescence and postharvest physiology. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:197-224
- Saguy, I. and C.H. Mannheim. 1975. The effects of selected plastic film and chemical dips on the shelf-life of marmande tomatoes. J. Food Technol., 10, 547
- Seymour, G.B., M.N. Daye, H. Wainwright, and G.A. Tucker. 1990. Effects of cultivar and harvest maturity on ripening of mangoes during storage. J. Hort. Sci, 65. 479

제5장 몇 몇 채소류의 active MA 소포장시 품질변화에 미치는 영향

제1절 서설

제2절 재료 및 방법

1. Active MA 포장에 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향
2. Active MA 포장에 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

제3절 결과 및 고찰

1. Active MA 포장에 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향
2. Active MA 포장에 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

제4절 결과요약

인용문헌

제5장 몇 몇 채소류의 active MA 소포장시 품질 변화에 미치는 영향

제1절 서 설

세계적으로 지금까지 많은 연구자에 의해 저장중인 과수류와 채소류의 품질유지와 병원균이나 생리장해에 의한 손실을 감소시키기 위한 부단한 연구가 진행되었다(Klien과 Lurie, 1992). 그 한 방법으로 저장고의 대기환경을 조절하는 CA 저장(Admicki와 Kepta, 1997; Burton, 1947, Henze, 1977)이 광범위하게 이루어져 왔으며, 최근에는 HDPE(high density polyethylene) film 포장 등을 이용하는 많은 연구(Aharoni와 Ben-Yehoshua, 1973; Ben-Yehoshua 등, 1979; Hong 등, 1986)가 이루어지고 있다. 이러한 CA 저장이나 HDPE film 포장은 산소와 이산화탄소의 조절을 통해 호흡을 억제하는 방식으로, CA 저장은 저장고내에서 이루어지며 HDPE film 포장과 같은 MA 저장은 비닐필름 내에서 이루어지는 것이 그 차이점이라고 할 수 있다.

Active MA 포장이란 앞서 언급한 CA 저장과 MA 저장방법을 함께 조합한 방식으로 포장지내에 산물을 넣을 때 임의로 조절된 혼합가스를 함께 충전함으로써 호흡억제는 물론 병원균이나 생리장해, 외부로부터의 충격완화 등에 큰 효과를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 밀봉된 포장지내에 공급된 소량의 산소함량은 산물의 호흡을 통해 빠르게 소모되므로 낮은 산소농도에 의한 생리장해를 일으킬 수 있을 뿐만 아니라, 이취 발생으로 상품성 저하가 문제될 수 있기 때문에 저온에서 매우 단기간에 이루어져야 하는 단점도 가지고 있다. 따라서 산지에서 수확한 산물을 포장재를 이용하여 직접 소포장하고 이를 인터넷 쇼핑

이나 대형마트를 통해 직접 유통하고자 할 때 용기내 산소함량을 다소 높게 하여 포장한다면 이취발생 및 저산소 장해에 대한 문제를 극복할 수 있으리라 생각된다. 그러나 무리한 산소충진은 산물에 호흡을 높게 유발하여 CO₂ 축적에 의한 생리장해 및 품질변화를 가져올 수 있다.

본 연구에서는 몇몇 원예산물을 수확하여 active MA 방식을 이용해 포장하고자 할 때 최적의 혼합가스 농도비율을 구명하여 자동화 프로그램을 개발하기 위한 기초 연구와 이를 활용하여 이취발생 억제 및 품질저하를 최소화 할 수 있는 가스 농도를 구명하고자 실시하였다.

제2절 재료 및 방법

1. Active MA 포장이 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 토마토 '세계'(서울종묘)와 대파(금장외대파)를 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장방법은 진공용 포장지 PEPA 75 μ m(Polyethylene polyamide)에 토마토 350 \pm 10g(22 \times 25cm), 대파 250 \pm 10g(15 \times 60cm)을 넣고 임의로 조절된 혼합가스와 함께 밀봉하여 실온(약 27 $^{\circ}$ C)에서 5일간 측정하였다. 가스처리는 무처리(공기) 및 active MA(CO₂:O₂ = 6:2, 0:10, 0:30, 0:50)로 하였다. 가스처리에 따른 생리·생태적 변화를 알아보기 위하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 조사하였고, 저장 중에 발생하는 품질변화를 보기위해 ascorbic acid, 수분손실 및 관능평가를 1, 3 및 5일에 각각 실시하였다.

저장 중 포장내의 CO₂ 및 C₂H₄은 gas chromatography(GC, model 680D, 영인과학, 한국)로 측정하였다(Park등 1997). CO₂ 측정은 oven 온도를 150 $^{\circ}$ C, TCD

온도를 200℃로 하여 승온식으로 0.2mL씩 주입하여 측정하였고, C₂H₄는 oven 온도를 225℃, FID 온도를 200℃에서 승온식으로 0.5mL씩 주입하였다. Column은 60/80 carboxen-1000, 15'×1/8" SS(2.1mm ID)(SUPELCO Inc., USA)를 사용하였다. 아세트알데히드 및 에탄올을 측정은 Park 등(1997)의 방법에 준하여 GC를 이용하여 oven 온도 100℃, FID 온도를 250℃에서 승온식으로 0.5ml씩 주입하여 측정하였다. Column은 5% carbowax 20M 80/120 carboblackTMB, 2m 1/8" OD×2mm ID(Restek Co., USA)를 사용하였고, 이동 gas는 고순도 질소를 이용하였다. Ascorbic acid 함량의 분석은 시료에서 한 처리당 5g씩 채취하여 HPO₃ 20ml와 함께 균질기(10,000rpm)로 10분간 마쇄후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45μm membrane filter로 여과후 10μL씩 주입하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. HPLC(model : SPD-10AV)의 분석조건은 UV-detector 254nm로 하였고, column은 μ BondapakTMC₁₈(3.9mmØ × 30cm)으로 분석하였다. 당 분석은 토마토의 경우 과실의 중앙부에서, 대과는 연맥부에서 각각 5g씩을 채취하여 착즙 후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액을 0.45μm membrane filter로 여과 후 10μL씩 주입하여 HPLC로 분석하였다. 당 분석은 HPLC(model : RID-10A, Shimadzu, Japan)의 RI detector, column은 Shim-pack SCR -101N(7.9mmØ × 30cm)로 환원당 및 비환원당을 분석하였다.

품질변화를 보기 위한 관능평가는 5명으로 구성된 panel team이 별도의 등급표(4=excellent, 3=good, 2=moderate /marketable, 1=poor, 0=very poor)에 의하여 visual quality 및 off-flavour를 조사하였으며 이들을 종합적으로 판단하여 유통기간을 조사하였다. 저장중 중량감모율은 초기 중량에 대한 감량을 백분율로 계산하였다. 토마토는 저장기간 동안에 착색정도를 알아보기 위해 색채색차계(Minolta CR-300, Japan)를 이용하여 처리당 10과씩 3반복으로 Hunter "a" 값을 측정하였다.

