

## Effect of Packaging Systems with High CO<sub>2</sub> Treatment on the Quality Changes of Fig (*Ficus carica* L) during Storage

Jung-Soo Kim<sup>1</sup>, Dae-Sung Chung<sup>2</sup> and Youn Suk Lee<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Department of Packaging, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 440-706, Korea

### 저장 중 무화과(*Ficus carica* L) 선도유지를 위한 고농도 이산화탄소 처리된 포장 시스템 적용 연구

김정수<sup>1</sup> · 정대성<sup>2</sup> · 이윤석<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>연세대학교패키징학과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과

#### Abstract

This experiment was conducted to establish the optimum conditions for high CO<sub>2</sub> gas treatment in combination with a proper gas-permeable packaging film to maintain the quality of fig fruit (*Ficus carica* L). Among the fig fruits with different high CO<sub>2</sub> treatments, the quality change was most effectively controlled during storage in the 70%-CO<sub>2</sub>-treated fig fruit. Harvested fig fruit was packaged using microperforated oriented polypropylene (MP) film to maintain the optimum gas concentrations in the headspace of packaging for the modified-atmosphere system. MP film had an oxygen transmission rate of about 10,295 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day/atm at 25°C. The weight loss, firmness, soluble-solid content (SSC), acidity (pH), skin color (Hunter L, a, b), and decay ratio of the fig fruits were monitored during storage at 5 and 25°C. The results of this study showed that the OPP film, OPP film + 70% CO<sub>2</sub>, and MP film+70% CO<sub>2</sub> were highly effective in reducing the loss rate, firmness and decay occurrence rate of fig fruits that were packaged with them during storage. In the case of using treatments with packages of OPP film and OPP film+70% CO<sub>2</sub>, however, adverse effects like package bursting or physiological injury of the fig may occur due to the gas pressure or long exposure to CO<sub>2</sub>. Therefore, the results indicated that MP film containing 70% CO<sub>2</sub> can be used as an effective treatment to extend the freshness of fig fruits for storage at a proper low temperature.

Key words : CO<sub>2</sub> treatment, freshness, micro-perforation film, quality evaluation, shelf life

#### 서 론

우리나라 전라남도 영암지역을 중심으로 재배되는 무화과는 과당, 프로비타민 A, 칼슘, 인, 마그네슘, 철과 같은 미네랄의 우수한 영양성분 및 단백질 분해효소인 피신(ficin)을 다량 함유하고 있으며 최근 신선과채류의 소비증대에 따른 소비자들의 관심이 꾸준히 증가하고 있는 고부가가치과실이다(1). 국내 수확되고 있는 무화과는 대부분 봉래시(Horaish)와 승정도 후인(Masui Dauphine) 품종으로 생식용 과실로 소비되고 있으며 주로 고온 다습한 여름철

환경조건에서 완숙된 과실을 수확하기 때문에 품질열화가 급속히 진행되고 무화과 과피가 얇고 과육이 연하여 유통과정에 손상이 많이 발생하므로 장거리 유통에 어려움이 있다(2,3). 수확 후 과실은 호흡작용, 증산작용, 에틸렌 생합성 등과 같은 생리적 대사활동이 지속적으로 진행됨에 따라 영양성분의 변화와 수분손실, 과피색 및 경도변화, 부패미생물의 성장과 같은 영향으로 과실의 품질저하가 수반된다(4). 특히, 무화과는 유통과정에서 과육의 연화로 인한 외관 불량 및 부패에 의한 품질저하에 크게 영향을 받는데, 식물의 성숙 및 노화를 촉진시키는 호르몬인 에틸렌 생성은 과실의 경도에 밀접한 관련이 있다(5). 에틸렌 생합성 및 대사 작용을 억제 및 생성된 에틸렌 제거로 과실의 선도를 유지시키기 위한 효과적인 수확 후 처리기술은 이산화탄소

†Corresponding author. E-mail : leeyouns@yonsei.ac.kr  
Phone : 82-33-760-2395, Fax : 82-33-760-2760

(CO<sub>2</sub>) 전처리(6), CO<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub> 가스제거(7), 에틸렌 가스제거(8) 및 억제제처리(9,10), Modified atmosphere packaging (MAP) 처리(11,12) 적용연구들이 보고되었다.

