

최 종
연구보고서

GOVP1200609776

GA 0570-05070

고 탄산가스 처리를 통한 복숭아의 신선도 연장 기술 개발

Technology for Maintaining Freshness of Peach Fruits
by Using High CO₂ Treatment

연구기관
한국식품연구원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고 탄산가스 처리를 통한 복숭아의 신선도 연장 기술 개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 11월 9일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

총괄연구책임자 : 최정희

세부연구책임자 : 홍석인

연 구 원 : 김동만

연 구 원 : 정문철

연 구 원 : 김병삼

연 구 원 : 박형우

요 약 문

I. 제 목

고 탄산가스 처리를 통한 복숭아의 신선도 연장 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

복숭아 과실은 다른 과실에 비해 과피 조직이 약하여 수확 이후 연화와 부패가 빠르게 진행되기 때문에 유통 기한이 매우 짧다. 농산물 유통시 cold-chain 시스템을 유지하는 것이 작물의 대사 속도를 늦추어 품질 변화를 억제하는 효과가 있으나, 복숭아는 온대성 작물이면서도 10℃ 이하의 저온에서는 woolliness 등의 저온장해가 발생되므로 cold-chain 시스템을 통한 관리가 어렵다. 실제로 비교적 온도 관리가 용이한 대형 마켓에서도 약 20~22℃의 온도에서 전시 판매 되고 있으므로 복숭아의 경우 상온 유통 환경에서 신선도 유지를 증대시킬 수 있는 기술이 필요하다. 서양배의 경우 12% 이산화탄소를 처리하여 *Penicillium expansum*, *Phialophora malorum* 등의 곰팡이가 억제되며, 복숭아의 경우 고 이산화탄소 처리(30%, 24시간 이내)시 연화와 저온장해가 억제된다고 보고된 바 있으므로, 물리적 자극을 주거나 열 또는 물을 이용한 처리가 불가능한 복숭아 과실의 경우 이산화탄소를 이용하는 처리 기술이 적합할 것으로 판단된다. 본 연구개발의 최종 목적은 신선 농산물의 수확 후에 적용하는 친환경 처리기술 중 하나인 이산화탄소 처리 조건을 구명하는 것으로써, 이를 개발 적용하여 수확 후 급속히 진행되는 복숭아 과실의 연화 및 부패를 억제시키고 저온장해 증상을 경감시켜 유통 및 저장기간 동안 복숭아 과실의 품질을 우수하게 유지하여 유통기한 및 저장기간을 연장시키고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

복숭아의 신선도 연장을 위한 고 이산화탄소 처리 기술 개발을 위해 고 이산화탄소 환경에서의 부패 원인균의 성장속도 및 과실의 생리 및 품질 변화를 조사하였고, 수확시기에 따른 효과, 예비숙성과 예냉 유무에 따른 효과, 품종별 효과를 비교하였다.

복숭아의 수확후 초기 부패를 일으키는 *Botrytis cinerea*를 순수 분리하여 25℃ 및 0℃에서의 성장정도를 조사하였으며 35-100%의 이산화탄소 조건에서의 성장속도의 변화를 조사하였다. 이때 복숭아 과실에의 접목을 고려하여 두 온도에서 지속적으로 처리한 경우의 효과와 단기 처리 이후에 잔여 효과가 지속되는지에 대한 조사를 실시하였다.

이산화탄소 조건에서의 복숭아 과실의 생리 및 품질변화를 조사하여 적정한 처리 농도 및 시간의 범위를 결정한 후 6품종(일천백봉, 월봉조생, 창방조생, 미백도, 백도, 장호원황도)의 복숭아를 선정하여 각각에 대한 이산화탄소 처리 조건을 설정하였다. 과실의 속도, 처리 온도, 처리 농도 및 처리 시간별로 효과를 비교 조사하였고, 기타 전처리 기술(예비숙성, 예냉)과 병행하였을 때의 상호작용도 조사하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

이산화탄소 처리에 따른 곰팡이의 생장억제 효과를 구명하기 위해 부패된 복숭아로부터 분리된 *Botrytis cinerea*를 대상으로 본 연구를 수행하였다. 35, 60 그리고 100%의 이산화탄소를 각각 24, 48 그리고 72시간 동안 처리하여 곰팡이의 성장정도를 측정하였다. 상온조건에서 배양할 경우 고농도 이산화탄소 처리를 통해 성장속도를 억제할 수 있었으며 농도 및 처리기간이 증가할수록 효과가 증가하였다. 특히 100% 농도의 경우 처리기간 동안 완전한 생장 억제효과를 나타내었다. 그러나 고농도 이산화탄소 처리가 해제된 이후에는 정상적인 생장이 일어났다. 저

온에 의해 곰팡이 생장이 효과적으로 억제되었으며 저온에서는 35%와 60%의 이산화탄소를 처리할 경우 추가적인 억제효과는 없었으며, 100% 이산화탄소를 72시간 이상 동안 처리함으로써 곰팡이 생장을 효과적으로 억제할 수 있었다. 저온 및 이산화탄소 처리에 의해 생장이 억제된 *Botrytis cinerea*를 상온으로 옮겨 배양할 경우 급격한 성장을 보인 바 저온 및 이산화탄소 처리에 의해 *Botrytis cinerea*가 사멸되는 것이 아니라 일정 기간 생장이 억제되는 것으로 판단되었다.

고 이산화탄소 조건에서 복숭아 과실의 연화, 부패, 과피 변색이 억제되고, 과실 절단시 과육의 갈변이 크게 경감되는 효과가 있었으나 고 이산화탄소 환경에 24시간 이상 보관되면 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이미·취가 발생하고 단맛이 낮아져 식미도가 낮아졌다. 이러한 현상은 농도가 높을수록 심하였고 본 실험에서 사용한 처리 농도 중 가장 낮은 농도인 35%에 1일 보관된 과실에서도 이산화탄소 처리에 의한 향 및 맛의 변화가 발생하므로 24시간 이상의 처리는 부적합하였다.

수확 후에 실시되는 고 이산화탄소의 전처리가 복숭아의 상온 유통 중 신선도 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다. 60% 이상의 이산화탄소를 6시간 이상 전처리할 경우 상온 유통 중 부패, 호흡, 에틸렌 발생, 과피 변색 및 연화 현상이 둔화되었으며 유통 기한 중 조직감이 향상되었다. 복숭아 과실의 가용성 고형분 함량은 상온 유통 중 변화하지 않았으며 고 이산화탄소 처리에 의한 영향 또한 없으나, 관능 실험 결과 단맛 지수는 이산화탄소 처리에 의해 높아졌다. 특히 60%를 6시간 처리한 과실이 조직감과 단맛 지수가 좋아 전반적인 품질 지수도 가장 좋았다. 100% 농도의 경우 과피 변색, 호흡, 에틸렌 발생, 연화 및 부패 억제에는 효과적이거나 3시간 처리만으로도 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이취를 발생시키므로 복숭아 과실에 부적합하였으며 60% 농도 또한 6시간을 초과하여 처리할 경우 이산화탄소가 잔류되어 전반적인 선호도가 낮아졌다. 따라서 60% 이산화탄소를 6시간 동안 전처리함으로써 상온 유통되는 복숭아 과실의 변색, 연화, 부패, 식미감 감소를 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

이산화탄소 전처리를 한 후 저온 저장할 경우 woolliness 발생으로 인한 조직감 하락이 경감되고 저온저장 후 상온 유통기간 동안의 연화도 억제되는 경향을 보였다. 상온 유통되는 경우에 비해 이산화탄소 처리에 의한 민감도가 적어 100% 농도

를 사용하거나 60% 농도를 6시간 이상 처리하여도 이취 현상이 없고 경도를 더 높게 유지시키는 효과가 있으나 60%를 6시간 처리한 경우에 비해 효과가 크게 증가하지 않거나 오히려 관능지수를 떨어뜨리므로 저온 저장할 경우에도 60% 이산화탄소를 6시간 처리하는 것이 바람직하였다.

이산화탄소 처리는 저온에서 실시하기 보다는 상온에서 실시하는 것이 좋은데 저온에서 6시간 보관하는 과정이 복숭아 과실의 호흡 및 에틸렌 생성을 촉진시키고 저온장해 현상을 증가시키기 때문이다. 또한 과실의 숙도에 따라 이산화탄소에 대한 민감도가 달라 미숙과일수록 처리 농도 및 처리 시간을 증가시켜도 이취발생이 없었고, 관행 적숙기에 수확한 경우와 이보다 이른 시기에 수확한 과실이 이산화탄소 처리에 의한 효과가 좋았으며 과숙한 과실에서는 효과가 없었다.

수확 후 예비숙성 과정은 상온유통 및 저온저장 중 호흡과 에틸렌 발생을 증가시키고 과실의 연화 및 부패를 촉진하였으며, 저온 저장할 경우 저온장해 억제 효과는 없었고, 오히려 이산화탄소 처리 효과를 반감시키므로 바람직하지 않았다. 예냉처리 또한 복숭아 과실의 신선도를 연장하는 효과가 없었으며 오히려 저온장해가 증가하고 조직감이 나빠지며 이산화탄소 처리 효과를 반감시키는 결과를 초래하였다.

SUMMARY

I. Title

Technology for Maintaining Freshness of Peach Fruits by Using High CO₂ Treatment

II. Objectives and Significance

Postharvest handling, storage, and distribution of fruits at low temperature are the most common and manageable approach to control ripening and subsequent deterioration and to maximize product shelf-life. However, many climacteric fruits, such as tomato, cucumber, orange and peach, are susceptible to chilling injury (CI), a term used to describe the physiological damage incurred upon exposure of plants or plant parts to low but nonfreezing temperatures. In peaches, the storability is often limited by CI which becomes evident in susceptible cultivars after two or three weeks of cool storage below 10°C. The main symptoms of peaches can include tissue browning, a woolliness, failure to ripen, translucency of flesh, failure to develop normal flesh color (sometimes reddening of the flesh) and usually a complete loss of characteristic flavor. At this moment, therefore, most peach fruits were distributed and stored at room temperature. Development of technology for control quality of peach fruits without phasing in cold-chain system has been required. There are several reports about effectiveness of high CO₂ on crops that decay of pear by infection of *Penicillium expansum*, *Phialophora malorum* decreased by 12% of CO₂ treatment and softening and chilling injury of peach fruits were inhibited by high CO₂ treatment for within 24 hrs. CO₂ treatment, therefore, could be a very possible treatment to extend the freshness of peach fruit which was very sensitive to heat, water, and physical stress. The purpose

of this study was to examine physiological and quality characteristics of peach fruits by CO₂ treatment and establish the proper CO₂ condition for extending the freshness of peach fruits after harvest.

III. Contents and Scope

The content and scope of this study included installing laboratory-scale system for CO₂ treatment, examining effect of CO₂ condition on growth of fungi, and physiological and quality characteristics of peach fruits under the high CO₂ condition, evaluating proper condition of CO₂ treatment (duration, concentration, temperature) of several peach cultivars, and evaluating interaction between CO₂ treatment and the other treatments (conditioning or precoolling).

IV. Results and Recommendation

The study was conducted to evaluate the inhibition efficacy of high CO₂ atmosphere (35, 60, and 100% × 24, 48, and 72 hr) on growth of *Botrytis cinerea* in vitro in order to offer sterilizing method of horticultural crops including peach fruits. *Botrytis cinerea* was isolated from a naturally decayed peach fruits. Growth of the fungi at 25°C declined with increased CO₂ concentration and treatment duration. Especially, 100% CO₂ provided completely inhibition effect on growth of the fungi through treatment. After removal of high CO₂ condition, however, the fungi showed normal growth speed. The growth of fungus at low temperature could be completely inhibited temporarily by short-term 100% CO₂ treatment, but resumed right after transferring to normal atmosphere at 25°C.

The study was conducted to evaluate physiological and quality characteristics of peach fruits under the high CO₂ conditions (35-100%). Softening, peel discoloration, and decay of peach fruits were inhibited under high CO₂ condition. but, long-term duration over 24 hrs under this gas condition brought out off-flavor and decreased sweetness of fruits.

The study was conducted to evaluate the efficacy of high CO₂ pre-treatment (35-100% for 3-24 hrs) on quality of 6 cultivars of peach fruits. High CO₂ treatment inhibited the respiration and ethylene production, especially with long term treatment for more than 6 hrs. Discoloration of peel, softening and decay were reduced by high CO₂ treatment. CO₂ concentration of 60~100% did not affect soluble solids content and titratable acidity of fruits. CO₂ treated fruits, however, showed higher sweetness score compared with control. As the CO₂ concentration and treatment duration increased from 35 to 100% and from 3 to 12 hrs, respectively, the efficacy on quality increased. Fruits treated with 100% CO₂ for 3 hrs and 60% CO₂ for more than 12 hrs, however, showed very low flavor score due to the residual CO₂ in flesh. CO₂ injury was not noted at any CO₂ levels tested in this study. Above results suggest that 60% CO₂ treatment for 6 hr resulted in as good control of respiration, ethylene production, decay, discoloration, and softening without off-order during shelf-life.

Texture of peach fruits stored at 0°C for long decreased due to woolliness. Fruits treated with high CO₂ showed good texture and low woolliness symptom. Sensitivity of fruits to the high CO₂ was lower when stored in low temperature than immediately distributed. 100% CO₂ and 60% CO₂ treatment for over 6 hrs, therefor, was possible to apply to the fruits intended to store at low temperature of long period.. Using with higher concentration of CO₂ increased hardness and texture, but, sweetness and overall palatability was the best in fruits treated with 60% CO₂ for 6 hrs.

CO₂ treatment should be done at room temperature rather than low temperature. Peach fruits located at 0°C for 6 hrs showed higher respiration and ethylene production, and high woolliness symptom. The effectiveness of CO₂ treatment was different depend on harvest date (maturity). When fruits were harvested too early (before beginning of respirational rising) or too late (after respirational peak), CO₂ treatment have no effect on fruit quality.

The study was conducted to investigate of interaction between CO₂ treatment and preconditioning or precooling. Preconditioning of peach fruits have no effect on inhibiting woolliness of fruits stored for long at 0°C, but increased respiration, ethylene production, softening, and decay during shelf-life. Precooling of peach fruits have no positive effect on fruits quality and increased woolliness. Preconditioning or precooling decreased positive efficacy of CO₂ treatment on fruits quality.

CONTENTS

Chapter 1. Outline of Research Project	
Section 1 Purpose of Research	
Section 2 Necessity of Research	
Section 3 Content and Scope of Research	
Chapter 2. States of the Art Report	
Chapter 3. Research Performed and Results	
Section 1 Material and Method	
Section 2 Result and Discussion	
1. Effect of CO ₂ on growth of <i>Botrytis cinerea</i>	
2. Effect of CO ₂ on quality and physiology of peaches	
3 Response of different cultivars to CO ₂	
4 CO ₂ efficacy by temperature and fruit maturity	
5 Combined treatment of CO ₂ with precondition/precooling	
6 CO ₂ treatment for 'Hwangdo'	
7 Analysis of economical feasibility	
Chapter 4. Research Attainments and Contributions to Related Fields	
Chapter 5. Application Plans for Research Products	
Chapter 6. Science and Technology Information from Abroad	
Chapter 7. Reference	

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	12
제 1 절 연구개발의 목적	12
제 2 절 연구개발의 필요성	12
제 3 절 연구개발의 내용과 범위	15
제 2 장 국내외 기술개발 현황	18
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	20
제 1 절 실험 재료 및 방법	20
제 2 절 연구 내용 및 결과	23
1 이산화탄소에 대한 <i>Botrytis cinerea</i> 의 저항성 구멍	23
2 고 이산화탄소 처리가 복숭아의 품질에 미치는 영향	30
3 복숭아 품종별 이산화탄소 전처리 조건 구멍	47
4 이산화탄소 처리 온도와 숙기에 따른 효과 비교	81
5 예비숙성 및 예냉에 따른 이산화탄소 처리 효과 구멍	94
6 ‘황도’ 복숭아의 이산화탄소 처리 조건 구멍	108
7 대용량 처리시 경제성 분석	132
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	133
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	136
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	137
제 7 장 참고문헌	141

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

본 연구개발의 최종 목적은 신선 농산물의 수확 후에 적용하는 친환경 처리기술 중 하나인 이산화탄소 처리 조건을 구명하는 것으로써, 이를 개발 적용하여 수확 후 급속히 진행되는 복숭아 과실의 연화 및 부패를 억제시키고 저온장해 증상을 경감시켜 유통 및 저장기간 동안 복숭아 과실의 품질을 우수하게 유지하여 유통기한 및 저장기간을 연장시키고자 한다.

제 2 절 연구개발의 필요성

복숭아는 대표적인 여름과일로서 무더위가 한창인 7~8월에 주로 시장에 출하되므로 사과·배·감귤 등 주요 과일류의 출하기와 겹쳐 경합을 피할 수 있기 때문에 소비량은 매년 안정적인 증가 추세를 보이고 있어 농가의 소득증대 작물로서 주목받고 있다. 1980년의 복숭아 생산량은 8만 9,000톤이었는데 매년 평균 생산량은 2.3%씩 증가하여 1996년에는 12만 8,000톤이 되었다. 또한 가공용 복숭아가 수입 개방된 1992년 이후에도 복숭아 생산량은 연평균 2.5%씩 높은 비율로 증가하고 있다. 국내에서 생산된 복숭아는 생과용과 가공용으로 소비되고 있는데, 생과용 소비량은 지난 16년간('80~'96) 연평균 2.3%씩, 특히 92년 이후 4년 동안엔 연평균 6.2%씩 높은 비율로 증가해 왔다. 이에 반해 가공용 소비는 93년부터 10% 수준으로 큰 폭이 줄어들었다. 즉 소비자들이 선호도가 가공 식품에서 점차 신선 농산물로 전환되고 있다는 것을 의미한다. 이러한 소비 경향은 복숭아 과실에 국한된 현상이 아닌 농산물 전체에 공통적으로 해당되는 것으로서, 가공기술에 의지해 수확된 농산물의 수요와 공급을 조절해 왔던 과거와는 달리 최근의 신선 농산물을 선호하는 소비자의 요구와 농산물 시장 개방에 대응하기 위해서는 수확된 농산물을

신선한 상태로 공급하는 기술이 요구된다는 것을 의미하고 있다. 그러나 농산물은 수확된 이후에도 여전히 살아있는 유기체로서 물질 대사와 생리 대사를 지속하고 있고, 수확된 이후에는 생장 시기와는 다른 외부 및 내부 환경에 맞닥뜨리게 되므로 호흡작용이 빨라져 저장된 물질을 소비하는 방향으로 대사가 이루어지므로 수확시의 품질을 그대로 소비자의 손에 도달케 하는것은 매우 어려운 일이다.

복숭아 과실은 과피의 발달이 약하고 수분 함량이 매우 높아 유통중 품질의 하락이 매우 빠른 작물이다. 복숭아 과실의 수확 후 발생하는 품질 변화는 연화, 부패, 물리적 자극에 의한 상처, 수분 손실, 과피 탈색 등을 들 수 있는데 이 모든 변화가 복합적으로 작용하여 과실의 상품성을 하락시키는 요인이 된다. 복숭아의 주 출하기는 여름 장마철과 겹치며, 저장력이 다른 과일에 비해서 떨어지는 상품적인 특성 때문에 가격의 등락 역시 상대적으로 심한 편이다. 일반적으로 6월~9월까지 복숭아 유통이 이루어지나 주 수확기인 7~9월에 집중 출하되므로 이 기간 동안에는 가격이 낮게 형성되지만 다른 시기에는 가격이 급등하므로 월별 가격 변동폭이 다른 과일에 비해서 큰 편이다. 따라서 현재까지는 주 생산시기인 7월에서 9월 사이에는 생과 형태로, 나머지 기간에는 통조림 등 가공식품 형태로 유통되고 있다.

1998년 이후 국내산 복숭아의 대일 수출이 시작되는 것을 기점으로 수출 유통 작물로 기대되고 있다. 일본의 경우 9월 중순 이후 복숭아의 생산이 단절되는 시기이므로 이 시기에 국내산 복숭아를 수출 할 경우 품질 및 가격 경쟁력이 있다고 판단되며, 국내산 복숭아에 대한 현지 소비자의 선호도도 높은 것으로 조사되어 품질의 우수성이 인정되나 다음과 같은 문제점으로 인해 수출사업이 어려움을 겪고 있다. 첫째, 대일 수출시 주문량이 주말이 집중되므로 선적일을 맞추기 위해 물량을 미리 작업하여 보관할 경우 부패를 포함한 품질의 저하가 발생한다. 둘째, 수확기가 여름철 장마와 겹치기 때문에 당도와 맛이 떨어지고 과육이 쉽게 연화되므로 장마철을 피하기 위해 미숙과를 수확할 경우 신맛과 떼은맛이 강하고 판매시까지 적당한 후숙이 이루어지지 않을 경우 국내산 복숭아에 대한 잘못된 선입견을 줄 수 있다. 셋째, 대상국의 단경기에 안정적으로 복숭아를 수출하기 위해서는 장기저장이 요구되는데 현재로는 2주 이상 저장할 경우 품질의 열화가 급격히 진행된다. 넷째, 저장력 약화로 인해 물량 확보 및 보관이 불가능하므로 가격 등락이 심하다.

복숭아 과실은 과피 발달이 미미하고 과육이 연하므로 가벼운 물리적 자극이더라도 품질에 치명적인 문제를 야기시킬수 있으므로 선별 작업이나 기존에 개발된 전처리 기술을 적용하기 어려운 작물 중 하나이므로 과실에 물리적 자극을 주지

않고 연화, 부패 및 저온장해를 억제할 수 있는 기술이 요구된다. 최근 품질의 열화를 막기 위해 농산물을 수확한 후 즉시 예냉하여 유통시키는 것이 시도되고 있으며 예냉 처리된 복숭아의 경우 수출 대상국이나 국내 시장에서 긍정적인 평가를 받고 있다. 그러나 복숭아는 저온에 매우 민감한 작물이므로 3주 이상 저온저장 할 경우 발생하는 저온장해가 예냉 처리로 인해 더 심화될 가능성이 있으며, 현재까지 현장에서는 복숭아의 예냉은 장기저장이 아닌 단기 보관 후 유통목적으로 이용되고 있으며 예냉 온도도 10℃ 부근으로 설정하는 것이 대부분이어서 2-5℃까지 온도를 내릴 수 있는 타 작물에 비해 예냉 효과가 크게 나타나지 않는다. MA 포장은 품질유지 및 저온장해 억제에 효과적인 기술로 연구결과가 보고되고 있으나 현장에서 이용률은 매우 낮은데, MA 환경이 부적절하게 조성 될 경우 부패가 더 심해지기도 하며 부패가 일단 시작되면 포장 내 모든 과실로 급속도로 퍼지고 선별이 불가능하므로 손실이 막대할 수 있는 단점이 있다. 서양배의 경우 12% 이산화탄소를 처리하여 *Penicillium expansum*, *Phialophora malorum* 등의 곰팡이를 억제할 수 있다고 보고되고 있다. 또한 복숭아의 경우 고 이산화탄소 처리(30%, 24시간 이내)시 연화와 저온장해가 억제된다고 보고된 바 있으므로, 물리적 자극을 주거나 열 또는 물을 이용한 처리가 불가능한 복숭아 과실의 경우 이산화탄소 처리를 이용하는 전처리 또는 저장 기술을 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

제 3 절 연구개발의 내용과 범위

구분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2003)	곰팡이번식 억제 및 신선도 유지를 위한 고 이산화탄소 처리 조건 탐색	<p>< 제 1세부 과제 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 부패 원인 곰팡이 구명(in vitro) <ul style="list-style-type: none"> - 동정 및 접종을 통한 원인균 구명 - 고 이산화탄소 농도에 따른 곰팡이의 저항성 구명 - 고 이산화탄소 처리기간에 따른 곰팡이의 저항성 구명 ○ 다양한 조건의 이산화탄소 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 고 이산화탄소 농도 ; 30, 40, 50, 60, 100% - 고 이산화탄소 처리 시간; 6~48 시간 - 고 이산화탄소 처리 온도; 0, 20℃ <hr/> <p>< 제 2세부 과제 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고 이산화탄소 처리 후 복숭아의 부패율 및 품질 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 처리 조건에 따른 효과 검증 - 고 이산화탄소 장해 조사 - 유통 온도에서의 부패율 조사 - 유통 온도에서의 품질 인자 변화 조사 색, 경도, 당도, 산도, 식미도, 내부갈변, 등

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
2차년도 (2004)	고 이산화탄소 처리에 의한 복숭아의 생리변화 구명	<p>< 제 1세부 과제 ></p> <p>○ 1차년도 결과에 따른 고 이산화탄소 처리 조건 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가스 농도, 처리 시간, 처리 온도 조합 - 수확기에 따른 처리 - 품종에 따른 처리 조건 구명
		<p>< 제 2세부 과제 ></p> <p>○ 고 이산화탄소 처리에 따른 생리변화 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> - 품종 및 수확기에 따른 효과 검증 - 부패율 조사 - 품질 및 생리특성 변화 - 조사 항목; 경도, 당도, 과피색, 식미도, 호흡, 에틸렌, 에탄올, 저온장해 - 고 이산화탄소 장해 증상 조사

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
3차년도 (2005)	고 이산화탄소 처리 기술 확립	<p>< 제 1세부 과제 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 개별기술 현장 적용 실험 <ul style="list-style-type: none"> - 유통 및 저장 실험; 0, 10, 20℃ - 농도 & 시간 & 온도 조합 - 수확기에 따른 처리 기술 적용 ○ 기타 전처리 기술과의 접목 실험 <ul style="list-style-type: none"> - 예냉 유무에 따른 처리 - 예비숙성 유무에 따른 처리 <hr/> <p>< 제 2세부 과제 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고 이산화탄소 처리 과실의 품질 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 고 이산화탄소 장해 증상 발현 정도 조사 - 유통 및 저온저장 중 품질 변화 조사 - 수확기에 따른 품질 변화 조사 - 품질인자 조사 항목; 경도, 당도, 과피색, 식미도, 부패율 ○ 대용량 가스 처리시 경제성 분석

제 2 장 국내외 기술개발 현황

작물의 수확 후 생리 및 품질 변화를 최소화하기 위해서는 호흡 작용을 억제시키는 것이 매우 중요하다. 작물의 호흡 작용은 온도가 높을수록 빨라지므로, 대부분의 작물은 신선도 연장을 위해 수확 직후부터 저온 시스템을 적용시키고 있다. 그러나 복숭아는 온대성 작물이면서도 10℃ 이하의 저온에서는 woolliness 등의 저온장애가 발생되므로(Lill 등, 1989) 저온 시스템을 통한 관리가 어려우며, 실제로 비교적 온도 관리가 용이한 대형 마켓에서도 약 20~22℃의 온도에서 전시 판매되고 있으므로 상온 유통 환경에서 신선도 유지를 증대시킬 수 있는 기술이 필요하다. 박 등(1999)과 김 등(1998)은 MA 필름 포장에 복숭아의 신선도 및 저장력에 미치는 영향을 보고한 바 있으며, 이 등(1998)은 복숭아의 CA 저장시 이산화탄소 농도의 영향을 조사한 바 있다. 또한 Fernandez-Trujillo 등(1999)은 MA 포장재 내부에 형성된 저 산소 및 고 이산화탄소 조건으로 인해 복숭아 과실의 연화, 부패, 저온장애 등의 변화가 억제되었다고 보고하였다.

원예산물은 수분 함량이 많고 당도가 높아 미생물의 번식이 용이하며, 수확 전·후에 감염된 곰팡이 포자가 유통 중 성장하여 부패가 발생되는데 대표적인 곰팡이로는 *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer* 등을 들 수 있다(Nelson, 1979). 이산화황 가스를 훈증 처리하거나 포장 내에 이산화황 패드를 부착하는 방법(Winkler 등, 1974)을 통해 곰팡이를 효과적으로 억제할 수 있으나 과실류의 과피 탈색을 야기 시키고(Lisker 등, 1996; Taylor, 1993), 잔존 가스에 의해 이취 및 알러지가 발생하는(Berry와 Aked, 1997) 등의 문제가 있다. 열처리 또한 효과적인 부패 억제 기술이나 열에 의한 장해발생의 위험이 높고, 중량 감소가 증가될 가능성이 높아 처리가 용이함에도 불구하고 현장에 적용되기 어려운 실정이다 (Phillips와 Austin, 1982; Somer 등, 1967).

Ahumada 등(1996)은 45 kPa 이산화탄소를 2주간 처리하여 table grape의 해충을 구제하였으며 Crisosto 등(2002)은 10 kPa 이상의 이산화탄소를 4주 이내 처리하여 table grape의 부패를 억제시켰다고 보고하고 있어 고농도 이산화탄소 처리가 SO₂나 열처리의 대체 기술로 도입 가능할 것으로 기대된다. 그러나 고농도 이산화탄소 처리는 장기 처리할 경우 이취가 발생하거나 처리 농도 및 기간에 따라 장해가 발생할 수 있으므로 이에 대한 고찰이 필요하다. 이산화탄소 처리에 의한 장해 발생 유무는 각 작물의 이산화탄소에 대한 저항성 정도에 의해 결정되어 진다.

Rachis의 경우 7~12주 동안 고농도 이산화탄소를 처리할 경우 갈변이 발생하므로 처리 농도를 낮추거나 처리 기간을 단축할 필요성이 제시되었다(Berry, 1997). 저장 중 고이산화탄소의 영향으로써 10 kPa 이상의 이산화탄소는 곰팡이 생장을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있는데(Kader, 1997), Retamales 등(2003)은 고 이산화탄소가 포도의 *Botrytis cinerea* 생장 억제에 효과적임을 보고하였고, Crisosto 등(2002)은 고 이산화탄소가 *Botrytis cinerea* 생장을 억제하나 장기처리시 과피 변색이 더 증가할 수 있음을 밝힌바 있다. 또한 *Botrytis cinerea* 뿐만 아니라 *Monilinia fructicola*에 의한 부패 또한 고 이산화탄소에 의해 경감된다고 보고되었다(Yian 등, 2001). De Vries-Paterson 등(1991)은 체리 과실의 부패를 억제하기 위해서는 25~30%의 이산화탄소 농도가 필요하며, 일단 이러한 공기 조성이 제거된 이후에는 부패가 급격히 진행된다고 보고하고 있다. Wilson 등(1987)은 고 이산화탄소 조건에서 과실이 아세트알데히드와 에틸 아세테이트를 생성하므로 곰팡이 균에 대한 저항성이 강화 되는 것으로 추정하였다. 최근 연구 결과에 의하면 수확후 부패를 일으키는 곰팡이 중 *Botrytis allii*(Tian과 Bertolini, 1995; Bertolini와 Tian, 1997), *Penicillium hirsutum*(Bertolini와 Tian, 1996) 및 *Monilinia laxa*(Tian과 Bertolini, 1999) 등의 균은 대부분의 작물이 동해가 발생하는 -4℃에서도 생장 가능하다고 한다. 따라서 온도를 낮추는 것만으로는 부패를 억제하는데 충분치 않으므로 고 이산화탄소 또는 저 산소 처리를 함께 병행함으로써 부패 억제 효과를 증대시켜야 할 것으로 생각된다. 최 등(2004) 또한 복숭아의 *Botrytis cinerea*가 0℃에서 생장 가능한 것을 확인하였으며 고 이산화탄소 처리를 통해 억제 할 수 있음을 확인한 바 있다. Ke(1994) 등은 6품종의 복숭아를 대상으로 저 산소 및 고 이산화탄소 처리를 하면서 외관의 변화 및 이취 발생 유무를 기준으로 저항성을 조사하여 'Fairtime' 품종의 경우 99% 이산화탄소에 대해 20℃에서 3.8일간, 0℃에서 5일간 저항성을 갖는다고 보고한 바 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 실험 재료 및 방법

1. 재료

경기도 이천시 장호원 지역에서 재배된 ‘일천백봉’, ‘월봉조생’, ‘창방조생’, ‘미백도’, ‘백도’, ‘장호원황도’ 등 6 품종의 복숭아를 수확하여 숙도, 과피색 및 중량을 기준으로 구별한 후 기계적 손상과 병해 증상과를 제거한 건전과만을 선별한 후 4.5kg 골판지 상자에 포장하여 수확 후 6시간 이내에 실험실로 운송하여 본 연구에 사용하였다.

2. 방법

1. *Botrytis cinerea* 균주 준비

본 실험에 사용한 균주는 부패된 ‘황도’ 복숭아로부터 분리한 *Botrytis cinerea*를 사용하였다. 분리된 균주는 potato dextrose agar (PDA)에서 3차 계대 배양한 후 유리막대로 포자를 수집하여 0.85% NaCl 용액에 접종한 후, 25°C에서 약 3~5일간 배양하여 현탁액을 제작하였고 현탁액은 즉시 본 실험에 사용하거나 50% glycerol에 냉동 보관하였다. 냉동 보관된 현탁액을 실험에 사용할 경우 액체 배지를 이용하여 25°C에서 2~3일 동안 활성화 시켜 사용하였다. 균주의 배양은 25°C에서 실시하였다.

2. 균주 배양시 이산화탄소 처리

PDA 배지가 들어있는 Petri dish 중심에 직경 6mm의 멸균 필터를 위치시킨 후 50 μ L의 포자 현탁액을 필터에 처리하여 이산화탄소 처리 실험에 사용하였다. 현탁액이 처리된 Petri dish를 2개 그룹으로 나누어 상온 (25°C) 및 저온 (0°C)에서

배양하였다. 현탁액이 처리된 Petri dish가 들어있는 용기에 35, 60, 또는 100%의 이산화탄소 (N₂ balance)를 24, 48, 또는 72시간 동안 주입시켰으며, 처리기간 동안 밀폐용기 내 가스를 gas tight syringe로 포집하여 GC (Shimadzu GC-14 APT, Japan)를 이용하여 가스 농도를 확인하였다. GC의 분석조건은 column; CRT-1, column temp.; 35°C, injector & detector temp.; 60°C로 설정하였으며 TCD를 이용하여 분석하였다. 저온 배양 실험의 경우 저온에서 4주간 배양된 Petri dish를 상온으로 옮겨 추가 배양을 실시하였다. 곰팡이의 성장정도는 배양 동안 생성된 집락의 크기로 측정하였으며 모든 처리구는 10반복 실시하였다.

3. 이산화탄소 처리

이산화탄소 처리 조건을 구체적으로 설정하기 위해 장호원지역에서 채배되고 있는 품종에 대해 이산화탄소 농도와 처리 시간을 달리하여 전처리를 실시하였다. 박스 단위로 포장된 복숭아 과실을 실험실 규모로 제작된 밀폐 용기에 넣은 후 35-100% 이산화탄소 가스를 약 20분간 흘려보내어 용기 내부의 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐용기 내·외부의 공기 이동을 차단하였다. 20°C에서 3, 6, 그리고 12시간 동안 처리하면서 2시간 간격으로 용기 내부의 가스를 gas-tight syringe로 채취하여 GC(GC-14A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 이산화탄소 농도를 확인하였다.

4. 생리특성 및 품질 특성 분석

가 호흡률 및 에틸렌 발생량 분석

밀폐 용기에 과실을 넣고 20°C에 보관하면서 주기적으로 용기내 기체를 gas-tight syringe로 200 µL씩 채취하여 GC로 분석하여 이산화탄소 및 에틸렌 농도를 측정하여 호흡률 및 에틸렌 발생량을 각각 계산하였다. 이산화탄소 분석 조건은 GC; GC-14A, Shimadzu, Japan, detector; TCD, column; Alltech CTR I, column temp.; 35°C, injector temp.; 60°C, detector temp.; 60°C, carrier gas; He 이었으며 에틸렌 분석 조건은 GC; 5890, HP, USA, detector; FID, column; HP-PLOT 5, column temp.; 110°C, injector temp.; 100°C, detector temp.; 150°C, carrier gas; He 이었다.

나. 색도 및 경도

시험구당 5개의 복숭아를 무작위로 선택하여 과실의 중심부위에 색차계 (CRT-200, Minolta, Japan)의 광조사 부위를 밀착시켜 측정하였으며, 측정된 시료의 Hunter L 및 a 값으로 나타내었다. 색차계의 표준편(L=97.75, a=-0.49, b=1.96)을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였다. 과실의 경도는 휴대용 경도계(FHM-1, Takemura, Japan)를 사용하여 측정하고자 하는 부위의 과피를 제거한 후 지름이 0.5 mm인 plunger를 장착하여 puncture test한 후 나타난 최고값으로 표현하였다.

다. 당도 및 적정 산도

시험구당 5개의 복숭아를 무작위로 선택하여 당도 및 적정 산도를 측정하였다. 당도는 가용성 고형물 함량으로 나타내었는데, 시료로부터 과즙을 착즙한 후 당도계(N-1E, Atago, Japan)를 사용하여 측정하였고, 적정 산도는 착즙액 20 mL를 취하여 pH meter(420, Mettler-Toledo, Spain)를 이용하여 과즙의 pH를 확인한 후, 0.1 N NaOH로 pH가 8.2까지 적정하여 소비된 NaOH 량을 malic acid %로 환산하여 표시하였다.

라. 부패

시험구별로 임의 선정된 3개의 박스에 대해 부패과육(spolage rate)을 측정하였는데 박스내 과실 전체에 대한 부패된 과실수를 백분율로 나타내었다. 부패율(decay index)은 각 부패된 과실의 부패 정도를 육안으로 관찰하여 부패 증상이 나타난 과피 면적을 전체 면적에 대한 비율로 나타내었다. 곰팡이 정도(mold occurrence)는 부패 부위에 성장한 곰팡이 균사의 번진 범위를 측정하여 전체 과실 면적에 대한 비율로 나타내었다.

마. 관능검사

훈련된 관능검사 요원 10명을 대상으로 복숭아의 단맛, 조직감, 향, 전반적인 선호도 등의 항목에 대해 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하였다.

제 2 절 연구내용 및 결과

1. 이산화탄소에 대한 *Botrytis cinerea* 저항성 구명

수확 후 부패된 ‘황도’ 복숭아로부터 순수 분리된 *Botrytis cinerea*를 PDA 배지에 이식한 후 35%, 60%, 및 100%의 이산화탄소 조건에서 24, 48, 72시간 동안 처리한 후 일반 대기 상태로 옮겨 25℃에서의 곰팡이의 성장 정도를 측정하였다. 일반 대기 환경에서 균주는 24시간 동안 약 1.3cm 성장하였고 72시간 이후에는 집락의 크기가 3.5cm에 달하였으며 그 후 유사한 속도로 생장이 지속되었다. 각 농도의 이산화탄소를 24시간 처리한 결과 이산화탄소 처리가 이루어지는 24시간 동안에는 포자 생장이 이루어지지 않았으며 이산화탄소 처리가 해제된 직후 모든 농도에서 포자 생장이 이루어졌다. 상온배양 2일째의 균주 집락크기는 35%의 경우 1.7cm, 60%의 경우 1.7cm, 100%의 경우 1.3cm를 나타내었고 3일째에는 각각 2.7cm, 2.8cm 및 2.2cm를 나타내었다(Fig. 1A). 각 농도의 이산화탄소를 48시간 동안 처리한 경우 35, 60, 및 100% 처리구에서 각각 19, 20, 및 44%의 성장 억제를 보였고(Fig. 1B), 72시간 동안 처리한 경우 23, 36, 및 55%의 억제를 나타내었다(Fig. 1C). 본 실험에 이용된 *Botrytis cinerea*를 대상으로 수행한 실험 결과를 종합해보면 35%와 60% 이산화탄소 환경에서는 이산화탄소 조건에서도 곰팡이 균주가 성장 가능하였고 100% 환경에서는 생장이 완전히 정지되었다. 그러나 고농도 이산화탄소 환경이 해제되고 정상적인 대기 상태로 옮겨지게 되면 즉시 성장하였으므로 고 이산화탄소에 의해 균주가 사멸되는 것이 아니라 곰팡이 균주 생장이 일시적으로 정지되며 이산화탄소 처리 이후의 성장 속도가 무처리구와 같아 처리 이후 잔여효과가 없는 것으로 판단되었다. Tian 등(2001)은 30% 이산화탄소 처리가 sweet cherry의 부패를 일으키는 *Monilinia fructicola*의 성장을 억제한다고 보고하였고, De Vries-Paterson 등(1991)은 지속적인 고농도 이산화탄소 처리에 의해 sweet cherry의 부패가 경감되나 이산화탄소 조건이 해지된 이후에는 부패가 급격히 진행된다고 보고한 바 있다.