2. Active MA 포장에 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

강원도 춘천시 농가에서 관행적인 방법에 의해 재배된 상추(청치마), 시금치(입추시금치) 및 깻잎(잎들깨 1호)을 각각 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장은 상추와 시금치 100g(22×30cm), 깻잎 30g(18×20cm)을 진공용 포장지 PEPA 75 μ m(polyethylene polyamide)에 각각 넣고 임의로 조절된 혼합가스와 함께 밀봉하여 실온(약 27 $^{\circ}$ C)에서 5일간 측정하였으며, 가스처리는 실험 1과 동일하게 하였다. 가스처리에 따른 생리·생태적 변화를 알아보기 위하여 CO₂, C₂H₄, 아세트알데히드 및 에탄올을 측정하였고, 저장중에 발생하는 품질변화를 보기 위해 당, ascorbic acid, 수분손실 및 관능평가를 실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다. 엽록소 함량은 chlorophyll meter(model : SPAD-502, minolta, Japan)로 처리당 10개체씩 선발하여 동일한 부위를 측정하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. Active MA 포장에 토마토 및 대파의 품질변화에 미치는 영향

혼합가스 처리에 따른 호흡량은 토마토의 경우 저장 1일에 0:30 및 0:50 처리구에서 33.0mg · kg⁻¹ · h⁻¹ 내외로 높은 호흡량을 보였으나, 6:2 처리구는 17.7mg · kg⁻¹ · h⁻¹로 매우 낮았다. 대파는 0:30과 0:50에서 6:2 처리구에 비해 2배 이상 높은 호흡량을 나타냈다(Fig. 1). 일반적으로 공기내 포함된 산소의 함량은 약 20% 내외로서 6:2 처리구에서 호흡이 낮게 나타난 이유는 밀폐된 포장지내에 낮은 산소함량이 호흡을 억제시켰기 때문이라고 생각된다.

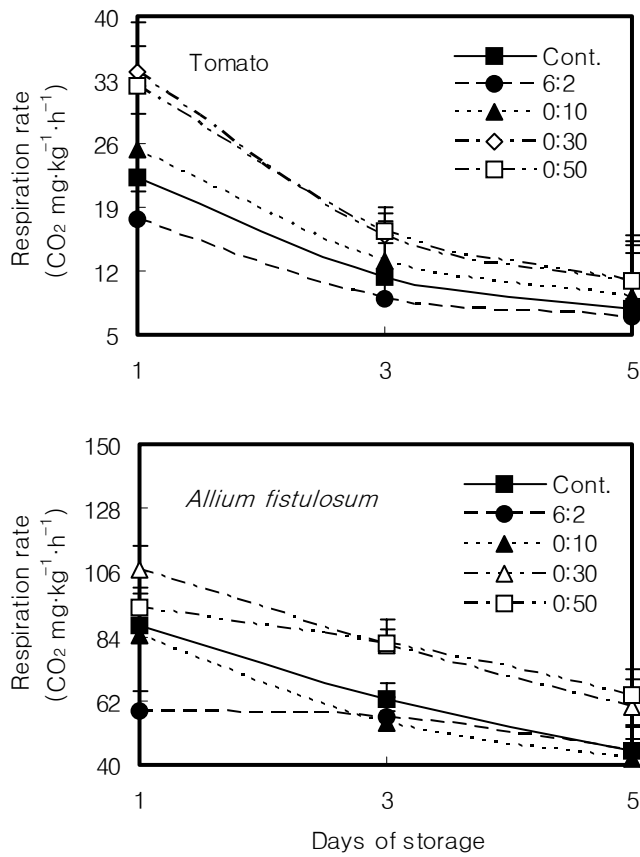


Fig. 1. The change of respiration rate in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 에틸렌 발생은 저장초 0:30과 0:50 처리구에서 각각 $4.88\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $4.47\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 타 처리구에 비해 2~3배 높게 나타났으며, 저장기간 동안 빠르게 감소하여 저장 최종일에 $0.30\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 내외로 낮았다. 반면 호흡량이 낮았던 무처리, 6:2 및 0:10 처리구에서는 에틸렌 발생 또한 낮게 나타났으며,

저장기간이 연장됨에 따라 서서히 감소하였다. 대파는 저장 3일째 에틸렌 발생이 0:50, 무처리, 0:30, 0:10 및 6:2 처리구 순으로 낮게 나타나 호흡량과 에틸렌 발생이 비례관계에 있음을 알 수 있었다(Fig. 2).

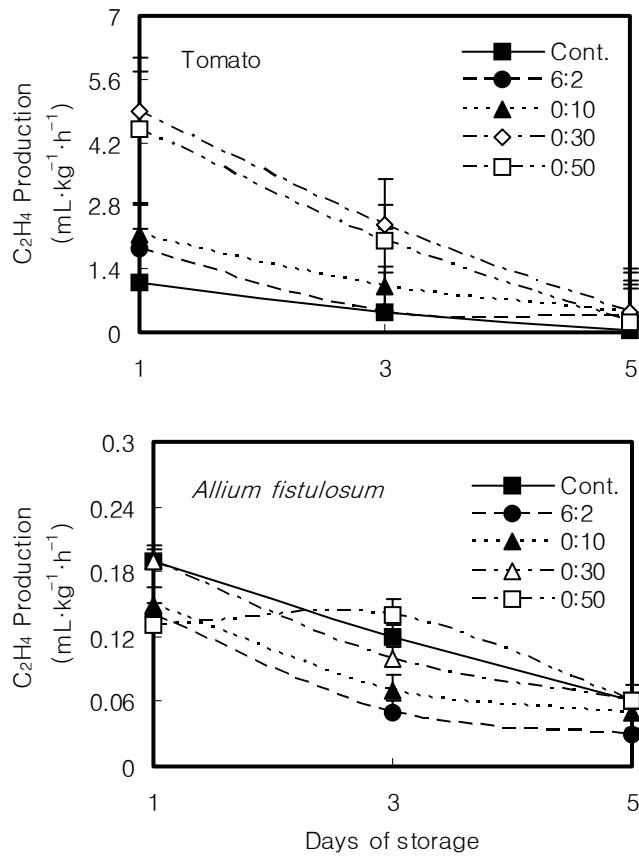


Fig. 2. The change of ethylene production in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

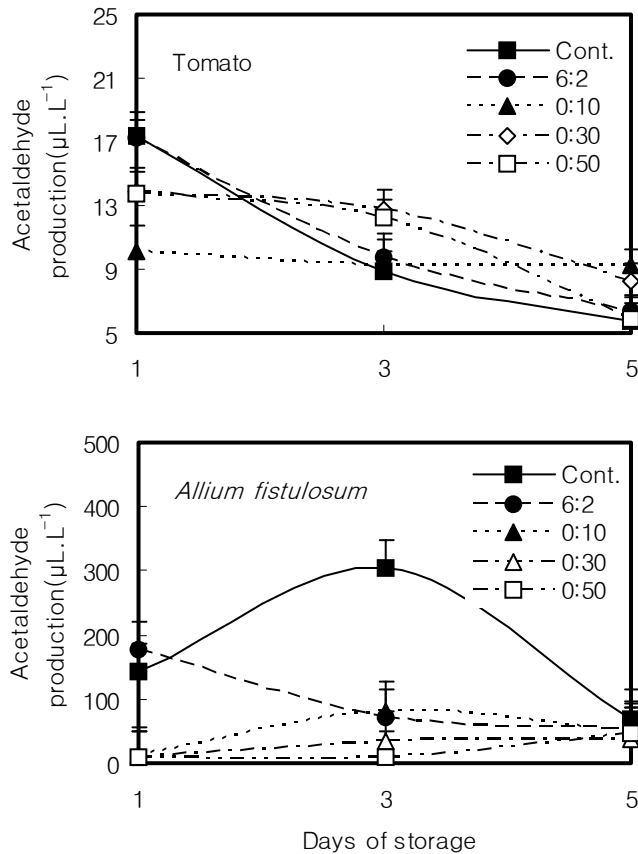


Fig. 3. The change of acetaldehyde production in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 아세트알데히드 발생은 저장 1일에 무처리와 6:2 처리구에서 17.0 $\mu\text{L.L}^{-1}$ 내외로 가장 높게 나타났으며, 0:30, 0:50 및 0:10 처리구 순으로 낮았다. 그러나 저장기간이 연장됨에 따라 무처리와 6:2 처리구에서 빠른 속도로 감소하는 경향을 나타냈다. 대파는 산소 함량을 높게 처리한 0:30과 0:50 처리구에서 아세트알데히드 발생이 낮게 유지되었다(Fig. 3).