수확 후 선도유지 처리방법 중 고농도의 이산화탄소 처리 기술은 과채류의 호흡을 일시적으로 억제하여 노화를 지연시키고, 호기성 미생물의 증식을 방지하는데 효과적이라고 알려졌다(13,14), 수확 후 무화과를 CO<sub>2</sub> 처리하여 유통하였을 때 에틸렌 생성 감소 및 과실연화의 진행속도를 늦추어 품질을 증진시킨다고 보고되었다(15). 현재 신선과실의 품질개선을 통한 유통기한을 늘리고 제품의 상품성 가치를 높이기 위하여 다양한 수확 후 처리연구가 활발히 이루어지고 있음에도 불구하고, 수확 후 상온에서 빠른 품질저하로 우선적으로 고려해야 할 국내무화과의 선도유지 연장을 위한 연구는 여전히 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 수확 후 무화과의 신선도 유지를 위하여 이산화탄소 가스처리 및 MA 효과를 보고자 하였으며, 이를 위하여 기체투과성을 가지는 필름 포장내에 초기 고농도 이산화탄소 가스를 처리하여 저장 중 품질변화를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 과실재료

본 실험에 사용된 무화과(*Ficus carica* L)는 아열대성의 반교목성 낙엽성 과수인 승정도후인(Masui Dauphine) 품종으로, 2010년 9월 중순 전라남도 영암군 삼호읍 생산농가에서 색도 기준으로 90% 과숙의 과실을 수확하였다. 무화과는 수확 직후 13±2°C 조건의 예냉실에서 비교적 깨끗한 외관과 평균 중량이 균일한 과실을 선별하였으며, EPS (Expanded polystyrene, thickness 15 mm, 400 × 300 × 300 mm) 택배용 상자에 담아 당일 실험실로 운송하여 시료로 사용하였다.

### CO<sub>2</sub> 가스 전처리

신선 무화과에 CO<sub>2</sub>가스를 처리를 위한 최적 농도 조건을 평가하기 위하여, 선별한 과실을 600×400×300 mm (L×W×H) 크기로 제작된 Polypropylene 밀폐용기로 옮긴 후 적절한 비율의 CO<sub>2</sub>가스(99%, Daesung industry gases, Co, Ansan, Korea)와 Dry air가스(21% O<sub>2</sub>, 78% N<sub>2</sub>, and 1% other gas, Daesung industry gases, Co)를 주입하여 내부의 공기가 충분히 치환되게 한 후 약 50, 70, 90% CO<sub>2</sub>가스 농도가 도달하였을 때, 투입구 및 배출구를 막아 밀폐용기의 내·외부간의 공기 이동을 차단하였다. 상온에서 3시간 동안 CO<sub>2</sub>가스 처리한 후 25°C, 80% RH로 설정된 항온 항습기(HST-105MG, Han Baek Science Co, Buchon, Korea)로 무화과를 옮겨 저장하였다. 밀폐용기 내부의 이산화탄소 가스 농도는 Headspace gas analyzer (Checkmate II,

PBI-Dansensor America Inc, Glen Rock, NJ, USA)를 사용하여 확인하였다.

### 포장재 특성과 CO<sub>2</sub> 가스 충전 처리

실험에 사용된 포장재는 평균 0.03 mm 두께의 OPP (oriented polypropylene) 필름과 미세천공 MP (microperforation) 필름을 한진피엔씨(Kongju, Korea)에서 구입하여 20×30 cm의 포장 봉지를 제작하였다. 무화과의 고농도의 CO<sub>2</sub> 가스 처리를 위하여 제작된 봉지에 일정량의 무화과 샘플을 넣고 열관접착기(SK-FS450, Chuengil Co, Korea)를 사용하여 밀봉하였다. 포장 필름의 표면에 부착된 PTFE/silicone septum의 가스 주입구를 통하여 5 mL 플라스틱 실린지를 사용하여 약 20 mL CO<sub>2</sub> 가스(99.9%, Kyungwon Chemical Co, Korea)를 주입하였으며, 다른 위치의 필름 표면에 부착된 PTFE/silicone septum에 probe로 연결된 headspace gas analyzer를 사용하여 포장 내부의 설정된 CO<sub>2</sub> 농도를 확인한 후 가스 주입구 부분을 집착테이프로 밀봉하였다.