수확 후 원예작물의 부패를 일으키는 *Botrytis allii* (Tian과 Bertolini, 1995), *Penicillium hirsutum* (Bertolini와 Tian, 1996) 등의 곰팡이류는 -4℃의 저온에서

도 성장할 수 있으며 그 이하의 온도에서 사멸된다고 알려져 있다. 따라서 저온과 고농도 이산화탄소 병행 처리가 *Botrytis cinerea* 성장에 미치는 영향을 살펴보았다. 분리된 균주를 35, 60, 100%의 이산화탄소 조건에서 보관한 후 이산화탄소 처리를 해제한 후 상온에 두어 균주의 성장을 측정하였다. 저온저장 1주 동안 이산화탄소 처리를 한 경우에는 균주 성장을 억제하는 효과가 없었으며(Fig. 2A), 저온 및 이산화탄소 처리 기간이 길수록 상온에서의 균주 성장을 억제하는 효과가 컸다. 무처리의 경우 저온 상태에서도 균주의 생장이 이루어져 2주 후에 직경 1.4cm의 성장을 보였다(Fig. 2B). 35% 이산화탄소를 처리할 경우 저온에서 2주까지는 곰팡이 생장이 정지되었다가 3주 이후엔 1.3cm 정도의 성장을 나타내었으며, 60%와 100% 이산화탄소를 처리할 경우에는 저온에서의 3주 동안 생장이 정지되었다. 상온에서 60% 농도의 이산화탄소 환경에서도 균주의 생장이 이루어진 것과는 달리(Fig. 1) 저온에서는 이산화탄소가 농도가 60% 이상으로 유지될 경우에는 3주 동안 균주 생장이 일어나지 않았으므로(Fig. 2) 저온 및 고 이산화탄소 처리가 동시에 이루어지는 것이 곰팡이 성장 억제에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 저온과 이산화탄소 처리 이후 상온에서의 균주 성장 속도는 무처리구와 유사한 수준을 유지하였다. 따라서 저온 및 이산화탄소 조건이 곰팡이 균주 성장을 억제하는데 매우 효과적이거나 이러한 조건이 해제된 이후에는 정상적인 생장이 가능하므로 곰팡이 성장을 억제하기 위해서는 지속적인 처리가 필요하다고 판단되었다.

저온 및 이산화탄소 처리가 곰팡이 성장에 미치는 영향을 구명하고자 *Botrytis cinerea*를 저온(0°C)상태에 4주간 보관하는 동안 35%, 60%, 100%의 이산화탄소를 24, 48, 72시간 동안 그리고 1, 2, 3주 동안 각각 처리하였으며 4주간의 저장기간 동안과 그 후 상온에서의 균주 성장을 관찰하였다. 무처리구의 경우 저온저장 4일 동안 약 1.5cm 성장한 후 나머지 저온저장 기간 동안 생장이 정지되었으므로, 저온을 유지할 경우 곰팡이 생장이 매우 효과적으로 억제됨을 알 수 있었다(Fig. 3). 각 농도의 이산화탄소를 24시간 동안 처리한 경우 곰팡이의 성장 억제 효과가 매우 미미하여 무처리구와 비슷한 정도의 성장을 보였는데, 35-100% 농도를 24시간 처리하는 것으로는 곰팡이 성장에 영향을 미치지 못하였다(Fig. 3A). 처리기간을 더 연장하여 48시간 동안 처리한 경우 60% 이상의 농도에서 균주 생장이 억제되는 경향을 보였고 100%의 경우 60%에 비해 억제효과가 월등하였다(Fig. 3B). 72시간 처리시 35%의 경우 여전히 억제 효과가 없었으며 60% 또한 처리 기간인 72시간 동안에는 균주가 자라지 못하다 처리를 중단한 이후에는 저온에서도 균주

생장이 재개되어 저장 10일 이후에는 무처리구와 유사한 수준의 성장을 나타내었다. 100% 이산화탄소를 72시간 동안 처리한 경우 이산화탄소 처리가 유지되는 72시간은 물론 그 이후 이산화탄소 조건이 해제된 상태에서도 균주 생장이 억제되는 효과가 지속되어 저온 18일 동안 곰팡이 생장이 전혀 이루어지지 않았으며, 28일 이후에도 약 0.6cm 성장하는데 그쳐 무처리구가 28일 이후 1.7cm까지 성장한 데 비해 55%의 억제효과가 있었다(Fig. 3C). 1주(7일) 동안 고 이산화탄소 처리를 한 경우 35%와 60%는 처리 기간 7일 동안 균주 생장이 이루어지지 않았으며 이산화탄소 처리가 제거된 후 효과가 잔존하여 저온에서 8일 동안 균주생장이 없었으며 100%의 경우 잔존효과 기간이 더욱 길어져 7일간의 처리로 17일 동안 균주 생장이 정지되는 결과를 보였다(Fig. 4A). 2주(14일) 동안 이산화탄소 처리를 한 경우 35%와 60%의 경우 15일까지, 100%의 경우 21일까지 균주가 자라지 못하였고(Fig. 4B). 저온기간 중 3주(21일) 동안 이산화탄소 처리한 경우 35%와 60%는 18일까지, 100% 처리구는 저온저장 28일 동안 균주 생장이 멈추었다(Fig. 4C). 이상에서 살펴본 바와 같이 균주의 생장은 저온에서 상당히 지연되며 고 이산화탄소에 처리에 의해 억제되나 35%와 60% 이산화탄소 조건에서는 생장이 완전히 억제되지 않는 것을 알 수 있었는데, 1주 및 2주간의 처리 후 일반 대기 조건에서 1일 정도의 잔여 효과가 있었고, 3주간(21일간) 지속적으로 처리한 경우에는 처리가 진행되는 동안에도 균사가 성장하여 21일 이후 0.5-1.1cm의 성장을 보였다(Fig. 4C). 그러나 100% 농도를 처리할 경우 이산화탄소 조건이 유지되는 동안에는 균주가 성장하지 못하였고 처리 후 잔존효과도 일주일 이상 유효하여 곰팡이 성장 억제에 가장 효과적이었다. 그러나 저온저장 이후에 상온에 옮겨지면 저온에서 억제되었던 균주의 생장이 급격히 이루어지는 현상을 보였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 100% 이산화탄소를 72시간 이상 처리하면 저온 기간 동안 곰팡이 성장을 크게 억제되었으나, 상온으로 옮겨지면 곰팡이 생장이 정상적인 속도로 이루어지므로 저온 및 이산화탄소 처리가 *Botrytis cinerea*를 사멸시키는 것이 아니라 성장을 억제하는 효과에 그치는 것으로 판단되었다.

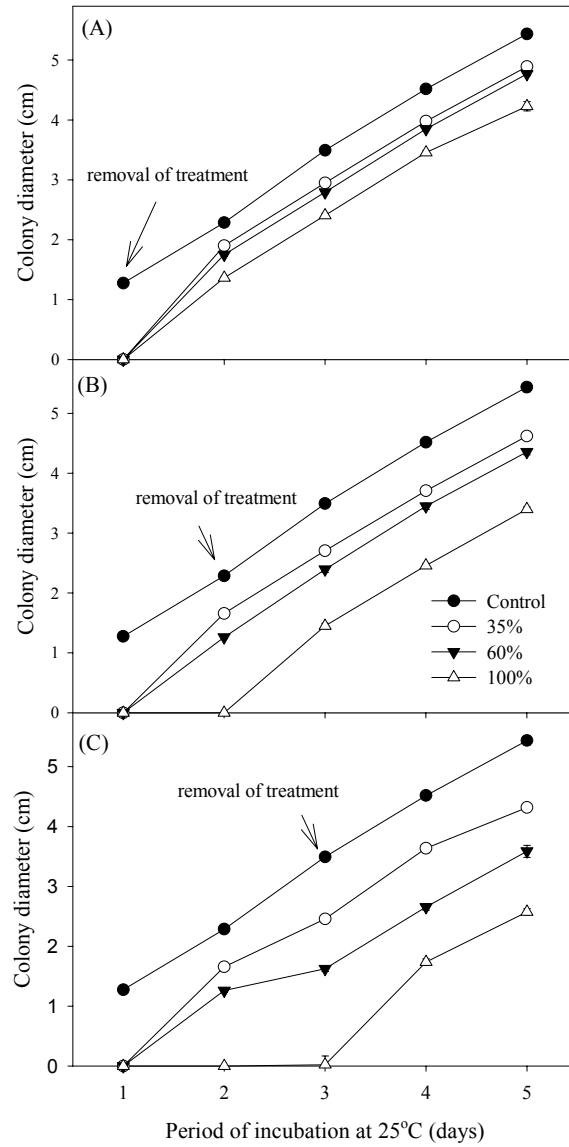


Fig. 1. Effect of CO₂ treatments for 24(A), 48(B), and 72(C) hours on growth of *Botrytis cinerea* on PDA at 25°C. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

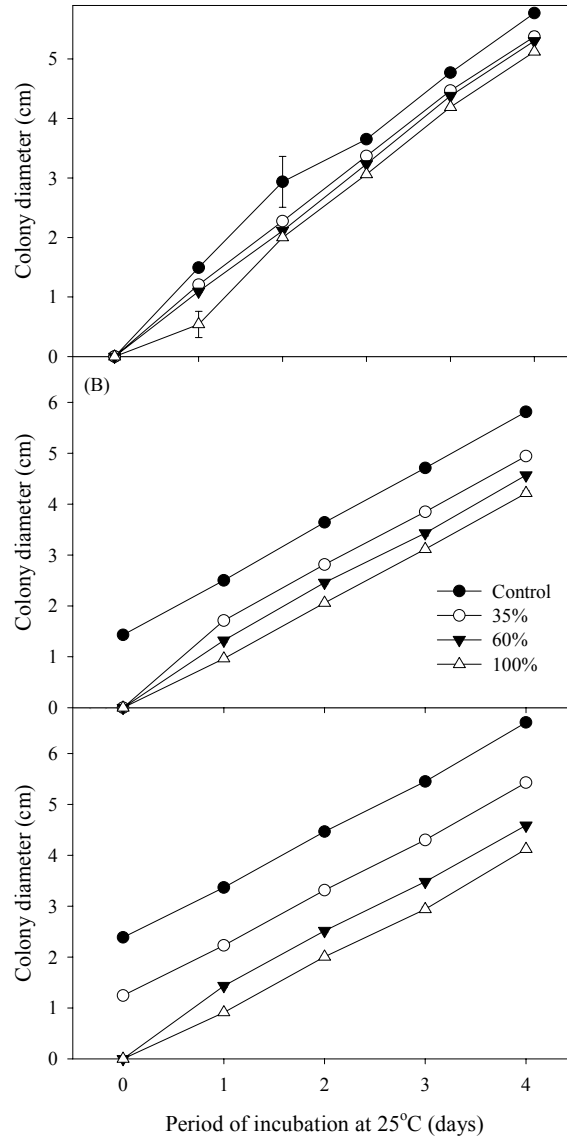


Fig. 2. Effect of CO₂ treatments at 0°C for 7(A), 14(B), and 21 days(C) on growth of *Botrytis cinerea* on PDA at the following 25°C. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

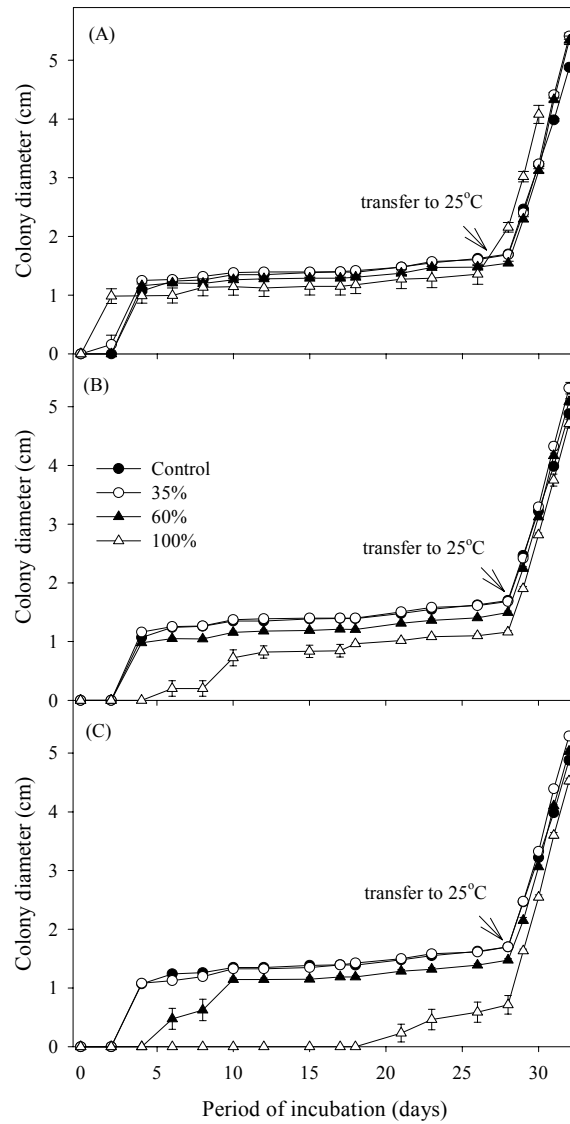


Fig. 3. Effect of CO₂ treatment at 0°C for 24(A), 48(B), 72 hours(C) on growth of *Botrytis cinerea* on PDA at the 0°C for 4 weeks and the following 25°C for 4 days. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

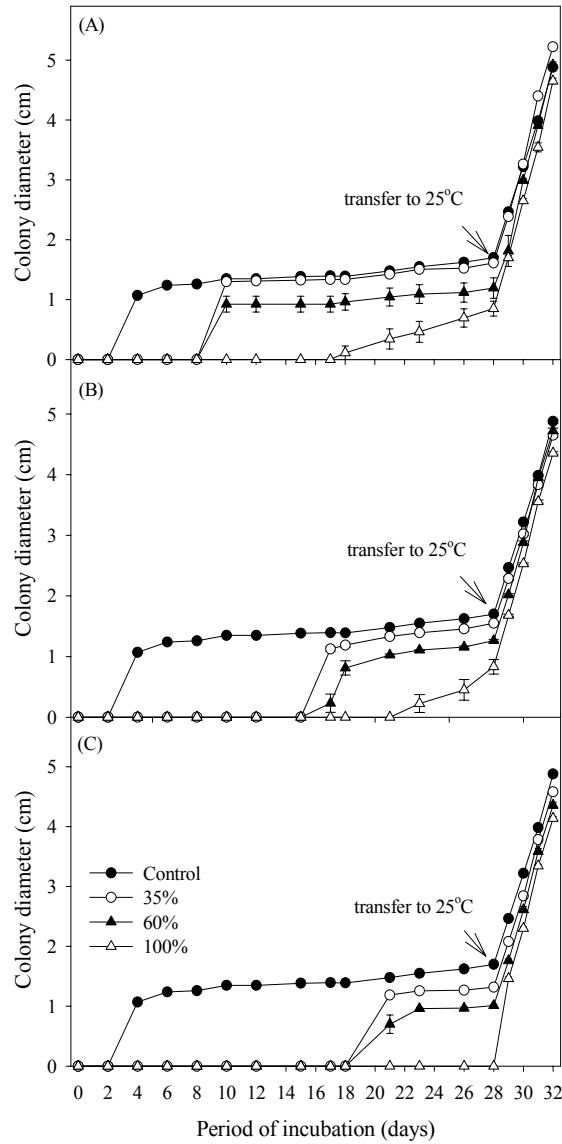


Fig. 4. Effect of CO₂ treatment at 0°C for 7(A), 14(B), and 21 days(C) on growth of *Botrytis cinerea* on PDA at the 0°C for 4 weeks and the following 25°C for 4 days. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

2. 고 이산화탄소 처리가 복숭아의 품질에 미치는 영향

복숭아 과실의 상온 유통 중 신선도 유지 및 부패 억제에 효과적인 이산화탄소 처리 조건을 설정하기 위해 *Botrytis cinerea*를 대상으로 실시한 처리 조건과 동일한 조건인 35%, 60%, 100% 이산화탄소 환경에서의 복숭아 과실의 품질 변화를 조사하였다. 품종에 따른 영향을 비교 분석하기 위해 육질이 단단한 편에 속하는 ‘월봉조생’과 연화가 심한 편에 속하는 ‘미백도’ 품종을 대상으로 본 실험을 수행하였다.

‘월봉조생’ 품종의 경우 이산화탄소 조건에서 과실의 연화가 억제되어 무처리구에 비해 높은 경도를 유지하였다(Fig. 5). ‘월봉조생’ 복숭아 과피의 Hunter L값은 수확 후 상온유통 기간 동안 변화하지 않으나 Hunter a 값은 급격히 증가하여 과피색이 수확 직후보다 전반적으로 붉게 변화하는데 비해, 이산화탄소 조건에 둔 과실은 Hunter a 값의 변화가 적어 과피색이 우수하게 보존되는 결과를 보였다(Fig. 6,8). 과실 절단면의 변색 정도도 이산화탄소 처리에 의해 경감되었는데 과피에서와 마찬가지로 Hunter a값이 수확수의 수준을 유지하는데 이산화탄소 처리가 효과적이었다(Fig. 7,8). 그러나 ‘월봉조생’ 복숭아를 장기간 동안 이산화탄소 조건에 보관하면 과실에서 이미·취가 발생하고 단맛이 낮아져 식미도가 낮아지는 문제점이 발생하였다. 이러한 현상은 농도가 높을수록 심하였고 본 실험에서 사용한 처리 농도 중 가장 낮은 농도인 35%에 1일 보관된 과실에서도 이산화탄소 처리에 의한 향 및 맛의 변화가 발생하기 시작하였다(Fig. 9). 이산화탄소 처리구의 경우 무처리구에 비해 단맛이 적게 느껴졌으며 이러한 경향은 농도가 높을수록 두드러지는 경향이었다(Fig. 9A). 복숭아의 향에 대한 호감도도 이산화탄소 처리에 의해 크게 낮아졌는데(Fig. 9B), 이는 이산화탄소가 과육에 잔존하여 발생하는 이취 때문인 것으로 판단되었다.

‘미백도’ 품종의 경우 ‘월봉조생’ 품종과 유사한 효과가 나타났는데, 고 이산화탄소 환경에 보관된 과실은 경도가 높게 유지되었고 농도에 따른 효과의 차이가 없었던 ‘월봉조생’과는 달리 이산화탄소 농도가 높을수록 경도 유지 효과가 크게 나타났다(Fig. 10). 상온 유통 중 과피색의 Hunter a값이 급격히 증가하는 무처리구에 비해 이산화탄소 처리한 과실은 상대적으로 낮게 유지되어 외관이 우수하였으며 이 또한 농도가 증가할수록 효과가 컸다 (Fig. 11). 과실의 절단면의 변색 정도를 살펴보면 절단 후 Hunter L 값은 감소하고 Hunter a 값은 증가하며 갈변 증

상이 빠르게 진행됨을 알 수 있는데, 이산화탄소 처리한 과실은 이러한 현상이 억제되었다. 특히 100% 농도에서는 Hunter L 값과 a 값이 수확직후의 수치를 그대로 유지하였다(Fig. 12). 이산화탄소 처리시 두 품종 모두 연화, 과피 변색, 과육 변색이 억제되는 효과가 있었는데 '월봉조생' 품종에 비해 '미백도' 품종에서 더 큰 효과가 나타났다. 복숭아의 가용성 당 함량은 수확 후 유통 기간 동안 변화하지 않으나(자료 미제시) 실제로 느껴지는 단맛 정도는 유통 중에 현격히 감소하는데 고 이산화탄소 조건에서 단맛 감소가 더 현격하였다(Fig. 13). 장기간의 이산화탄소 처리에 의해 과실에서 이미·취가 발생하여 선호도가 떨어졌으며, 이산화탄소 농도가 높을수록 선호도 하락이 컸다. 본 실험에 적용된 처리 농도 중 가장 낮은 농도인 35%에 1일간 처리된 과실에서도 이미·취가 발생하였는데 '월봉조생' 품종에서보다 '미백도' 품종이 더 심하였다. 본 실험결과 두 품종 모두 이산화탄소 처리에 의해 경도 및 과피 변색 등이 억제되어 외부적인 품질은 향상되나 식미도가 낮아지는 문제가 발생하였고, 단단한 품종인 '월봉조생'보다 과육이 무른 '미백도' 품종이 이산화탄소 처리에 의한 영향이 컸다. 이산화탄소 처리시 발생하는 이취는 혐기 호흡에 의한 에탄올이나 아세트 알데하이드 생성에 의한 발효취와는 다른 것으로써, 과육에 용해된 잔존된 이산화탄소 때문인것으로 판단되었다. 이산화탄소에 의한 이러한 부정적인 효과는 두 품종 모두 35% 조건에서 24시간 보관한 과실에서도 나타나므로 복숭아 과실에 대한 고 이산화탄소 처리는 24시간 이내의 단기간으로 설정하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

극만생 황육계 품종인 '황도'를 대상으로 각 농도의 이산화탄소를 24시간 및 48시간 처리한 후 25℃에 두어 과실의 연화 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다. 7일 이후 복숭아의 75%가 부패 증상을 보였고 이산화탄소를 처리한 과실의 경우 60% 이상의 농도에 의해 부패가 감소되는 경향을 나타내었다(Fig. 14). 35%를 24시간 처리한 경우에는 무처리구와 비슷한 79%의 부패율을 보였고 48시간 동안 처리할 경우 69%의 부패율을 보여 부패를 억제하는 효과가 없었다. 60%의 경우 24시간 및 48시간 처리시 각각 63%와 50%의 부패율을 나타내었고, 100%의 경우 24시간 및 48시간 동안 처리한 경우 각각 38%와 20%의 부패율을 보여 무처리구에 비해 매우 낮은 부패율을 보였다. 조사 관점을 달리하여 과실의 부패율이 아닌 부패정도를 조사한 경우 60%를 24시간 처리할 과실은 무처리구에 비해 부패 정도가 매우 미미한 것을 알 수 있었으며 100%의 경우에는 부패 정도가 매우 낮았다(Fig. 15). 각 농도의 이산화탄소를 48시간 처리하면 25℃에서의 부패율 및 부패 정도를

크게 낮출 수 있었으나 ‘월봉조생’과 ‘미백도’ 품종에서와 마찬가지로 이산화탄소취가 잔존하였고(자료 미제시) 맛의 변화를 가져와 처리 조건으로 불가능한 것으로 판단되었다. 부패에 효과적이었던 48시간 처리구의 경도를 조사한 결과 60%까지의 농도에서는 경도에 영향을 미치지 못하였고 100%의 경우 무처리구에 비해 경도가 높게 유지되었으며(Fig. 16), 이산화탄소 처리가 복숭아의 가용성 당함량에는 영향을 미치지 않았다.(Fig. 17). 100% 농도를 48시간 처리하는 것이 부패 및 경도 유지에 가장 효과적이거나 이·미취의 문제가 발생하고, 35%와 60%의 농도를 24시간 동안 처리한 경우에도 과실의 상태에 따라 이미·취가 감지되었는데 연화가 진행된 과실일수록 심한 경향이였다. 각 농도의 이산화탄소를 24시간 및 48시간 처리한 복숭아를 저온에서 2주간 저장한 후 상온에 옮겨 유통할 경우 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 모든 농도에서 무처리구에 비해 높은 경도를 보였고(Fig. 18), 특히 100% 농도가 가장 효과적이였다. 이산화탄소가 가용성 당 함량에 미치는 영향을 없였으며(Fig. 19), 저온장해 현상인 woolliness는 경감되는 양상을 보였다(Fig. 20). 35% 이상의 이산화탄소를 24시간 처리한 후 2주간 저온 저장한 경우에도 이미·취가 느껴져 이보다 단기간의 처리가 요구되었었다(자료 미제시). 이산화탄소 조건에 의한 이미·취의 경우 ‘황도’ 품종이 ‘월봉조생’이나 ‘미백도’ 품종보다는 약하게 발생되어 이산화탄소에 의한 민감도가 낮은 것으로 생각되었었다. 본 연구의 결과를 종합해보면 이산화탄소에 대한 긍정적 그리고 부정적인 영향은 ‘미백도’ 품종이 가장 크게 나타났고 ‘황도’ 품종이 가장 낮았다. Ke 등(1994)은 6품종의 복숭아를 대상으로 저 산소 및 고 이산화탄소 처리를 하면서 외관의 변화 및 이취 발생 유무를 기준으로 저항성을 조사하여 ‘Fairtime’ 품종의 경우 99% 이산화탄소에 대해 20℃에서 3.8일간, 0℃에서 5일간 저항성을 갖는다고 보고한 바 있으나 본 연구에서는 외관뿐만 아니라 식미도를 고려하여 이산화탄소 처리 농도 및 처리 기간을 설정하여야 할 것으로 판단되었었다.

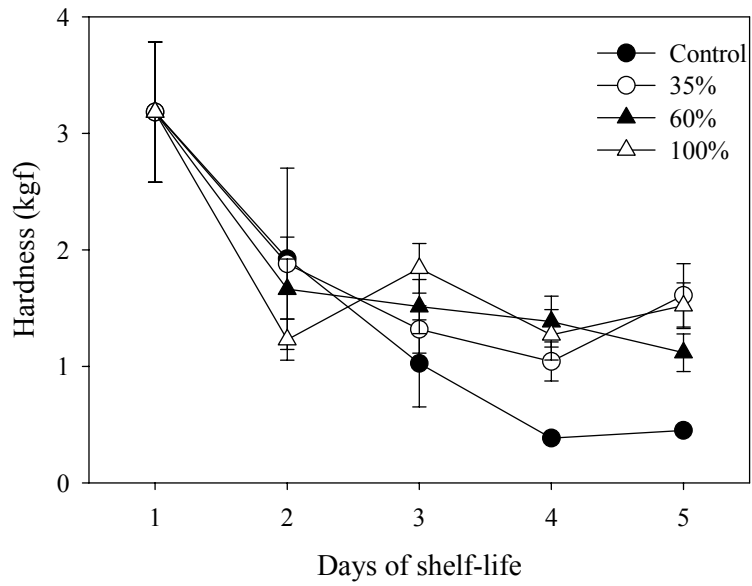


Fig. 5. Effect of high CO₂ conditions on hardness of 'Wolbongjosaeng' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

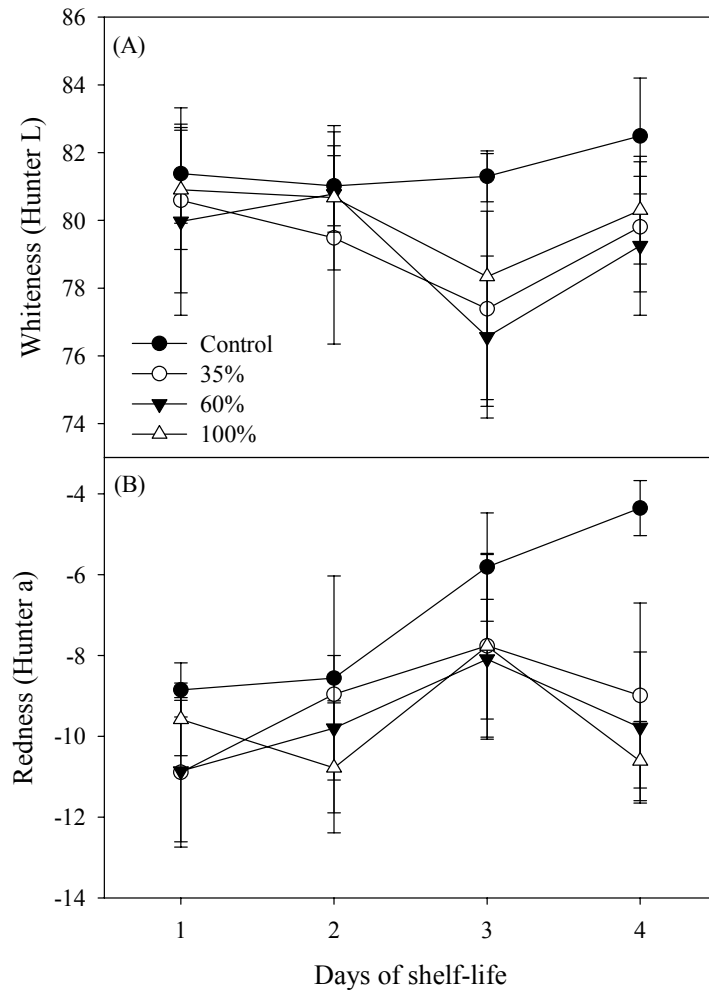


Fig. 6. Effect of high CO₂ conditions on peel color of 'Wolbongjosaeng' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

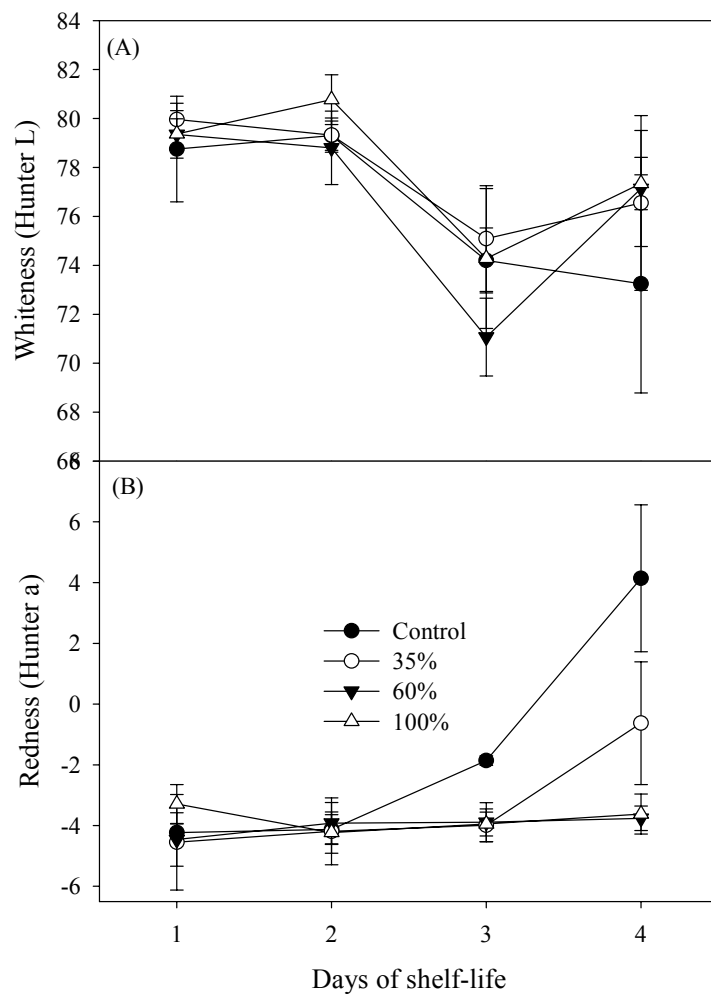


Fig. 7. Effect of high CO₂ conditions on flesh color of 'Wolbongjosaeng' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

1 day



2 day



3 day



4 day



Fig. 8. Effect of high CO₂ conditions on peel and flesh color of 'Wolbongjosaeng' peach fruits during shelf-life.

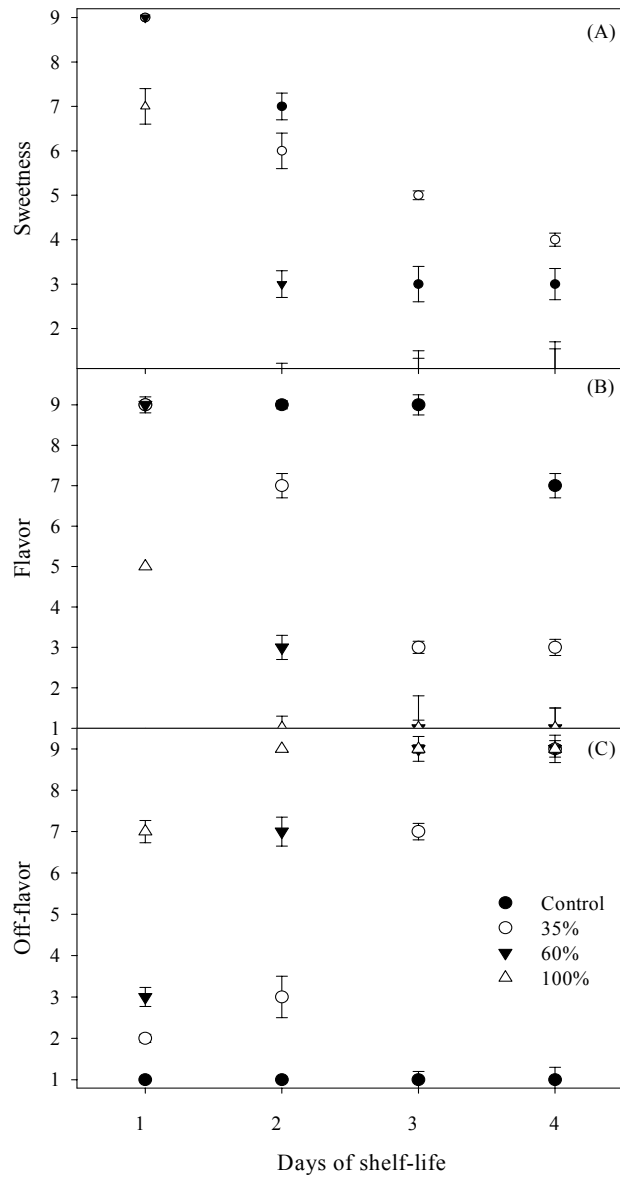


Fig. 9. Effect of high CO₂ conditions on sensory score of 'Wolbongjosaeng' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

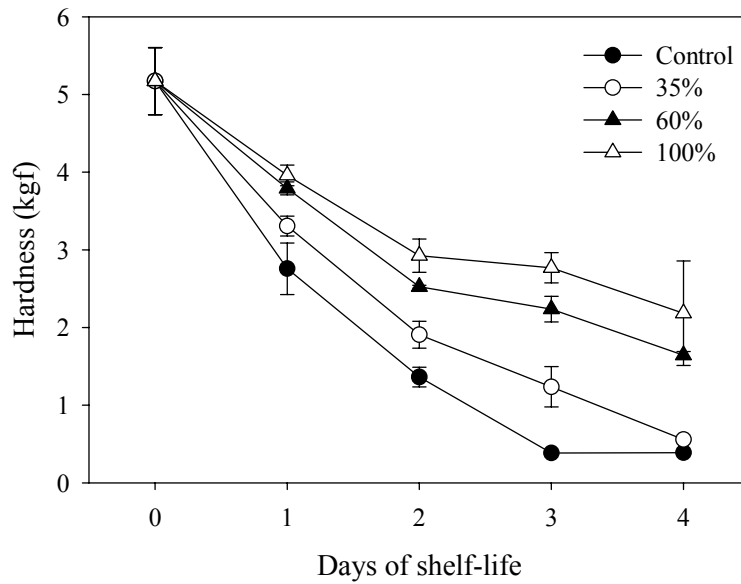


Fig. 10. Effect of high CO₂ conditions on hardness of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

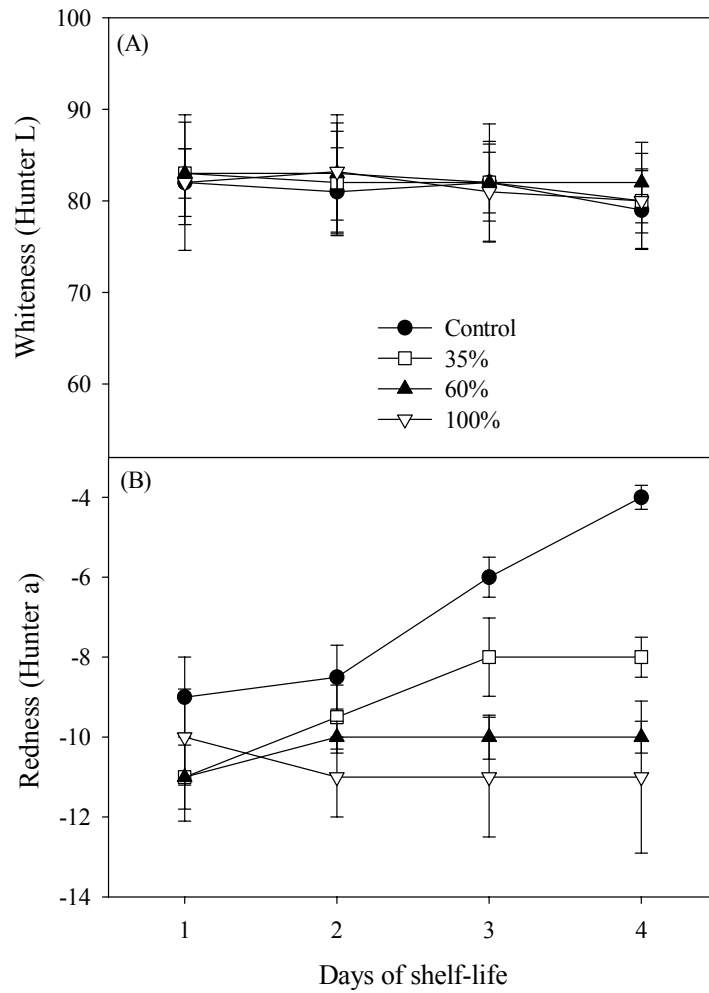


Fig. 11. Effect of high CO₂ conditions on peel color of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

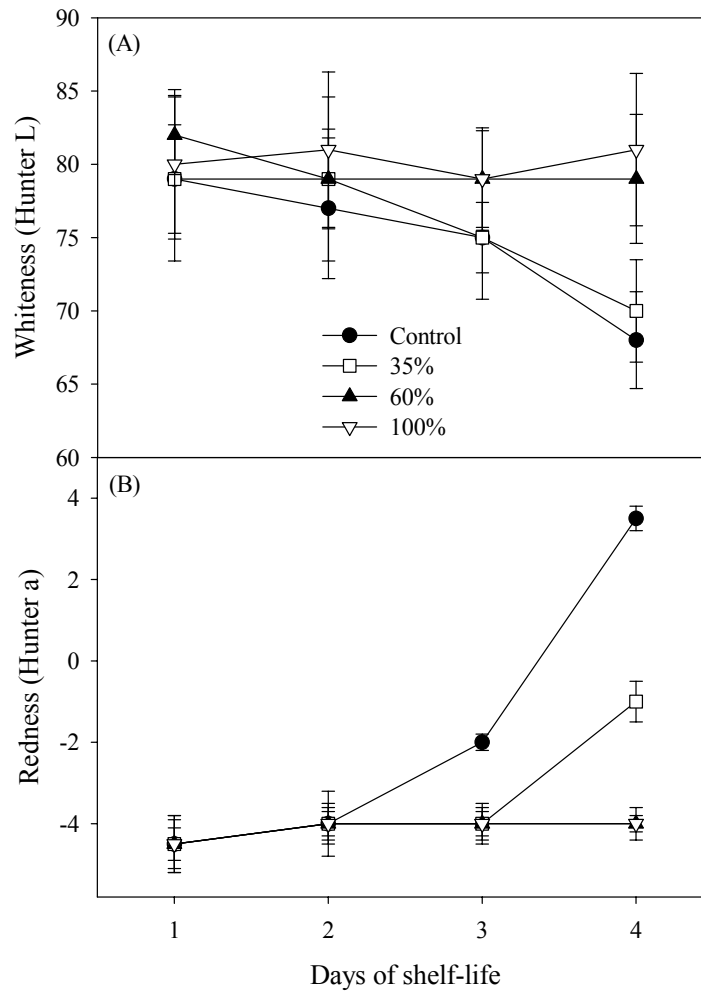


Fig. 12. Effect of high CO₂ conditions on flesh color of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates

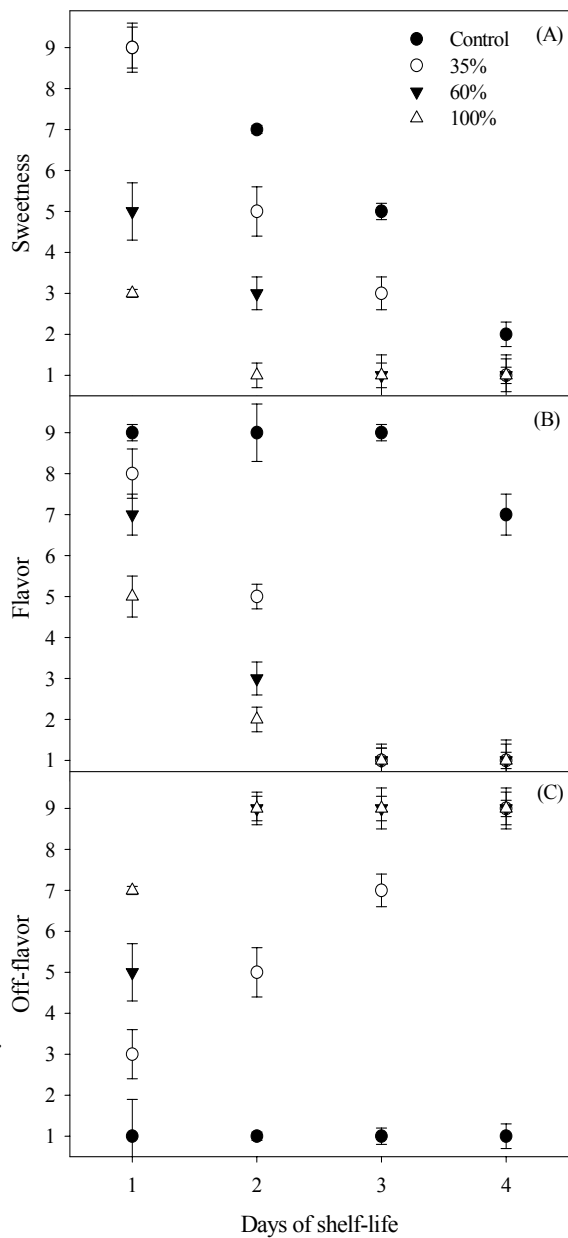


Fig. 13. Effect of high CO₂ conditions on sensory score of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

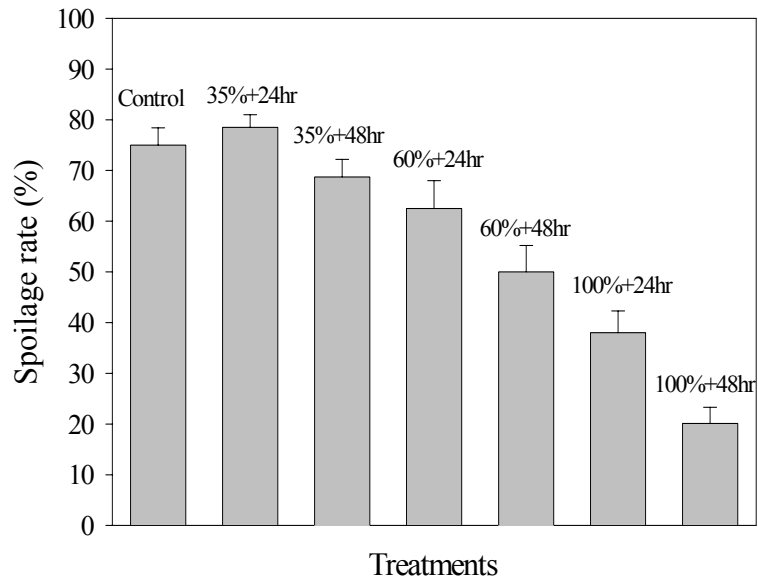


Fig. 14. Effect of CO₂ concentration and treatment periods on spoilage rate in 'Hwangdo' peach fruits after 7 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.