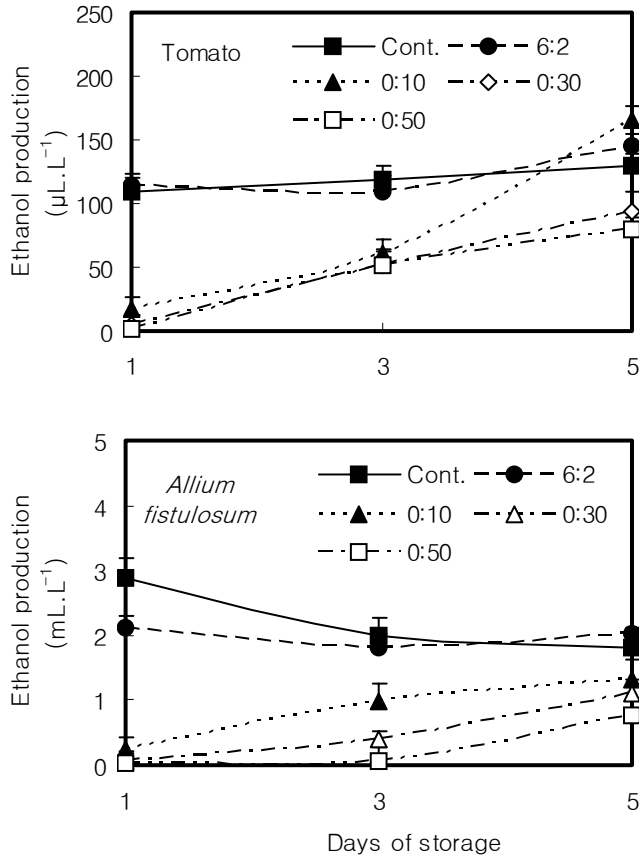


Fig. 4. The change of ethanol production in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 에탄올 발생은 저장 1일에 0:10, 0:30 그리고 0:50 처리구에서 17.4mL.L^{-1} , 4.8mL.L^{-1} 및 1.9mL.L^{-1} 로 무처리와 6:2 처리구에 비해 현저히 낮았으나, 0:10은 저장 3일 이후부터 급격히 증가하여 저장 5일째 최고치인 165.0mL.L^{-1} 를 나타내었다. 대과는 0:30과 0:50 처리구에서 무처리구와 6:2 처리구에 비해 에탄올 발생이 낮았는데, 이는 용기내 충전된 높은 산소함량이 계속해서 저장산물에 산소를 공급함으로써 유기호흡에서 무기호흡으로의 전환을 지연

시킨 결과라고 생각한다(Fig. 4).

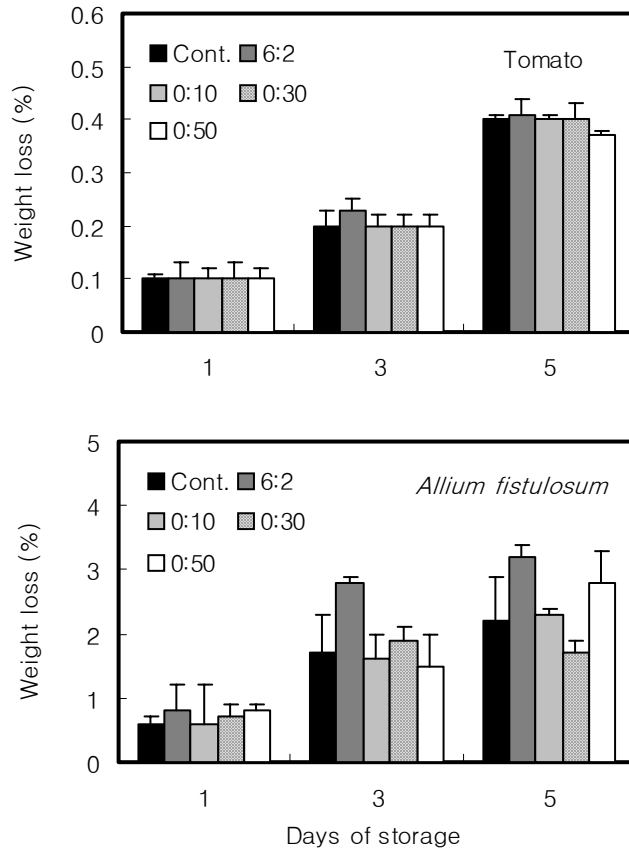


Fig. 5. The change of weight loss in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

수분손실율은 토마토의 경우 각각의 가스처리에 관계없이 저장기간 동안 빠르게 증가하였는데, 생체중 감소 허용범위 7%(Burton, 1982)에 비해 훨씬 적어

생체중 감소로 인한 상품성 상실은 나타나지 않았다. 대과는 저장기간 동안 전반적으로 꾸준한 증가 추세를 보였는데, 6:2 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 변화의 양상이 불규칙하게 나타나 가스처리에 의한 차이는 인정되지 않았다. 이처럼 호흡이 비교적 활발히 진행되었던 0:30과 0:50 처리구에서 수분손실율이 크게 차이를 보이지 않은 것은 포장내에 높은 상대습도가 증산작용을 억제시켰기 때문이라고 생각된다. 대과는 6:2 처리구에서 수분손실이 높게 나타난 것은 호흡을 통한 증산작용의 결과이기 보다는 높은 이산화탄소 처리에 의한 CO₂ 장해로 조직이 부패될 때 이탈된 수분 양이 더 크게 작용했기 때문이라고 판단된다 (Fig. 5).

토마토의 주요 구성당인 glucose와 fructose의 함량 변화는 각각의 가스처리와 관계없이 모두 비슷하게 나타났으며, 저장 5일째 소량 감소하는 경향을 나타냈다. 대과는 환원당(glucose+fructose)과 비환원당(sucrose)으로 분석하였는데, 가스처리에 따른 당 함량 차이가 다소 불규칙하게 나타나 가스처리에 의한 차이 보다는 이용된 시료에 의한 차이가 더 크게 나타난 것으로 판단된다. 한편 저장기간 동안 전당함량은 4.5% 내외로 일정하게 유지되었다.