무화과의 고농도 CO<sub>2</sub>가스를 처리를 위하여 포장시스템에 사용된 OPP 필름 및 MP 필름의 물리적 특성은 Lee등(19)에서 보고한 바와 같이 인장강도(tensile strength)와 신장율(elongation at break)을 측정하였다. 인장강도와 신장율 실험은 KS M3006 플라스틱 인장성시험방법(KS M 3006, 2003)에 따라 Texture analyzer (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd, Surrey, UK)를 사용하여 측정을 하였다. 사용된 Load cell은 50 kg, 인장속도는 100 mm·min<sup>-1</sup>로 설정하였다. 기체 투과도는 Oxygen permeation analyzer (Oxygen OTR series 8001, Illinois Instruments Inc, Johnsburg, USA)를 사용하여 23°C 온도조건하에서 측정하였으며, 저장 중 무화과를 포장한 포장 내부의 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도 변화는 headspace gas analyzer를 사용하여 분석하였다.

### 저장 조건

고농도 CO<sub>2</sub>의 포장내부 기체환경과 OPP 필름 포장재로 포장된 무화과의 저장기간에 따른 선도유지 품질평가를 위하여, 실험에 사용된 무화과를 무처리구(Control), OPP 필름 처리구, OPP필름+CO<sub>2</sub> 처리구, MP 필름 처리구, MP 필름+CO<sub>2</sub> 처리구로 각각 비교하여 관찰하였다. 저장조건은 각각 5와 25°C, 80% RH를 유지하는 항온 항습기에 저장하여 일정한 간격으로 품질변화를 평가하였다.

### 품질평가

저장 중 무화과의 품질 평가를 위하여 중량 변화, 경도, 당도, 산도, 부패율의 변화를 관찰하였다. 중량 감소율은 디지털 전자 밸런스(CAS, Model MW-II)를 사용하여 저장 초기의 중량에서 측정시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율(%)로 나타내었다. 경도 변화는 Texture analyzer를 사용하였으며 무화과 개구부에서 1 cm 떨어진 지점을 Part No

P/35 Cylinder probe로 30초간 압력을 가했을 때 나타나는 저항 값의 최대값을 N으로 나타내었다. 당도는 시료의 과육을 마쇄기로 마쇄한 후즙액의 일부를 굴절 당도계(Mater-M, Atago Co, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었고, pH는 착즙액 20mL를 취하여 pH meter (Cyberscan pH510, Eutech Instrument, Singapore)를 사용하여 측정하였으며 처리구별로 3회 반복 실험하였다. 무화과의 색도 변화는 표시한 부위를 색차계(Model CR-100, Minolta Co, Japan)를 사용하여 색차계 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L, a, b값을 측정하였다. 부패과 발생률의 측정은 무화과의 수침 증상 또는 과즙이 새어나오거나 곰팡이가 조금이라도 발생되면 부패과로 보았으며 조사된 과실에 대하여 부패과를 전체 과실에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

**통계분석**

실험에서 얻어진 결과는 SAS 9.1(SAS Institute Inc, USA)를 이용하여 분석하였으며, 시료간의 통계적 분석은 Duncan's multiple range test로 평균값 사이의 유의성(p<0.05)은 one-way ANOVA를 사용하여 평가하였다.

**결과 및 고찰**

**무화과 적용 포장재 특성**

본 실험에 사용된 범용 Oriented polypropylene (OPP) 필름 및 미세천공 필름(Microporated OPP film, MP)의 물리적 특성 및 산소투과율은 Table 1에 나타냈다. OPP 필름 및 미세천공(MP) 필름의 산소 투과율은 각각 136.0±1.0와 10295.0±908.3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day/atm로 측정되었다. 미세천공필름의 경우 Lee 등(16)에서 언급한 필름 표면에 나타난 미세구멍의 수에 의하여 영향을 받았으며, 이는 미세천공필름이 적정 기체투과성을 제공하여 포장재 내 기체조성을 최적의 상태로 구성하여 과실의 품질 개선에 효과를 준다고

**Table 1. The physical properties and oxygen transmission rate of the film structures**

Film types	Physical properties	OPP <sup>1)</sup>	MP <sup>2)</sup>
Thickness (m)		35.0	35.0
Diameter of hole (m)		No	20.0±10.0
Density of microperforations (EA/m <sup>2</sup> )		No	6.9×10 <sup>3</sup>
Distance between holes (mm)	Width	-	12.0
	Length	-	12.0
Oxygen transmission rate(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /day/atm, 23±2°C)		136.0±1.0	10295.0±908.3
Tensile strength (MPa)		48.9±5.8	42.8±4.7
Elongation ratio (%)		26.5±2.1	23.5±2.8