Fig. 15. Effect of CO₂ treatments on severity of decay in 'Hwangdo' peach fruits after 7 days of shelf-life.

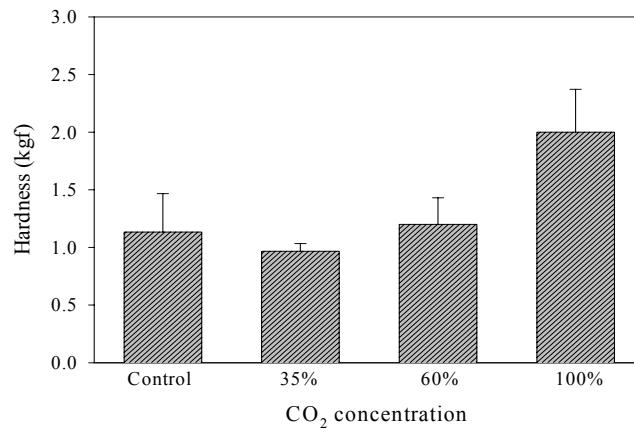


Fig. 16. Effect of CO₂ treatments for 48 hours on firmness of 'Hwangdo' peach fruits after 7 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

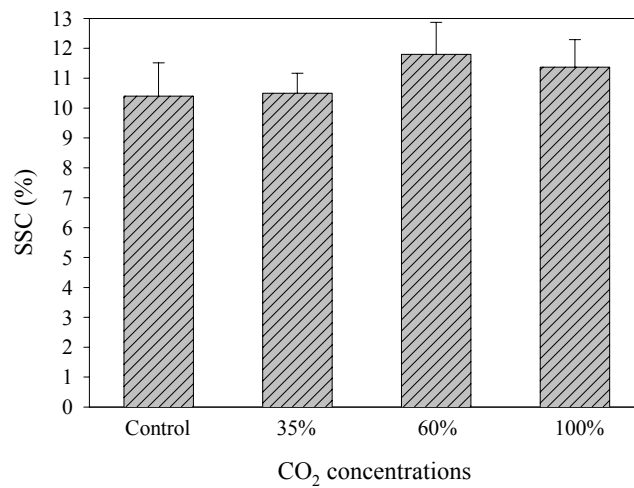


Fig. 17. Effect of CO₂ treatments for 48 hours on SSC of 'Hwangdo' peach fruits after 7 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

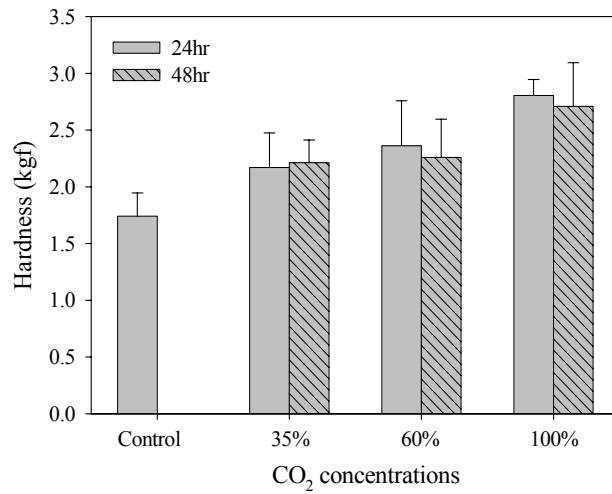


Fig. 18. Effect of CO₂ treatments for 48 hours on firmness of 'Hwangdo' peach fruits after 3 days of shelf-life following 2 weeks of storage at 0°C. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

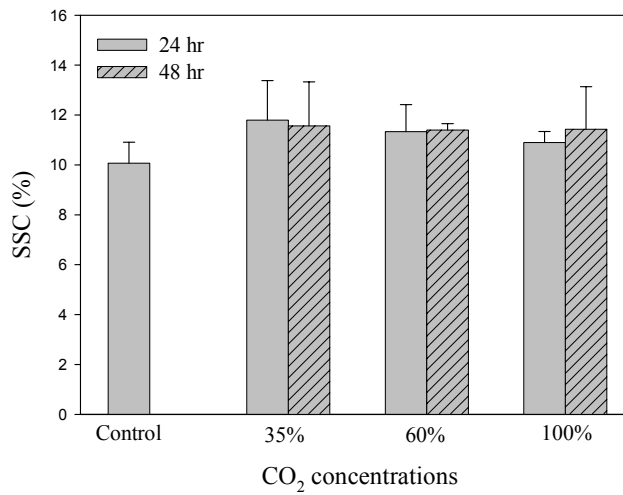


Fig. 19. Effect of CO₂ treatments for 48 hours on SSC of 'Hwangdo' peach fruits after 3 days of shelf-life following 2 weeks of storage at 0°C. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.



Fig. 20. Woolliness development of 'Hwangdo' peach fruits after 3 days of shelf-life following 2 weeks of cold storage at 0°C.

3. 복숭아 품종별 이산화탄소 전처리 조건 구명

(1) ‘미백도’ 품종

‘월봉조생’, ‘미백도’, 및 ‘황도’ 품종을 대상으로 수행한 선행 연구 결과 이산화탄소 농도를 35% 이상으로 설정하여 24시간 이상 처리할 때 이산화탄소가 과육에 잔류하여 이취를 발생하였으므로 처리 시간을 단축하여 ‘미백도’ 복숭아에 처리하였다. 처리조건을 35%+24hr, 60%+6hr, 60%+12hr, 60%+24hr, 100%+6hr, 100%+12hr, 100%+24hr으로 설정하여 품질 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다. 수확 후 상온유통 3일째 경도를 비교한 결과 무처리에 비해 이산화탄소 처리한 과실의 경도가 높았고 처리 농도 및 처리 시간에 따른 유의적 차이는 없었다(Fig. 21). 가용성 당 함량은 무처리구에 비해 처리구가 낮은 경향을 보이나 처리 조건에 따른 일관된 변화 양상을 보이지 않아 유의적 차이로 인정하기 어려웠다(Fig. 22). 상온유통 중 부패과 발생 정도는 무처리에 비해 모든 처리구에서 억제되는 결과를 보여 ‘미백도’ 품종의 부패 억제에 이산화탄소 처리가 매우 효과적임을 알 수 있었다(Fig. 23). 35% 이산화탄소를 24시간 처리할 경우 과육에서 이산화탄소에 의한 이취가 느껴져 관능지수가 낮아지므로 이보다 단기간의 처리가 바람직하다고 판단되었으며, 60%를 6시간 처리한 경우 이산화탄소에 의한 이취 발생이 없고 식미도가 무처리구에 비해 높게 유지되는 등 품질이 우수하게 유지되는 결과를 나타냈다(Table 1). 60% 이산화탄소를 12시간 이상 연장하여 처리하였을 때 이취가 발생하였고 100%의 경우 6시간 동안의 처리에 의해서도 이산화탄소에 의한 관능지수 하락이 두드러졌으므로 ‘미백도’ 복숭아의 전처리 조건으로 부적절하였다. 따라서 상온 유통되는 ‘미백도’ 복숭아의 신선도 연장을 위해서는 60% 이산화탄소를 6시간 처리하는 것이 가장 바람직하였다.

고 이산화탄소 전처리가 저온저장 중 ‘미백도’ 복숭아의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 2주 이상 저온 저장된 ‘미백도’ 복숭아는 woollines가 나타나고 부패가 급속히 진행되므로 저온에서 3주간 저장하여 저온 장해를 유발시킨 후 이산화탄소 전처리가 미치는 영향을 조사하였다. 이산화탄소 전처리를 한 과실은 무처리구에 비해 부패가 억제되는 경향을 나타내었으며, 농도 및 처리 기간에 따른 유의적 차이는 없었다(Fig. 24). Woolliness 증상은 저온 중에는 발현되지 않으므로 3주간 저온 저장한 후 상온에 3일간 두어 증상 발현을 유도한 후 처리간 비교 조사를 실시

하였다. 무처리구는 woolliness 지수가 9점을 나타내었으며 이산화탄소 전처리한 과실은 woolliness 증상이 경감되었다(Fig. 25). 60%와 100% 모두 woolliness 경감 정도는 유사하였으며 두 농도 모두 6시간 이상 처리함으로써 효과를 극대화 할 수 있었다. 이산화탄소에 의한 이취 발생 정도는 상온 유통 중의 과실보다는 덜 민감하여 60%를 12시간 처리한 과실에서도 발생하지 않았고 100%를 6시간 처리한 경우에도 이취 발생이 없었으며, 100%를 12시간 처리한 과실에서만 미미한 이취가 발생하였다(Table 2). 따라서 ‘미백도’ 복숭아의 저온장해 억제를 위해 60%-100%를 6-12시간 처리하는 것이 좋으며 이 범위의 조건에서 농도 및 처리 기간에 따른 효과는 거의 유사한 수준이었으므로 6시간 처리하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다.

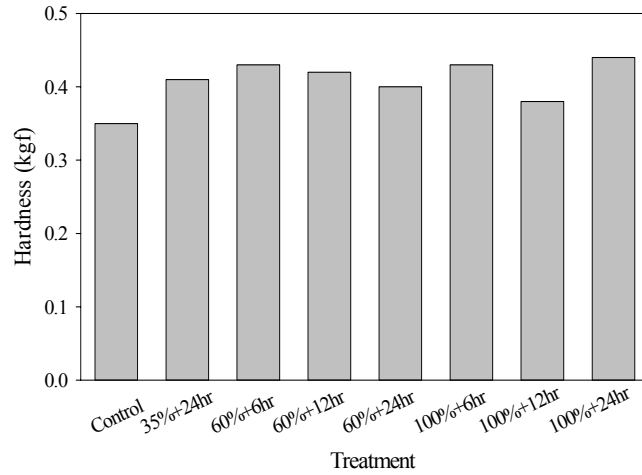


Fig. 21. Effect of short-term high CO₂ treatment on hardness of 'Mibaekdo' peach fruits on the 3 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

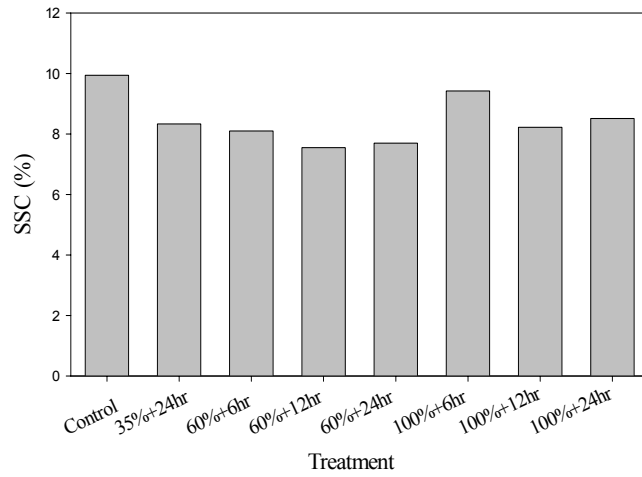


Fig. 22. Effect of short-term high CO₂ treatment on SSC of 'Mibaekdo' peach fruits on the 3 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

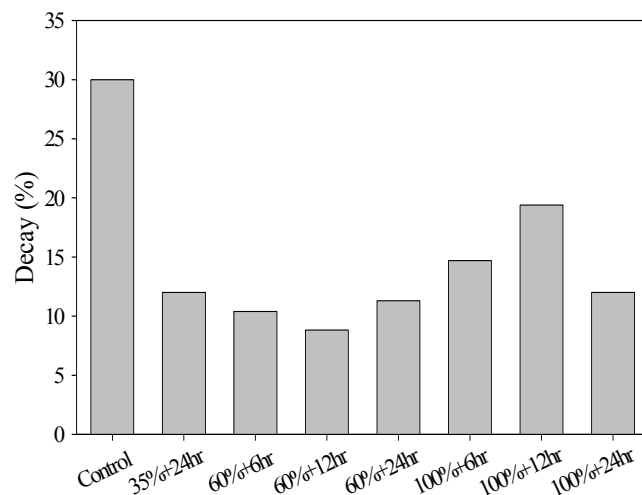


Fig. 23. Effect of short-term high CO₂ treatment on decay of 'Mibaekdo' peach fruits on the 3 days of shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

Table. 1. Effect of short-term high CO₂ treatment on sensory score of 'Mibaekdo' peach fruits on the 3 days of shelf-life.

	Treatment (hr)	Control	35%	60%	100%
Off flavor ¹	6	ND	-	ND	3.2
	12		-	1.2	4.2
	24		1.2	5.0	7.0
Sensory ²	6	7.0	-	8.2	3.0
	12		-	5.0	2.2
	24		5.0	3.0	1.2

¹ score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

² score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

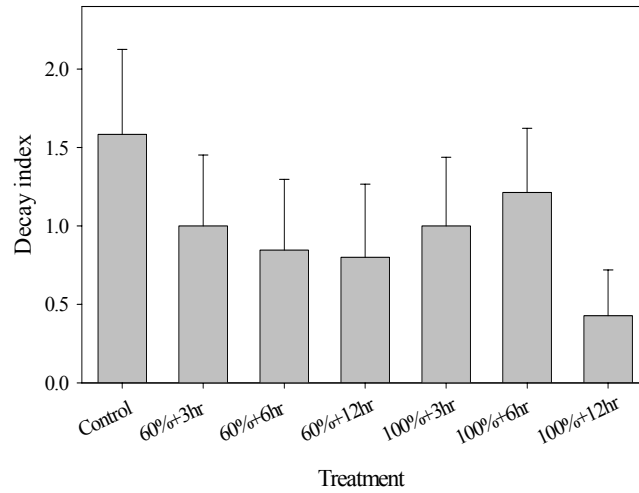


Fig. 24. Effect of short-term high CO₂ treatment on decay on the 3 days of shelf-life of cold-stored 'Mibaekdo' peach fruits. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

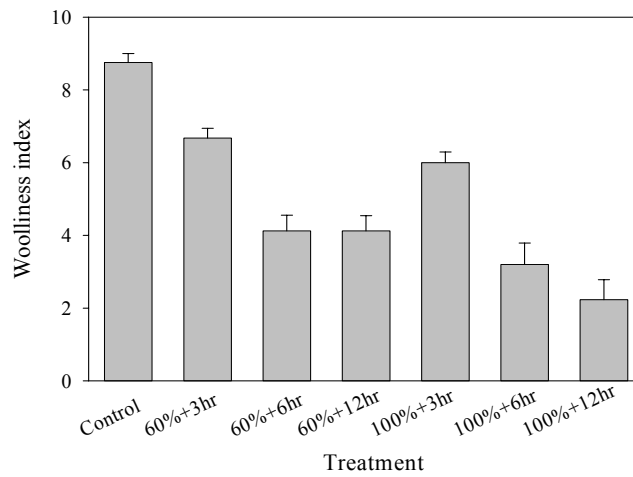


Fig. 25. Effect of short-term high CO₂ treatment on woolliness on the 3 days of shelf-life of cold-stored 'Mibaekdo' peach fruits. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

Table 2. Effect of short-term high CO₂ treatment on off-flavor on the 3 days of shelf-life following 3 weeks of cold storage of 'Mibaekdo' peach fruits.

	Treatment (hr)	Control	60%	100%
¹ Off flavor	3		ND	ND
	6	ND	ND	ND
	12		ND	1.5

¹ score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

(2) ‘황도’ 품종

수확된 ‘황도’ 복숭아를 60% 및 100%의 이산화탄소 조건에 3, 6, 12 및 24시간 동안 처리한 후 일반 대기 상태에 옮겨 상온에서 4일 후의 품질을 비교 조사하였다. 이산화탄소 전처리에 의해 과피색 및 과육색이 우수하게 유지되는 경향이 나타났는데 특히 Hunter a 값에서 차이가 컸다. 이산화탄소 농도가 높을수록 과피 및 과육색이 잘 유지되었는데 과피색의 경우 100% 농도 처리시 Hunter L 값이 높고 Hunter a 값이 낮았으며(Fig. 26), 60%와 100%를 12시간 이상 처리한 경우에 과육의 Hunter L 값이 높고 Hunter a 값이 낮아 과육의 변색이 억제되는 효과가 있음을 알 수 있었으며, 특히 100% 농도에서 과육 변색 억제 효과가 컸다(Fig. 27). 본 실험에 사용된 ‘황도’ 복숭아는 상온 유통 4일 후 0.4 kgf를 나타내어 과육이 매우 무른 상태였는데, 이산화탄소를 전처리한 과실은 이보다 높은 경도를 유지하였으며, 이산화탄소 처리 농도와 처리 기간에 비례하여 효과가 커지는 경향을 보였다(Fig. 28). 선행 연구 결과에서 본 바와 같이 이산화탄소 처리에 의한 가용성 당함량 변화는 없었다(Fig. 29). 복숭아의 유통 중 가장 큰 문제점으로 대두되는 부패가 고 이산화탄소 처리에 의해 억제되는지를 살펴보기 위해 상온에서 8일 동안 보관한 후 부패 정도를 조사하였는데 이산화탄소 전처리에 의해 부패 정도가 경감되는 경향은 보이나 유의적 효과는 없었다(Fig. 30). ‘황도’ 복숭아의 경우 다른 품종에 비해 과육이 단단하고 부패가 매우 적게 발생하는 품종이므로 이산화탄소 전처리에 의한 영향을 나타내기 어려운 것으로 판단되었다. 이산화탄소 전처리가 수확 후 복숭아 과실의 가용성 당함량에 영향을 미치지 않는으나, 장기간 처리할 경우 이산화탄소에 의한 이취 발생으로 인해 식미감이 하락되는 경향을 확인한 바 있으므로 이를 확인하기 위해 관능검사를 실시하였다. 상온유통 4일째 무처리구의 관능지수는 7.1을 기록하여 수확 후 9.0에서 다소 하락하였는데, 60% 이산화탄소로 6시간 처리한 과실은 7.5를 기록하였고 그 이상 처리할 경우 이취 발생으로 인해 관능지수가 4.0-2.3으로 하락하였다(Table. 3). 100%를 처리한 경우 3시간 처리로도 이취 발생이 감지되어 관능지수가 무처리구에 비해 낮았다. 따라서 상온 유통될 ‘황도’ 복숭아의 경우, 60% 이산화탄소에서 6시간 동안 전처리하여 유통시키는 것이 신선도 연장을 위해 바람직한 것으로 판단되었다.

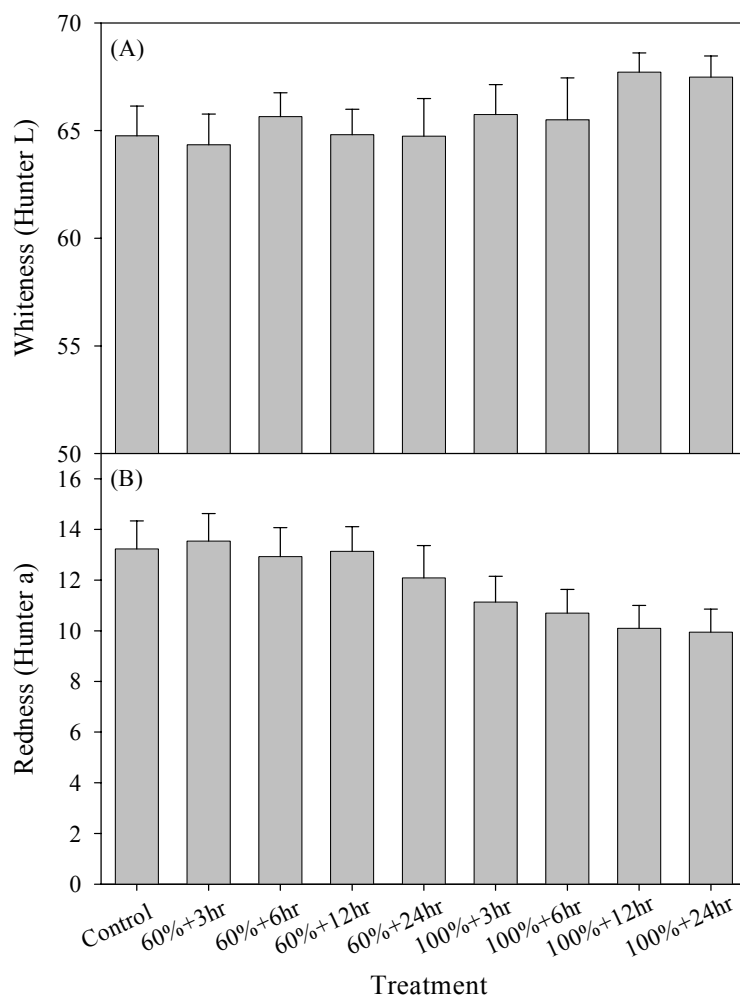


Fig. 26. Effect of short-term high CO₂ treatment on peel color of 'Hwangdo' peach fruits on the 4 days of shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

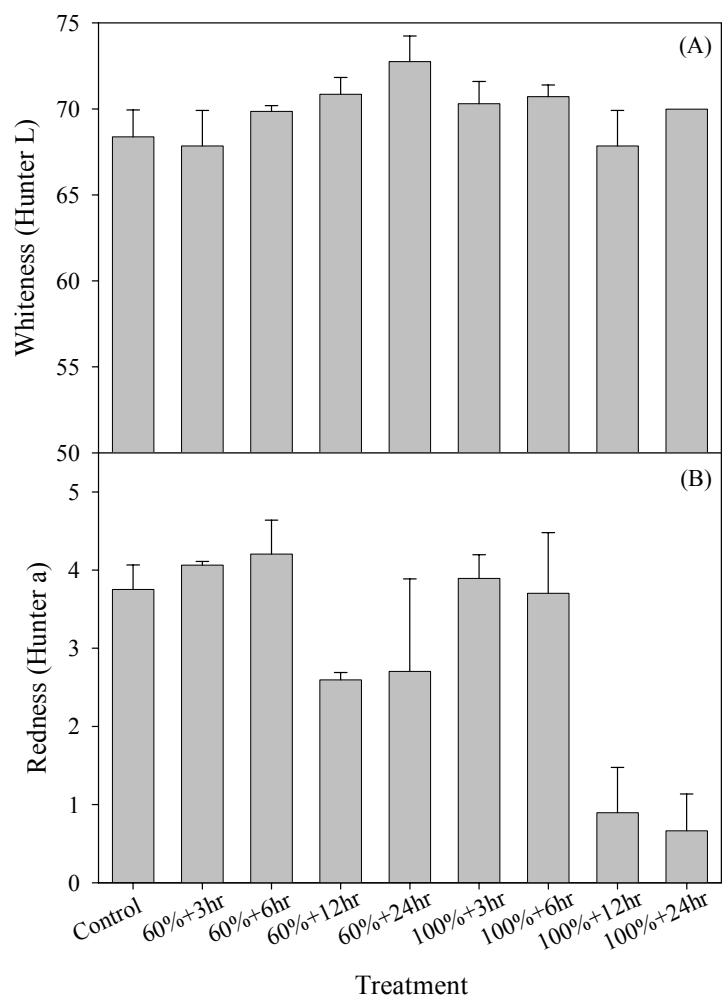


Fig. 27. Effect of short-term high CO₂ treatment on flesh color of 'Hwangdo' peach fruits on the 4 days of shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

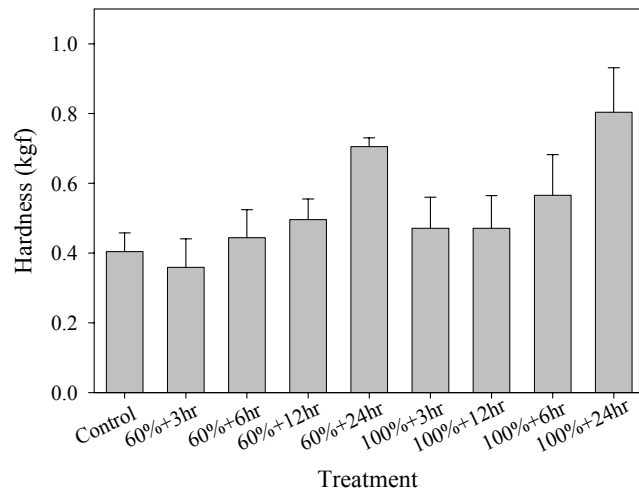


Fig. 28. Effect of short-term high CO₂ treatment on hardness of 'Hwangdo' peach fruits on the 4 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

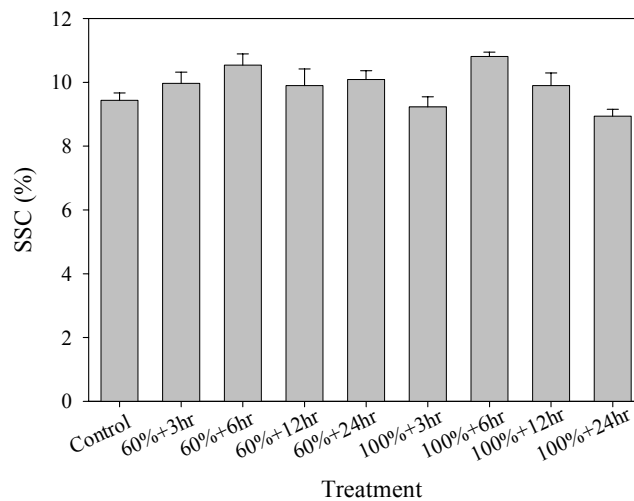


Fig. 29. Effect of short-term high CO₂ treatment on SSC of 'Hwangdo' peach fruits on the 4 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5n replicates.

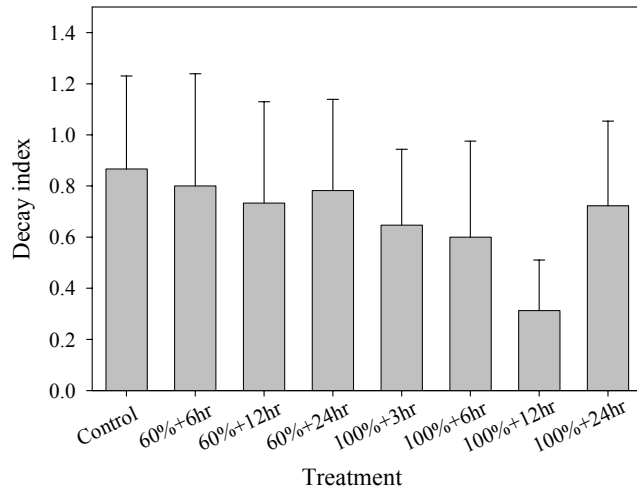


Fig. 30. Effect of short-term high CO₂ treatment on decay index of 'Hwangdo' peach fruits on the 8 days of shelf-life (score 1, 10-30%; 3, 30-50%; 5, 50-70%; 7, 70-90%; 9, 100%). Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

Table 3. Effect of short-term high CO₂ treatment on sensory score of 'Hwangdo' peach fruits on the 4 days of shelf-life.

	Treatment (hr)	Control	60%	100%
Sensory ¹	3	7.1	7.1	6.1
	6		7.5	6.2
	12		4.0	3.0
	24		2.3	1.0
Off flavor ²	3	ND	ND	1.2
	6		ND	3.0
	12		3.0	5.0
	24		5.0	7.5

¹ score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

² score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

(3) ‘일천백봉’ 품종

수확된 ‘일천백봉’ 복숭아를 60% 및 100%의 이산화탄소 조건에 3, 6 및 12시간 동안 처리한 후 일반 대기 상태에 옮겨 상온에서의 품질 변화를 조사하였다. 복숭아는 수확 후 과피의 색이 탁해지므로 육안으로 신선도를 구별하는 지수가 된다. 본 실험 결과 60% 이상의 이산화탄소를 3시간 이상 처리할 경우 과피 색의 변화를 효과적으로 둔화시킬 수 있었다(Fig. 31A). 무처리구의 경우 상온에서 4일 경과 후 과피의 Hunter L 값이 수확 직후 수치의 95.8%로 낮아진데 비해 60%를 3, 6, 12시간 처리한 경우 각각 97.5, 99.0 및 97.3% 수준을 유지해 변화 정도가 미미한 것을 알 수 있었다. 상온에서 7일 경과된 후에는 무처리가 91.5%로 낮아졌고 이산화탄소 처리구의 경우 처리 기간이 길수록 높게 유지되어 60%를 12시간 처리할 경우 95.8% 수준을 유지하였다. 100% 농도를 처리한 경우에서도 동일한 효과가 나타나 복숭아의 외관을 우수하게 유지시키는 효과가 극명함을 알 수 있었다. ‘일천백봉’ 품종의 경우 과피의 붉은 색이 저장 또는 유통 중에 탈색되는 경향을 나타내는데 상온에서 4일 및 7일 후 Hunter a 값이 초기치의 90% 및 80%로 낮아졌으며(Fig. 31B), 이산화탄소 처리시 무처리구에 비해 높은 Hunter a 값을 나타내었는데, 60%농도를 12시간 또는 100% 농도를 3시간 처리하는 것이 Hunter a 값 유지에 효과적이었다. 수확 직후 ‘일천백봉’ 복숭아의 호흡률은 25 mL/kg/hr를 나타내었고 상온에서 3일 이후 55 mL/kg/hr까지 증가하다가 그 후 차츰 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 32). 고 이산화탄소를 처리한 경우 무처리에 비해 호흡률이 낮아졌으며 처리 농도에 관계없이 처리 기간이 길수록 호흡률 감소가 커지는 경향을 보였다. 에틸렌 발생량도 수확 초기에는 매우 낮아 측정되지 않는 수준이었으나 상온 3일째 크게 증가하여 175 μ L/kg/hr까지 증가한 후 다시 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 33). 60% 및 100% 이산화탄소를 3시간 처리한 과실의 경우 상온 유통 3일째에 나타나는 에틸렌 급등을 억제하는 효과는 미미하나 그 이후 무처리에 비해 급격히 감소되는 경향을 보였으며, 6시간 이상 처리할 경우에는 60%와 100% 모두 에틸렌 발생이 현격히 낮아져 상온 유통 3일 후에 50~87 μ L/kg/hr의 생성량을 보인 후 다시 감소하였다. 복숭아는 상온에서 급격한 연화 현상을 나타내는 과실이며 특히 ‘일천백봉’은 조생종 중 과육이 무르고 수확 후 연화가 빠른 편에 속한다. 본 실험에 사용된 ‘일천백봉’ 복숭아의 경도는 수확 초기에 0.36 kgf이었으며 상온 유통 4일 후 0.05 kgf로 급격히 낮아졌다. 반면, 이산화탄소 처리구의 경우 상온 유통

3일 이후 처리 조건에 상관없이 0.16 kgf 이상의 경도를 유지하였으므로 고 이산화탄소 처리가 연화를 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 34). 복숭아의 유통 중 가장 큰 문제점으로 대두 되는 부패가 고농도 이산화탄소 처리에 의해 억제되는지를 살펴보기 위해 상온에서 5일 동안 보관한 후 부패 정도를 조사하였다(Fig. 35). 60% 및 100% 이산화탄소를 3시간 처리한 경우에는 상온 유통 중 부패 억제 효과가 없었으며, 6시간 이상 처리한 경우 부패가 효과적으로 억제되고 처리 기간이 길수록 효과가 컸다. De Vries-Paterson 등(1991)은 체리 과실의 부패를 억제하기 위해서는 25~30%의 이산화탄소 농도가 필요하며, 일단 이러한 공기 조성이 제거된 이후에는 부패가 급격히 진행된다고 보고하고 있다. Wilson 등(1987)은 고 이산화탄소 조건에서 과실이 아세트알데히드와 에틸 아세테이트를 생성하므로 곰팡이 균에 대한 저항성이 강화 되는 것으로 추정하였다. 최근 연구 결과에 의하면 수확 후 부패를 일으키는 곰팡이 중 *Botrytis allii*(Tian and Bertolini, 1995), *Penicilium hirsutum* (Bertolini and Tian, 1996) 및 *Monilinia laxa*(Tian and Bertolini, 1999) 등의 균은 대부분의 작물이 동해가 발생하는 -4℃에서도 생장 가능하다고 한다. 따라서 온도를 낮추는 것만으로는 부패를 억제하는데 충분치 않으므로 고 이산화탄소 또는 저 산소 처리를 함께 병행함으로써 부패 억제 효과를 증대시켜야 할 것으로 생각된다. 최 등(2004) 또한 복숭아의 *Botrytis cinerea*가 0℃에서 생장 가능한 것을 확인하였으며 고 이산화탄소 처리를 통해 억제 할 수 있음을 확인한 바 있다. 수확된 복숭아는 상온 유통 4일 이후 적정 산도가 급격히 감소하는데, 4일째 호흡 및 에틸렌 발생이 급등하는 것으로 미루어 보아 유기산이 호흡 기질로 소모되었기 때문으로 추측된다(Fig. 36,37). 호흡 및 에틸렌 발생이 3일째 급등되고 경도 및 적정 산도 또한 감소되는 것으로 미루어 보아 이 시점에서 상품의 가치는 크게 손실되었다고 판단할 수 있다. 따라서 고 이산화탄소 처리를 통해 상온 유통 중의 복숭아의 연화 및 변색을 효과적으로 방지하고 더불어 부패를 억제시키는 것이 신선도 유지를 위한 효과적인 방법이 될 수 있다고 판단된다. 수확 후 복숭아 과실의 당도는 변화하지 않으며 이산화탄소 처리에 의한 유의적 영향 또한 없었다(Fig. 37). 소비자들이 느끼는 과실의 신선도 및 품질 지수를 확인하기 위해 10명의 패널을 대상으로 관능검사를 실시한 결과, 수확 직후 9.0점을 보이던 단맛 지수가 상온 유통 3일 후 4.4로 급격히 하락하였으나, 60% 이산화탄소를 6시간 처리한 과실의 경우 상온 유통 3일 후의 단맛 지수가 6.3을 유지하여 단맛 정도가 우수하게 나타났다(Fig. 38A). 이상의 결과에서 보듯이 복숭아는 수확 후 상온

유통 중 단맛이 급격히 하락하는데 비해 SSC 측정치는 일정 수준을 유지하고, 고 이산화탄소 처리에 의해서도 SSC는 변화하지 않는 반면 관능검사 항목 중 단맛은 증가하는 것으로 보아, 복숭아의 경우 SSC 측정치가 맛의 변화 및 상품의 우수성 여부를 반영하지 못 할 것으로 판단되었다. 수확시 9.0이었던 조직감은 상온 유통 4일 이후 3.0으로 낮아지는데, 이산화탄소 처리구의 경우 처리 기간이 길 수록 높은 지수를 보여 4.3~6.5를 유지하여, 이산화탄소 처리가 조직감 유지에 매우 효과적인 것으로 판단되었으며 이는 경도에 미치는 영향과 일치하는 것이다(Fig. 38B). 이산화탄소의 농도 및 처리 기간이 길어지면 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이로 인한 이취가 발생하는데, 60%의 경우 12시간 처리시 잔류 이산화탄소에 의해 향 지수가 7.5로 낮아졌으며, 100%의 경우 3시간 이상 처리시 향 지수가 5.0~1.3까지 하락하였다(Fig. 38C). 본 실험에서와 같이 60%와 100% 이산화탄소를 12시간 이내로 처리한 경우 혐기 호흡에 따른 이취 발생은 나타나지 않았다. 조직감, 맛, 향 등의 항목을 전체적으로 고려한 선호도를 측정한 결과 60% 농도를 6시간 처리한 것이 가장 우수한 성적을 보였고 100% 농도를 사용할 경우에는 3시간 처리로는 효과가 나타나지 않았으며, 6시간 이상 처리한 경우에는 조직감을 향상시키는 효과는 있었으나 단맛이 감소하고 잔류 이산화탄소에 의한 이취로 인해 선호도가 매우 낮았다(Fig. 38D). 본 연구에서는 외관뿐만 아니라 식미도를 고려하여 처리 농도 및 기간을 설정한 결과, 상온 유통될 '일천백봉' 복숭아의 경우, 60% 이산화탄소에서 6시간 동안 전처리하여 유통시키는 것이 신선도 연장을 위해 바람직한 것으로 판단되었다.