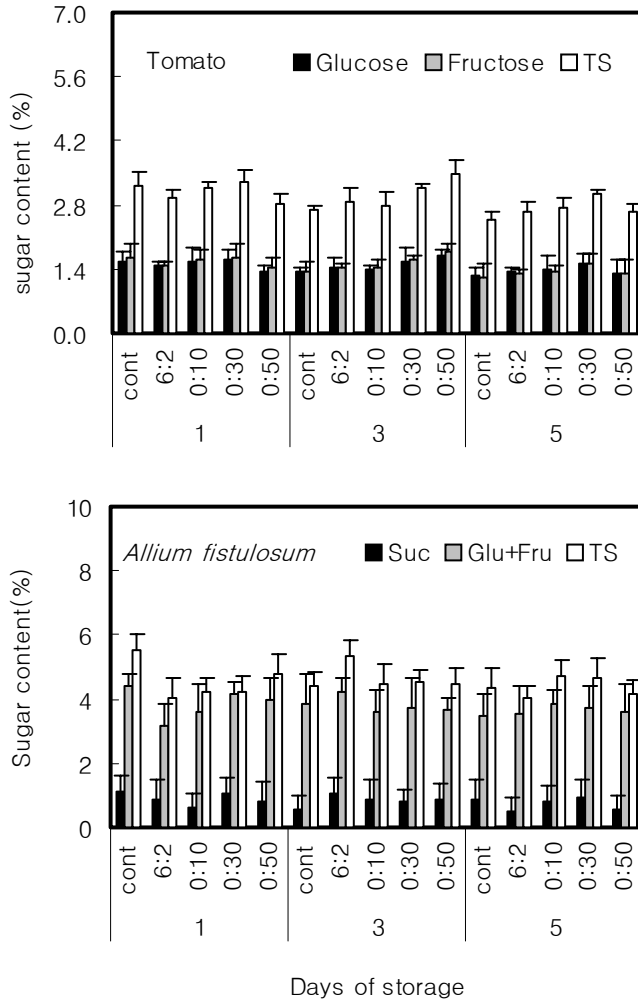


Fig. 6. The change of sugar contents in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

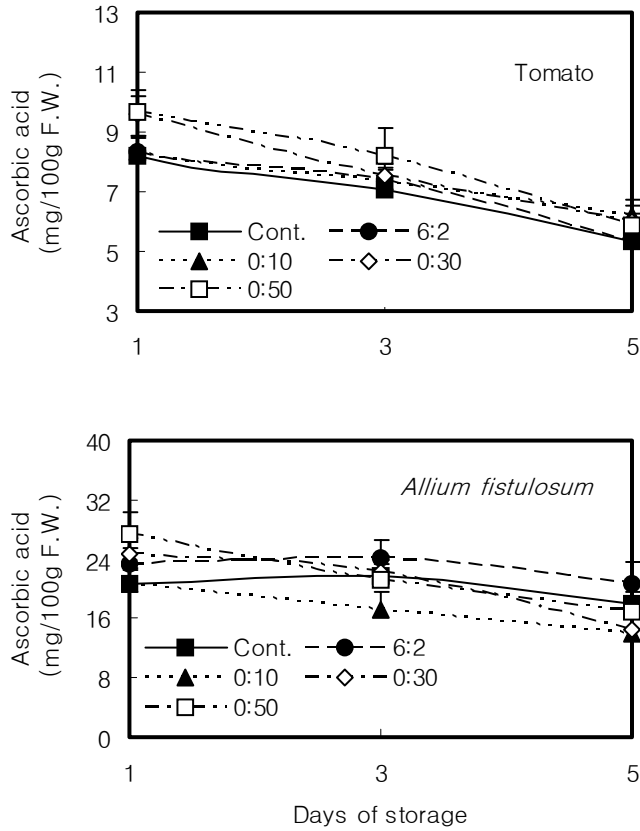


Fig. 7. The change of ascorbic acid contents in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum* at RT influenced by mixed gas. Vertical bars indicate standard errors. RT; room temperature (about 27°C)

토마토의 ascorbic acid 함량은 0:30과 0:50 처리구에서 감소폭이 비교적 큰 것으로 나타났다. 대파의 경우에도 무처리와 6:2 처리구에서 저장기간 동안 일정한 수준을 유지하였으나, 호흡량이 다소 높았던 0:10, 0:30 및 0:50 처리구에서는 서서히 감소하는 것을 알 수 있었다(Fig. 7).

Table 1. The change of quality^z in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum*.

Storage time (day)	Kinds of mixed gas (CO ₂ :O ₂)	Visual quality		Off-flavour	
		Tomato	<i>Allium fistulosum</i> .	Tomato	<i>Allium fistulosum</i> .
1	cont	2.8 e ^Y	4.0 a	2.6 c	4.0 a
	6:2	3.0 d	4.0 a	2.6 c	4.0 a
	0:10	3.2 c	4.0 a	3.2 b	4.0 a
	0:30	3.8 b	4.0 a	3.8 a	4.0 a
	0:50	4.0 a	4.0 a	3.8 a	4.0 a
3	cont	1.8 c	3.6 b	2.0 c	2.6 c
	6:2	1.2 d	3.2 c	1.0 e	1.8 d
	0:10	2.2 a	3.6 b	1.8 d	3.6 b
	0:30	2.0 b	3.8 a	2.2 b	3.8 a
	0:50	2.2 a	3.8 a	2.4 a	3.8 a
5	cont	0.2 c	2.0 d	0.4 d	0.8 c
	6:2	0.8 b	1.0 e	0.8 c	0.2 d
	0:10	0.8 b	2.2 c	0.8 c	1.0 b
	0:30	1.2 a	2.6 b	1.4 a	1.2 a
	0:50	1.2 a	2.8 a	1.2 b	1.2 a

^zSensory evaluation table : 4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor.

^YMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

혼합가스 비율을 달리하여 일정기간 동안 관능평가를 실시한 결과 토마토는 저장 3일째 무처리, 6:2 및 0:10 처리구에서 판매가 불가능한 것으로 나타났는데, 0:10 처리구의 경우 이취발생이 제한요소로 작용함을 알 수 있었다. 대파의 경우에도 저장 5일에 6:2 처리구에서 판매불가 점수를 받는데 반해, 0:50 처리구는 외관품질과 이취발생 모두에서 가장 높은 점수를 나타내었다(Table 1).

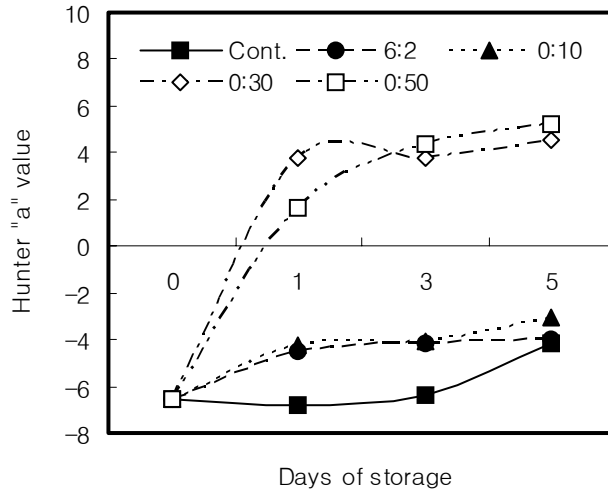


Fig. 8. The change of Hunter "a" value in active MA storage of tomato and *Allium fistulosum*. Vertical bars indicate standard errors.