<sup>1)</sup>OPP: oriented polypropylene film

<sup>2)</sup>MP: oriented polypropylene film with micro-perforation

하였다(17). Kader (18)는 무화과 과실의 최적 MA 조건으로 약 15% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>농도가 적합하다고 보고하였다. 또한 미세천공필름은 42.8±4.7MPa의 인장강도와 23.5±2.8%의 신장율 값을 OPP 필름 값과 각각 비교하였을 때 유의적 차이를 보이지 않아 미세천공이 필름에 물리적으로 큰 영향을 보이지 않은 것으로 관찰되었다.

**CO<sub>2</sub> 가스 전처리 농도에 따른 무화과 품질 변화**

CO<sub>2</sub> 가스 처리의 최적 농도 조건을 선정하기 위하여 수확 직후의 생과를 대상으로 상온에서 50, 70, 90% CO<sub>2</sub> 가스 처리하여 무화과의 품질 변화 값을 Table 2에 나타냈다. 각 처리구에서 5일 동안 중량 감소는 지속적으로 발생하였으며, 저장 3일째 대조구에 비하여 고농도 CO<sub>2</sub> 가스 처리구의 중량감소가 적게 일어났으나 저장 시간이 길어짐에 따라 유의적 차이를 보이지 않았다. CO<sub>2</sub> 가스 처리구에서 중량 감소율이 적게 관찰된 것은, 저장 초기의 CO<sub>2</sub> 가스 처리가 무화과의 연화를 지연시키는데 효과적 이었으며 그로인한 수분손실이 적었던 것으로 판단된다. 무화과의 경도는 저장기간이 길어질수록 전체적으로 감소하는 것을 확인하였다. 25°C의 저장 초기에는 CO<sub>2</sub> 가스 처리구의 경도는 약 13N이상 유지하였으나, 3일째 저장 시점에서 대조구 및 50% CO<sub>2</sub> 가스 처리구는 7N 이하로 관찰되었으며, 각 처리구별로 유의적 차이를 보이지 않았다. 저장 5일째는 경도를

**Table 2. Quality changes of fig fruits treated with different level of CO<sub>2</sub> gas during storage at 25°C**

CO <sub>2</sub> level (%)	Quality factors				
	Weight loss (%)	Firmness (N)	SSC (Brix°)	pH	Decay occurrence (%)
<i>1 days after treatment</i>					
0	12.4 <sup>a1)</sup>	12.6 <sup>b</sup>	15.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
50	11.7 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	15.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
70	10.2 <sup>a</sup>	13.2 <sup>b</sup>	16.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
90	10.5 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<i>3 days after treatment</i>					
0	25.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	55.0 <sup>a</sup>
50	23.1 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	25.0 <sup>b</sup>
70	20.1 <sup>b</sup>	7.2 <sup>a</sup>	15.4 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	17.5 <sup>c</sup>
90	20.9 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	14.8 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	15.0 <sup>c</sup>
<i>5 days after treatment</i>					
0	43.1 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	100.0 <sup>a</sup>
50	42.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	16.9 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	56.6 <sup>b</sup>
70	41.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	16.8 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	46.6 <sup>c</sup>
90	40.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	16.3 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	43.3 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values (mean±SD) in each column with the different superscripts are significantly different (P<0.05).