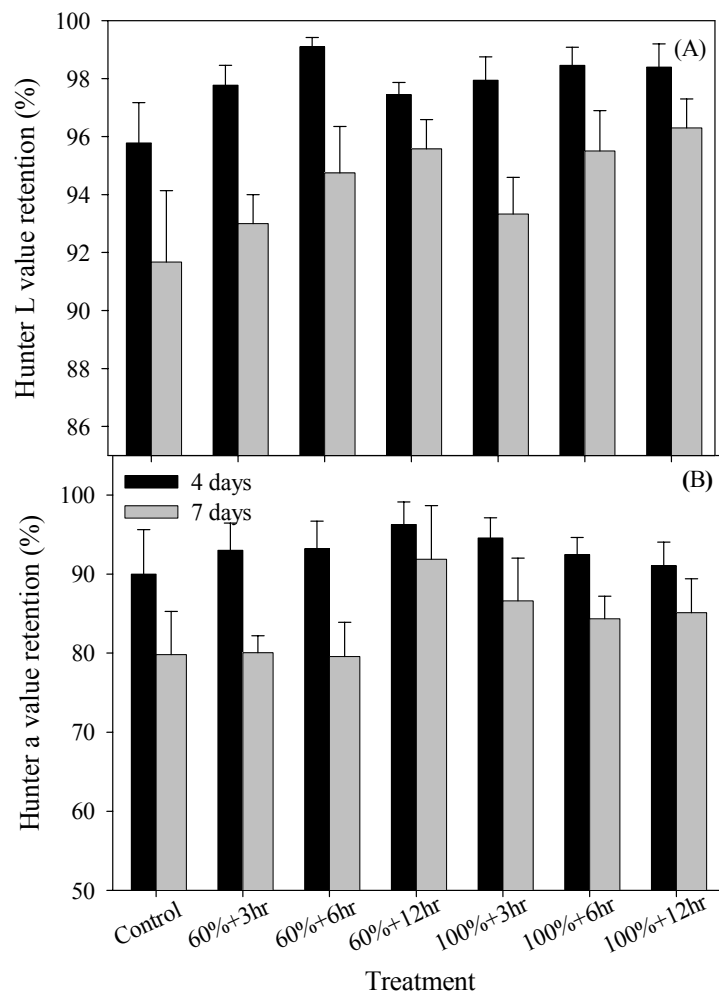


Fig. 31. Effect of CO₂ pre-treatment condition on peel color of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

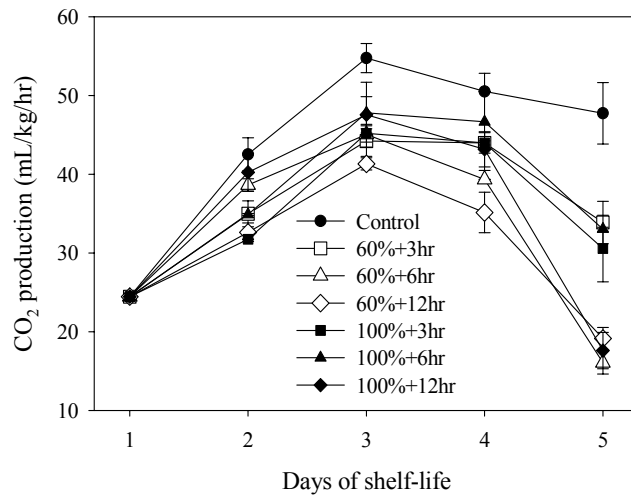


Fig. 32. Effect of CO₂ pre-treatment condition on respiration of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

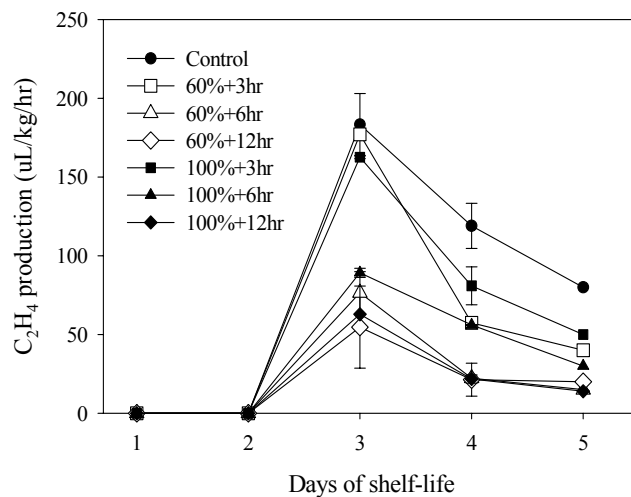


Fig. 33. Effect of CO₂ pre-treatment condition on C₂H₄ production of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

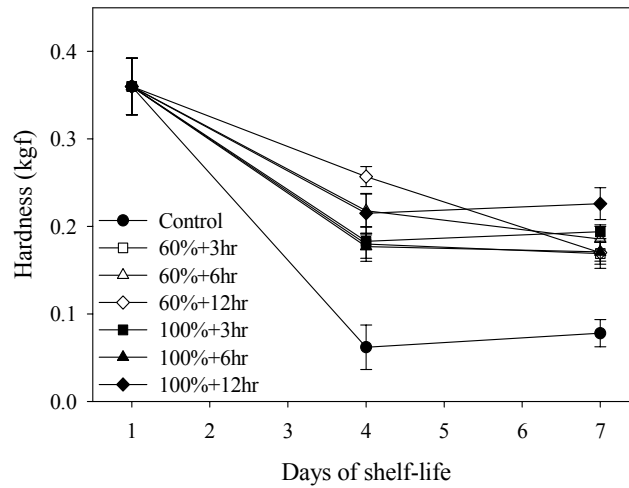


Fig. 34. Effect of CO₂ pre-treatment condition on hardness of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

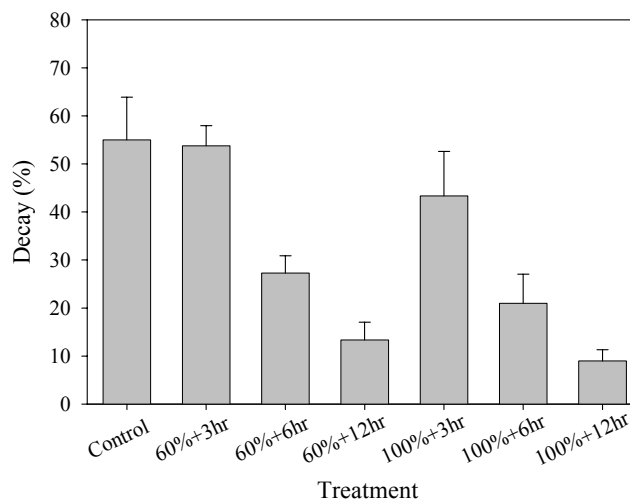


Fig. 35. Effect of CO₂ pre-treatment condition on decay severity of 'Hikawa Hakuho' peach fruits stored after 5 days of shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of ten replicates.

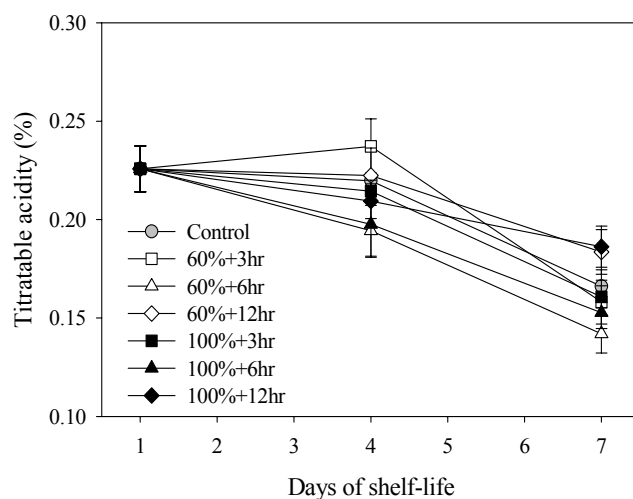


Fig. 36. Effect of CO₂ pre-treatment condition on titratable acidity of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

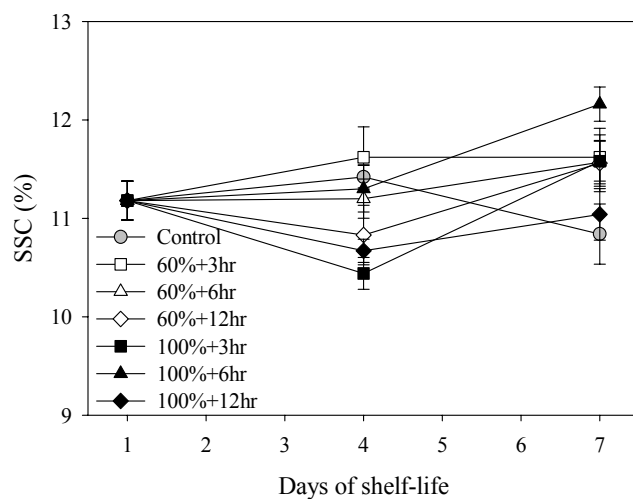


Fig. 37. Effect of CO₂ pre-treatment condition on soluble solids content of 'Hikawa Hakuho' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

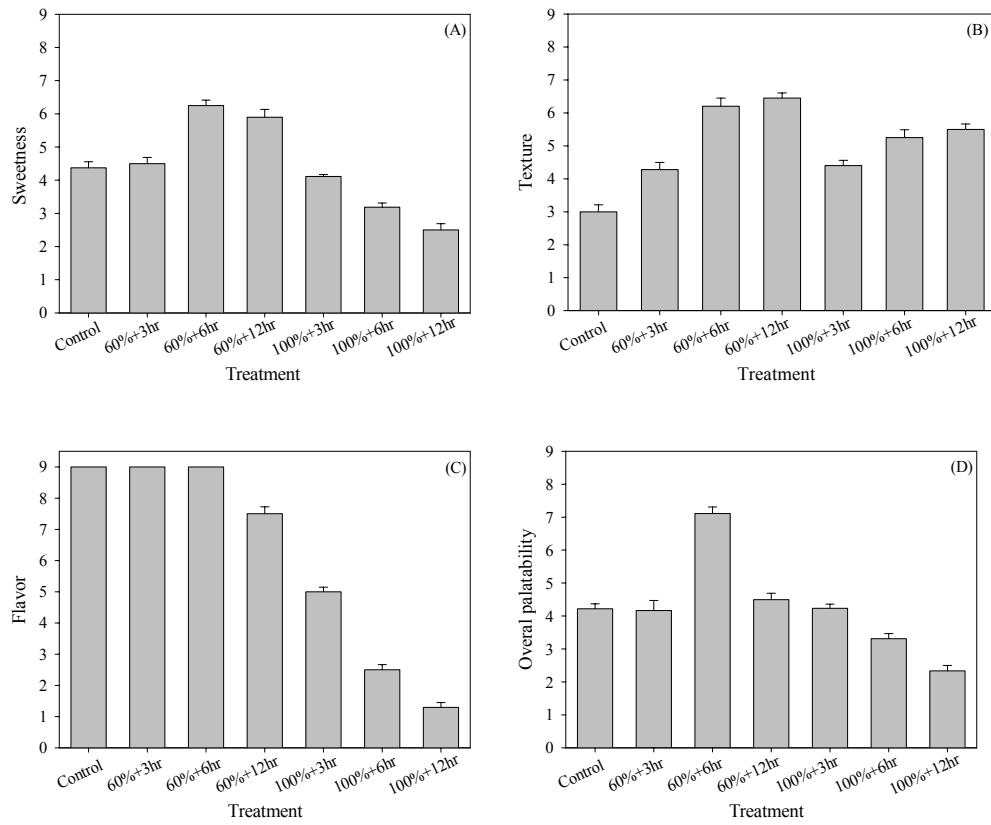


Fig. 38. Effect of CO₂ pre-treatment condition on sensory score at the 4 days of shelf-life of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of ten replicates.

(4) ‘창방조생’ 품종

‘창방조생’ 품종은 조생종으로서 과실이 큰 편이고 단맛이 비교적 낮고 연화가 느려 보구력이 좋은 편에 속한다. 이 품종에 적합한 이산화탄소 전처리 조건을 설정하기 위해 60%와 100%의 이산화탄소를 3-12시간 처리한 후 상온유통 중 품질을 비교 분석 하였다. 수확 후 호흡률은 상온 유통 기간 동안 증감 없이 일정한 수준을 유지하였으며(Fig. 39) 에틸렌은 상온에서 4일째부터 생성되었으나 매우 적은 $15\mu\text{L}/\text{kg}/\text{hr}$ 이하의 수준에 그쳤다(Fig. 40). 상온 유통 중 에틸렌 발생이 $175\mu\text{L}/\text{kg}/\text{hr}$ 까지 증가한 ‘일천백봉’ 품종과 비교할 때 ‘창방조생’은 에틸렌 생성이 매우 적은 품종임을 알 수 있었으며 이산화탄소 처리에 의한 영향 또한 없었다. 이산화탄소 전처리한 경우 무처리구에 비해 경도가 약간 높은 경향이었으나 농도 및 처리기간에 따른 유의적 경향을 보이지 않았으며, 부패율도 이산화탄소 처리에 의해 감소되는 경향을 보이거나 유의적 차이로 인정할 수 없는 수준이었다(Fig. 42). 과피색의 변화 정도 또한 무처리구와 처리구 모두 유사한 변화 정도를 보여 이산화탄소 처리에 의한 영향이 없었다(Fig. 43). 다른 품종에서와 마찬가지로 이산화탄소 전처리에 의한 당도 및 산도의 변화는 없었다(Fig. 44). 이상에서와 같이 ‘창방조생’ 복숭아의 경우 이산화탄소 전처리에 의해 생리적 변화 및 품질 인자들이 영향을 받지 않는데 반해, 이산화탄소 처리에 의해 식미도의 변화는 발생하였다. 60% 이산화탄소를 6시간 전처리할 때 과실의 식미도가 향상되었다(Table 4). 다른 품종에서와 마찬가지로 60%를 3시간 처리하는 것은 품질에 영향이 없었고 6시간 처리할 경우 이산화탄소에 처리에 의해 조직감이 향상되었으며 단맛이 높게 유지되어 상온유통 3일째의 과실에 대한 전반적인 선호도가 무처리구의 4.2보다 높은 5.1을 나타내었다. 60% 이산화탄소를 12시간 처리할 경우에는 조직감에서는 무처리의 6.0보다 높은 6.5점을 얻었으나 이산화탄소 잔여로 인한 이취가 발생하는 문제가 발생하여 전반적인 선호도에 영향을 미쳤다. 그러나 ‘미백도’ 품종은 60%를 12시간 처리할 경우 무처리구보다 선호도가 낮는데 비해 ‘창방조생’ 품종은 60%를 12시간 처리해도 무처리구와 비슷한 점수를 얻었으므로 이산화탄소에 대한 민감도가 낮은 품종인 것으로 판단되었다. 100%의 경우 다른 품종에서와 마찬가지로 3시간의 처리로도 이취가 발생하여 관능지수가 낮았다.

숙기를 달리하여 수확된 ‘창방조생’ 과실은 이산화탄소 전처리한 후 저온저장 하였으며 3주간 저온저장 후 상온으로 꺼내어 2일 동안의 품질 변화를 조사하였다. 저온저장 후 상온에서 유통하면 복숭아 과실의 연화가 급격해지는데 미숙과를 저

장하면 경도가 높게 유지되었다. 관행 숙기에 수확한 과실의 경우 저온저장 후 연화가 심하게 되어 0.2kgf 이하의 경도를 보였으며, 60% 이산화탄소를 3시간 처리한 과실은 무처리구와 같은 수준의 연화를 보였고, 6시간 처리한 과실은 0.4kgf 이상의 경도를 보여 연화가 효과적으로 억제되었음을 알 수 있었다. 100% 농도의 경우 3시간 처리로도 연화 억제 효과를 나타내었다(Fig. 45). 수확기를 달리한 경우 두 과실간의 가용성 당함량의 차이는 없었으며 다른 품종에서와는 달리 이산화탄소 전처리에 의해 가용성 당함량이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 적숙기 전에 수확한 과실은 경도가 우수하게 유지되고 가용성 당함량도 적숙과와 같은 함량을 보여 객관적인 품질 지수는 좋은데 반해, 식미도는 관행 적숙기에 수확한 과실에 비해 매우 낮은 점수를 얻었고 단맛도 숙기에 수확한 과실은 5.3인데 비해 미숙과는 1.2점에 그치는 현상을 보였다. 저온저장 후 발생하는 woolliness 증상도 미숙과에서 더 심하였다(Table 5). 관행 적숙기에 수확하는 것이 미숙과에 비해 식미도가 우수하나 연화로 인한 조직감 상실이 문제가 되었으며, 60% 이산화탄소로 6시간 전처리를 할 경우 미숙과의 5.2보다 오히려 높은 5.5점을 얻었고 단맛 지수는 미숙과의 1.2, 적숙과의 5.3보다 높은 6.0으로 상승하여 전반적인 선호도가 가장 높았다. 이와 더불어 관행 적숙과의 경우 저온저장 3주 후 상온유통 중 woolliness 증상이 심해져 상온 유통 1, 2일째 woolliness 지수가 3.3과 7.7으로 나타났으며 60%를 6시간 전처리한 과실은 1.5와 5.4점을 얻어 경감되는 효과가 있었다. 100% 이산화탄소를 6시간 전처리한 과실도 woolliness 경감 효과가 있었고 조직감도 우수하고 단맛도 증가하였으며 상온 유통시 발생했던 이취도 전혀 발생하지 않아 무처리구에 비해 과실의 품질이 우수하게 유지되는 효과가 있었다. 그러나 60%를 6시간 전처리한 과실이 모든 관능지수에서 가장 우수하였다. 본 실험에서 사용한 ‘창방조생’ 품종은 ‘미백도’ 품종에 비해 이산화탄소 처리에 의한 부정적인 영향이 적어 복숭아 품종 중 이산화탄소에 대한 저항성이 큰 것으로 판단되었다.

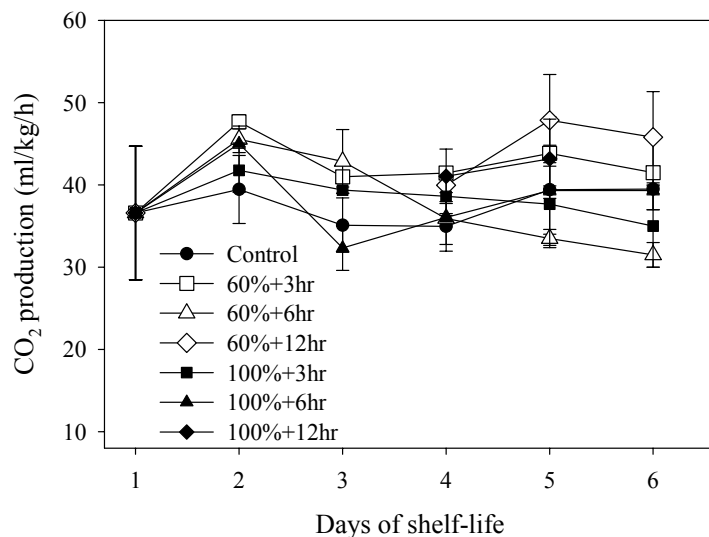


Fig. 39. Effect of short-term high CO₂ treatment on respiration of 'Kurakatawase' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

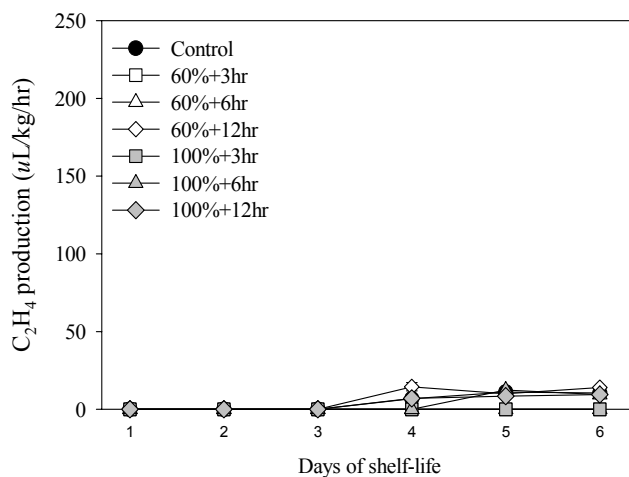


Fig. 40. Effect of short-term high CO₂ treatment on C₂H₄ production of 'Kurakatawase' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

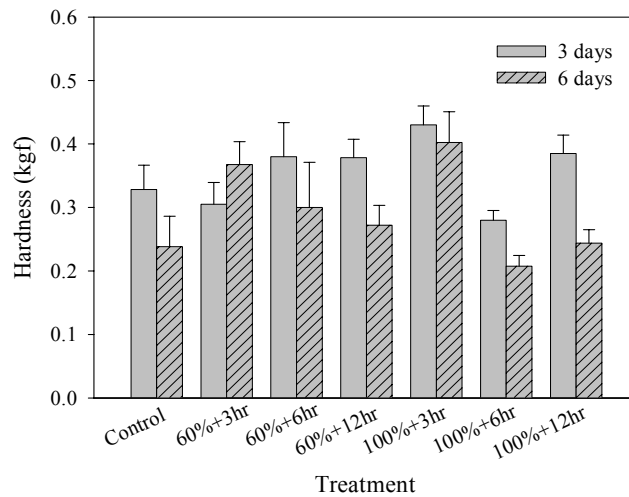


Fig. 41. Effect of short-term high CO₂ treatment on hardness of 'Kurakatawase' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

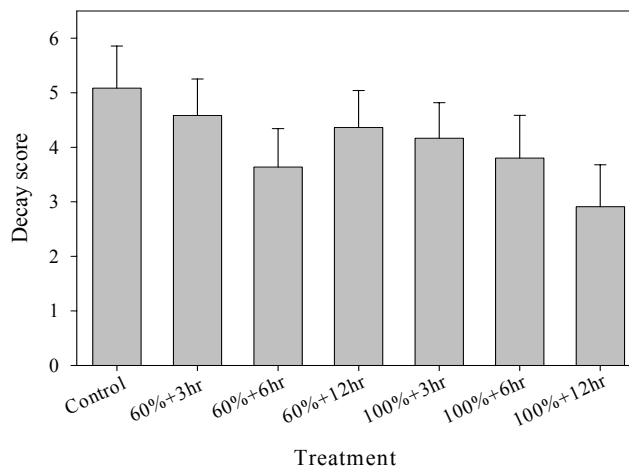


Fig. 42. Effect of short-term high CO₂ treatment on decay score of 'Kurakatawase' peach fruits after 6 days of shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

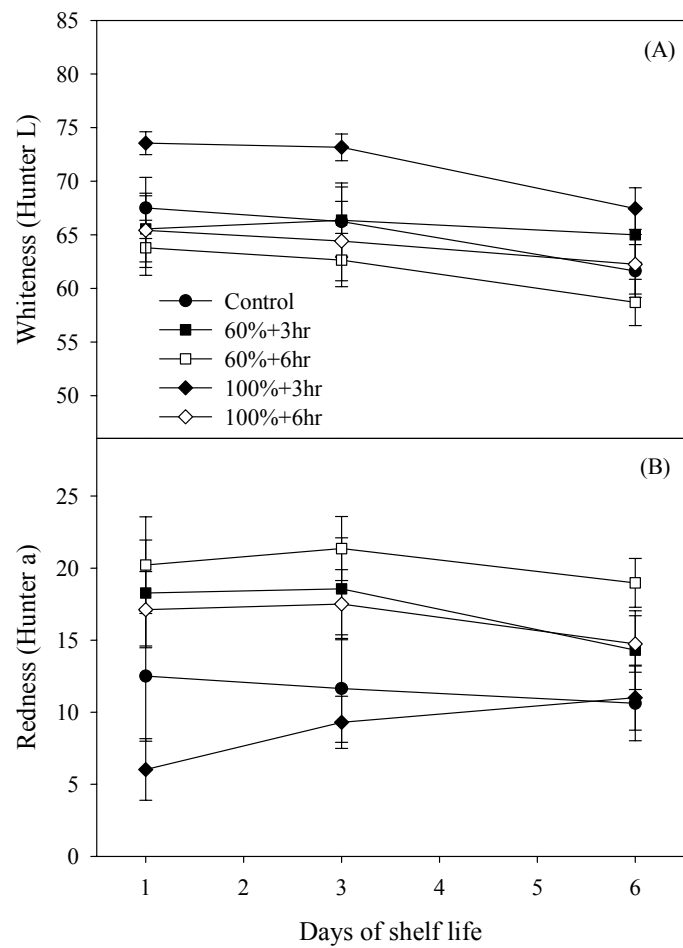


Fig. 43. Effect of short-term high CO₂ treatment on peel color of 'Kurakatawase' peach fruits during the shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

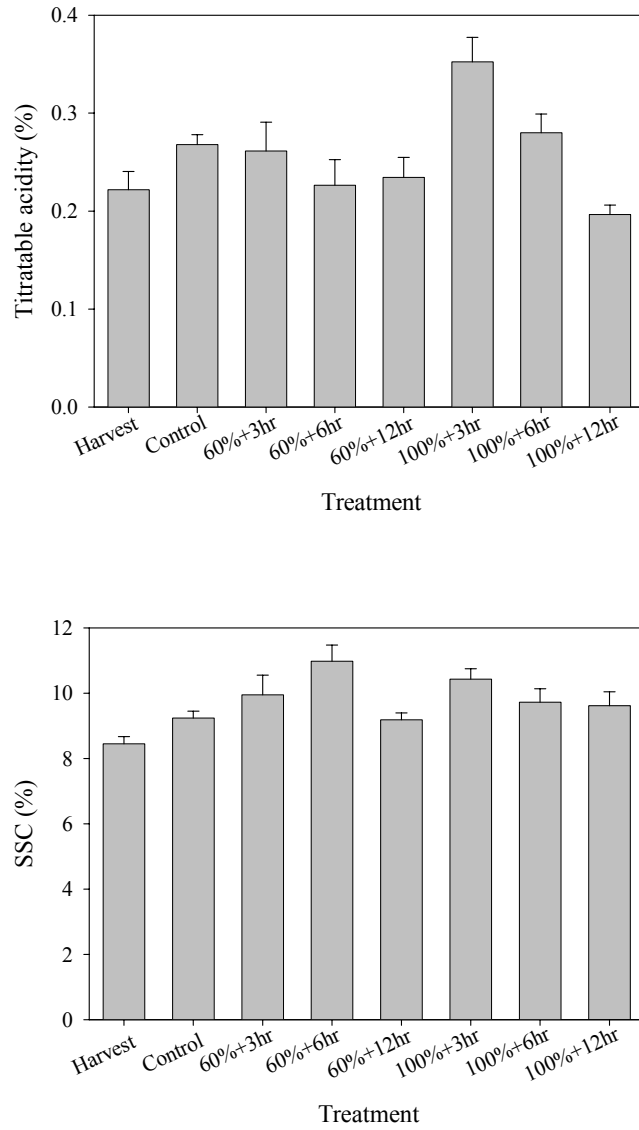


Fig. 44. Effect of short-term high CO₂ treatment on titratable acidity and SSC of 'Kurakatawase' peach fruits after 3 days of shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

Table. 4. Effect of short-term high CO₂ treatment on sensory score during shelf-life of 'Kurakatawase' peach fruits.

	control	60%			100%		
		3hr	6hr	12hr	3hr	6hr	12hr
Overall palatability ¹	4.2	4.2	5.1	4.5	4.2	3.3	1.3
Sweetness ¹	4.2	4.5	5.3	4.9	5.0	3.2	1.5
Texture ¹	6.0	5.3	6.2	6.5	4.3	5.3	5.5
Off flavor ²	ND	ND	ND	1.5	3.1	5.2	5.7

¹ score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

² score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

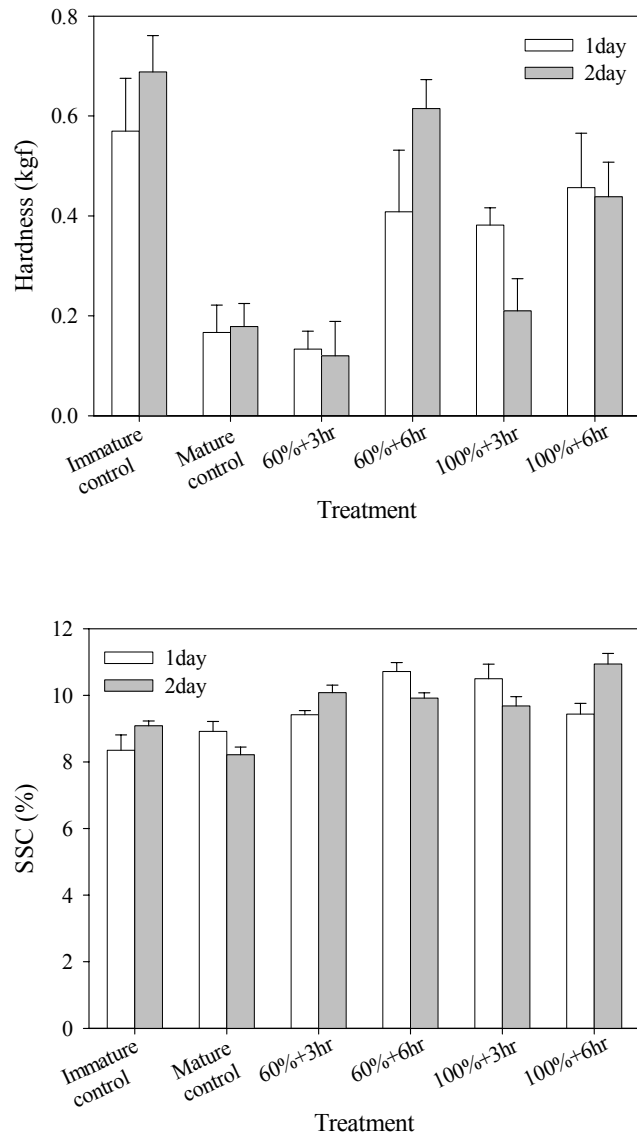


Fig. 45. Effect of short-term high CO₂ treatment on hardness and SSC during shelf-life of cold-stored 'Kurakatawase' peach fruits for 3 weeks. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

Table. 5. Effect of short-term high CO₂ treatment on sensory score during shelf-life of cold-stored 'Kurakatawase' peach fruits for 3 weeks.

Item		Immature control	Mature control	60%+3h	60%+6h	100%+3h	100%+6h
Sensory ¹	1d	1.2	3.2	1.7	5.0	1.5	4.1
	2d	1.0	1.5	1.0	1.7	1.0	1.2
Sweetness ¹	1d	1.2	5.3	3.1	6.0	4.1	5.1
	2d	1.0	1.0	1.0	3.0	1.2	1.3
Texture ¹	1d	5.2	3.3	2.2	5.5	3.7	5.2
	2d	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.5
Off flavor ²	1d	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2d	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Wooliness ²	1d	4.1	3.3	3.2	1.5	3.0	1.5
	2d	8.2	7.7	8.3	5.4	7.8	5.5

¹ score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

² score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

(5) ‘백도’ 품종

대부분의 품종에서 우수한 효과를 나타낸 60%+6hr 처리 조건을 선택하여 ‘백도’ 품종에서의 효과 및 생리변화를 조사하였다. 상온유통 중 ‘백도’ 복숭아의 호흡률은 수확직후 하루만에 2배 이상 증가한 후 유통기간 중 일정량을 유지하였으나 (Fig. 46), 에틸렌 발생의 경우 상온 유통 3일째 급등하한 후 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 47). 그러나 ‘백도’ 품종의 경우 상온에서 급등한 에틸렌 발생량이 45ul/kg/hr를 밑도는 수준이어서 상온 유통 중 에틸렌 발생이 175 μ L/kg/hr까지 증가한 ‘일천백봉’ 품종과 비교할 때 에틸렌 생성이 매우 적은 수준임을 알 수 있었다. 이산화탄소 처리시 무처리구에 비해 낮은 호흡률을 유지하였고 3일째 나타났던 에틸렌 발생 급등 없이 지속적으로 낮은 발생량을 보였다. 상온 유통 중 ‘백도’ 복숭아의 과피색이 탁하게 변화하는데 Hunter L 값은 급격히 감소하고 Hunter a 값은 증가하는 경향이였다. 이산화탄소 처리시 과피의 Hunter L 값은 영향이 없었으나 Hunter a 값은 무처리구에 비해 더 빠르게 증가하는 경향을 보였다(Fig. 48). 그러나 이러한 변화의 차이는 육안으로는 인정되지 않아 선호도에 영향을 미치지 않았다. 이산화탄소 처리에 의해 경도가 높게 유지되었으며, 당도 및 산도는 타 품종에서와 마찬가지로 영향이 없었다(Fig. 49-50). 상온에서 3일째 관능평가를 한 결과 이산화탄소에 의한 이미·취가 느껴지지 않았으며 단맛이 높고 조직감도 우수하게 나타나 ‘백도’ 품종에 60%+6hr 처리가 효과적인 것으로 판단되었다(Table 6). 에탄올 및 아세트 알데하이드 발생량을 분석한 결과 상온유통 3일째 함량은 처리구에서 높았고 그 후 4일째 함량은 무처리구에 비해 낮은 경향을 보였다(Fig. 51).

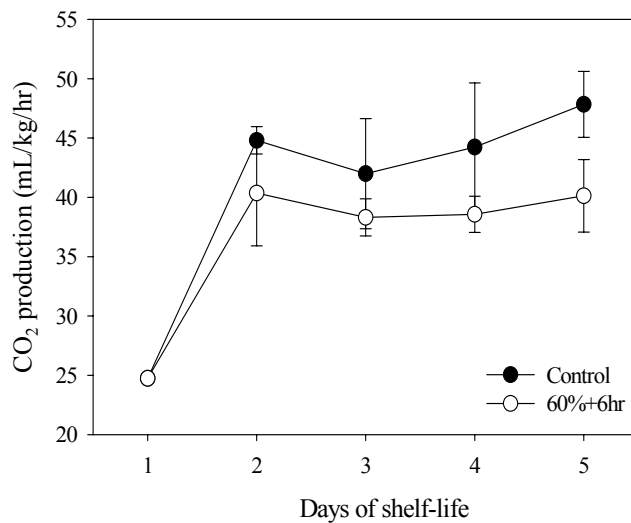


Fig. 46. Effect of short-term CO₂ treatment on respiration of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

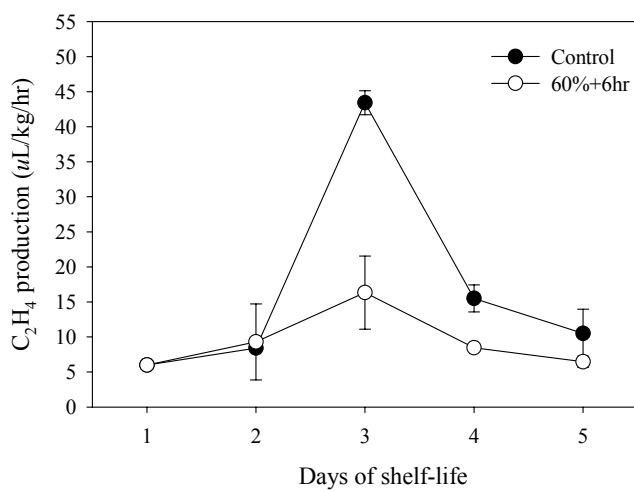


Fig. 47. Effect of short-term CO₂ treatment on C₂H₄ production of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

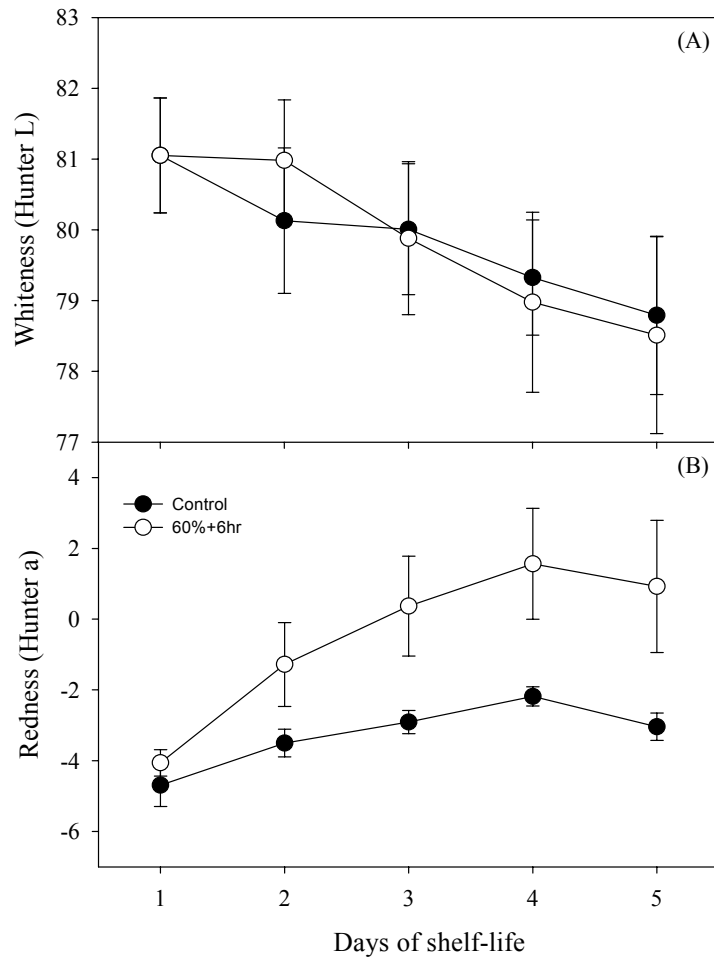


Fig. 48. Effect of short-term CO₂ treatment on peel color of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

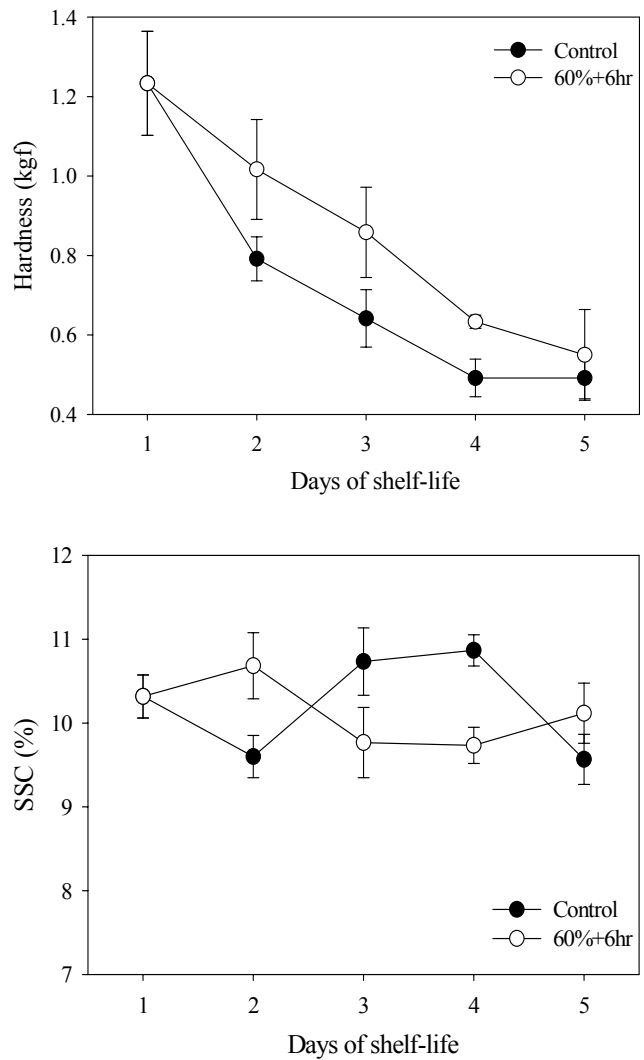


Fig. 49. Effect of short-term CO₂ treatment on hardness and SSC of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