포장전 토마토의 Hunter "a" 값은 -6.52였는데, 저장기간이 늘어남에 따라 0:30 및 0:50 처리구에서 적색색소가 증가한 반면 무처리와 6:2 그리고 0:10 처리구에서는 착색촉진이 거의 이루어지지 않은 것으로 나타났다. An과 Paull(1990)은 파파야 과실에 에틸렌을 처리한 결과 노란색으로 빠르게 후숙이 촉진되었다고 하였고, McGlasson(1985)은 토마토의 적색색소가 촉진되었음을 보고한 바 있다. 한편 Moon 등(1992)은 저장 중 숙성이 CO₂ 처리에 의해 늦게 나타난다고 보고하였는데, 본 실험에서 이산화탄소 6%를 처리한 용기 내에 착색촉진이 늦게 이루어진 것과 잘 일치하였다(Fig. 8).

2. Active MA 포장이 엽채류의 품질변화에 미치는 영향

상추, 시금치 및 깻잎의 호흡량을 측정된 결과, 일반 공기보다 산소함량을 높게 처리한 0:30 및 0:50 처리에서 높은 호흡량을 보였으며, 무처리와 0:10 처리에서 다소 낮게 나타났다. 한편 6:2 처리에서 호흡량이 가장 낮게 나타났는데, 이는 저산소와 높은 이산화탄소 조건이 호흡을 크게 억제했기 때문이라고 생각한다. 시금치는 저장 3일 이후부터 저장성이 크게 떨어져 5일째 측정이 불가능하였다(Fig. 9).

상추의 에틸렌 발생은 0:10과 6:2 처리에서 저장 1일째 $0.5\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 내외로 비교적 높게 나타났으나, 이후부터 서서히 감소하여 3일째 가장 낮았다. 반면 0:30과 0:50 처리구는 저장기간 동안 꾸준히 증가하여 저장 5일째 각각 $0.38\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 및 $0.53\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 높게 나타났다. 시금치와 깻잎은 산소를 높게 처리한 0:30, 0:50 처리에서 에틸렌 발생이 높은 것으로 나타났는데, 저장기간 동안 시금치에서 급격히 감소한 반면, 깻잎은 완만한 감소를 나타내었다(Fig. 10).

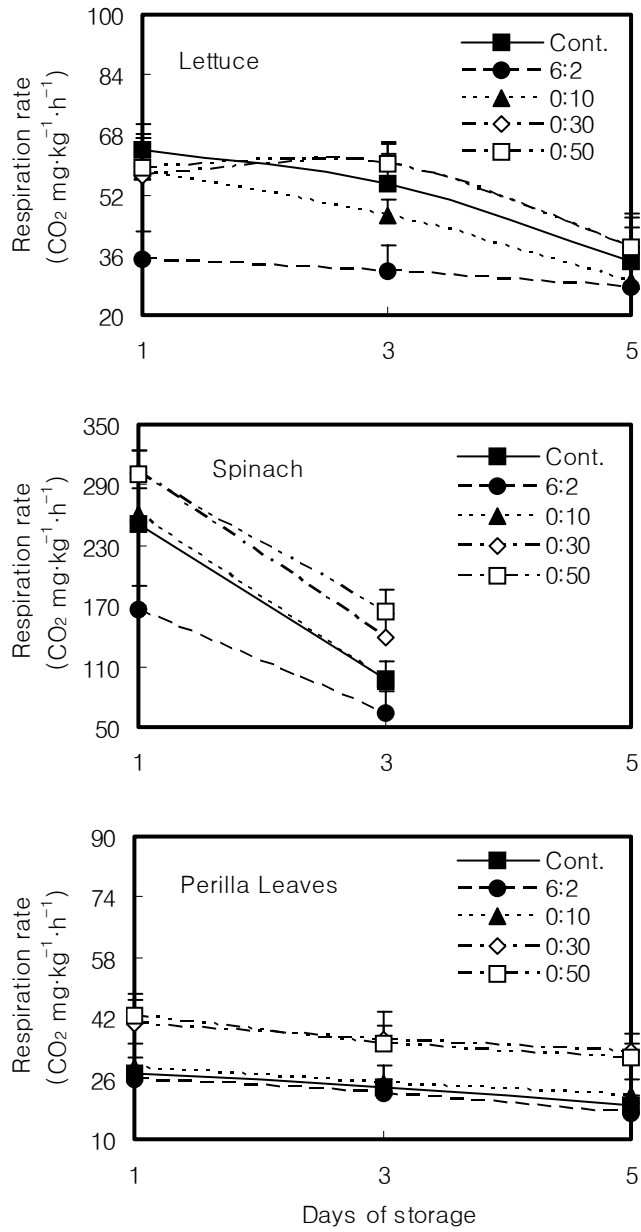


Fig. 9. The change of respiration rate in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

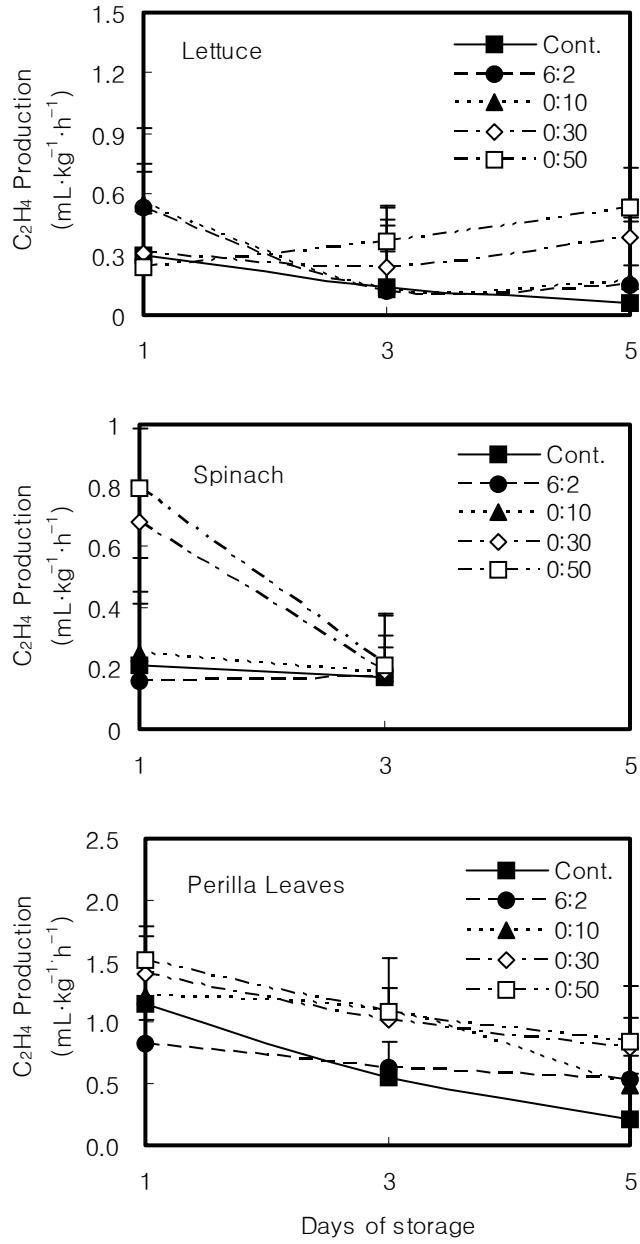


Fig. 10. The change of ethylene production in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

아세트알데히드 발생은 무처리 및 6:2 처리구에서 높게 나타났으며, 상추의 경우 저장 3일째까지 증가하다 이후부터 감소한 반면 깻잎은 저장 3일까지 감소하다가 서서히 증가하였다. 시금치는 무처리 및 6:2 처리에서 저장 1일째 각각 $521.2\mu\text{L.L}^{-1}$ 및 $350.1\mu\text{L.L}^{-1}$ 로 다른 처리구에 비해 현저히 높게 나타났으나, 이후부터 급격히 감소하여 저장 3일째 처리간 차이가 거의 나타나지 않았다(Fig. 11).