측정할 수 없을 정도로 낮은 값을 나타내며,果皮 부분별로 물러져 상품성을 상실하였다. 과육의 연화는 호흡작용, 에틸렌 생합성 작용, 효소에 의한 세포벽 분해 등과 같은 대사 활동에 영향을 받는데, Dollahite 등(4)은 여름철 직사광선 (25-35°C) 환경에서 약 3시간 이상 노출 시 무화과의 경도가 저하되고, 6시간 이상 지연 시 중량감소가 크게 일어나 품질 열화가 급격하다고 보고하였다. 당도는 저장 초기 CO<sub>2</sub> 가스 처리구간에 큰 차이가 없었으며, 저장 3일째 50% CO<sub>2</sub> 가스 이하에서 약간의 당도 증가를 보였으나 다시 저장 5일째 유의적 차이를 보이지 않았다. 전체적으로 저장시간이 경과됨에 따라 초기 14-16 °Brix의 값보다 약 2-3 °Brix 가량 증가하였다. 이것은 수분 손실에 영향을 받은 것으로 판단되며, Sanchez-ballesta 등(19)은 사과나 포도에 이산화탄소 처리 시 당도 값에는 큰 영향을 미치지 않는다고 보고한 바 있다. 저장 중 pH 변화는 저장기간이 증가함에 따라 저장 3일째 처리구별로 다소 감소하는 경향을 보였으나 저장 5일째까지 CO<sub>2</sub> 가스 처리구간에 큰 유의적 차이를 보이지 않았다. 부패과 발생률은 저장 3일이 경과한 시점에 대조구가 약 50% 이상의 부패율을 보이는 반면 50% 이상 CO<sub>2</sub> 가스 처리구에서는 부패율이 약 25% 내로 나타났다. 특히 70와 90% CO<sub>2</sub> 가스 처리된 처리구에서 부패율이 현저히 낮은 값인 17.5와 15.0%로 나타났다. 저장 5일째도 70% 이상 CO<sub>2</sub> 가스 처리구에서 두드러진 부패율 감소를 확인하였다. Choi 등(20)은 복숭아 과실에 고농도의 CO<sub>2</sub> 가스를 단기간 처리는 저장 중 부패를 일으키는 *Botrytis cinerea*의 생장이 억제되는 효과 및 CO<sub>2</sub> 가스 전처리 이후 과실의 부패가 억제되고 외관도 향상되는 것을 보고하였다. CO<sub>2</sub> 가스 처리의 품질 개선 효과를 보기 위한 실험 결과로 70% CO<sub>2</sub> 처리구와 90% CO<sub>2</sub> 처리구 모두 중량 감소와 경도, 특히 부패과 발생률에서 대조구에 비하여 품질보존에 긍정적인 영향이 있음을 확인하였다. 70% CO<sub>2</sub>와 90% CO<sub>2</sub> 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았으므로 70%의 CO<sub>2</sub> 농도가 무화과의 선도유지에 적합한 CO<sub>2</sub> 가스 처리조건이라고 판단된다.

#### 포장재에 CO<sub>2</sub>가스 처리에 따른 무화과 품질 변화

CO<sub>2</sub>전처리 실험에 대한 결과 내용을 고려한 포장재의 MA효과를 보기 위하여 무처리구와 OPP필름, MP필름 포장 처리구 그리고 각 필름에 70% CO<sub>2</sub>를 주입한 OPP+CO<sub>2</sub> 및 MP+CO<sub>2</sub> 처리구로 비교하였으며, 이를 위하여 포장재 내에 저장 초기 고농도 CO<sub>2</sub> 가스를 주입한 상태의 무화과 시료를 대상으로 품질 유지 효과를 평가하였다. 무화과 저장 중 포장재 내에 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 기체 조성 변화는 Fig. 1에 나타났다. OPP필름 처리구는 저장 시간이 증가됨에 따라 포장재 내 CO<sub>2</sub> 농도가 저장기간 동안 약 28%까지 꾸준히 증가하였으며, 5일 이후 O<sub>2</sub>의 농도는 2% 이내로 감소하였다. 이는 무화과가 호흡 대사를 통하여 지속적으로 CO<sub>2</sub>