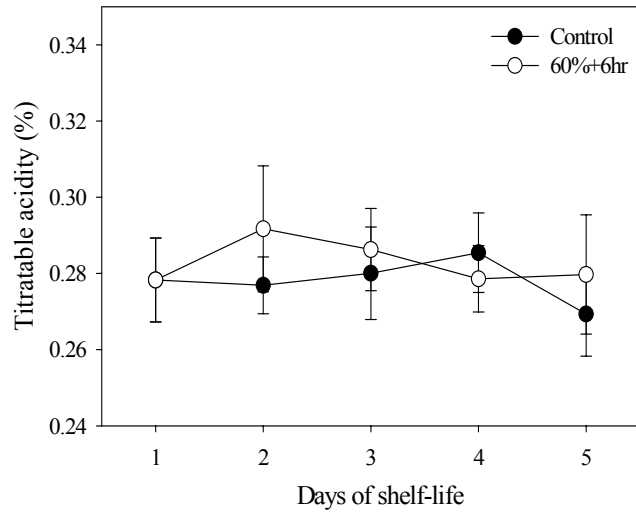


Fig. 50. Effect of short-term CO₂ treatment on SSC of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

Table. 6. Effect of short-term CO₂ treatment on sensory score of 'Hakuto' peach fruits on the 3 days of shelf-life

	control	60%+6hr
Sensory score ¹	2.1	7.7
Sweetness ¹	2.2	8.4
Texture ¹	3.3	7.1
Off flavor ²	ND	ND

¹ score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

² score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

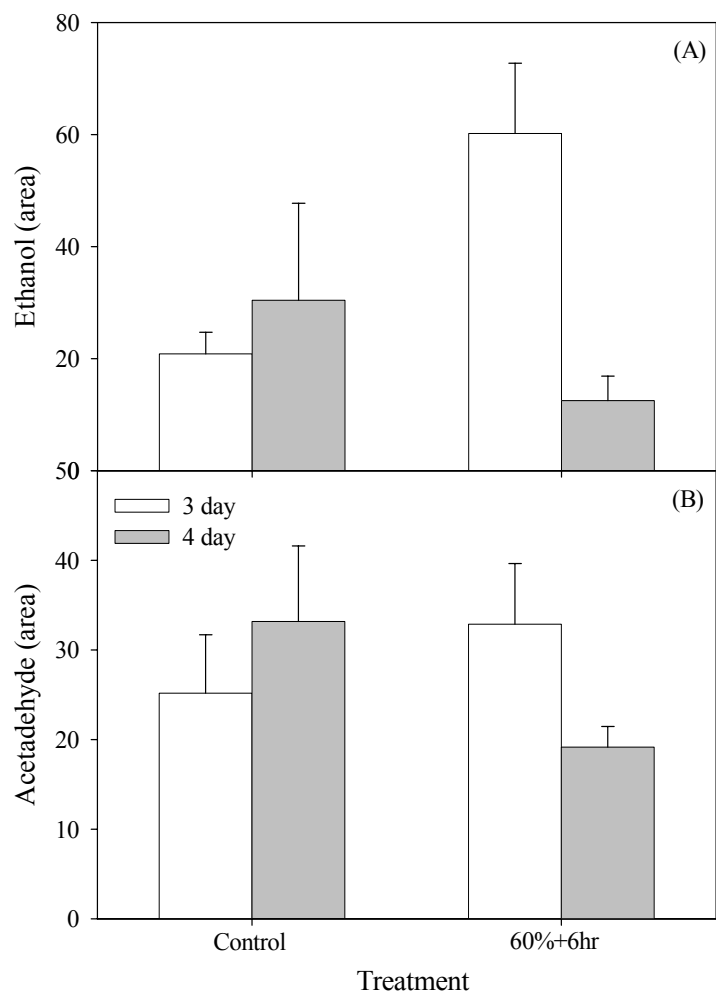


Fig. 51. Effect of short-term CO₂ treatment on internal ethanol(A) and acetaldehyde(B) concentration of 'Hakuto' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

4. 이산화탄소 처리 온도와 숙기에 따른 효과 비교

선행 연구에서 대부분의 복숭아 품종의 신선도 연장에 효과적이었던 조건인 60%+6hr 조건을 선정하여 저온과 상온에서 각각 처리하여 처리 온도에 따른 효과 정도를 ‘미백도’ 품종을 대상으로 확인하였다. 이산화탄소 전처리에 의한 경도 유지 효과는 이산화탄소 처리를 저온에서 실시한 것 보다 상온에서 실시한 것이 더 효과적이었으며 가용성 당 함량의 경우 이산화탄소 처리한 과실의 함량이 높은 경향을 띠었으나 유의적 차이로 인정되지는 않았다(Fig. 52). 저온에 6시간 보관된 과실은 상온 3일 동안 호흡률 상승이 높았고 저온에서 이산화탄소 처리한 과실은 이 보다 상승률이 억제되었으며 상온에서 이산화탄소 처리한 과실의 호흡률이 가장 낮은 결과를 나타내었다(Fig. 53). 또한 저온에 6시간 동안 보관된 과실은 에틸렌 발생량도 급증하였으며 상온에 지속적으로 보관되거나 상온에서 이산화탄소 전처리를 한 과실은 에틸렌 발생량이 매우 미미하여 검출되지 않았다(Fig. 54). 이상에서 살펴본 바와 같이 ‘미백도’ 복숭아를 저온에 둘 경우 호흡과 에틸렌 발생이 증가하였으며 저온 기간 중 이산화탄소 처리를 할 경우 이러한 경향이 경감되었다. 따라서 ‘미백도’ 복숭아는 저온에 의해 생리 대사가 영향을 받는 것으로 판단되므로 이산화탄소 처리를 저온이 아닌 상온에서 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 복숭아 과실을 저온에 6시간 방치할 경우 단맛과 조직감이 나빠졌으며 상온에서 이산화탄소 처리를 한 과실의 식미도가 가장 우수하였다(Table 7).

이산화탄소 전처리시 농도 및 처리기간이 길수록 연화가 억제되고 단맛의 감도가 경감되는 경향이 있으나 처리 조건에 따라 이산화탄소가 과육에 잔류함으로써 이취를 발생시켜 선호도가 낮아지는 것이 문제가 되었다. 복숭아 과실의 이산화탄소에 대한 민감도가 숙도에 의해 영향 받는지를 알아보기 위해 관행 적숙기에 수확한 과실과 그보다 조금 이른 미숙과를 수확하여 이산화탄소 처리에 따른 영향을 비교하였다. 미숙과와 적숙과의 호흡률은 각각 25.0mL/kg/hr와 43.7mL/kg/hr이었고 경도는 각각 2.60과 0.64을 나타내었다. ‘미백도’ 품종의 경우 2.60의 경도는 매우 높은 것으로써 이산화탄소 처리에 의한 영향을 구명하기 위해 극단적 미숙과를 선택하였다. 대부분의 품종에서 가장 효과적인 조건인 60%를 6시간 전처리한 경우 숙도에 관계없이 이취에 의한 영향이 없었고 처리 기간을 연장하여 10시간까지 처리한 경우 미숙과는 이취발생이 없었으나 수확기가 늦어 연화된 과실을 수확한 경우에는 이취가 발생하였다(Table 8). 따라서 숙도가 늦어 연화가 진행된 과실일수

록 이산화탄소 처리에 의해 이취가 발생할 가능성이 높을 것으로 판단되었으며 이
 르게 수확한 과실의 경우 이산화탄소 처리에 대한 저항성이 높을 것으로 판단되었
 다. 이러한 가정을 확인하기 위해 과피의 색과 경도를 기준으로 5 단계의 속도를
 선정 및 수확하여 이산화탄소 처리를 실시하였다. 매우 미숙한 상태인 1단계부터
 관행속기인 4단계, 그리고 더 연화된 상태인 5단계까지 설정하였다. 속기에 따른
 과실의 특성을 살펴보면 3단계까지는 숙성될 수록 경도가 낮았고 4단계와 5단계는
 유사한 경도를 보였다. 1단계와 2단계의 과실은 가용성 당함량이 낮았고 그 후 가
 용성 당함량은 증가하여 3-5단계의 과실은 유사한 수준이었다(Fig. 55). 숙성이 진
 행되면서 호흡률이 변화하는데 4단계에서 급증한 후 5단계에서는 다시 감소되었으
 며 에틸렌은 3단계에 24.5uL/kg/hr의 발생량을 보인후 지속적으로 증가하여 5단계
 에서는 37.2uL/kg/hr를 기록하였다(Fig. 56). 과피색의 경우 수확기가 늦을수록
 Hunter L 값과 Hunter a 값이 증가하고 Hunter b 값이 감소하는 경향을 보였다
 (Fig. 57). 각 속기별 과실을 각각 60%의 이산화탄소에 6시간 동안 처리한 후 상온
 에서의 생리 및 품질 변화를 조사하였다. 4단계까지는 숙성된 과실일수록 유통기간
 동안의 호흡률이 이산화탄소에 의한 억제 효과가 증가하였는데, 1단계와 2단계에서
 는 이산화탄소 처리 효과가 미미하였고 3단계부터 억제효과가 있었으며 4단계 과
 실은 이산화탄소 처리에 의해 호흡이 효과적으로 억제되었다. 그 후 5단계에 수확
 한 과실은 이산화탄소 처리에 의한 효과가 없었다(Fig. 58). 이산화탄소 전처리
 가 수확된 과실의 에틸렌 발생을 억제시키는 효과가 있었는데 속도에 따른 영향을 살
 펴보면 1,2 단계에 수확한 과실에서는 효과가 없었고 3단계부터 효과가 나타나 5단
 계까지 억제 효과가 증가하였다(Fig. 59). 1,2 단계의 과실은 호흡이나 에틸렌에서
 와 마찬가지로 이산화탄소 처리에 의한 연화 억제 효과가 없었고 4단계에 수확한
 과실은 이산화탄소 처리에 의해 연화가 크게 억제되었으며 그 후 5단계에 수확된
 과실은 이산화탄소 처리에 의해 영향 받지 않았다(Fig. 60). 상온에서 3일후 관능
 테스트를 실시한 결과 미숙과일수록 경도가 높게 유지되었으며 이산화탄소 처리에
 의해 조직감이 향상되는 효과는 3단계와 4단계에서 잘 나타났으며, 미숙과(1,2 단
 계)의 경우 상온에서 5일 이후에 무처리구에 비해 처리구가 조직감이 우수하였다
 (Fig. 61). 단맛의 경우 1-3단계에 수확한 과실은 상온에서의 시간이 지날수록 더
 증가하였고 4단계 이후에 수확한 5단계의 과실은 단맛이 감소하였다. 상온 3일째
 과실의 당도는 4단계에 수확한 것이 가장 높았으며 5단계에 수확한 과실의 단맛은
 2단계에 수확한 과실과 비슷한 매우 낮은 수치를 나타내었다. 상온 5일째의 단맛은

1-3단계의 과실은 더욱 증가하였으며 4-5단계의 과실은 단맛이 감소하여 매우 낮은 수치를 나타내었다(Fig. 62). 모든 숙기에서 이산화탄소 처리에 의한 단맛지수 향상이 나타났다. 이산화탄소 처리에 따른 신선도 연장 및 품질 향상 효과는 호흡 및 에틸렌 발생이 미미한 단계인 1,2 단계에서는 효과가 적었으며 3단계 이후에 수확한 과실에서 효과가 나타나기 시작하여 4단계까지 증가하였고, 과숙상태인 5단계에 수확한 과실은 효과가 없었다. 수확 후 3일 이내에 소비할 목적일 경우에는 현재와 같은 숙기에 수확하는 것이 단맛과 조직감 유지에 좋으며 유통 기한을 연장할 목적일 경우에는 관행숙기보다 이른 3단계에 수확하는 것이 바람직하며, 60% 이산화탄소를 6시간 처리하여 현재의 유통 기간 3-5일을 5-7일로 연장할 수 있으며 식미감도 우수하게 유지시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

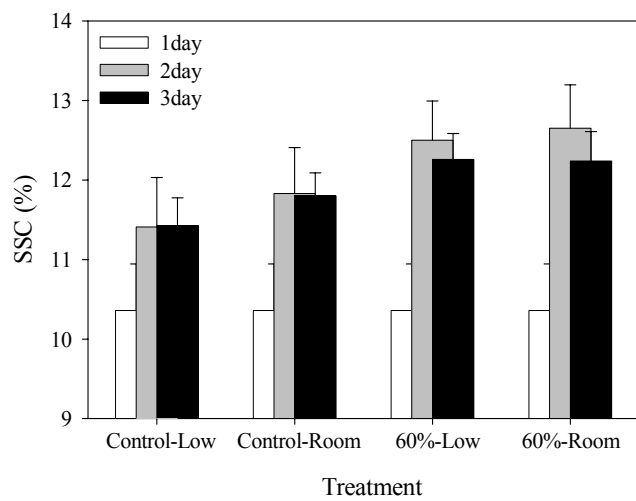
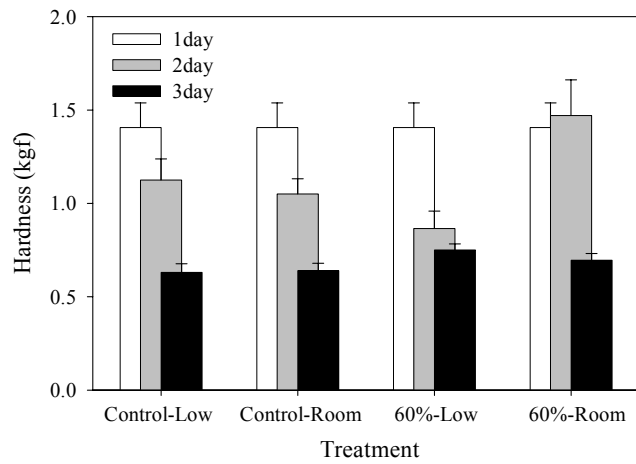


Fig. 52. Effect of temperature of short-term CO₂ treatment on hardness and SSC of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate ±S.E. of the mean of 5 replicates.

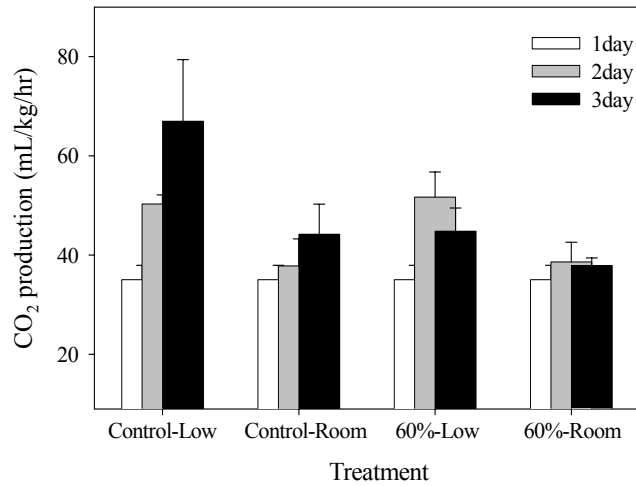


Fig. 53. Effect of temperature of short-term CO₂ treatment on respiration of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

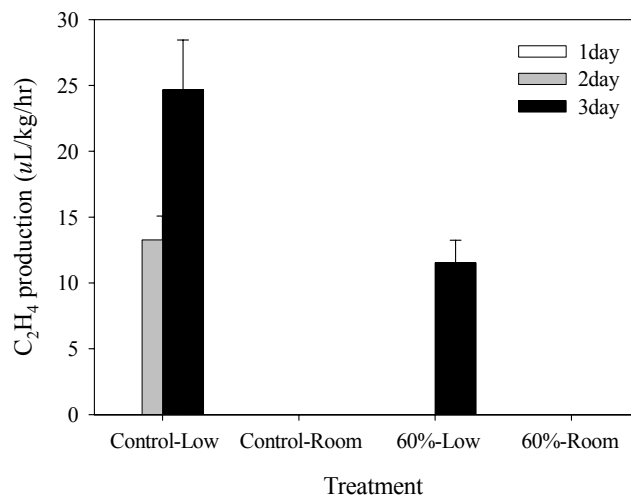


Fig. 54. Effect of temperature of short-term CO₂ treatment on C₂H₄ production of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life. Vertical bars indicate \pm S.E. of the mean of 5 replicates.

Table. 7. Effect of temperature of short-term CO₂ treatment on sensory score of 'Mibaekdo' peach fruits during the shelf-life.

	shelf-life (days)	Control		60%	
		0°C	20°C	0°C	20°C
Sensory ¹	2	8.3	8.5	8.5	9.0
	3	4.0	8.0	6.3	8.5
Sweetness ¹	2	7.5	8.0	8.0	9.0
	3	3.4	8.2	7.0	8.3
Texture ¹	2	8.0	8.0	8.1	9.0
	3	3.1	8.0	6.0	8.4
Off flavor ²	2	ND	ND	ND	ND

¹ score 1, very bad; 3, bad; 5, mild; 7, good; 9, very good

² score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

Table. 8. Effect of maturity on off-flavor production of 'Mibaekdo' peach fruits by high CO₂ treatment

	Immature	Mature
CO ₂ production rate (mL/kg/hr)	25.0	43.7
Hardness (kgf)	2.60	0.64
Off-flavor ¹		
60%+6hr	ND	ND
60%+10hr	ND	1.5

¹ score 1, very weak; 3, weak; 5, mild; 7, strong; 9, very strong

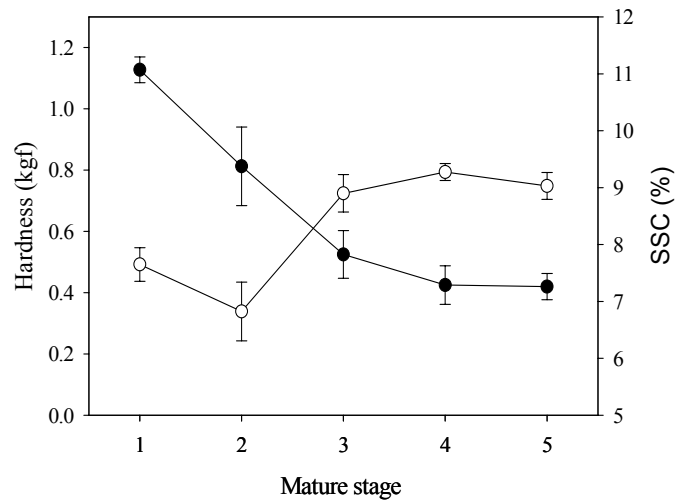


Fig. 55. Change of hardness and SSC of 'Mibaekdo' peach fruits depending on the maturity.

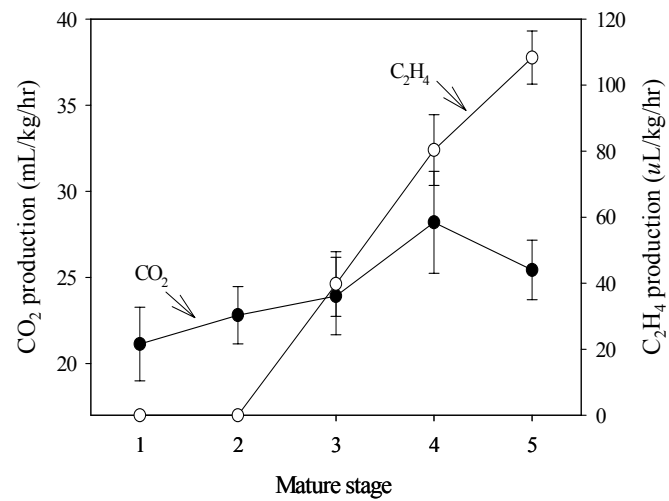


Fig. 56. Change of respiration and ethylene production of 'Mibaekdo' peach fruits depending on the maturity.

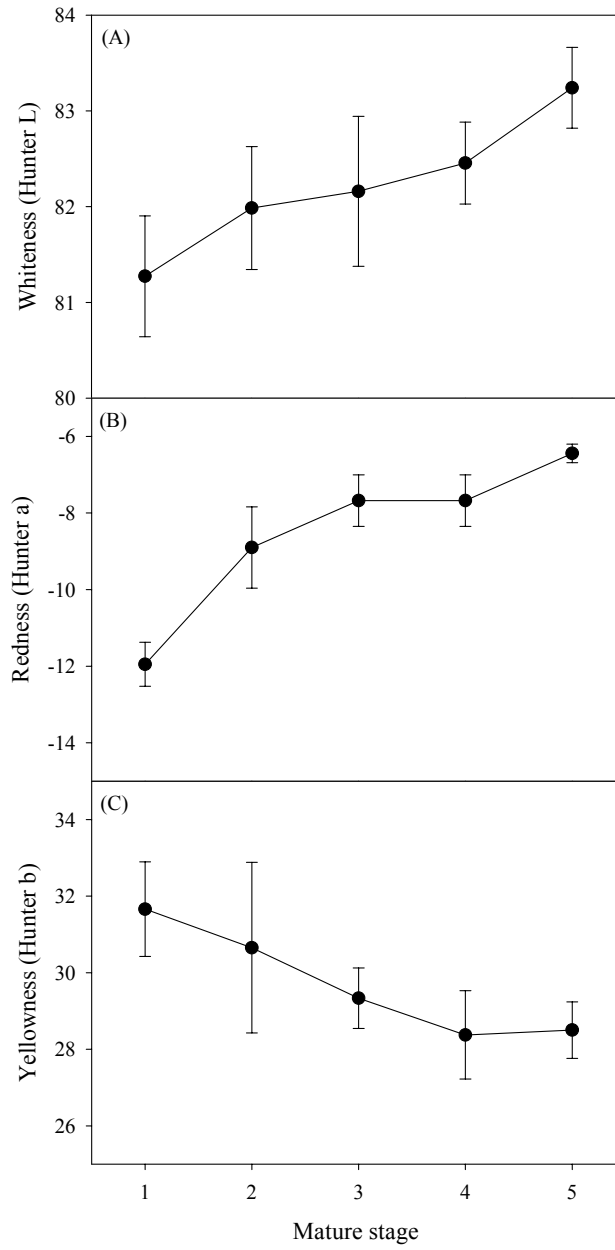


Fig. 57. Change of peel color of 'Mibaekdo' peach fruits depending on the maturity.

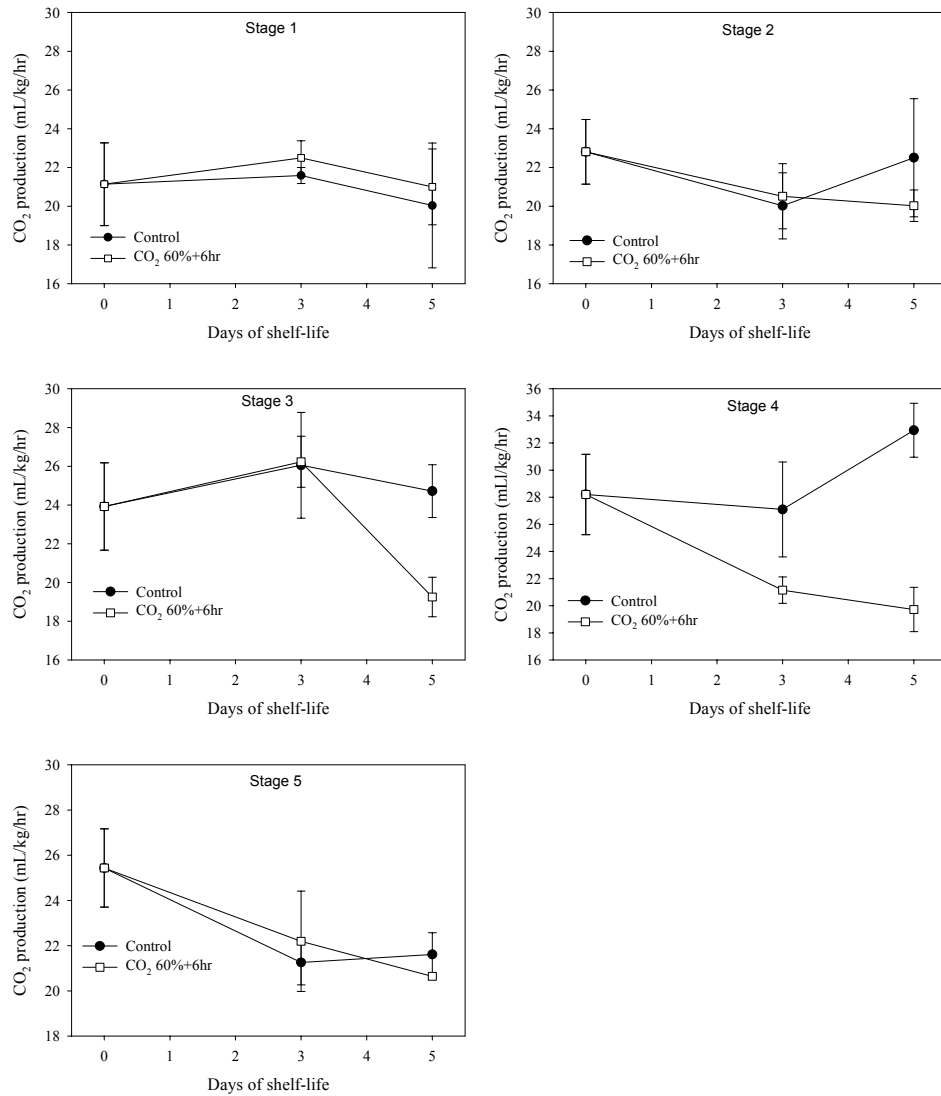


Fig. 58. Effect of CO₂ treatment on respiration of 'Mibaekdo' peach fruits harvested at different maturity during shelf-life.

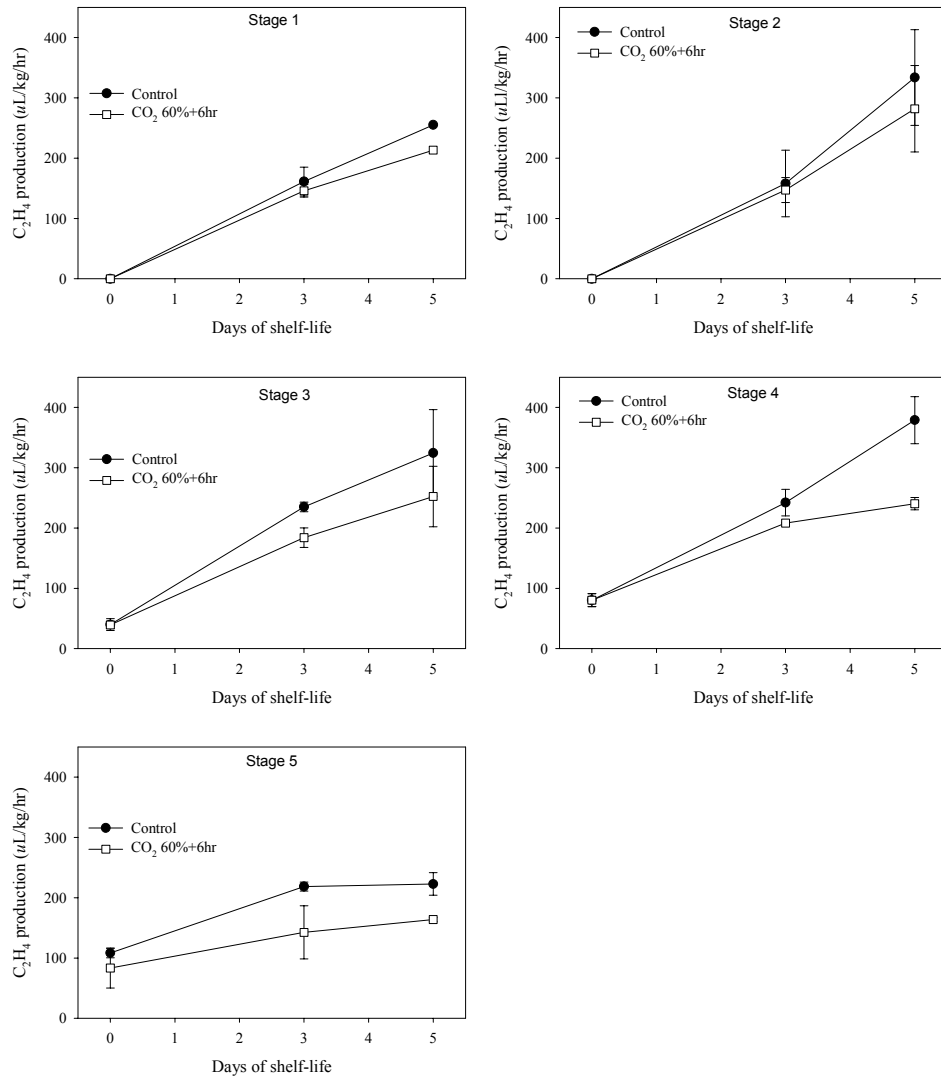


Fig. 59. Effect of CO_2 treatment on ethylene production of 'Mibaekdo' peach fruits harvested at different maturity during shelf-life.

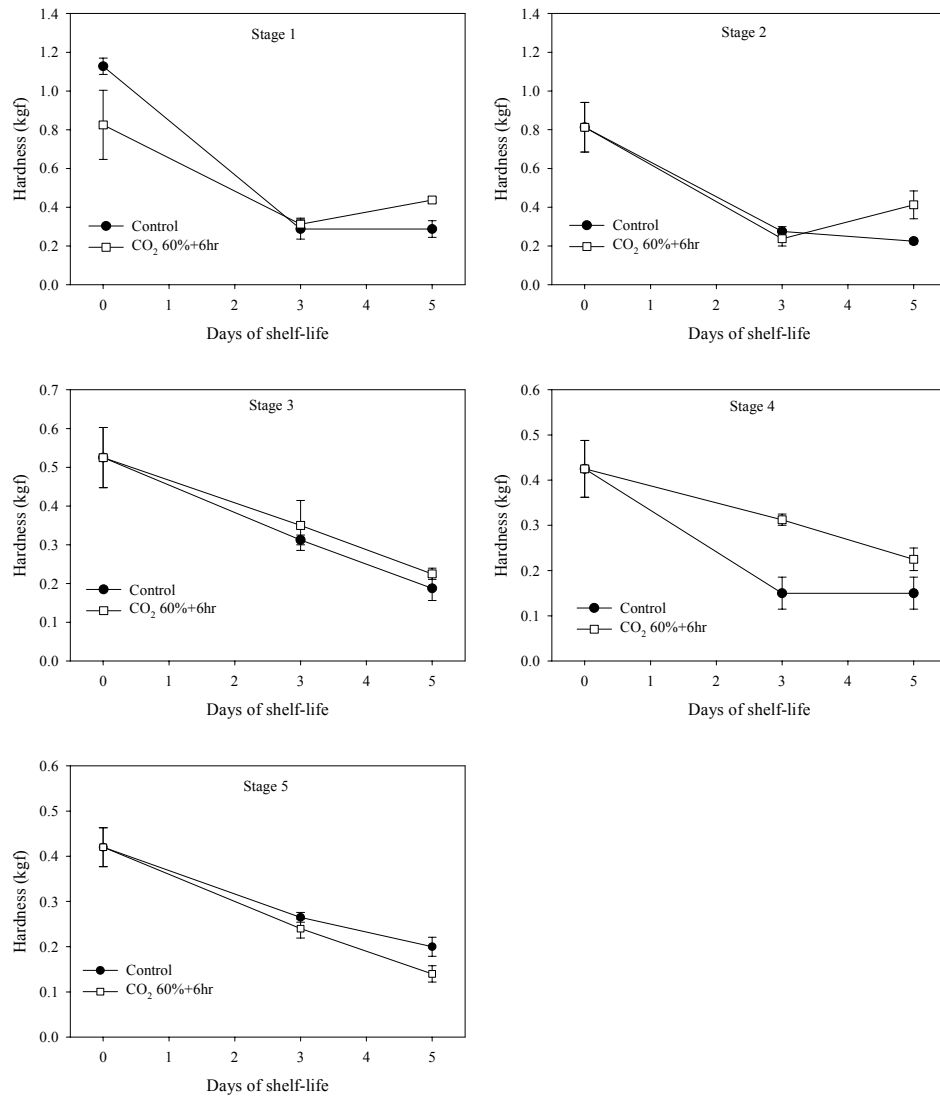


Fig. 60. Effect of CO₂ treatment on hardness of 'Mibaekdo' peach fruits harvested at different maturity during shelf-life.

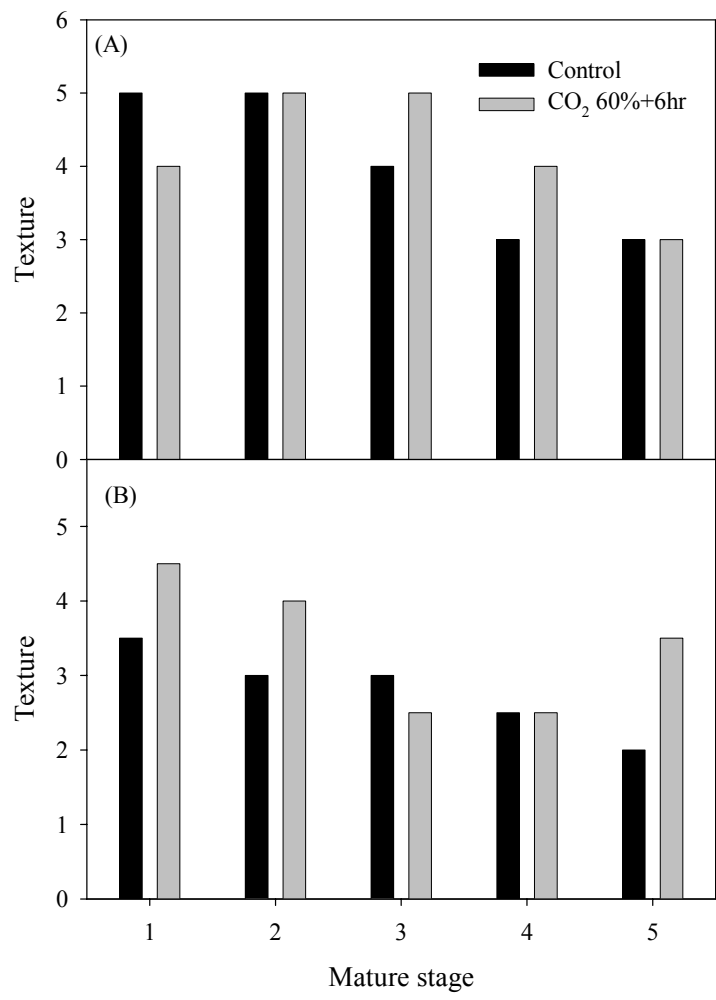


Fig. 61. Effect of CO₂ treatment on respiration of 'Mibaekdo' peach fruits harvested at different maturity during shelf-life.

(A) measured after 3 days of shelf-life, (B) measured after 5 days of shelf-life.

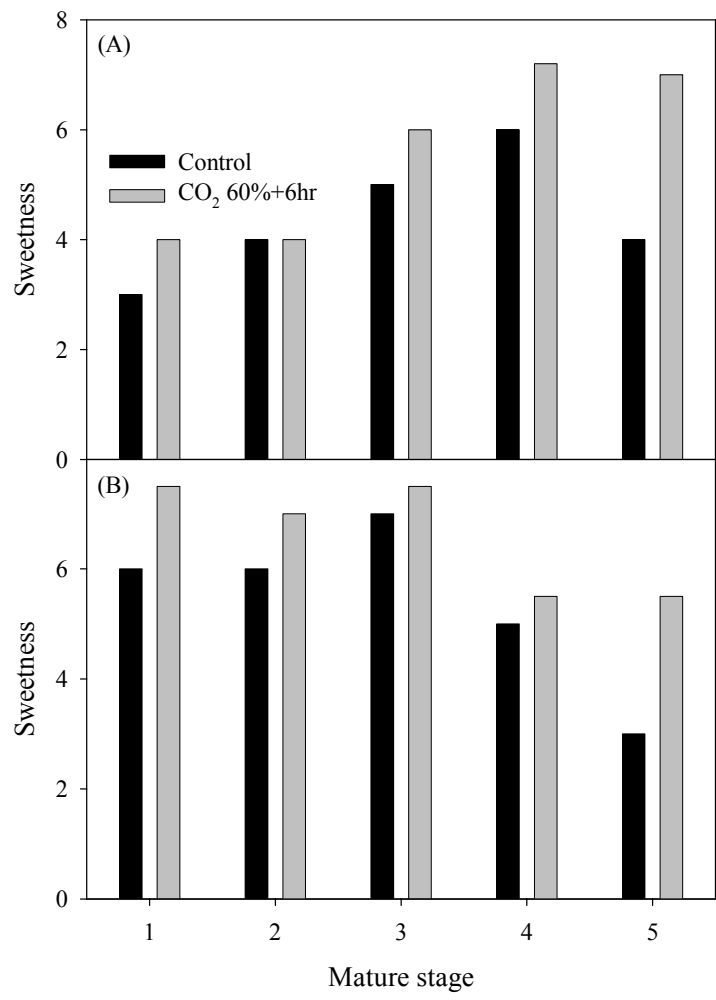


Fig. 62. Effect of CO₂ treatment on sweetness of 'Mibaekdo' peach fruits harvested at different maturity during shelf-life.

(A) measured after 3 days of shelf-life, (B) measured after 5 days of shelf-life.