이취의 원인물질인 에탄올 발생은 0:30과 0:50 처리에서 매우 낮은 수치를 보였는데, 특히 상추나 깻잎의 경우에는 저장기간 동안 0.2mL.L^{-1} 를 넘지 않아 산소 충진을 통한 이취 억제효과가 매우 큰 것으로 나타났다. Joles 등(1994)은 낮은 O_2 와 높은 CO_2 농도 조건이 혐기대사로의 전환을 유발시키며 이러한 혐기 호흡 즉 발효과정에서는 생체 내에 존재하는 당이 pyruvate가 되고 이는 다시 젖산 또는 아세트알데히드와 에탄올로 대사되어 이취를 생성하게 된다고 보고하였다(Wills, 1981). 이렇게 발생된 알콜 발효취는 개봉직후 대기중으로 밀려나와 소비자의 상품 신뢰도를 크게 떨어뜨릴 것으로 판단된다(Fig. 12).

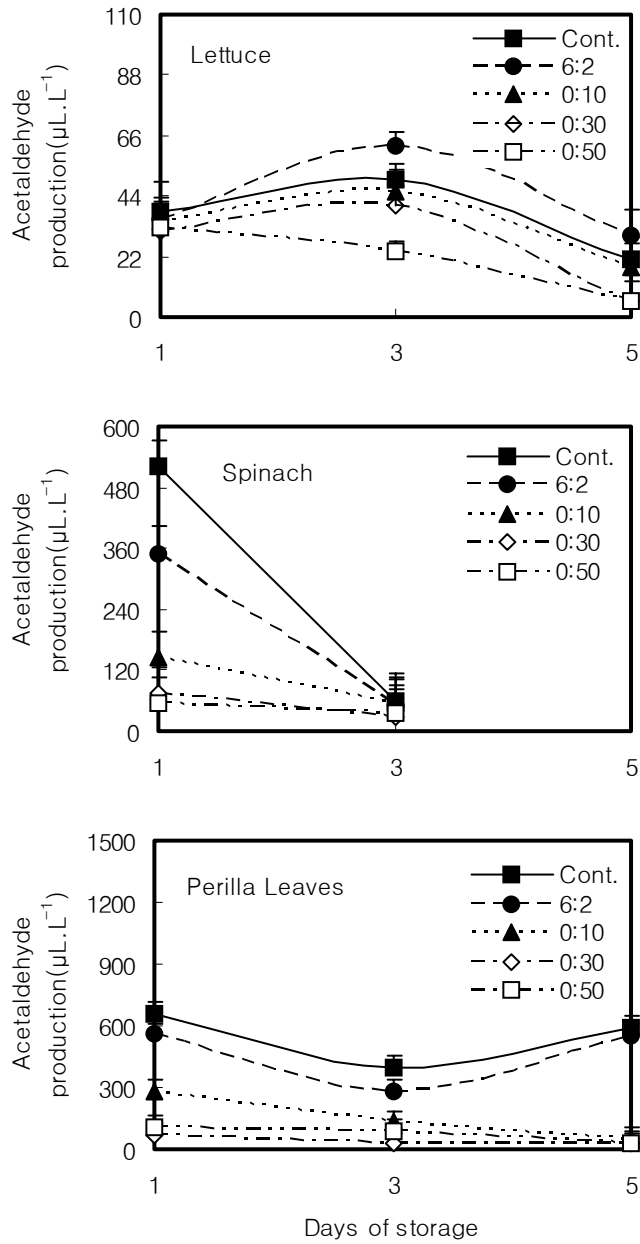


Fig. 11. The change of acetaldehyde production in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

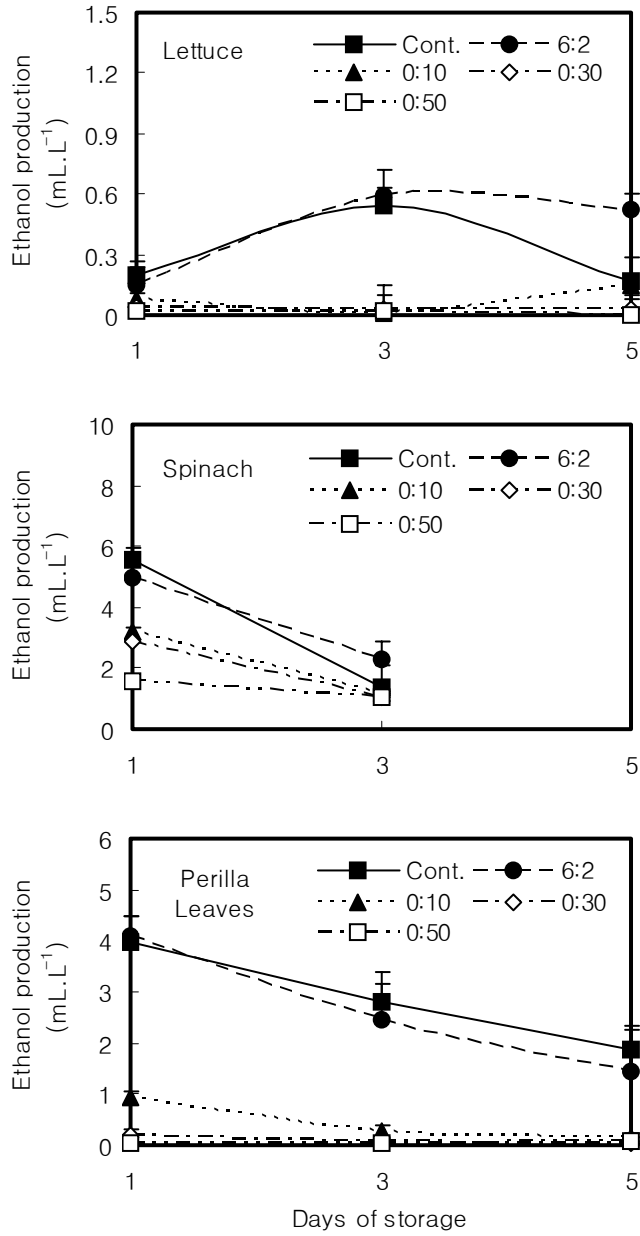


Fig. 12. The change of ethanol production in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

각각의 혼합가스 처리에 따른 수분손실율은 상추의 경우 저장 5일째 0:30과 0:50 처리구에서 각각 2.4%로 가장 높게 나타났으며, 0:10과 무처리 그리고 6:2처리 순으로 낮았다. 이는 시금치와 깻잎에서도 비슷한 결과를 보였다. 그러나 일반적인 엽채류의 생체중 감소 허용범위는 3~5%로 본 실험에서 생체중 감소로 인한 상품성 상실은 크게 문제되지 않았다(Fig. 13).

Ascorbic acid 함량은 상추의 경우 전반적으로 저장기간 동안 빠르게 감소하는 경향을 보였으나 가스처리에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 반면 시금치와 깻잎에서는 저장기간 동안 비교적 일정하게 유지되었으나, 무처리구에서 다소 감소하는 것을 알 수 있었다(Fig. 14).