발생과 O<sub>2</sub> 소비가 진행되고 있음을 보여준다. OPP필름 +70% CO<sub>2</sub> 처리구의 CO<sub>2</sub> 농도는 초기 주입한 70% 농도에서 저장 2일이 경과하는 시점까지 감소하여 약 35% 값을 유지하였고, 산소는 약 1% 이내로 낮은 값을 나타냈다. 초기 고농도의 CO<sub>2</sub>가 시간이 지남에 따른 CO<sub>2</sub> 농도의 감소는 포장재 내부와 외부 환경 CO<sub>2</sub> 농도의 분압차를 가지는 필름의 기체 투과도에 의해 이루어지며 무화과 호흡에서 발생하는 CO<sub>2</sub>로 포장재 내의 일정한 CO<sub>2</sub> 농도를 유지한다고 생각된다. 포장 필름에 미세한 천공이 부여된 MP필름 처리구 또한 CO<sub>2</sub>농도가 저장 2일이 경과하는 시점까지 일정하게 증가한 후 약 10-12%를 유지하였으며, O<sub>2</sub>는 약 6%의 농도를 유지하였다. MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구의 CO<sub>2</sub> 농도는 2일이 경과하는 시점까지 초기 주입 농도 70%에서 약 20%까지 급감한 후, 약 14%의 농도를 유지하였으며, O<sub>2</sub> 농도는 약 6-7%를 유지하였다. OPP 필름 포장재 내의 CO<sub>2</sub> 농도가 MP필름보다 지속적으로 높은 값을 유지하는 것은 MP 필름의 높은 기체 투과도 특성이 포장재 내에 상대적으로 낮은 CO<sub>2</sub> 농도를 가지는 것으로 판단된다. 따라서 저장 3일 이후 일정 농도의 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 기체조성을 구성하는 MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구의 실험 결과는 Kader 등(21)이 제시한 무화과 MA 저장 조건인 약 15% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub> 농도와 유사한 가스 농도 값으로 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

저장 중 OPP 필름 및 MP필름으로 포장하여 CO<sub>2</sub> 처리된

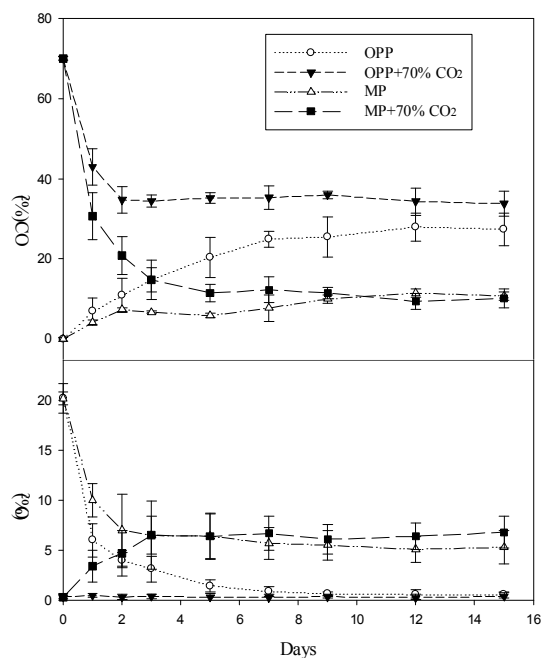


Fig. 1. Changes in weight loss(A) and firmness(B) of fig fruits according to different treatments during storage at 5°C.

OPP: the pouches packed by oriented polypropylene film  
 MP: the pouches packed by micro-perforated OPP film  
 OPP+ 70% CO<sub>2</sub>: the pouches packed by OPP film together with 70% CO<sub>2</sub> treatment  
 MP+ 70% CO<sub>2</sub>: the pouches packed by OPP(MPI) film together with 70% CO<sub>2</sub> treatment

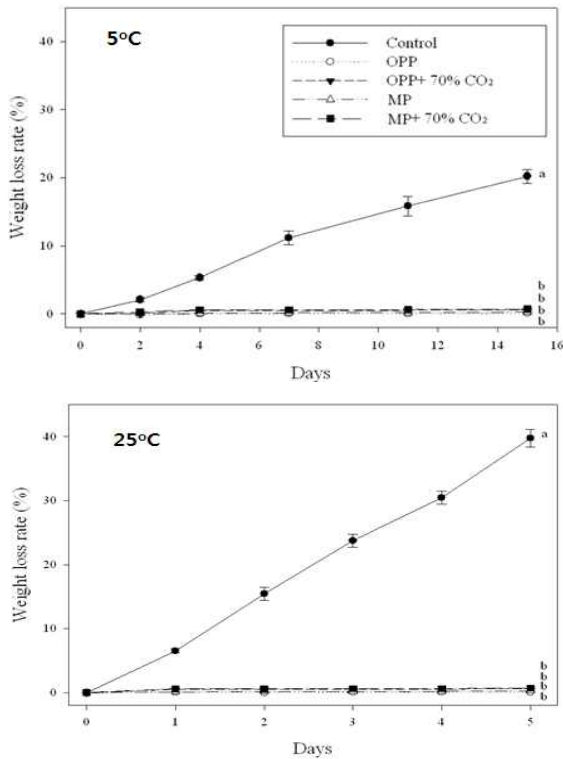


Fig. 2. Changes in weight loss of fig fruits according to different treatments during storage at 5 and 25°C.