5. 예비숙성 및 예냉에 따른 이산화탄소 처리 효과 구명

복숭아 과실은 저온장해에 민감하여 0℃에서 2주 이상 저장할 경우 woolliness가 발생하는데 수확 후 예비숙성을 하는 것이 이를 경감시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 ‘미백도’ 복숭아를 수확한 후 20℃에 24시간 동안 숙성시킨 과실과 즉시 저장고에 입고한 과실을 각각 60% 이산화탄소에 6시간 처리하여 품질에 미치는 영향을 비교하였다. 복숭아의 유통 환경을 고려할 때 저온저장한 후 상온기간을 거친 후 소비자의 손에 이르게 되므로 저온 저장한 후의 품질뿐만 아니라 상온유통 후의 품질 또한 중요하므로 저장직후, 상온 유통 2일, 상온 유통 4일째 각각 품질 조사를 수행하였다. 저온저장 동안 호흡률은 수확 당시의 수준을 그대로 유지하였고 상온에 꺼내어 보관하면 호흡이 증가하는데 저장기간이 길수록 크게 증가하며 이산화탄소 처리구의 호흡이 감소되는 경향이었다(Fig. 63). 저온에서는 2주 동안 에틸렌 발생이 미미하였으나 상온에서는 크게 증가하였고 에틸렌 또한 이산화탄소 처리에 의해 경감되었다. 예비숙성에 의해 상온에서의 에틸렌 발생이 증가하며 이산화탄소 처리에 의한 에틸렌 발생 억제효과가 줄어들었다(Fig. 64). 저온저장 동안 복숭아의 경도는 변화 없이 일정한 수준을 유지하였고 저장한 후 상온에 옮기면 급격히 하락하였다. 수확직후 저온에 저장된 과실에 비해 예비 숙성 후 저장한 과실이 더 빨리 연화하는 경향을 보였고 예비숙성 여부와 관계없이 이산화탄소 처리에 의해 연화가 억제되는 경향을 보였다(Fig. 65). 복숭아의 단맛은 수확 당시보다 보관 중에 증가하는 경향을 보이는 것이 보통인데 저온저장 동안 예비 숙성한 과실이 더 달게 느껴졌다. 저온저장 후 상온유통 기간 동안 단맛이 급격히 감소되며 예비숙성한 과실은 저장 중에는 단맛이 우수하나 상온에서의 단맛 감소가 매우 크게 나타나 무처리구와 같은 수준의 경감을 보였다. 이산화탄소 처리한 과실은 단맛이 더 높게 유지되어 예비숙성 없이 이산화탄소 처리한 과실이 가장 높은 단맛을 보였다(Fig. 66). 조직감의 경우 저온저장 및 상온유통 기간 동안 이산화탄소 처리한 과실이 우수했으며 예비숙성한 과실의 조직감은 매우 나빴고, 2-3주간 저온 저장한 경우에는 상온에서 woolliness가 나타나면서 조직감이 나빠져 가장 낮은 1점을 기록하였다(Fig. 67). 예비숙성은 저온장해를 경감시키는 효과가 있다고 알려져 있으나 본 실험을 수행한 결과 woolliness 증상은 예비 숙성 유무에 의한 영향이 없었으며 오히려 이산화탄소 처리 효과를 반감시키는 작용을 하였다. 1-3주간 저장한 과실을 매 주마다 상온으로 꺼내어 상온

유통 5일 후에 부패율을 조사하였다. 1주 저장한 과실은 이산화탄소 처리에 의해 부패가 억제되었고 2-3주간 저장한 과실은 이산화탄소 처리에 의한 부패 경감효과가 없었다. 예비숙성 처리와 이산화탄소 처리를 동시에 한 과실은 오히려 부패가 더 증가하는 경향을 보였다(Fig. 68-69). 예비 숙성할 경우 3주 저장된 과실의 Hunter L 값이 낮아지고 이산화탄소 처리시 Hunter L 값이 높아지는 경향이었으며 Hunter a값은 예비숙성 및 이산화탄소에 의해 변화하지 않았다.(Fig. 70,71). 복숭아 과실을 수확한 직후 10℃까지 예냉한 후 이산화탄소 처리를 추가로 실시한 후 상온에서의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 예냉에 의한 경도 상승 효과를 기대하였으나 무처리구와 같은 수준의 경도를 유지하였고 이산화탄소 처리한 과실은 이에 비해 경도가 높게 유지되어 예냉처리보다 경도유지 효과가 더 우수하였다(Fig. 72). 예냉과 이산화탄소 처리를 병행할 경우 이산화탄소 병행 처리에 비해 더 낮은 경도를 보였다. 상온유통 중 호흡률은 상온 4일째까지 증가하는 경향을 보였는데 예냉처리한 과실의 호흡률은 무처리구와 비슷한 수준이었으며 이산화탄소 단독 처리시 호흡률 억제 효과가 컸다(Fig. 73). 상온에서 6일 후 부패정도를 조사한 결과 이산화탄소 단독 처리에서 감소효과가 크게 나타났고 예냉하거나 예냉과 이산화탄소를 함께 처리한 과실은 부패가 억제되지 않았으며, 오히려 예냉한 과실에서 부패가 조금 더 증가하는 경향을 보였다(Fig. 74). 저온저장 후 발생하는 woolliness의 경우 예냉에 의해 더 증가하는 경향을 보였고 예냉에 의해 증가된 woolliness 정도는 이산화탄소 처리를 하여도 변화하지 않았으며, 이산화탄소 단독 처리시 woolliness 경감효과가 컸다(Fig. 75). 저온저장 후 상온에서의 부패 현상은 수확 즉시 상온유통한 경우에 비해 증가하였고 이산화탄소 처리에 경감되는 경향을 보였으며, 효과 정도는 수확 즉시 상온 유통한 과실에 비해 감소하였다(Fig. 76).

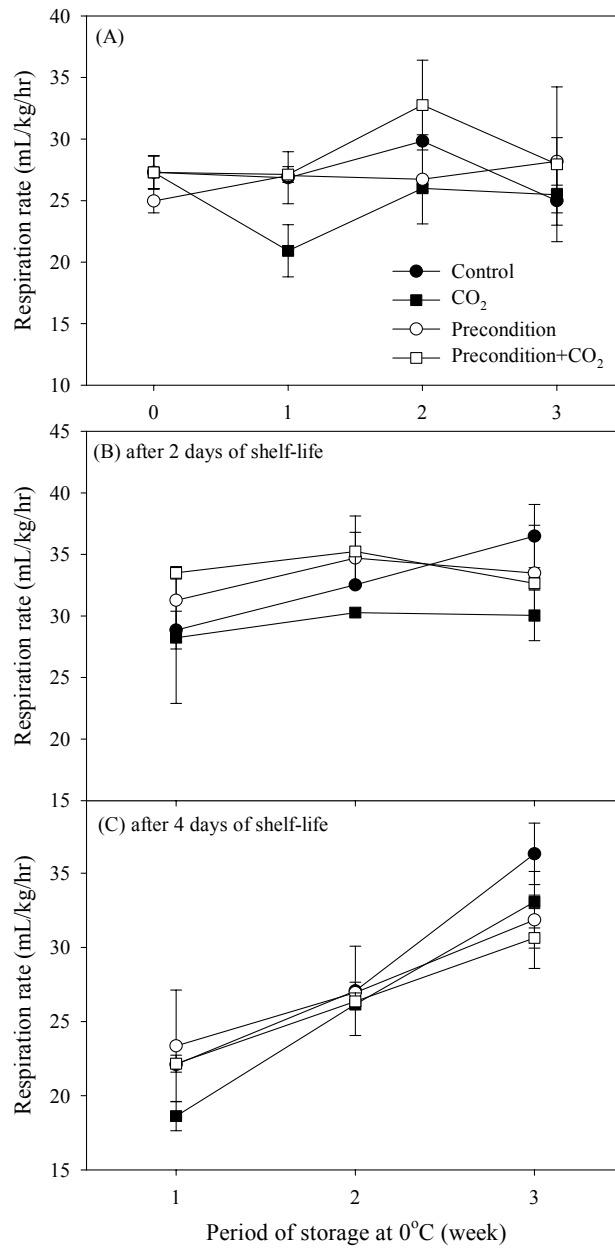


Fig. 63. Effect of CO₂ treatment on respiration of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

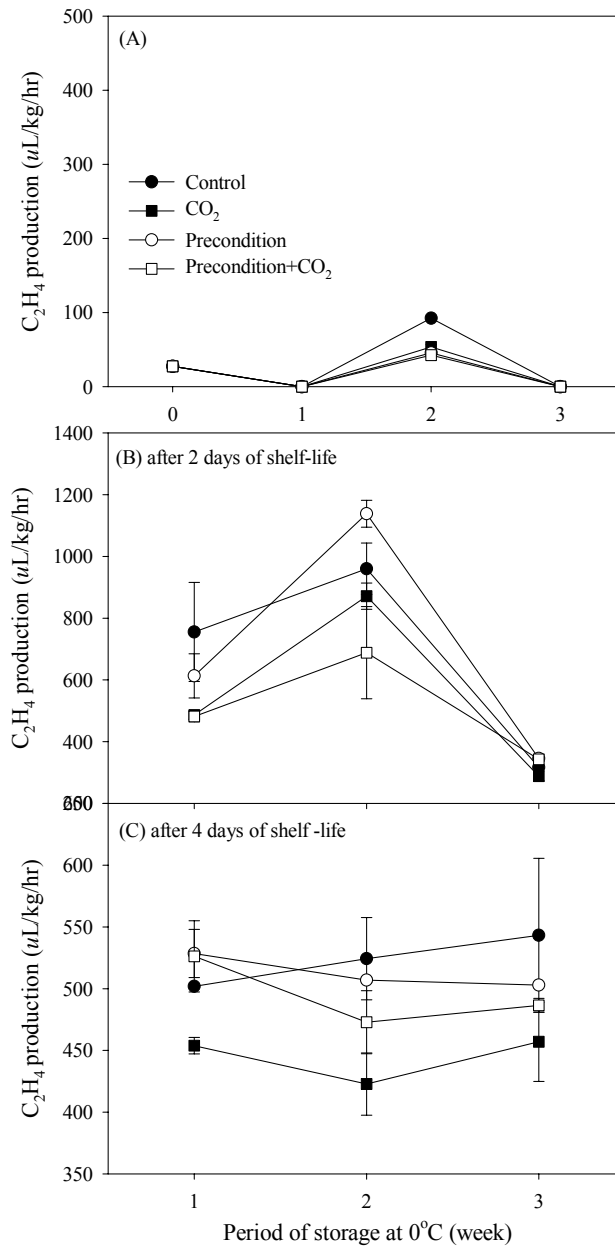


Fig. 64. Effect of CO_2 treatment on ethylene production of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

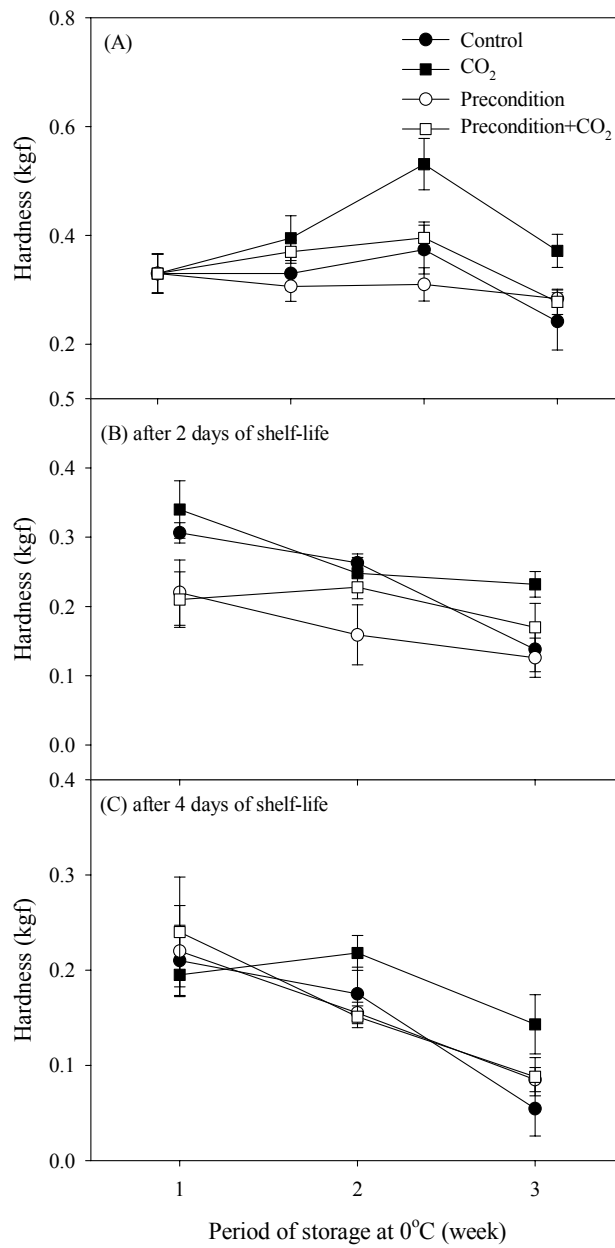


Fig. 65. Effect of CO₂ treatment on hardness of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

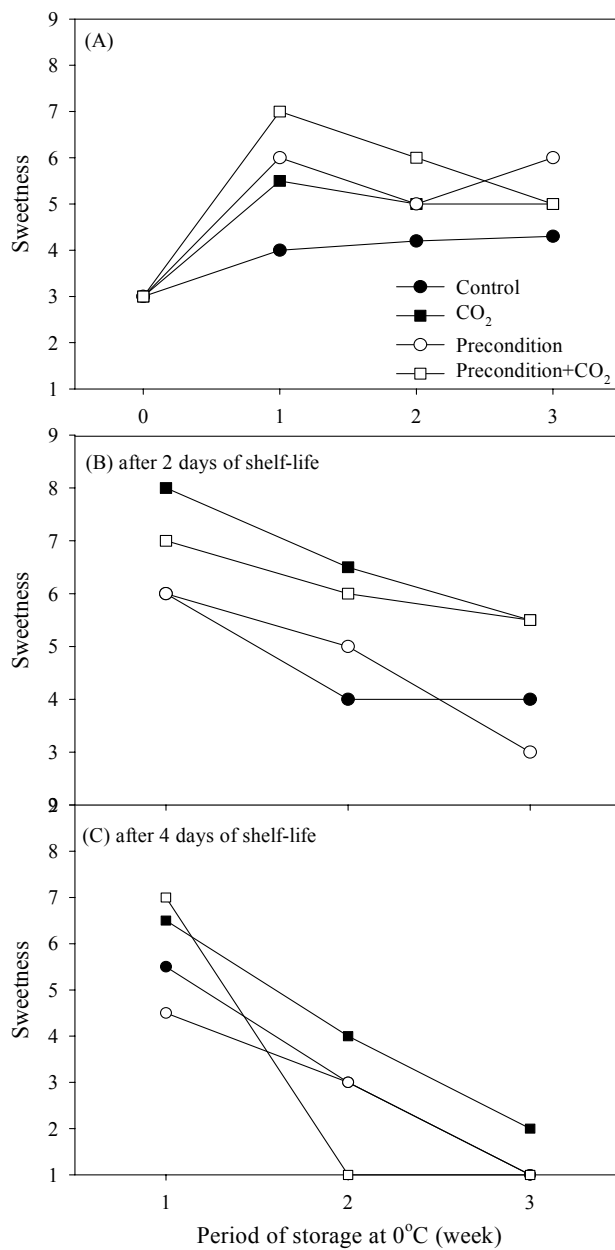


Fig. 66. Effect of CO₂ treatment on sweetness of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C. (A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life, (C) measured after 4 days of shelf-life

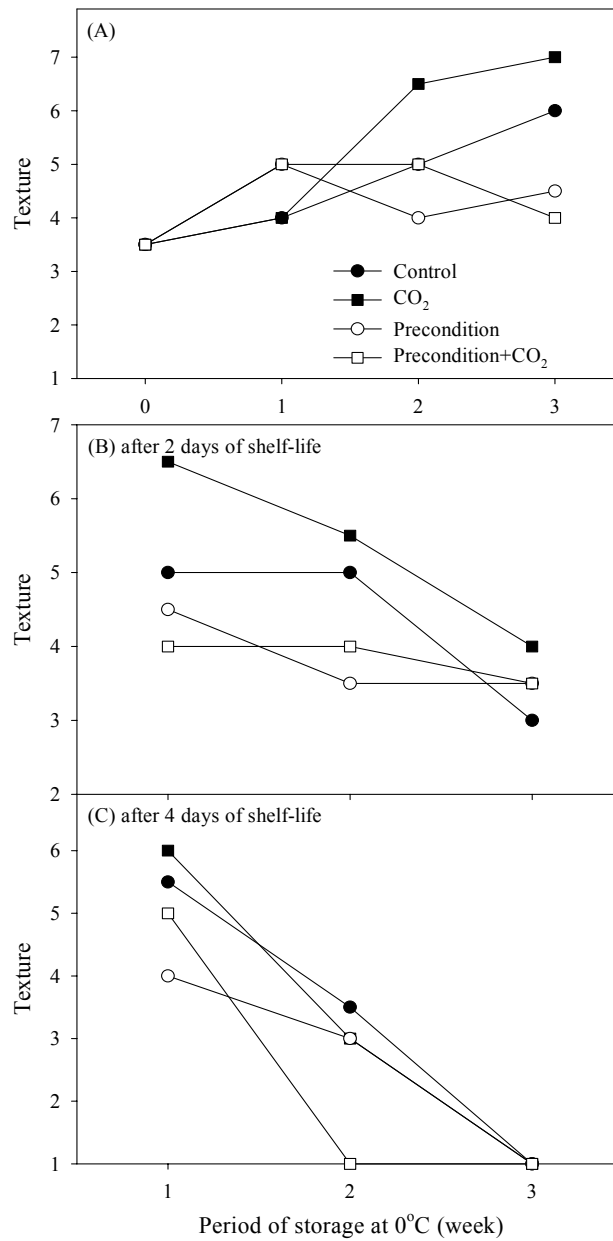


Fig. 67. Effect of CO₂ treatment on texture of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

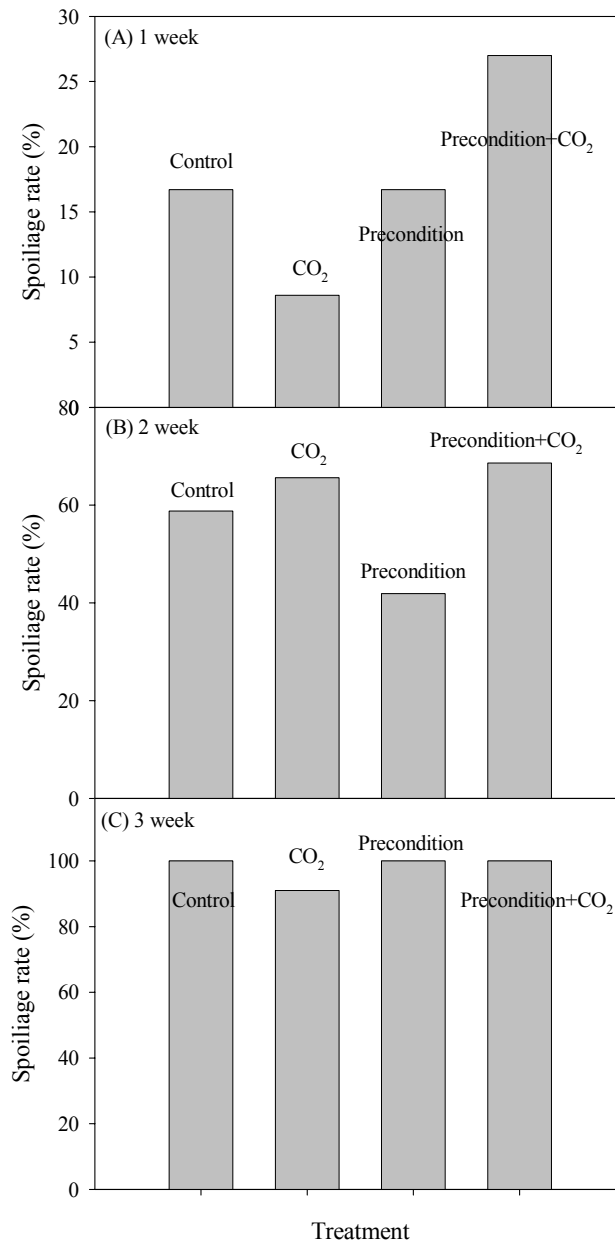


Fig. 68. Effect of CO₂ treatment on spoilage rate of 'Mibaekdo' peach fruits after 5 days of shelf-life following storage for 1(A), 2(B), 3(C) weeks at 0°C .

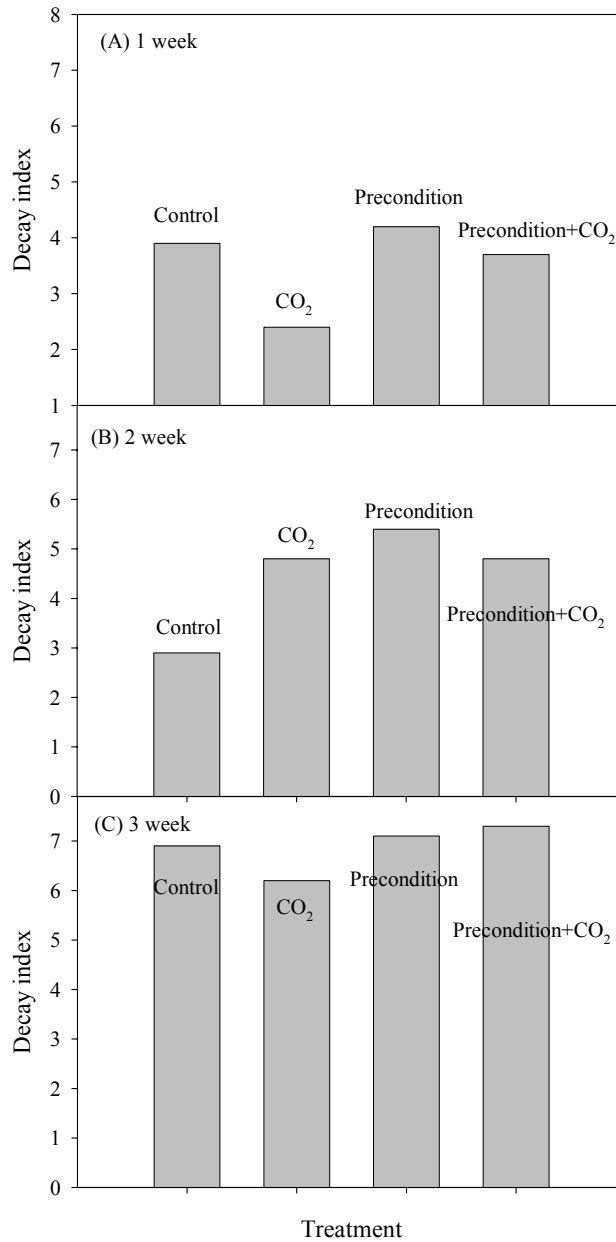


Fig. 69. Effect of CO₂ treatment on decay index of 'Mibaekdo' peach fruits after 5 days of shelf-life following storage for 1(A), 2(B), 3(C) weeks at 0°C .

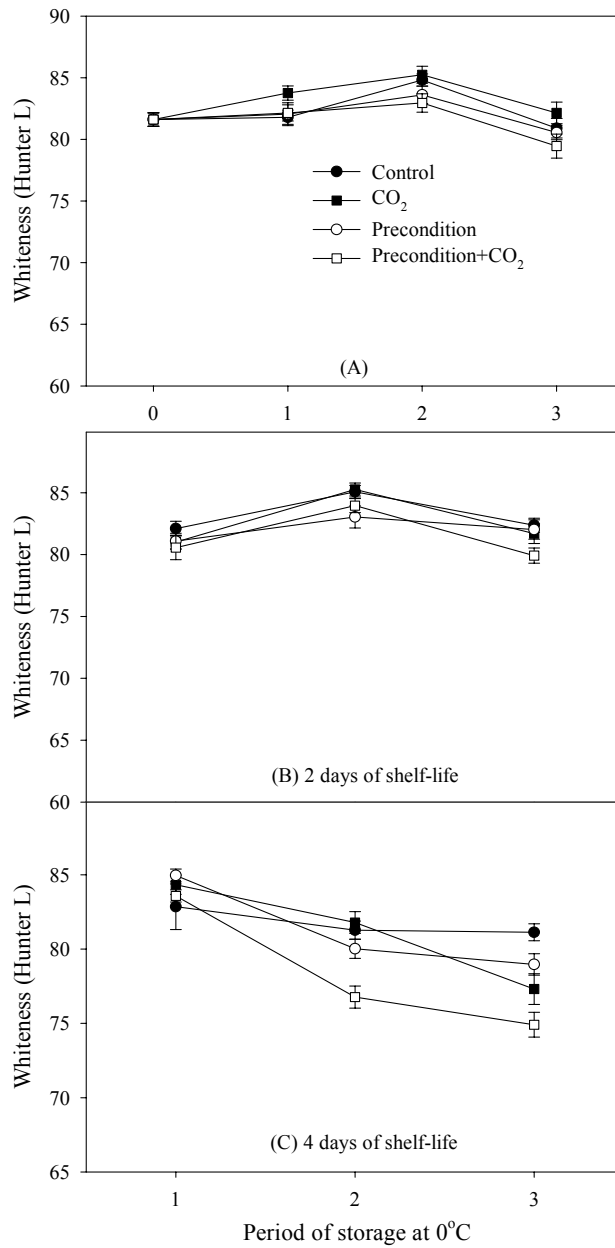


Fig. 70. Effect of CO₂ treatment on whiteness in peel color of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

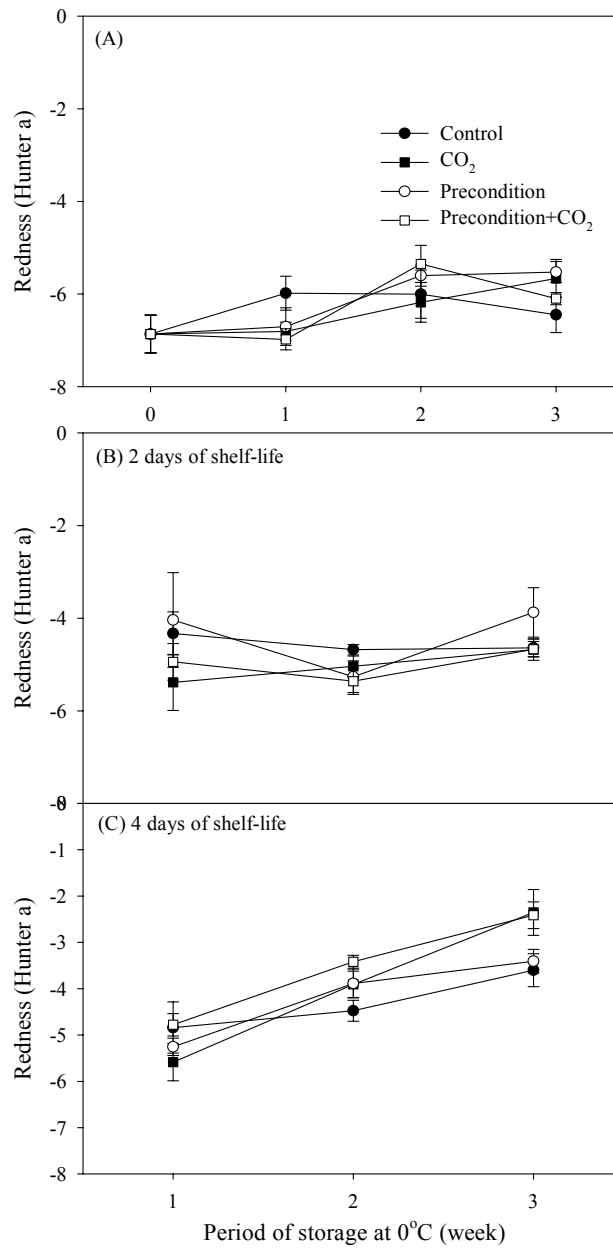


Fig. 71. Effect of CO₂ treatment on redness in peel color of 'Mibaekdo' peach fruits during storage at 0°C.

(A) measured just after storage, (B) measured after 2 days of shelf-life,

(C) measured after 4 days of shelf-life

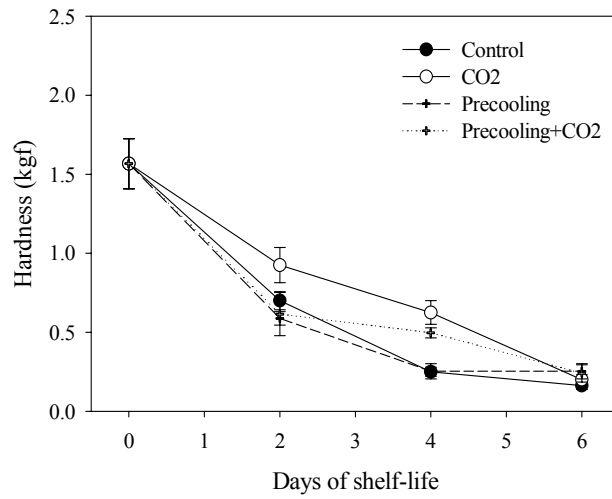


Fig. 72. Effect of CO₂ treatment on hardness of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life.

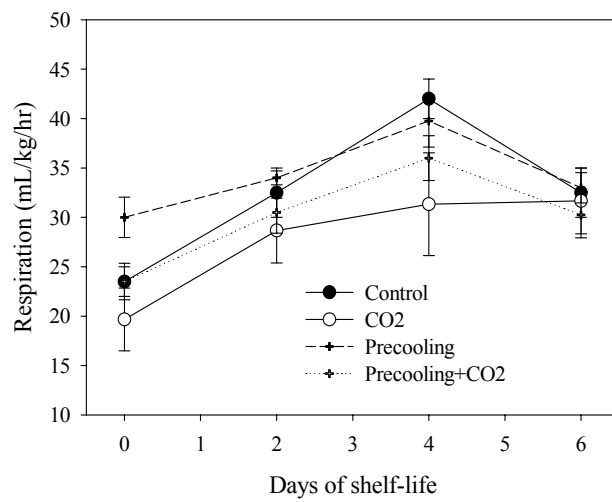


Fig. 73. Effect of CO₂ treatment on respiration of 'Mibaekdo' peach fruits during shelf-life.

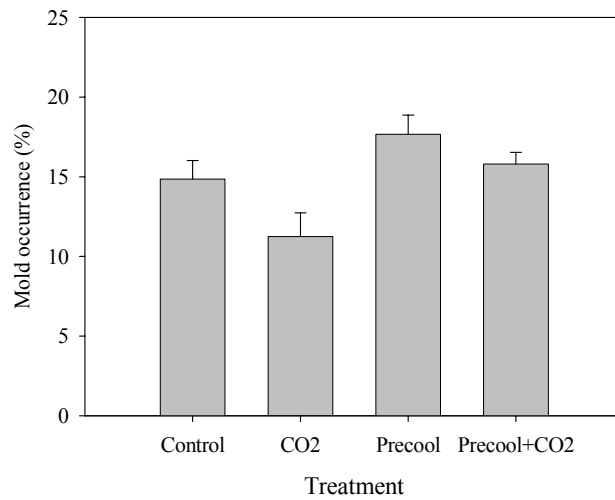


Fig. 74. Effect of CO₂ treatment on mold occurrence of 'Mibaekdo' peach fruits after 6 days of shelf-life.

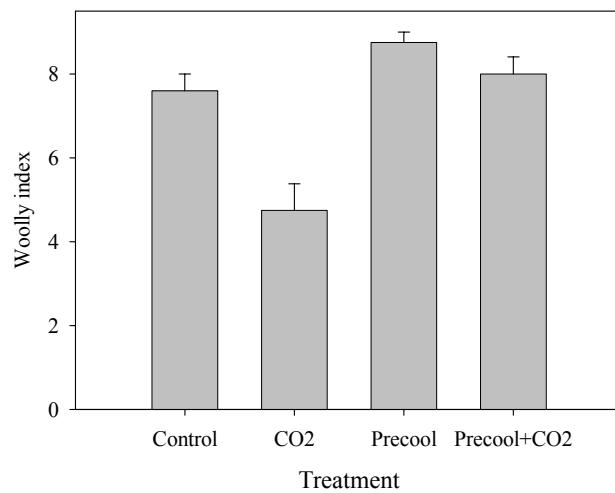


Fig. 75. Effect of CO₂ treatment on woolly index of 'Mibaekdo' peach fruits after 3 days of shelf-life following 3 weeks of storage at 0°C.

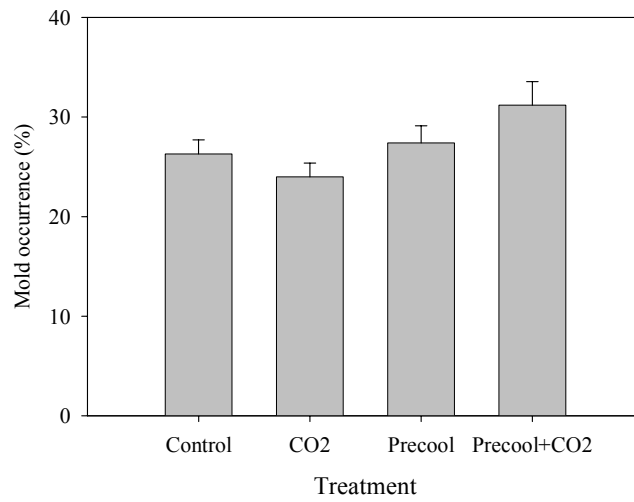


Fig. 76. Effect of CO₂ treatment on mold occurrence of 'Mibaekdo' peach fruits after 3 days of shelf-life following 3 weeks of storage at 0°C.

6. ‘황도’ 복숭아의 이산화탄소 처리 조건 구명

‘황도’ 복숭아를 수확한 후 각 50%, 60%, 100%의 이산화탄소에 6시간 동안 전처리한 후 0℃에 4주간 저장하면서 저장기간 중의 품질과 저장후 상온유통 3일 후의 품질을 비교 분석하였다. 저온에서는 품질 변화가 매우 미미하였으며 상온에 옮긴 이후 연화가 진행되었는데 6시간의 이산화탄소 처리에 의한 연화 억제 효과가 나타나지 않았다(Fig. 77). 과실의 부패의 경우 이산화탄소 농도가 높을수록 억제되는 효과가 있었는데 이러한 효과는 장기저장 후의 과실에서도 유효하였다(Fig. 78). 과실의 부패가 심해지면 부패 부위에 곰팡이 포자가 성장하는데 이산화탄소 처리한 과실은 포자 생장이 감소되는 경향을 보였다(Fig. 79). 저온저장 기간이 길어지면 저온장해가 발생하여 조직감이 나빠지고 단맛이 약해지는 증상을 보이는데 본 실험의 결과 3주 이상 저장하면 과실의 단맛이 매우 낮게 느껴졌다. 이산화탄소를 처리한 과실은 저온저장 3-4주 후 단맛이 비교적 우수하게 유지되었다. 50% 농도 보다 60%를 처리한 경우에 단맛의 증가가 높았고 100%는 60%과 유사한 성적을 보였다(Fig. 80). 3주 저장 후 woolliness의 발생으로 인해 조직감이 급격히 나빠지는데, 이산화탄소 처리를 한 과실은 조직감이 우수하게 유지되었으나 저장기간이 길수록 이산화탄소 처리에 의한 효과가 적어져 4주간 처리한 과실에서는 처리 효과가 매우 낮았다(Fig. 81). 이산화탄소 처리에 의한 경도유지 효과 정도에 비해 관능검사 결과 조직감 향상이 크게 나타난 것은 과실의 경도뿐만 아니라 woolliness 증상 여부가 조직감 선호도에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단되었다. 저온장해 증상을 완화하면서 저장기간을 연장하기 위해 10℃에 저장하면서 이산화탄소 농도에 따른 처리 효과를 비교하였다. 이산화탄소 처리시 경도가 높게 유지되나 그 차이가 매우 미미하였고(Fig. 82), 60% 이상의 이산화탄소를 처리한 과실에서 부패율이 감소되었다(Fig. 83). 부패 부위의 곰팡이 성장 정도 및 부패 정도는 이산화탄소 처리한 과실에서 낮았다(Fig. 84). 모든 처리 농도에서 저장 기간 중 단맛이 무처리구에 비해 우수하였는데 다른 품종과는 달리 ‘황도’ 복숭아는 100%를 처리한 과실에서도 이산화탄소에 의한 이취 발생이 없었고(자료 미제시) 60% 처리한 과실의 단맛이 가장 좋았으며 이산화탄소 처리에 의한 조직감 향상 효과는 100%까지 농도를 증가시킬수록 효과적이었다(Fig. 85). 이산화탄소 처리를 한 과실을 상온 유통 할 경우 경도가 우수하게 유지되었고 농도가 높을수록 효과가 증가하였다(Fig. 86). 이산화탄소 처리를 한 경우 과실의 부패율이 감소되었는

데 100%를 처리한 경우에는 오히려 부패가 증가하는 양상을 보였고(Fig. 87), 곰팡이 생장도 100%의 경우 크게 증가하는 양상을 띠었으며 과실의 부패 정도도 심하였다(Fig. 88). 단맛과 조직감 유지에도 이산화탄소 처리가 효과적이었는데 조직감은 농도가 높을수록 좋았고 단맛은 60%가 가장 좋았다(Fig. 89).

60%의 이산화탄소를 6시간 처리하는 것이 대부분의 품종 및 온도에서 신선도 유지 및 품질 향상에 가장 좋은 것으로 나타났으므로 같은 농도의 이산화탄소를 6시간 보다 짧게 처리하여 처리 기간을 단축할 수 있는지를 조사하였다. 경도의 경우 저온저장 동안 이산화탄소 처리 시간이 길어지면 더 높게 유지되는 경향을 보이나 저장기간 후 상온 유통시에는 급격한 연화로 인해 경도에는 차이를 보이지 않았다(Fig. 90). 저온 저장후 상온 유통 기간 동안 발생하는 부패과는 이산화탄소 처리구에서 낮게 발생하였고(Fig. 91) 부패 부위의 곰팡이 생장 정도도 이산화탄소 처리 농도가 높을수록 억제되었다(Fig. 92). ‘황도’ 복숭아의 경우 저온저장 기간보다 상온에 옮겨 숙성이 진행되는 동안 단맛이 증가하였는데 4시간 처리한 과실보다 6시간 처리한 과실이 더 우수하였다(Fig. 93). 조직감도 저온에서 상온으로 옮겨진 후 급격히 나빠지는데 이는 woolliness 증상 발현과 연관이 있다. 이산화탄소 처리시 woolliness 증상이 경감되어 조직감에서 상대적으로 좋은 점수를 얻었다(Fig. 94). 10℃에서의 품질 변화를 살펴본 결과 이산화탄소에 의해 경도가 높게 유지되며 부패과 또한 감소되는 경향을 보였다(Fig. 95,96). 곰팡이 생장 또한 이산화탄소 처리시 억제되며 부패 정도도 무처리구에 비해 경감되었으므로 부패 억제에 이산화탄소 처리가 효과적임을 알 수 있었으며, 4시간 처리보다는 6시간 처리가 더 효과적이었다(Fig. 97). 관능테스트 결과도 다른 품종 및 처리 실험 결과에서와 같이 이산화탄소 처리한 과실의 단맛과 조직감이 우수하였고 6시간 처리가 좋았다(Fig. 98). 상온에서는 이산화탄소 처리 효과가 가장 우수하게 나타나는데 경도의 경우 60% 이산화탄소를 6시간 처리한 것이 가장 좋았고(Fig. 99) 부패과도 크게 감소하였다(Fig. 100). 부패과의 경우 곰팡이 생장정도 및 부패 정도가 6시간 처리에 의해 매우 효과적으로 억제되어 부패 증상 정도가 약화되는 효과가 나타났다(Fig. 101). 관능테스트 결과 단맛 및 조직감 모두 60%를 6시간 처리한 것이 가장 우수하였다(Fig. 102)

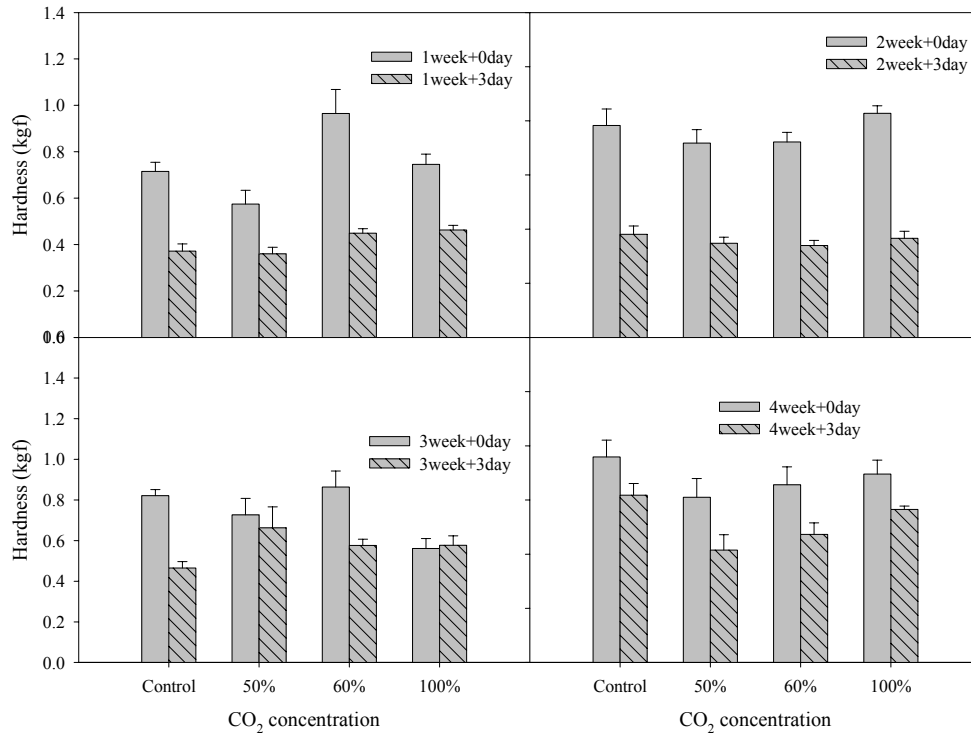


Fig. 77. Effect of CO₂ concentration on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), 3(C), and 4(D) weeks.