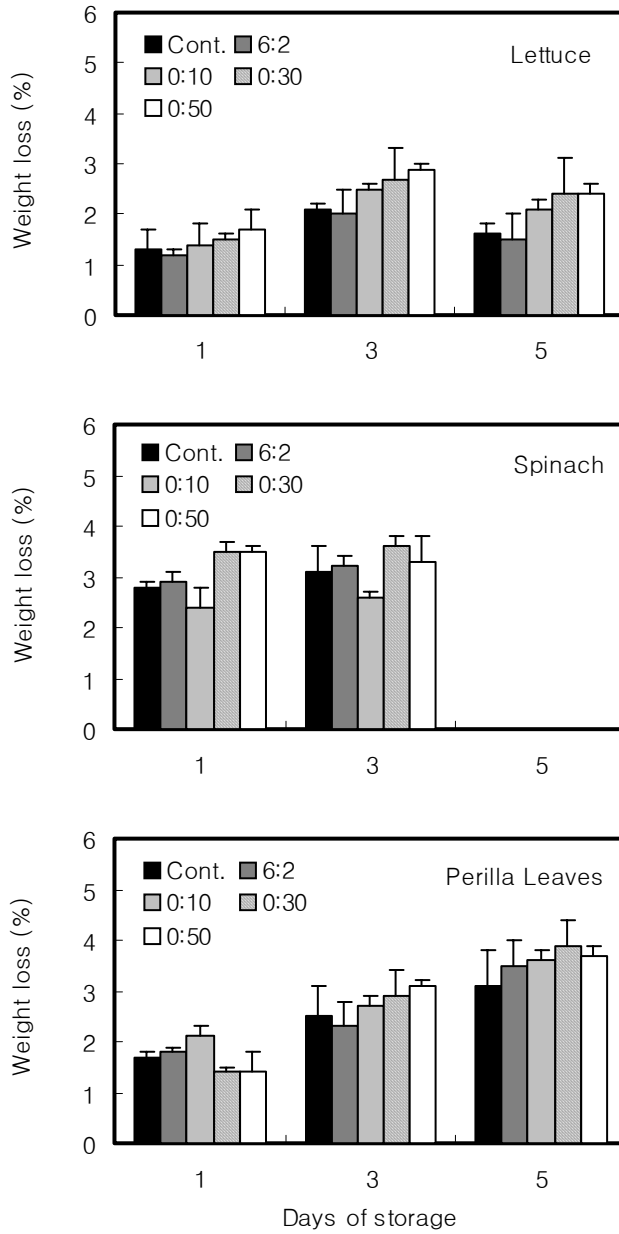


Fig. 13. The change of weight loss in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

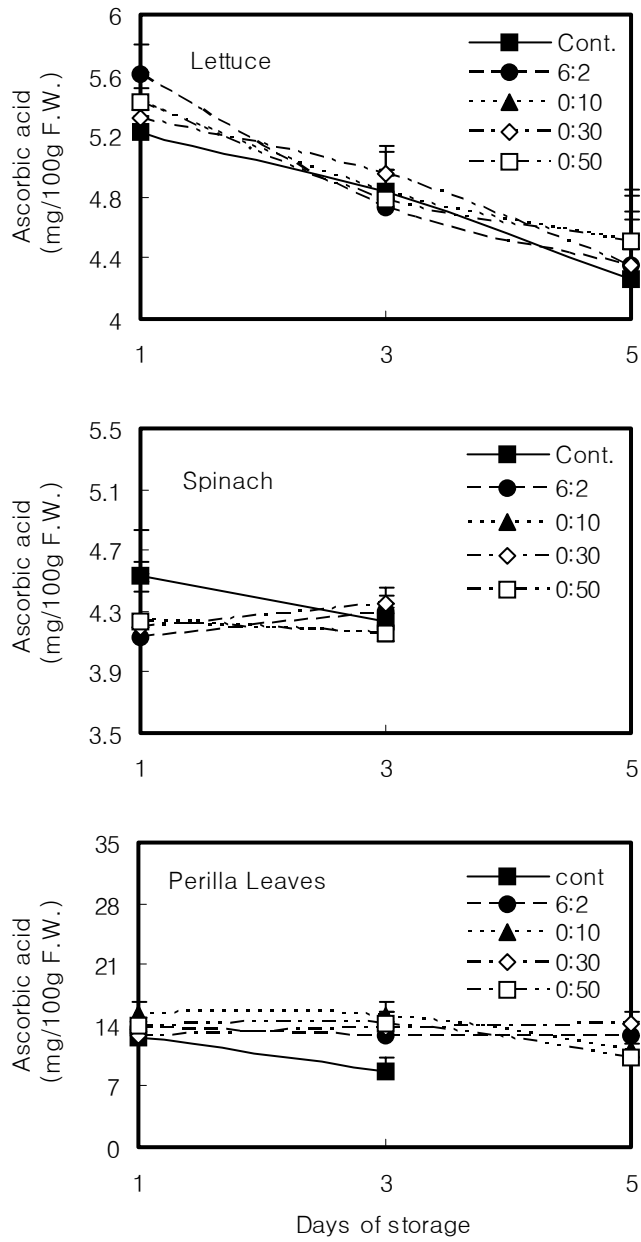


Fig. 14. The change of ascorbic acid contents in active MA storage of some leafy vegetables. Vertical bars indicate standard errors.

Table 2. The change of quality^z in active MA storage of some leafy vegetables.

Storage time (day)	Kinds of mixed gas (CO ₂ :O ₂)	Visual quality			Off-flavour		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach	Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
1	cont	3.6 c ^y	4.0 a	3.8 b	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	6:2	3.8 b	4.0 a	3.6 c	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:10	4.0 a	4.0 a	3.8 b	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:30	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:50	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
3	cont	2.2 e	3.0 d	0.6 d	2.2 e	3.2 b	3.2 c
	6:2	2.6 d	3.2 c	1.0 c	3.2 d	3.2 b	2.8 d
	0:10	3.4 c	3.2 c	1.2 b	3.4 c	3.4 a	3.2 c
	0:30	3.6 b	3.4 b	1.2 b	3.6 b	3.2 b	3.8 b
	0:50	3.8 a	3.8 a	3.6 a	4.0 a	3.4 a	4.0 a
5	cont	0.2 e	1.4 d	* ^x	1.2 e	2.6 d	*
	6:2	0.6 d	2.6 b	*	1.4 d	2.8 c	*
	0:10	1.4 c	2.4 c	*	2.4 c	2.8 c	*
	0:30	3.0 b	2.8 a	*	2.8 b	3.2 b	*
	0:50	3.2 a	2.8 a	*	3.0 a	3.4 a	*

^zSensory evaluation table : 4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^xData after shelf life was removed

각각의 혼합가스 처리에 따른 상추, 깻잎 및 시금치의 관능평가 결과 이취보다는 외관품질 저하가 유통기간 제한요소로 작용하는 것을 알 수 있었다. 상추는 저장 5일째까지 0:30과 0:50 처리구에서 판매가 가능한 것으로 나타났는데, 0:30 처리보다는 0:50 처리에서 이취발생이 다소 낮아 신선도가 좀 더 높음을 알 수 있었다. 깻잎은 무처리를 제외한 나머지 처리구에서 모두 상품성이 있는 것

으로 나타났으며, 시금치의 경우에도 0:50 처리구에서 저장 3일까지 판매가 가능하였다(Table 2). 한편 무처리 및 6:2 처리는 호흡과 에틸렌 발생 그리고 수분손실면에 있어 저장성에 좀 더 유리한 것으로 나타났지만, 산소 충전에 비해 저장성이 떨어지는 것은 저산소 장애로 인한 세포막 파괴와 무기호흡을 통한 알콜발효가 상품성 상실에 가장 큰 요인으로 작용했기 때문이라고 생각된다.