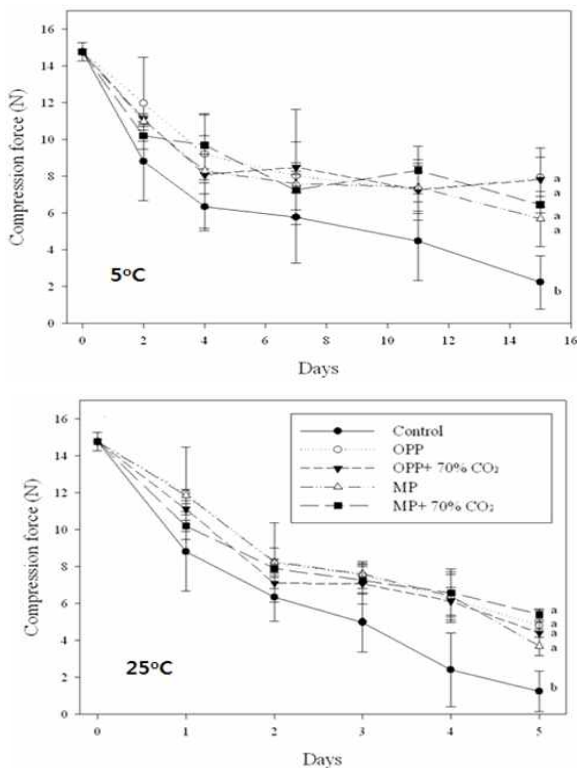


Fig. 3. Changes in firmness of fig fruits according to CO<sub>2</sub> treated different films during storage at 5 and 25°C.

무화과의 중량 변화 관찰에서 저장 기간 동안 중량 감소율이 크게 떨어진 무처리구를 제외한 OPP필름 및 MP필름으로 포장한 처리구와 CO<sub>2</sub> 처리된 포장구의 경우 5와 25°C의 조건에서 중량 감소율의 차이를 거의 보이지 않았다(Fig. 2). 무화과의 경도 변화는 5와 25°C의 조건에서 저장기간 동안 모든 처리구가 감소하는 추세를 보였으며, 5°C에서 저장 15일째 OPP필름과 MP필름 처리구를 CO<sub>2</sub> 처리구와 비교 하였을 때 유의적 차이를 보이지 않고 약 7-8.2 N의 경도를 지속적으로 유지하였으며 무처리구는 차이를 나타냈다(Fig. 3). 또한 25°C의 저장에서도 5일째 무처리구가 낮은 경도 값을 나타내며 다른 처리구와 유의적 차이를 보였으나, 다른 처리구 비교에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 무화과의 당도는 5°C에서 무처리구가 저장 9일 이후에 약 21 °Brix까지 증가하는 경향을 확인하였으며, 25°C의 무처리구도 저장기간이 증가함에 따라 당도 값이 약간 증가됨을 관찰되었다(Tables 3,4). 이러한 결과는 저장 기간 동안 무처리구의 수분 손실량이 증대되면서 상대적으로 당도가 높아진 것으로 판단된다. OPP필름 및 MP필름으로 포장한 모든 처리구의 당도는 CO<sub>2</sub>처리와 비교하였을 때

Table 3. SSC, pH, and Hunter values of fig fruits packaged in different conditions and stored at 5°C

Film & CO <sub>2</sub> treatments	SSC (°Brix)	pH	Hunter		
			'L'	'a'	'b'
<i>Before treatment</i>					
Control	15.2	5.8	37.7	4.1	15.2
<i>2 days after treatment</i>					
Control	15.4 <sup>a1)</sup>	5.7 <sup>a</sup>	35.6 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>
OPP	15.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	36.6 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	15.5 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	13.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	34.9 <sup>c</sup>	6.5 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>
MP	14.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	14.2 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	13.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>
<i>7 days after treatment</i>					
Control	15.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>
OPP	14.5 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	14.5 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	14.4 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	13.5 <sup>a</sup>
MP	14.1 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	34.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	13.3 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	13.0 <sup>a</sup>
<i>15 days after treatment</i>					
Control	21.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	32.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>
OPP	14.9 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>	15.4 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	14.9 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	14.7 <sup>a</sup>
MP	13.8 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	14.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	14.0 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values (mean±SD) in each column with the different superscripts are significantly different (P<0.05).