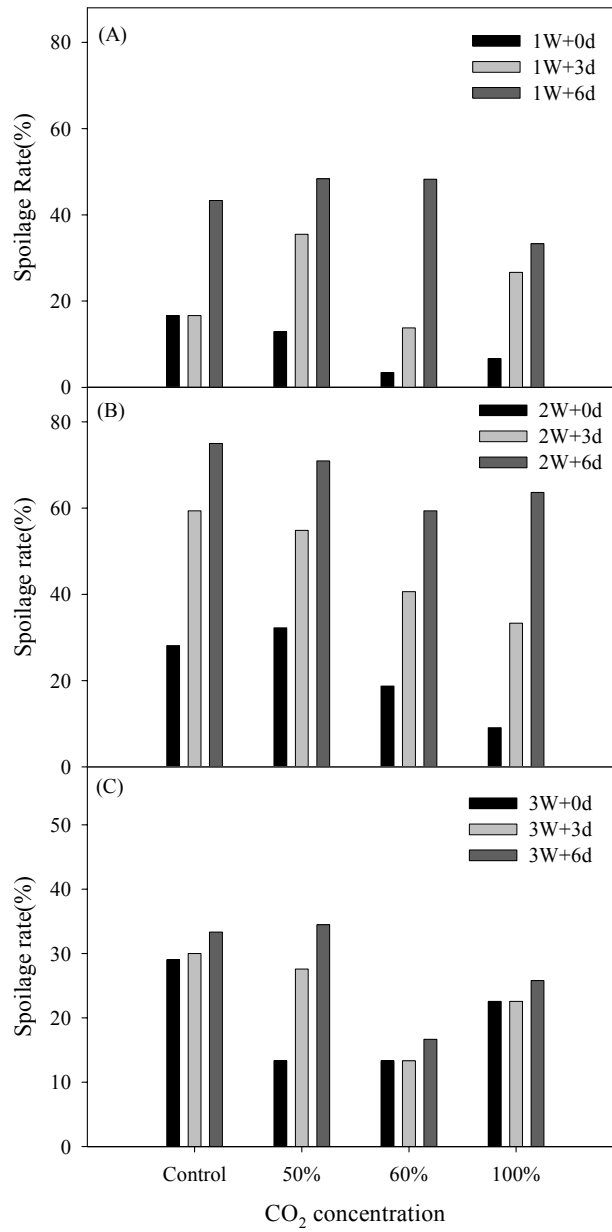


Fig. 78. Effect of CO₂ concentration on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), and 3(C) weeks.

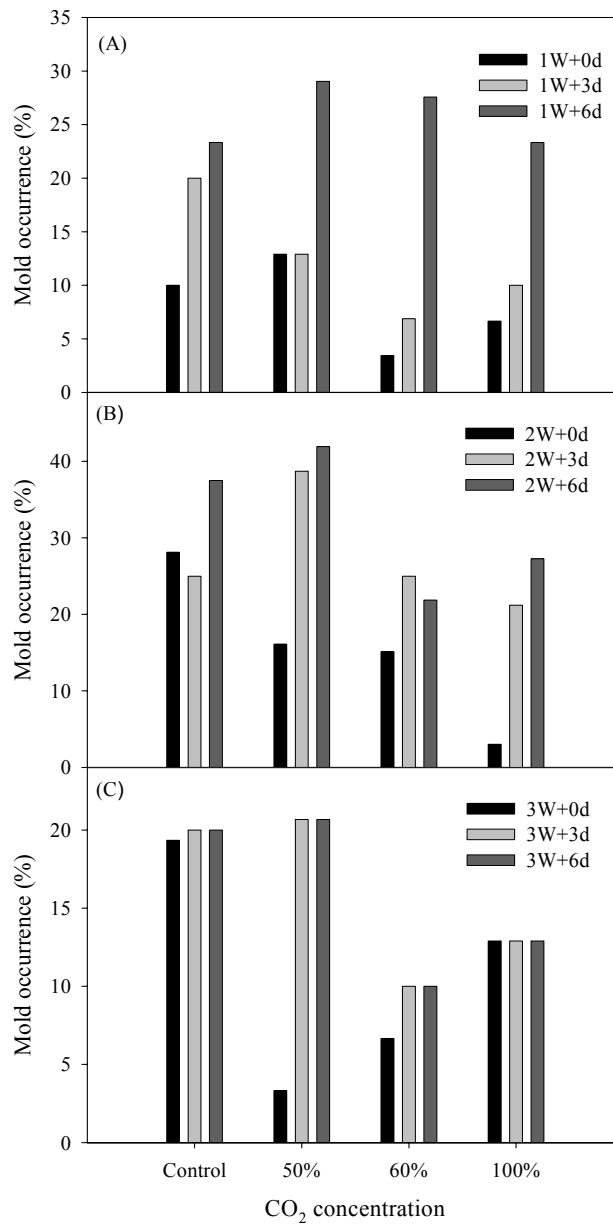


Fig. 79. Effect of CO₂ concentration on mold occurrence of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), and 3(C) weeks.

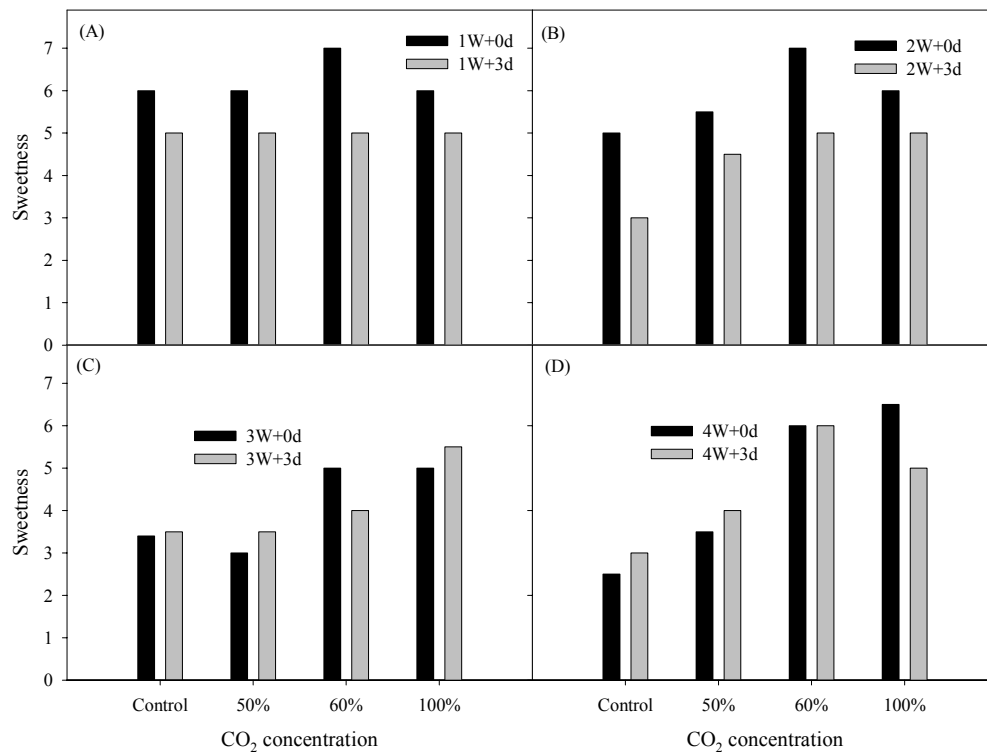


Fig. 80. Effect of CO₂ concentration on sweetness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), 3(C), and 4(D) weeks.

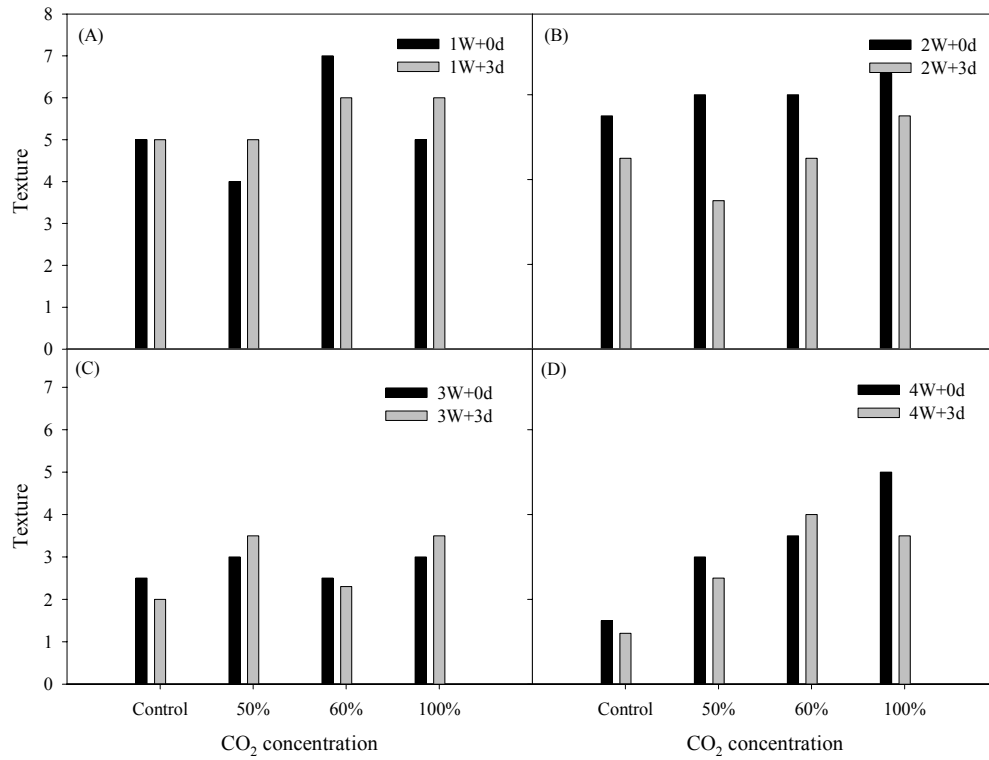


Fig. 81. Effect of CO₂ concentration on texture of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), 3(C), and 4(D) weeks.

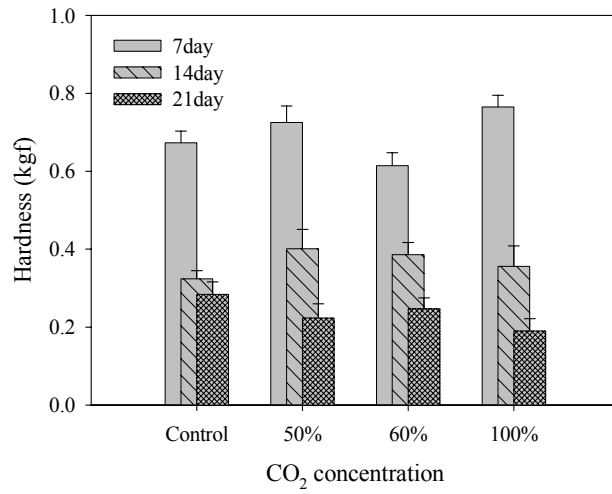


Fig. 82. Effect of CO₂ concentration on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C for 3 weeks.

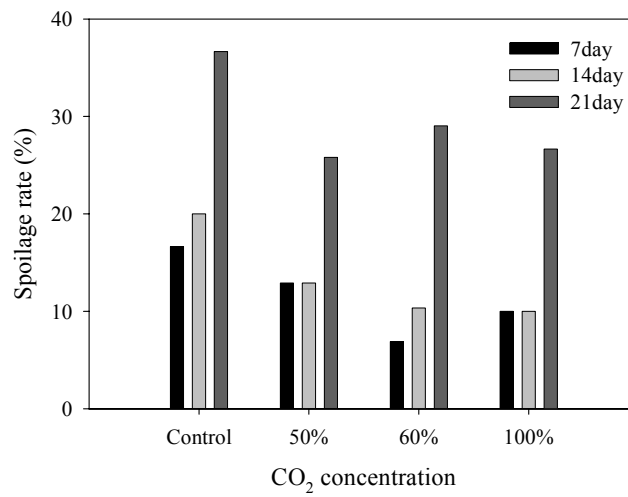


Fig. 83. Effect of CO₂ concentration on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C for 3 weeks.

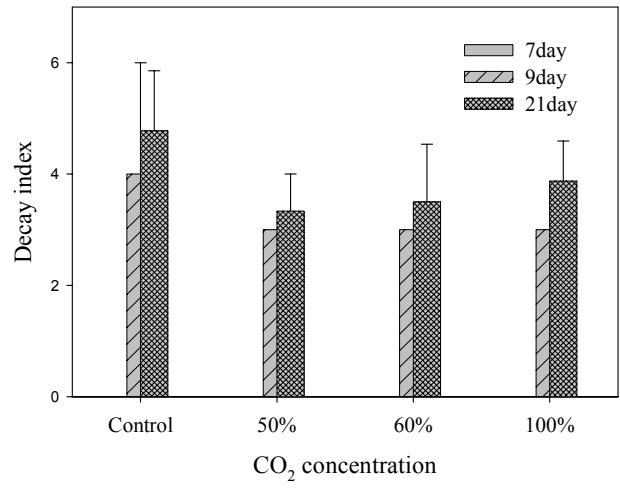
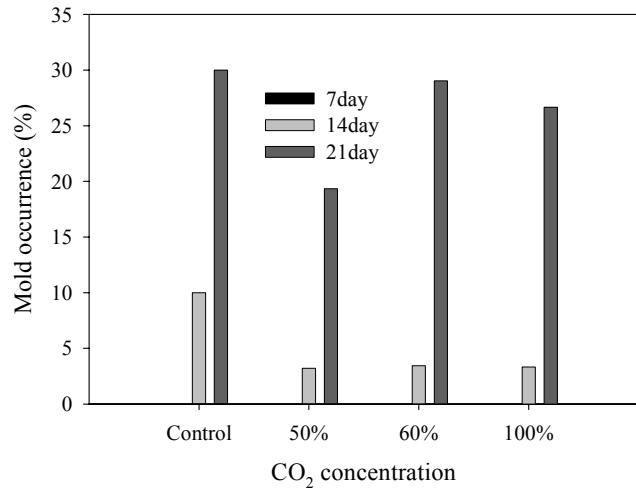


Fig. 84. Effect of CO₂ concentration on mold occurrence and decay index of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C for 3 weeks.

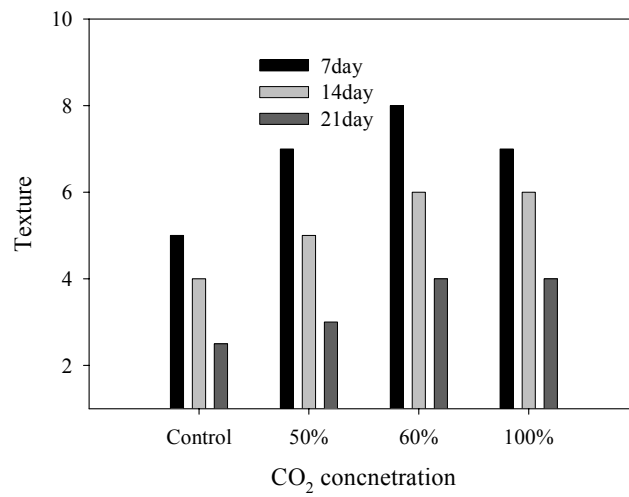
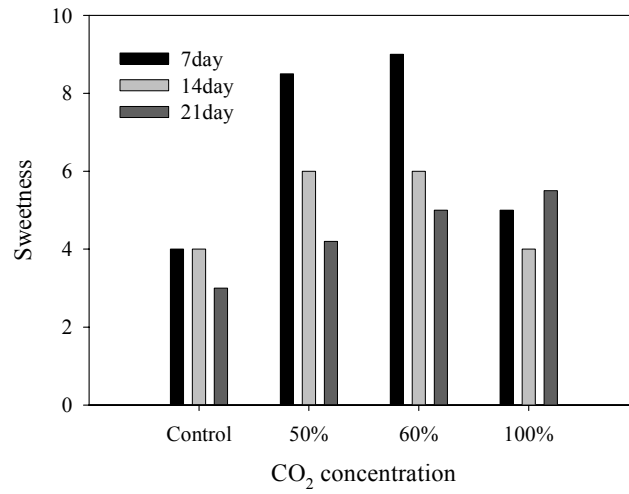


Fig. 85. Effect of CO₂ concentration on sensory score of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C for 3 weeks.

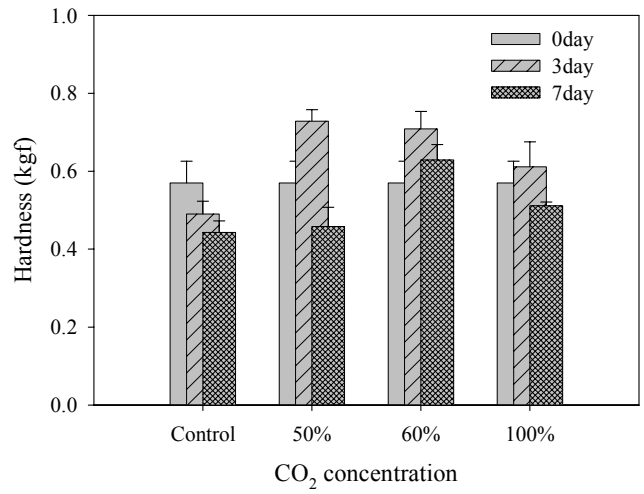


Fig. 86. Effect of CO₂ concentration on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

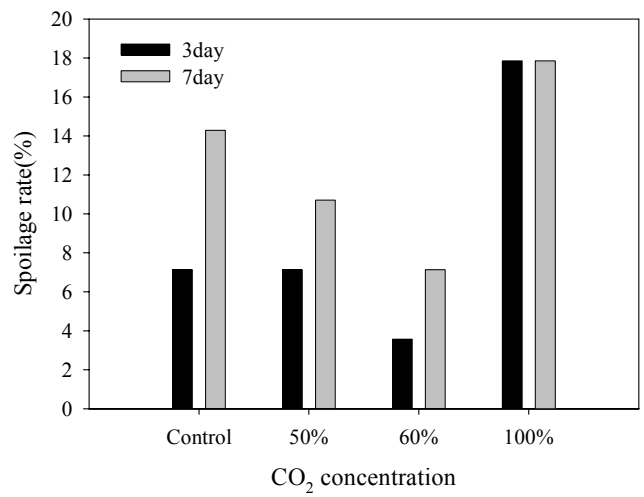


Fig. 87. Effect of CO₂ concentration on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

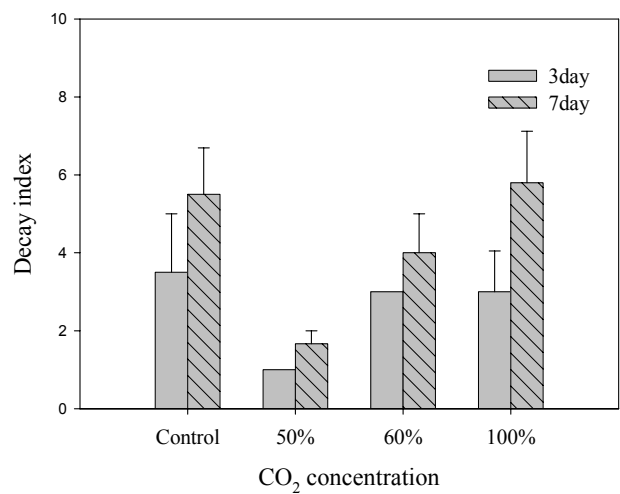
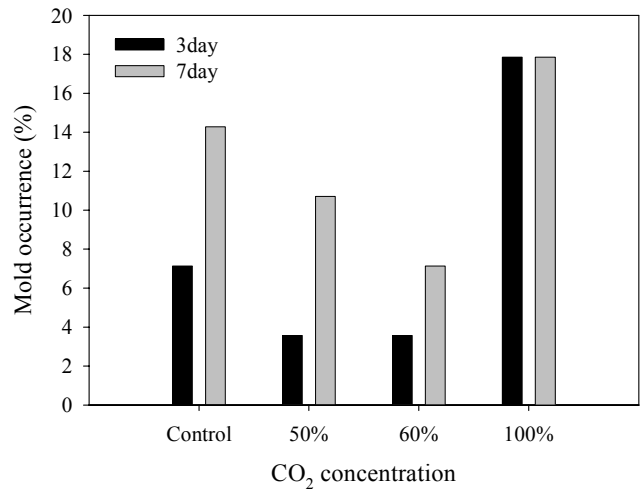


Fig. 88. Effect of CO₂ concentration on mold occurrence and decay index of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

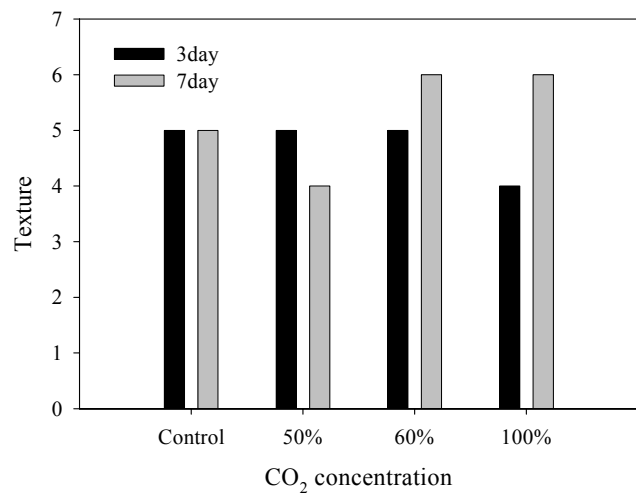
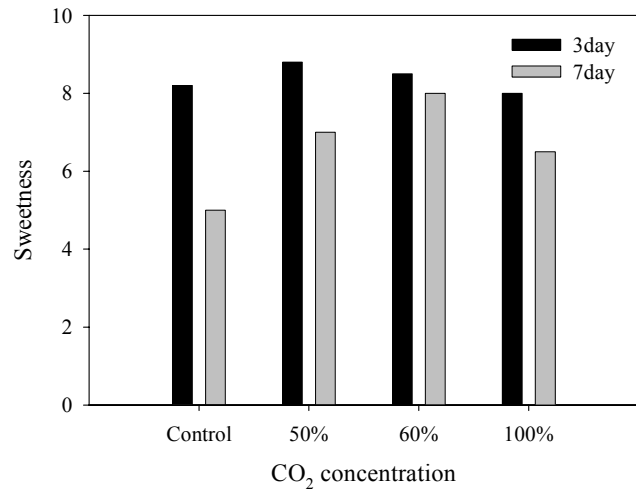


Fig. 89. Effect of CO₂ concentration on sensory score of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

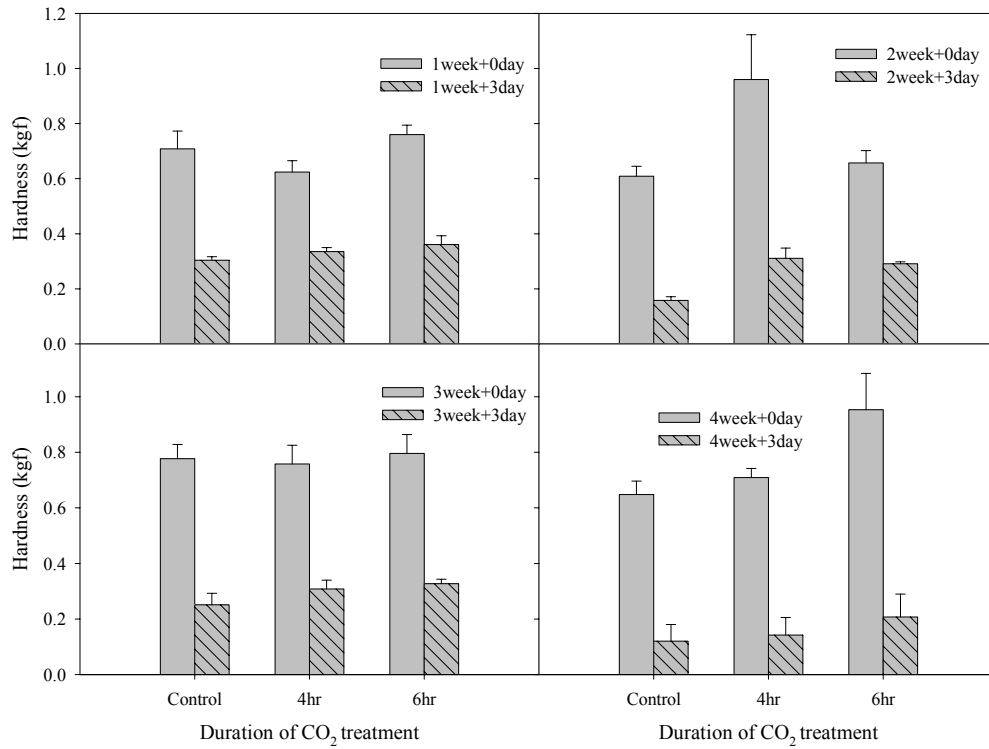


Fig. 90. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), 3(C), and 4(D) weeks.

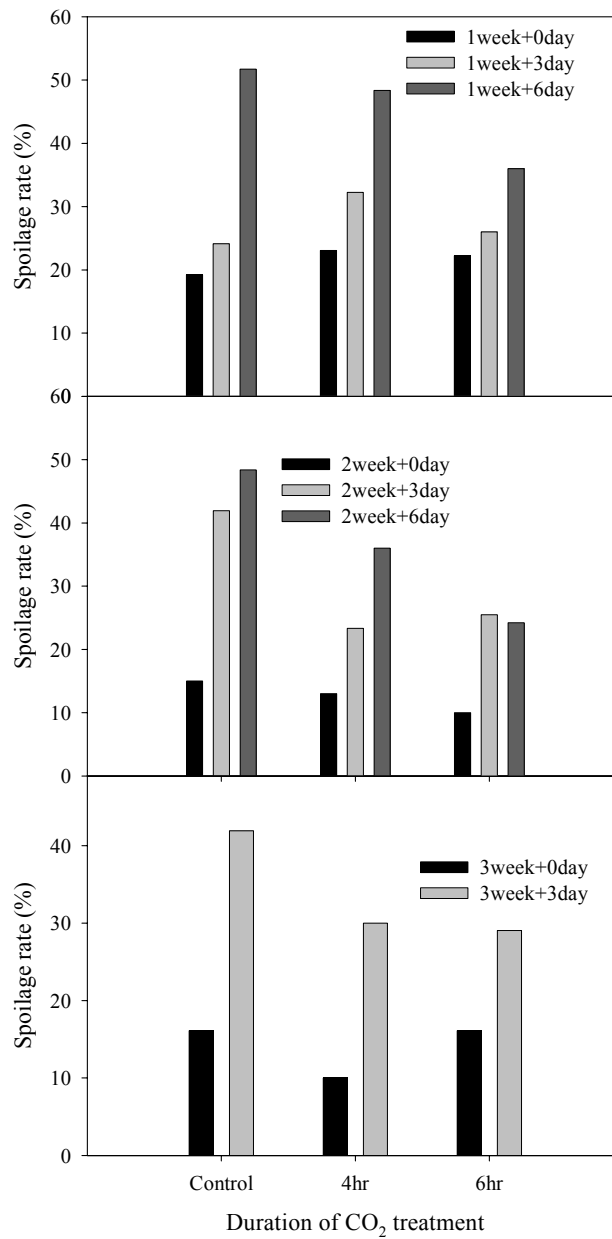


Fig. 91. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), and 3(C) weeks.

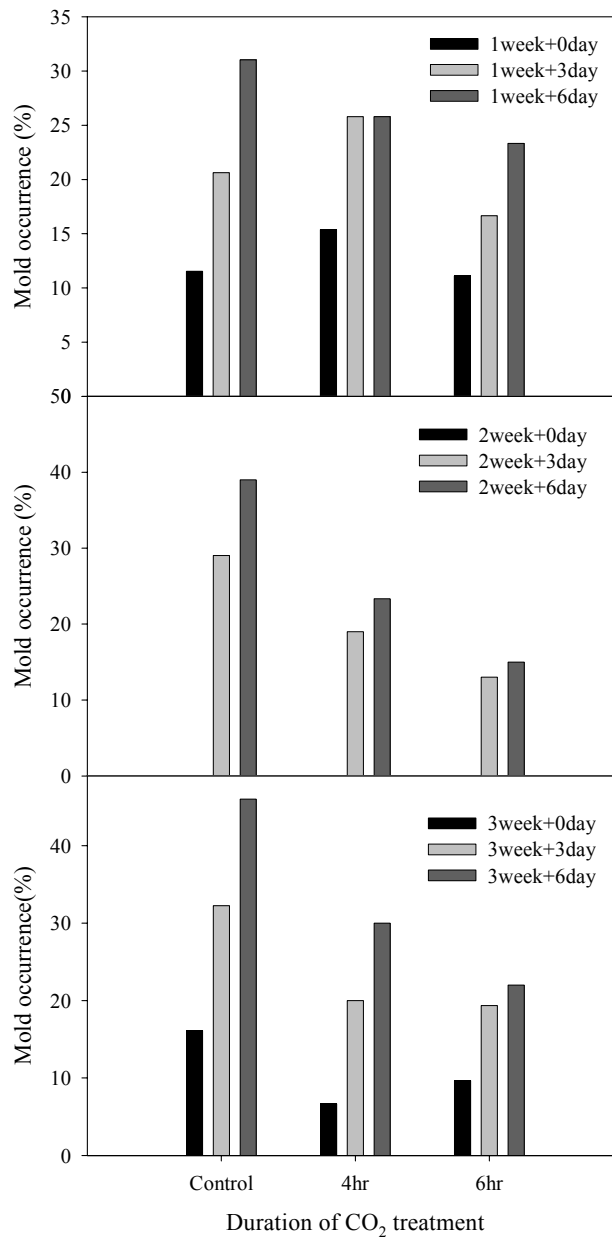


Fig. 92. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on mold occurrence of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1(A), 2(B), and 3(C) weeks.

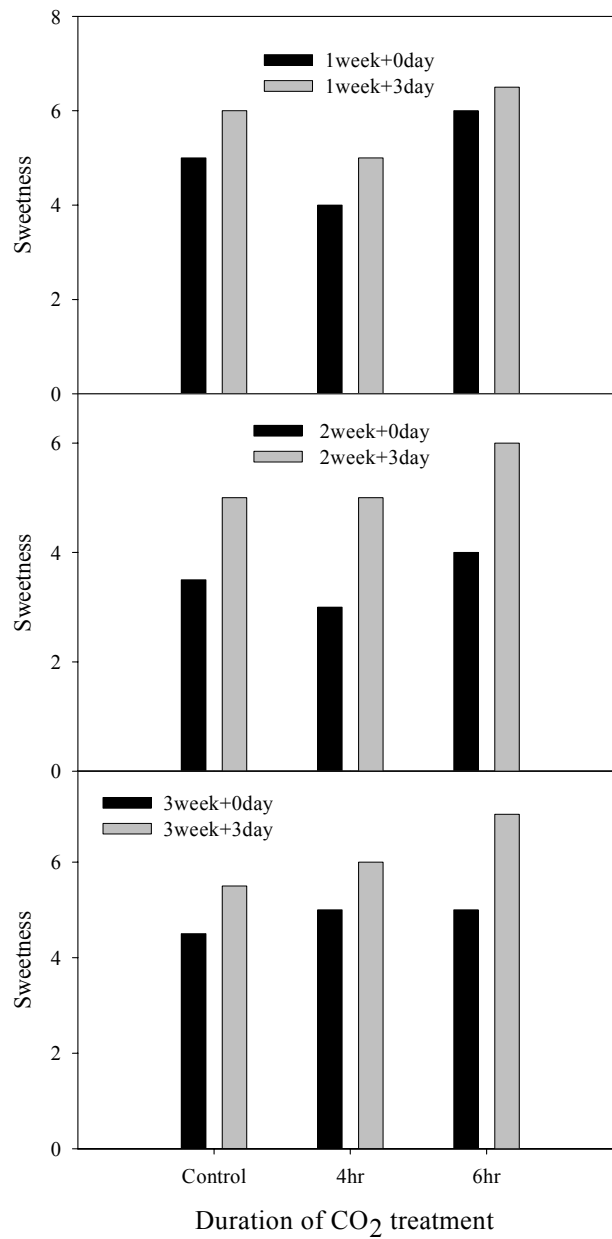


Fig. 93. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on sweetness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1-3 weeks.

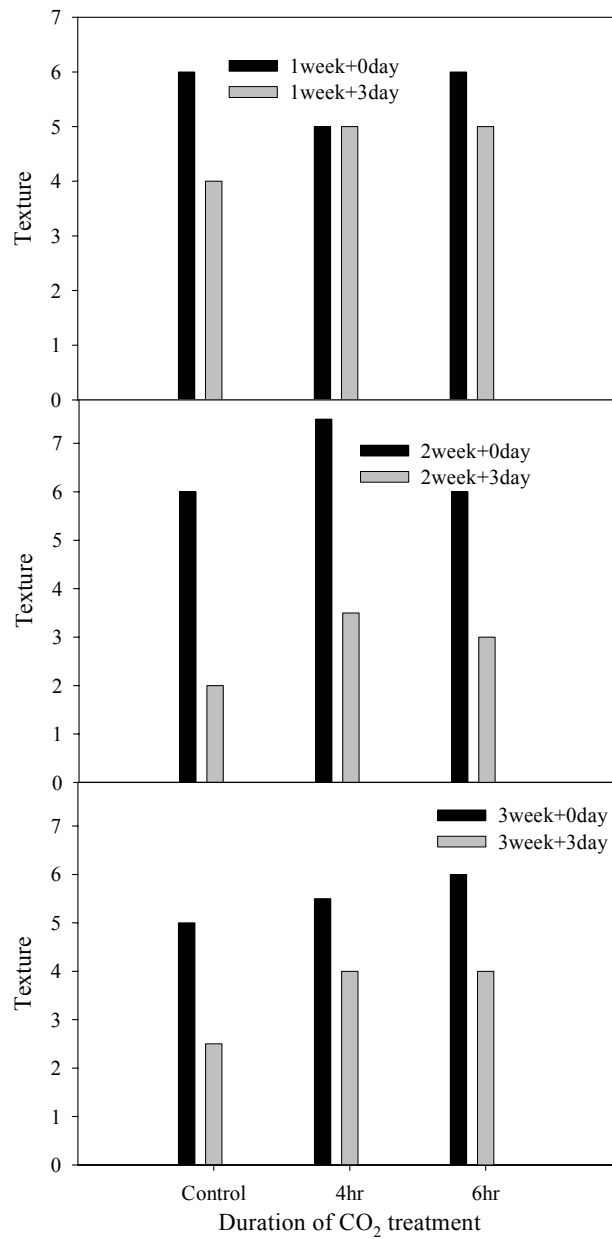


Fig. 94. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on texture of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life after storage at 0°C for 1-3 weeks.

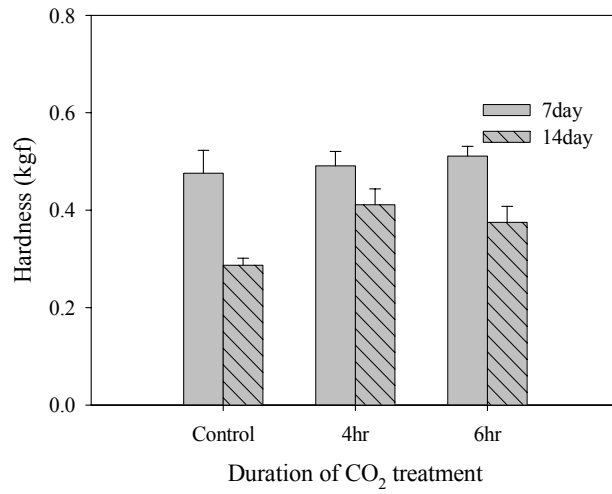


Fig. 95. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C.

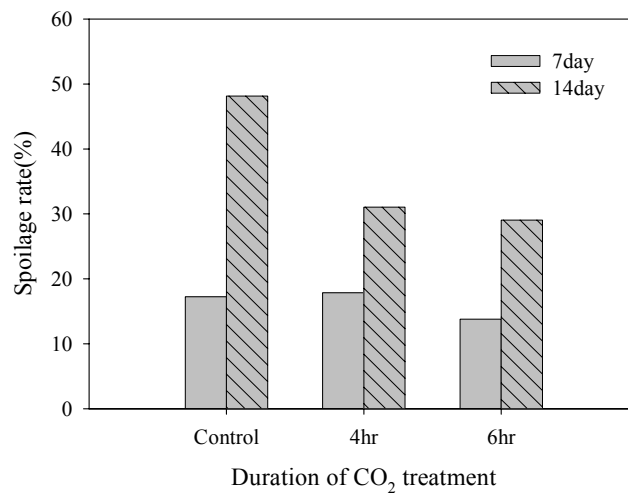


Fig. 96. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C.

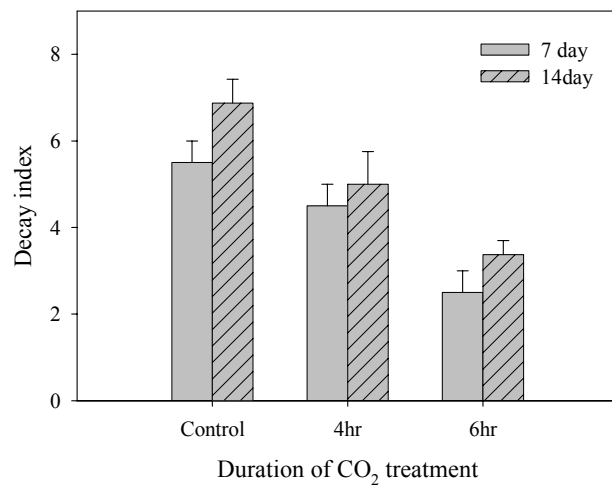
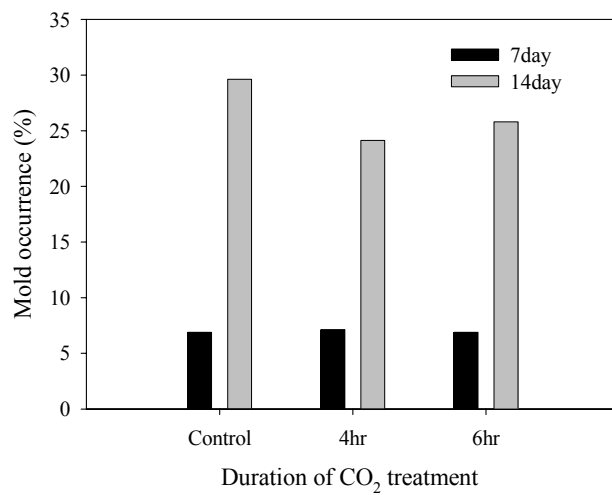


Fig. 97. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on mold occurrence and decay index of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C.