Table 3. The change of chlorophyll contents in active MA storage of some leafy vegetables.

Storage time (day)	Kinds of mixed gas (CO ₂ :O ₂)	Chlorophyll contents (SPAD-502 unit)		
		Lettuce	Perilla Leaves	Spinach
1	cont	24.1 b ^z	50.1 d	30.4 c
	6:2	23.1 c	55.1 b	34.2 b
	0:10	26.5 a	53.0 c	34.1 b
	0:30	19.3 d	56.4 a	34.6 b
	0:50	23.0 c	56.1 a	38.1 a
3	cont	20.0 b	47.5 d	40.4 b
	6:2	23.3 a	53.8 a	34.5 e
	0:10	17.0 d	52.0 b	37.9 c
	0:30	15.0 e	53.8 a	35.0 d
	0:50	18.3 c	50.7 c	41.3 a
5	cont	20.3 c	* ^y	39.0 a
	6:2	23.5 a	*	33.7 e
	0:10	21.7 b	*	35.1 d
	0:30	20.1 c	*	36.8 c
	0:50	17.9 d	*	37.1 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^yData after shelf life was removed

각각의 가스처리와 저장기간에 따른 엽록소 함량의 변화는 상추와 깻잎은 저장기간 동안 각각의 처리에 관계없이 일정한 수치를 유지하였으나, 시금치는 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 무처리구와 0:50 처리에서 감소폭이 비교적 큰 것으로 나타났다(Table 3).

제4절 결과 요약

본 연구에서는 토마토, 대과 및 일부 엽채류를 active MA 방식을 이용해 유통하고자 할 때 포장지내에 산소함량을 적절히 조절함으로써 이취 발생뿐만 아니라 품질저하를 최소화할 수 있는 가스 농도를 구명하고자 실시하였다. 호흡 및 에틸렌 발생은 산소를 높게 충전한 0:30과 0:50 처리에서 높게 나타났으며, 이산화탄소를 높이고 산소함량을 줄인 6:2 처리에서 가장 낮았다. 반면 이취 원인 물질인 아세트알데히드 및 에탄올을 측정된 결과 0:30과 0:50 처리에서 가장 낮았는데 특히 에탄올은 산소충진에 의한 억제효과가 매우 높은 것으로 나타났다. 수분손실은 토마토와 대과의 경우 가스처리에 따른 차이가 인정되지 않았으나, 엽채류는 호흡이 다소 원활히 진행되었던 0:30과 0:50 처리에서 비교적 높게 나타났다.

토마토의 주요 구성당인 glucose와 fructose의 함량 변화는 각각의 가스처리와 관계없이 모두 비슷하게 나타났으며, 저장 5일째 소폭 감소하는 경향을 나타내었다. 대과는 환원당(glucose+fructose)과 비환원당(sucrose)으로 나누어 분석하였는데, 가스처리에 따른 당 함량 차이가 다소 불규칙하였다.

Ascorbic acid 함량은 토마토와 대과의 경우 호흡량이 높았던 0:30과 0:50 처리에서 다소 감소하는 경향을 보였으나, 엽채류는 가스 처리에 따른 차이가 인정되지 않았다. 관능평가를 실시한 결과 토마토는 3일에 무처리와 6:2 처리에서

상품성을 상실했으며, 대과는 5일에 6:2 처리에서 판매가 불가능하였다. 한편 엽채류의 경우는 이취보다 외관품질 저하가 유통기간 제한요소로 작용했는데 0:30과 0:50 처리구에서 유통기간 연장 및 신선도 유지에 효과가 있음을 알 수 있었다. 토마토의 가스조절에 따른 색변화는 산소를 높게 처리하여 호흡을 연장할 수 있었던 0:30 및 0:50 처리구에서 착색이 다소 촉진된 것으로 나타났다. 엽채류의 엽록소 함량 변화를 보면 상추와 깻잎은 저장기간 동안 각각의 처리에 관계없이 일정하였으나, 시금치는 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

이상의 결과를 종합해 보면 산지에서 수확한 산물을 포장재를 이용하여 직접 소포장하고 이를 인터넷 쇼핑이나 대형마트를 통해 유통하고자 할 때 용기내 산소함량을 30~50% 충전하여 포장한다면 이취발생 및 저산소 장해에 대한 문제를 극복할 수 있으리라 생각된다.

인 용 문 헌

- Adamicki, F. and A.K. Kepta. 1977. Storage of cauliflowers in CA and plastic bags. *Acta Hort.*, 62, 29
- Aharoni, N. and Ben-Yehoshua, S. 1973. Delaying deterioration of romaine lettuce by vacuum cooling and modified atmosphere produced in polyethylene packages. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98, 464
- An, J.F. and R.E. Paull. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 949-953.
- Ben-Yehoshua, S., I. Kobilier, and B. Shapiro. 1979. Some physiological effects of delaying deterioration of citrus fruit by individual seal-packaging in

- high-density polyethylene. *J Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 868
- Burton, W.G. 1982. *Post-harvest physiology of food crops*. p. 62. Longman, London and New York.
- Burton, W.G. 1974. Some biophysical principles underlying the controlled atmosphere storage of plant material. *Ann. Appl. Biol.*, 781, 149
- Henze, J. 1977. Influence of CA-storage of fermentation of white cabbage *Brassica oleracea L.* *Acta Hort.*, 62, 73
- Hong, Y.P., S.Y. Kim, and W.Y. Choi. 1986. Postharvest changes in quality and biochemical components of perilla leaves. *J. Kor. Food Sci. Tech.*, 18, 255
- Joles, W.D., A.C. Cameron, A. Shirazi, P.D. Petracek, and R.M. Beaudry. 1994. Modified atmosphere packaging of heritage red raspberry fruit: Respiratory response to reduces oxygen, enhanced carbon dioxide and temperature. *J. Am. Soc.* 119: 540-545
- Klien, J.D. and S. Lurie. 1992. Heat treatments for improved postharvest quality of horticultural crops. *HortTechnology* 2:316-320
- Moon, K.D., C.H. Lee, J.K. Kim, and T.H. Sohn. 1992. Storage of Tomatoes by Polyethylene Film Packaging and CO₂ Treatment. *J. Kor. Food. Sci. Tech.*, 24:603-609
- Wills, R.B.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. Mcglasson, and E.G. Hall. 1981. physiology and biochemistry. In: *Postharvest*, Avi, USA. pp. 17-37.



사진 1. Active MA방식을 이용한 산소충진이 상추의 품질변화에 미치는 영향.



사진 2. Active MA방식을 이용한 산소충진이 깻잎의 품질변화에 미치는 영향.



사진 3. Active MA방식을 이용한 산소충진이 토마토의 품질변화에 미치는 영향.



사진 4. Active MA방식을 이용한 산소충진이 시금치의 품질변화에 미치는 영향.



사진 5. Active MA방식을 이용한 산소충진이 대파의 품질변화에 미치는 영향.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.