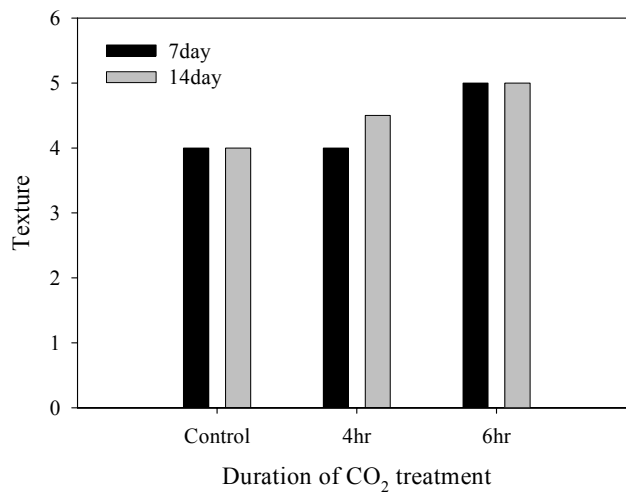
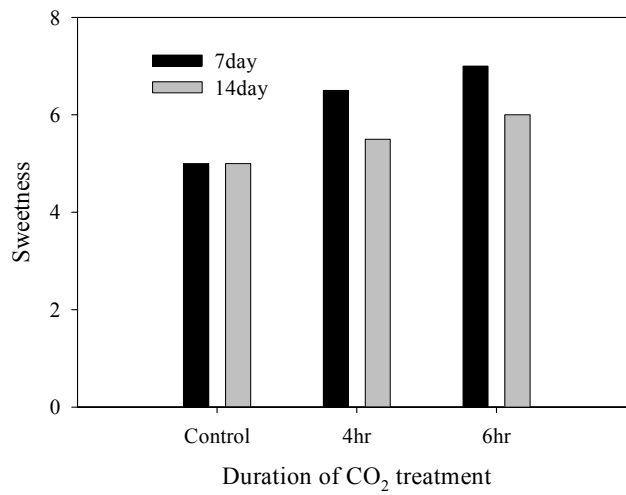


Fig. 98. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on sensory score of 'Hwangdo' peach fruits during storage at 10°C.

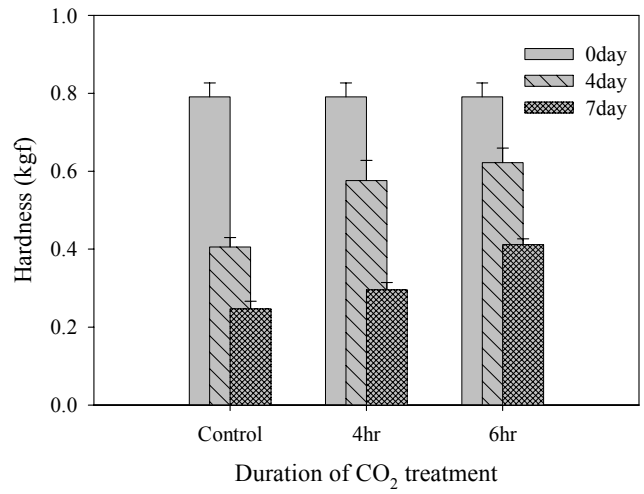


Fig. 99. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on hardness of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life.

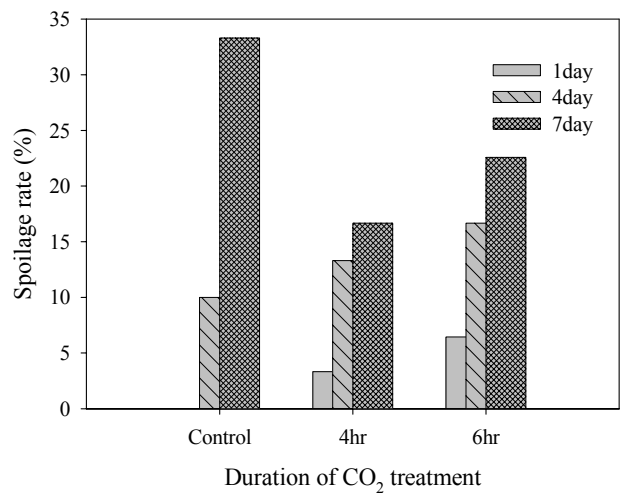


Fig. 100. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on spoilage rate of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

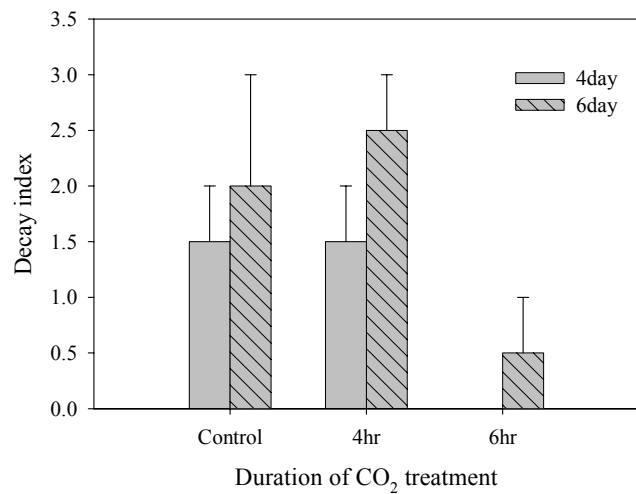
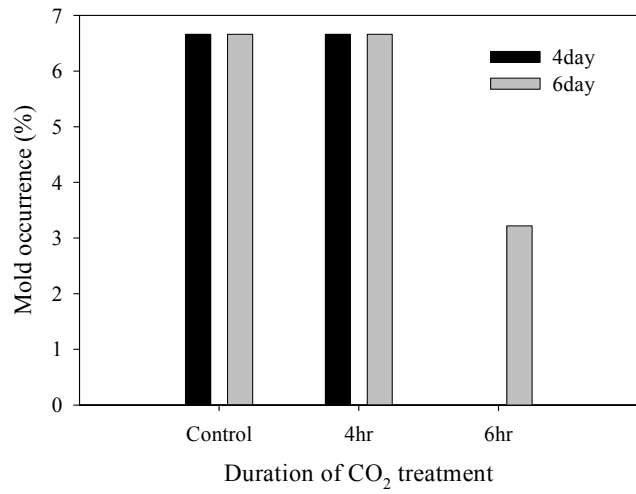


Fig. 101. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on mold occurrence and decay severity of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life at 20°C.

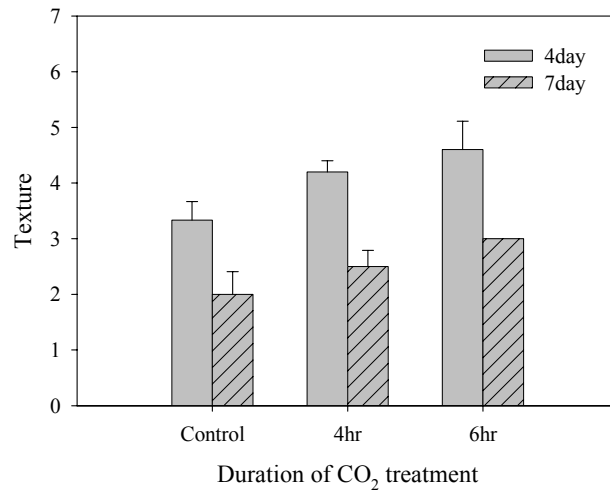
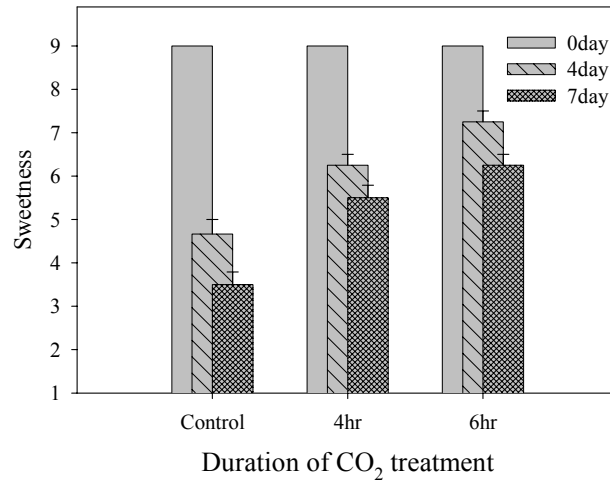


Fig. 102. Effect of duration of 60% CO₂ treatment on sensory score of 'Hwangdo' peach fruits during shelf-life.

7. 대용량 처리시 경제성 분석

본 연구를 통하여 개발한 기술을 복숭아에 적용시 상온 유통 기한을 3일에서 5일로 2일간 연장시킬 수 있었다. 본 기술에 소요되는 혼합가스 비용은 4.5kg 한 상자당 약 1,500원이었다. 이 가스는 실험용으로 혼합한 고순도 가스로서 현장 실용화 시에는 간단한 가스 혼합장치를 사용하면 4.5kg 한 상자당 500원의 비용이 소요될 것으로 추정된다.

Table 9. 이산화탄소 처리 개발 기술 적용에 따른 소요 비용 추정

항목	현행	기술적용
① 가격(생산자 판매가)	15,000원	15,000원
② 2일 후 판매가격*	12,000원	15,000원
③ 유통 중 손실 비용(①-②)	3,000원	0원
④ 처리 비용	0원	500원
⑤ 총 유통 비용	3,000원	500원
처리에 따른 효과	3,000원-500원=2,500원/상자	

*2일후 가격; 판매 1일 지연시 신선도 손실로 인한 과일 가격 약 10% 하락 (2005년 할인마트 복숭아 판매가 참조)

복숭아는 수확 후 판매가 1일 지연되면 판매가의 약 10%가 하락하는 경향이 있으므로 2일이 경과한 후 판매할 경우 수확직후 판매가가 상자당 15,000원이던 복숭아는 12,000원으로 하락될 것으로 추정할 수 있다. 이산화탄소 처리를 통해 2일 동안 신선도가 유지되면 2일 후에도 동일한 15,000원에 판매될 것으로 예상되므로 현행 방식으로 유통되는 경우에 비해 상자당 3,000원의 이익이 발생된다. 신선도 연장을 위한 기술 적용시 추가로 소요된 비용 500원을 손실로 계산하면 최종적으로 4.5kg 과일 상자당 2,500원의 이익이 발생하는 것으로 추산된다. 따라서 본 기술은 시행에 소요되는 비용을 훨씬 초과하는 이익이 발생하기 때문에 경제적인 측면에서 매우 타당한 기술인 것으로 판단되었다.

제 4 장 목표달성 및 관련분야에의 기여도

당초목표	목표달성도	관련분야 기술발전에의 기여도
○ 부패억제 전처리 구명	100%	매우 큼
○ 저온장해 억제 기술 개발	100%	매우 큼
○ 신선도 연장 기술 개발	100%	매우 큼
○ 유통 중 품질향상을 위한 속도 선정	100%	매우 큼

복숭아의 수확후 초기 부패를 일으키는 *Botrytis cinerea*를 순수 분리하여 25℃ 및 0℃에서의 성장정도를 조사하였으며 35-100%의 이산화탄소 조건에서의 성장속도의 변화를 조사하였다. 이때 복숭아 과실에의 접목을 고려하여 두 온도에서 지속적으로 처리한 경우의 효과와 단기 처리 이후에 잔여 효과가 지속되는지에 대한 조사를 실시하였다. 상온조건에서 배양할 경우 고농도 이산화탄소 처리를 통해 성장속도를 억제할 수 있었으며 농도 및 처리기간이 증가할수록 효과가 증가하였다. 특히 100% 농도의 경우 처리기간 동안 완전한 성장 억제효과를 나타내었다. 저온에 의해 곰팡이 생장이 효과적으로 억제되었으며 저온에서는 35%와 60%의 이산화탄소를 처리할 경우 추가적인 억제효과는 없었으며, 100% 이산화탄소를 72시간 이상 동안 처리함으로써 곰팡이 생장을 효과적으로 억제할 수 있었다. 저온 및 이산화탄소 처리에 의해 생장이 억제된 *Botrytis cinerea*를 상온으로 옮겨 배양할 경우 급격한 성장을 보인 바 저온 및 이산화탄소 처리에 의해 *Botrytis cinerea*가 사멸되는 것이 아니라 일정 기간 생장이 억제되는 것으로 판단되었다. 이산화탄소 조건에서의 복숭아 과실의 생리 및 품질변화를 조사하여 적절한 처리 농도 및 시간의 범위를 결정한 후 6품종(일천백봉, 월봉조생, 창방조생, 미백도, 백도, 장호원황도)의 복숭아를 선정하여 각각에 대한 이산화탄소 처리 조건을 설정하였다. 과실의 속도, 처리 온도, 처리 농도 및 처리 시간별로 효과를 비교 조사하였고, 기타 전처리 기술(예비숙성, 예냉)과 병행하였을 때의 상호작용도 조사하였다. 고 이산화탄소

조건에서 복숭아 과실의 연화, 부패, 과피 변색이 억제되고, 과실 절단시 과육의 갈변이 크게 경감되는 효과가 있었으나 고 이산화탄소 환경에 24시간 이상 보관되면 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이미·취가 발생하고 단맛이 낮아져 식미도가 낮아졌다. 수확 후에 실시되는 고 이산화탄소의 전처리가 복숭아의 상온 유통 중 신선도 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다. 60% 이상의 이산화탄소를 6시간 이상 전처리할 경우 상온 유통 중 부패, 호흡, 에틸렌 발생, 과피 변색 및 연화 현상이 둔화되었으며 유통 기한 중 조직감이 향상되었다. 복숭아 과실의 가용성 고형분 함량은 상온 유통 중 변화하지 않았으며 고 이산화탄소 처리에 의한 영향 또한 없으나, 관능 실험 결과 단맛 지수는 이산화탄소 처리에 의해 높아졌다. 특히 60%를 6시간 처리한 과실이 조직감과 단맛 지수가 좋아 전반적인 품질 지수도 가장 좋았다. 100% 농도의 경우 과피 변색, 호흡, 에틸렌 발생, 연화 및 부패 억제에는 효과적이거나 3시간 처리만으로도 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이취를 발생시키므로 복숭아 과실에 부적합하였으며 60% 농도 또한 6시간을 초과하여 처리할 경우 이산화탄소가 잔류되어 전반적인 선호도가 낮아졌다. 따라서 60% 이산화탄소를 6시간 동안 전처리함으로써 상온 유통되는 복숭아 과실의 변색, 연화, 부패, 식미감 감소를 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 이산화탄소 전처리를 한 후 저온 저장할 경우 woolliness 발생으로 인한 조직감 하락이 경감되고 저온저장 후 상온 유통기간 동안의 연화도 억제되는 경향을 보였다. 상온 유통되는 경우에 비해 이산화탄소 처리에 의한 민감도가 적어 100% 농도를 사용하거나 60% 농도를 6시간 이상 처리하여도 이취 현상이 없고 경도를 더 높게 유지시키는 효과가 있으나 60%를 6시간 처리한 경우에 비해 효과가 크게 증가하지 않거나 오히려 관능지수를 떨어뜨리므로 저온 저장할 경우에도 60% 이산화탄소를 6시간 처리하는 것이 바람직하였다. 이산화탄소 처리는 저온에서 실시하기 보다는 상온에서 실시하는 것이 좋는데 저온에서 6시간 보관하는 과정이 복숭아 과실의 호흡 및 에틸렌 생성을 촉진시키고 저온장해 현상을 증가시키기 때문이다. 또한 과실의 숙도에 따라 이산화탄소에 대한 민감도가 달라 미숙과일수록 처리 농도 및 처리 시간을 증가시켜도 이취발생이 없었고, 관행 적숙기에 수확한 경우와 이보다 이른 시기에 수확한 과실이 이산화탄소 처리에 의한 효과가 좋았으며 과숙한 과실에서는 효과가 없었다. 수확 후 예비숙성 과정은 상온유통 및 저온저장 중 호흡과 에틸렌 발생을 증가시키고 과실의 연화 및 부패를 촉진하였으며, 저온 저장할 경우 저온장해 억제 효과는 없었고, 오히려 이산화탄소 처리 효과를 반감시키므로 바람직하지 않았다. 예냉

처리 또한 복숭아 과실의 신선도를 연장하는 효과가 없었으며 오히려 저온장해가 증가하고 조직감이 나빠지며 이산화탄소 처리 효과를 반감시키는 결과를 초래하였다. 이상의 연구결과에 기초하여 결과적으로 최종적인 연구개발 목표를 달성하였다고 판단되며, 본 연구개발 결과는 복숭아 과실 이외의 다른 작목에 응용이 가능하므로 관련분야의 기술발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 추가연구의 필요성

추가적인 연구지원이 이루어질 경우 이산화탄소 처리의 효율화를 위한 처리 공정 표준화를 확립하고 이산화탄소 처리의 극대화를 위한 품종 및 속도에 대한 구체적인 연구를 통해 수확기 지표를 개발하며 기술 적용기 소요 비용 절감 방안을 마련할 수 있을 것으로 기대한다..

2. 타연구에의 응용

본 연구개발을 통해 이산화탄소 처리에 의한 복숭아 작물의 생리 및 품질변화, 곰팡이의 생장 억제 효과 등을 구명하였고 과피 및 과육 변색에 효과적임을 확인하였으므로 연화, 부패, 변색을 억제시키는 기술로써 다른 작물에 응용 가능할 것으로 판단된다. 특히 신선편이 농식품 제조공정에 이를 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

3. 기업화 추진방안

수확 후 이산화탄소 처리에 의한 복숭아의 신선도 연장에 관한 연구 결과를 국내외 학술회의 및 저명 학술지에 보고하여 본 연구의 내용 및 결과를 공개하였으며, 교육 및 세미나를 통해 본 연구결과를 지속적으로 보급하고자 노력한다.

후속연구지원을 통해 복숭아의 품종 및 속도에 따른 효과 검증을 통해 기술의 안정성 및 경제성을 향상시키고 대량유통 환경에 적합한 전처리 설비 및 공정개발을 추진하여 개발된 기술의 실용화를 증진시킨다.

이산화탄소 처리기술의 세부내용을 참여업체인 장호원농업협동조합에 우선 기술이전하며, 국내의 희망 생산자단체 혹은 조합에 단계적으로 기술 이전하여 기술 실용화를 추구한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

Atmospheric concentration	gas	Controls most common grain insects including <i>Trogoderma granarium</i> (yes/no)	Exposure period (days)
<1% O ₂ (in nitrogen)		yes	20
Constant % CO ₂ in air			
40		no	17
60		no	11
80		no	8.5
80		yes	16
CO ₂ decay in air from >70 to 35%		no	15
Pressurized CO ₂ at >20 bar		**	<0.08

* Data, except those on pressurized CO₂, compiled from Annis (1987) . ** Available data are based only on *Plodia interpunctella* and *Lasioderma serricornis*.

Selected atmospheric gas concentration	Application phase	Amount of gas per tonne commodity	Supply time (h)
<1% O ₂ in N ₂	Purge	1-2 m ³ N ₂	<12
	Maintenance	0.01-0.06 m ³ N ₂	**
>70% CO ₂ in air	Purge	0.5-1.9 m ³ CO ₂	<48
	Maintenance	0.02-0.04 m ³ CO ₂	**
Gas burner <1% O ₂ with >14% CO ₂	Purge	17-66 g C ₃ H ₈	<48
	Maintenance	0.6-1.2 g C ₃ H ₈	**
>70% CO ₂ in air	Single-shot	0.5-1.0 m ³ CO ₂	<48
Pressurized CO ₂ at >20 bar	Single-shot	>18 kg CO ₂	<0.5

* Compiled from Banks (1984a) (except data on pressurized CO₂). Only gas composition supported by field experience are presented in this table. Basic assumptions for above requirements are: that storage is filled with grain (minimum headspace) and pressure decay time is <5 mins for decay from 500 to 250 Pa.

STRAWBERRY (*Fragaria X ananassa* 'Camarosa')

Powdery mildew; *Sphaerotheca macularis*

D.E. Legard, C.L. Xiao, J.C. Mertely and J.R. Duval

EVALUATION OF FUNGICIDES TO CONTROL POWDERY MILDEW OF STRAWBERRY, 2000: Bare root plants from Canada were transplanted into plastic-mulched raised beds on 4 ft centers (28 in wide and 7 in high at the center and 6 in high at the edge), in methyl bromide: chloropicrin (98:2) fumigated soil on 15 Oct 99. Plants were spaced 15 in apart within row and 12 in apart between rows, and overhead sprinkler irrigated for 10 days to facilitate establishment, then irrigated and fertilized by drip tape. Fungicide treatments were applied with a CO₂ backpack sprayer (100 gal/A). Treatments were applied either weekly or every two weeks from 10 Nov 99 through 1 Mar 00 (17 weeks) as noted in the table. The experiment consisted of a randomized complete block design with four replicates of 14 plants each in two rows per bed, 7 plants per row. Fruit were harvested twice weekly from 14 Dec 99 to 7 Mar 00 (28 harvests) and marketable yield determined. The number of unmarketable, powdery mildew infected, and Botrytis infected (gray mold) fruit were also determined. The percent of fruit harvested with either powdery mildew (*Sphaerotheca macularis*) (number of fruit with noticeable powdery mildew mycelium on it, divided by total number of marketable and unmarketable fruit harvested) or Botrytis rot (*Botrytis cinerea*) (number of fruit with Botrytis rot divided by the total number of marketable and unmarketable fruit harvested), and total marketable yield are reported. Foliar disease severity was rated once during the season (13 Jan). Individual plots were visually rated for disease severity on a 0-5 scale (0: no disease, 1: less than 10% of foliage affected, 2: 10-25% affected, 3: 25-50% affected, 4: 50-75% affected, 5: greater than 75% affected). Disease incidence data were transformed (arc sine square root) prior to analysis. Data were analyzed by ANOVA and treatment means were separated by Fisher's protected LSD ($P \leq 0.05$). Weather during the 1999-2000 strawberry season was warm and dry. Although foliar incidence of powdery mildew on 13 Jan 00 was relatively high in some treatments, the level of fruit infection during the season was low and most of the effect on marketable yield was probably due to Botrytis fruit rot. Significant treatment differences were found for marketable yield and the incidence of powdery mildew and Botrytis fruit rot. The sulfur treatments had the lowest incidence of powdery mildew infected fruit and also had the lowest foliar severity ratings along with Nova, and A-815. Kaligreen caused a phytotoxic reaction that mimicked foliar symptoms of powdery mildew. This resulted in Kaligreen having a dramatically higher foliar severity rating and lower yield than other treatments. Only the Benlate treatment had significantly higher yields than the control, probably due to control of Botrytis fruit rot.

Table 1. O₂ limits below which injury can occur for selected horticultural crops held at typical storage temperatures (adapted from Beaudry 2000). Those commodities in bold are considered to have very good to excellent potential to respond to low O₂.

O ₂ (kPa)	Commodities
0.5 or less	chopped greenleaf, redleaf, Romaine and iceberg lettuce, spinach, sliced pear, broccoli, mushroom
1	broccoli florets, chopped butterhead lettuce, sliced apple, Brussels sprouts, cantaloupe, cucumber, crisphead lettuce, onion bulbs, apricot, avocado, banana, cherimoya, atemoya, sweet cherry, cranberry, grape, kiwifruit, litchi, nectarine, peach, plum, rambutan, sweetsop
1.5	most apples, most pears
2	shredded and cut carrots, artichoke, cabbage, cauliflower, celery, bell and chili pepper, sweet corn, tomato, blackberry, durian, fig, mango, olive, papaya, pineapple, pomegranate, raspberry, strawberry
2.5	Shredded cabbage, blueberry
3	cubed or sliced cantaloupe, low permeability apples and pears, grapefruit, persimmon
4	sliced mushrooms
5	green snap beans, lemon, lime, orange
10	asparagus
14	orange sections

Table 2. CO₂ partial pressures above which injury will occur for selected horticultural crops (adapted from Watkins, 2000).

CO ₂ (kPa)	Commodity
2	Lettuce (crisphead), pear
3	Artichoke, tomato
5	Apple (most cultivars), apricot, cauliflower, cucumber, grape, nashi, olive, orange, peach (clingstone), potato, pepper (bell)
7	Banana, bean (green snap), kiwi fruit
8	Papaya
10	Asparagus, brussels sprouts, cabbage, celery, grapefruit, lemon, lime, mango, nectarine, peach (freestone), persimmon, pineapple, sweet corn
15	Avocado, broccoli, lychee, plum, pomegranate, sweetsop
20	Cantaloupe (muskmelon), durian, mushroom, rambutan
25	Blackberry, blueberry, fig, raspberry, strawberry
30	Cherimoya

Fresh Produce

Produce is a perishable that starts to decay at the point of harvest. There are several factors that come into play that accelerate ripening and, ultimately, spoilage. The three biggest contributors to the decaying process are temperature, the production of the natural hormone “ethylene gas”, and dehydration.



CO₂ Technologies Delivery Systems will slow this decaying process and result in considerably less produce being discarded when used from the point of harvest through consumption.

Note: Proper cold temperature control is fundamental to perishable product preservation. No amount of modified atmosphere will compensate for improper storage temperature.

CO₂ technology is as effective as ethylene blockers.

Plant life needs three things to live: Light, water, and carbon dioxide. Carbon dioxide is an ethylene antagonist (blocker), and laboratory tests show that the release of moist carbon dioxide by CO₂ Technologies is equally effective as the chemical products used to block ethylene. CO₂ technology delivers the much-needed CO₂ and moisture required to extend post harvest shelf life of produce.

Site Developed by [Full Steam Marketing & Design](#)

제 7 장 참고문헌

- Ahumada, M.H., Mitcham, E.J. and Moore, D.G. 1996. Postharvest quality of Thompson Seedless grapes after insecticidal controlled-atmosphere treatments. HortScience, 31:833-836
- Akbudak, B. and Atilla, E. 2004. Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. Food Control, 15:307-313
- Anderson, R.E. 1979. The influence of storage temperature and warming during storage on peach and nectarine fruit quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:459-461.
- Anderson, R.E. 1982. Long-term storage of peaches and nectarines intermittently warmed during storage in CA. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:214-216.
- Anderson, R.E. and Penney, R.W. 1975. Intermittent warming of peaches and nectarines stored in controlled atmosphere or air. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:151-153.
- Argenta, L.C., Xuotong, F. and Mattheis, J.P. 2002. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO₂ concentration. Postharvest Biol. Technol., 24:13-24
- Artes, F., A. Cano, and Fernandez-Trujillo, J.P. 1996. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. J. Food Sci. 61:311-313.
- Ashwell, G. 1957. Colorimetric analysis of sugars. Methods in Enzymology 3:85-86.
- Autio W.R. and Bramlage, W.J. 1986. Chilling sensitivity of tomato fruit in relation to re-ripening and senescence. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:201-204.
- Barber R.F. and Thomson, J.E. 1980. Senescence-dependent increase in permeability of liposomes prepared from cotyledon membranes. J. Exp. Bot. 31:1305-1313
- Berry, G. and Aked, J. 1997. Controlled atmosphere alternatives to the post-harvest use of sulphur dioxide to inhibit the development of *Botrytis*

- cinerea* in table grapes. Proceedings of the Seven International Controlled Atmosphere Research Conference, vol. 3, UC Davis Postharv. Hortic. Series., 17:160-164
- Bertolini, P. and Tian, S.P. 1996. Low temperature biology and pathogenicity of *Penicillium hirsutum* on garlic in storage. Postharvest Biol. Technol., 7:83-89
- Bertolini, P. and Tian, S.P. 1997. Effect of temperature of production of *Botrytis allii* conidia on their pathogenicity to harvested white onion bulbs. Plant Pathol., 46:432-438
- Bonghi, C., Ramina, A., Ruperti, B., Vidrih, R. and Tonutti, P. 1999. Peach fruit ripening and quality in relation to picking time, and hypoxic and high CO₂ short-term postharvest treatments. Postharvest Biol. Technol., 16:213-222
- César L. Girardi, Adriana R. Corrent, Luciano Lucchetta, Márcio R. Zanuzo, Tatiane S. da Costa, Auri Brackmann, Richard M. Twyman, Fabiana R. Nora, Leonardo Nora, Jorge A. 2005. Silva and Cesar V. Rombaldi. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. Postharvest Biol. Technol., 38:25-33
- Crisosto, C.H., Garner, D. and Crisosto, G. 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. Postharvest Biol. Technol., 26:181-189
- De Vries-Paterson, R.M., Jones, A.L. and Cameron, A.C. 1991. Fungistatic effects of carbon dioxide in a packaging environment on the decay of Michigan sweet cherry by *Monilinia fructicola*. Plant Dis., 75:943-946
- Fernandez-Trujillo, J.P., Martinez J.A. and Artes, F. 1999. Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality. Food Research International., 31:571-579
- Fernández-Trujillo, J.P. and Artés, F. 1997. Keeping quality of cold stored peaches using intermittent warming. Food Research International, 30:441-450
- Fernández-Trujillo, J.P., Antonio, C. and Francisco, A. 2000. Interactions among cooling, fungicide and postharvest ripening temperature on peaches. International J. Refrigeration, 23:457-465

- Fernandez-Trujillo, J.P., Cano, A. and Artes F. 1998. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 13:109-119.
- Fernández-Trujillo, J.P., Cano, A. and Artés, F. 1998. Intermittent Warming during Cold Storage of Peaches Packed in Perforated Polypropylene. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 31:38-43
- Fernández-Trujillo, J.P., Cano, A. and Artés, F. 1998. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. *Postharvest Biol. Technol.*, 13:109-119
- Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A. and Artés, F. 1998. Chilling injuries in peaches during conventional and intermittent warming storage. *International Journal of Refrigeration*, 21:265-272
- Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A. and Artés, F. 1998. Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality. *Food Research International*, 31:571-579
- Florissen, P., Ekman, J.S. Blumenthal, C. McGlasson, W.B. Conroy, J. and Holford, P. 1996. The effects of short heat-treatments on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill). *Postharvest Biol. Technol.* 8:129-141.
- Garcia. J.M., Aguilera, C. and Jimenez, A.M. 1996. Gray mold in and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment. *HortScience* 31:255-257.
- Girardi, C.L., A.R., Corrent, L, Luchetta., M.R., Zanuzo., T.S., da costa., Brackmann, A. Twyman, R.M., Nora, F.R., Silva, J.A. and Rombal, C.V. 2005. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripa) during cold storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 38:25-33.
- Harker, F.G. and Sutherland, P.W. 1993. Physiological changes associated with fruit ripening and the development of mealy texture during storage of nectarines. *Postharvest Biol. Technol.* 2:269-277.
- Kader, A. A. 1997. Biological bases of O₂ and CO₂ effects on postharvest life of horticultural perishables. *Proceedings of the Seventh International Controlled*

- Atmosphere Research Conference, 4:160-163
- Kajiura, I. 1975. CA storage and hypobaric storage of white peach 'Okubo'. *Scientia Horticulturae* 3:179-189.
- Karabulut, O.A., and Necati, B. 2004. Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging. *Crop Protection*, 23:431-435
- Ke, D., El-Wazir, F., Cole, B., Mateos, M. and Kader, A.A. 1994. Tolerance of peach and nectarine fruits to insecticidal controlled atmosphere as influenced by cultivar, maturity, and size. *Postharvest Biol. Technol.*, 4:135-146
- Lill, R.E. 1985. Alleviation of internal breakdown of nectarines during cold storage by interwarming. *Scientia Horticulturae* 25:241-246.
- Lill, R.E., O'Donoghue, E.M. and King, G.A. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. *Hort. Rev.*, 11:143-452
- Lisker, N., Keren-Shacham, Z., Sarig, P., Zutkhi, Y. and Ben-Arie, R. 1996. The biology and pathology of the fungus *Rhizopus stolonifer*, cause of black mould disease of table grapes in Israel. *Plant Pathol.*, 45:1099-1109
- Lurie, S. 1992. Controlled atmosphere storage to decrease physiological disorders in nectarines. *International J. Food Technol.* 27:507-514.
- Lurie, S. and Crisosto, C.H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol. Technol.*, 37:195-208
- Lurie, S. and Klein, J.D. 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:1007-1012.
- Lurie, S. and Sabehat, A. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in toamtoes. *Postharvest Biol. Technol.* 11:57-62.
- Luza, J.G., Gorsel, R., Polito, V.S. and Kader, A.A. 1992. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:114-118.
- Malakou, A. and George, D.N. 2005. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. *Postharvest Biol. Technol.*,

38:106-114

- Maness, N.O., Brusewitz, G.H. and McCollum, T.G. 1992. Internal variation in peach fruit firmness. *HortScience* 27:903-905.
- McCollum, T.G., D'aquino, S. and McDonald, R.E. 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience* 28:197-198.
- McDonald, R.E., McCollum, T.G. and Baldwin, E.A. 1996. Prestorage heat treatments influence free sterol and flavor volatiles of tomatoes stored at chilling temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:531-536.
- McDonald, R.E., McCollum, T.G. and Baldwin, E.A. 1999. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biol. Technol.* 16:147-155.
- Mencarelli, F. 1987. Effect of high CO₂ atmosphere on storage zucchini squash. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:985-988.
- Mercer, M.D. and Smittle, D.A.. 1992. Storage atmospheres influence chilling injury and chilling injury-induced changes in cell wall polysaccharides of cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:930-933.
- Mercier, J. and Jorge, I.J. 2004. Control of fungal decay of apples and peaches by the biofumigant fungus *Muscodor albus*. *Postharvest Biol. Technol.*, 31:1-8
- Miller, A.R., Dalmaso, J.P. and Kretechman, D.W. 1987. Mechanical stress, storage time, and temperature influence cell wall-degrading enzymes, firmness, and ethylene production by cucumbers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:666-671.
- Mitchell, F.G. 1987. Preparing peaches and nectarines for export marketing. *The Orchardist of New Zealand* 60:150-152.
- Nanos, G.D. and Mitchell, F.G. 1991a. Carbon dioxide injury and flesh softening following high-temperature conditioning in peaches. *HortScience* 26:562-563.
- Nanos, G.D. and Mitchell, F.G. 1991b. High-temperature conditioning to delay internal breakdown development in peaches and nectarines. *HortScience* 26:882-885.
- Nelson, K.E., 1979. Harvesting and handling California table grapes for market. *University of California Bulletin*, no. 1913
- Ortiz, C., Barreiro, P., Ruiz-Altisent, M. and Riquelme, F. 2000. An

- Identification Procedure for Woolly Soft-flesh Peaches by Instrumental Assessment. J. Agri. Engin. Research, 76:355-362
- Phillips, D.J. and Austin, R.K. 1982. Changes in peaches after hot-water treatment. Plant Dis., 66:487-488
- Retamales, J., Cooper, T. Streif, J. and Kania, J.C. 1992. Preventing cold storage disorders in nectarines. J. Hort. Sci. 67:619-626.
- Retamales, J., Defilippi, B.G., Arias, M., Castillo, P. and Manríquez, D. 2003. High-CO₂ controlled atmospheres reduce decay incidence in Thompson Seedless and Red Globe table grapes. Postharvest Biol. Technol., 29:177-182
- Sommer, N.F., Mitchell, F.G., Fortlage, R.J., Mayer, G. and Guillou, R. 1967. Heat treatment for brown rot control in peaches and nectarines. Blue Anchor, 45, 9-14
- Taylor, S. 1993. Why sulfite alternatives? Food Technol., 47:14
- Tian, S. and Bertolini, P. 1995. Effects of low temperature on mycelial growth and spore germination of *Botrytis allii* in culture and on its pathogenicity to stored garlic bulbs. Plant Pathol., 44:1008-1015
- Tian, S., Fan, Q., Xu, Y., Wang, Y. and Jian, A. 2001. Evaluation of the use of high CO₂ concentrations and cold storage to control *Monilinia fructicola* on sweet cherries. Postharvest Biol. Technol., 33:53-60
- Tian, S., Yong, X., Aili, J. and Qinqin, G. 2002. Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage. Postharvest Biol. Technol., 24:335-340
- Tian, S.P. and Bertolini, P. 1995. Effects of low temperature on mycelial growth and spore germination of *Botrytis allii* in culture and on its pathogenicity to store garlic bulbs. Plant Pathol., 44:1008-1015
- Tian, S.P. and Bertolini, P. 1999. Influence of conidia production temperature on morphology, germinability, and infectivity of *Monilinia laxa* in stored nectarine. J. Phytopathol., 147:635-641
- Von Mollendorff, L.J. 1987. Woolliness in peaches and nectarines: 1. Maturity and external factors. Horti. Sci. 5:1-3.
- Von Mollendorff, L.J. and De Villiers, O.T. 1988. Physiological changes

associated with the development of woolliness in Peregrine peaches during low temperatures storage. J. Hort. Sci. 63:47-51.

Von Mollendorff, L.J., Jacobs, G. and De Villiers, O.T. 1992a. The effects of storage temperature and fruit size on firmness, extractable juice, woolliness and browning in two nectarine cultivars. J. Hort. Sci. 67:647-654.

Von Mollendorff, L.J., Jacobs, G. and De Villiers, O.T. 1992b. Effect of temperature manipulation during storage and ripening on firmness, extractable juice and woolliness in nectarines. J. Hort. Sci. 67:655-662.

Von Mollendorff, L.J., Jacobs, G. and De Villiers, O.T. 1992c. Cold storage influenced internal characteristics of nectarines during ripening. HortScience 27:1295-1297.

Wade, N.L. 1981. Effects of storage atmosphere, temperature and calcium on low-temperature injury of peach fruit. Scientia Horticulturae 15:145-154.

Wade, N.L. 1995. Membrane lipid composition and tissue leakage of pre- and early-climateric banana fruit. Postharvest Biol. Technol. 5:139-147.

Wang, C.Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. Postharvest Biol. Technol. 4:65-73.

Wang, C.Y. and Adams, D.O. 1982. Chilling-induced ethylene production in cucumbers (*Cucumis sativus*, L.). Plant Physiol. 69:424-427.

Wang, J., Bin, T., and Yong, Y. 2006. The firmness detection by excitation dynamic characteristics for peach. Food Control, 17:353-358

Werner, R.A., Hough, L.F. and Frenkel, C. 1978. Rehardening of peach fruit in cold storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:90-91.

Wilson, C.L., Franklin, J.D. and Otto, B.E. 1987. Fruit volatiles inhibitory to *Monilinia fructicola* and *Botrytis cinerea*. Plant Dis., 71:316-319

Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. and Lider, L.A. 1974. General Viticulture, second ed. University of California Press, P. 710

Wright, K.P. and A.A., Kader. 1997. Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. Postharvest Biol. Technol., 10:89-97

- Xu, C., Zhengyu, J., Shouging, Y., 2005. Polyamines induced by heat treatment before cold-storage reduce mealiness and decay in peach fruit. J. Hort. Sci. Biotech., 80:557-560
- Yang, H.S., Feng, G.P., An, H.J. and Li, Y.F. 2006. Microstructure changes of sodium carbonate-soluble pectin of peach by AFM during controlled atmosphere storage. Food Chem., 94:179-192
- Zhou, H.W., Susan, L., Amnon, L., Andrei, K., Lillian, S. and Arie, R.B., 2000. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. Postharvest Biol. Technol., 18:133-141
- 김입수, 변재균, 조재욱, 추연대, 기산영, 최부술 1998. 저장온도와 PE 필름 밀봉에 따른 복숭아 품종별 저장력 평가. 농촌진흥청 원예작물연구논문집 (II), 40:41-46
- 박중대, 홍석인, 박형우, 김동만 1999. 복숭아의 상온유통을 위한 기능성 포장기법. 한국식품과학회지, 31:1227-1234
- 이숙희, 서영진, 박선도, 정은호 1998. 복숭아 CA 저장중 CO₂ 농도의 영향. 농촌진흥청 원예작물연구논문집, 40:134-139.
- 최정희, 정문철, 임정호 2004. 고농도 이산화탄소 단기 처리가 *Botrytis cinerea* 생장에 미치는 영향. 한국식품저장유통학회지, 11:246-249