관찰한 저장 기간에서 큰 유의적 차이가 없었다. 무화과의 pH값은 5°C에서 저장 시 MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구는 실험 4일이 경과하는 시점에 초기값 5.6에서 6.3가량까지 상승하는 것을 확인하였으나, 그 후로 초기값과 유사한 값을 15일 까지 유지하였으며, 모든 처리구에서 유의적인 차이 없이 약 5.6의 값을 나타내었다. 저장 기간이 증가됨에 따라 OPP 필름+70% CO<sub>2</sub>, MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구의 초기 색도 'L' 값의 감소가 관찰되었으나, 대조구 및 처리구간에는 유의적 차이가 없는 것으로 확인되었다. 그러나 Lee 등(22)과 Crisosto 등(23)은 CO<sub>2</sub> 처리 시 과실 과피의 흑변 현상 발생 가능성에 대하여 언급하였으며, 처리 농도 및 시간 설정시 유의하여야 한다고 보고하였다. 부패과 발생율은 25°C에서 5일이 경과하는 시점에 무처리구가 약 45%로 가장 높게 나타났으며, OPP필름 처리구가 약 18%, OPP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구가 약 14%, MP필름 처리구가 약 17%, MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구가 약 12%로 가장 낮은 결과 값을 나타내었다. 5°C 조건에서는 무처리구가 약 12%를 나타내는 반면 모든 포장 처리구가 3% 미만 값으로 저온 저장과 포장재 적용효과가 있음을 확인하였다(Fig. 4). 무처리구에 비교하

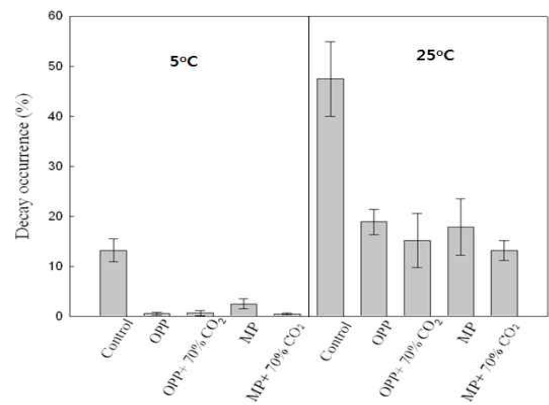
여 필름 내 포장한 모든 처리구에서는 중량감소율, 경도, 부패과 발생율은 선도유지에 긍정적인 결과를 나타내었으며, 70% CO<sub>2</sub>가 처리된 MP필름 포장구는 부패과의 발생율이 현저히 낮아졌다. 특히 70% CO<sub>2</sub>처리된 MP필름의 포장구를 상온에서 3시간 동안 70% 이상의 고농도 CO<sub>2</sub> 가스로 전처리된 무화과의 부패과 발생율을 비교하였을 때 MP포장구가 선도 유지 효과가 높은 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 MP포장이 일정시간 동안 지속적으로 고농도의 CO<sub>2</sub>로 무화과가 처리되는 것을 가능하게 함으로써 단기간의 CO<sub>2</sub> 전처리 조건보다 호기성 세균의 증식을 억제 및 호흡 억제를 통한 과실 연화 감소에 효과적인 것으로 판단된다.

Adriano 등(24)는 고농도의 CO<sub>2</sub>를 저장 초기에 단기간 처리하여 복숭아의 부패를 지연시킨 연구가 보고하였다. 또한 5°C저장 환경에서 CO<sub>2</sub> 처리 및 적정 기체 투과율을 가지는 MP필름 포장의 효과가 저온 저장의 효과와 복합적으로 작용하여 상온 저장 조건보다 품질유지에 더 효과적인 것으로 나타났다. Baldwin 등(25)은 0-6°C의 저온 환경에서 저장한 무화과가 7일 이상 품질이 유지되었으며, 3일이 경과하는 시점에 맛과 향에 대한 소비자 기호도의 높은 평가로 저온 유통의 중요성을 보고 하였다. 따라서 저온 저장 및 유통 상태에서 고농도 CO<sub>2</sub> 처리된 MP포장 적용은 무화과품질유지의 효과를 극대화 할 수 있으리라 기대한다.

**Table 4. SSC, pH, and Hunter values of fig fruits packaged in different conditions and stored at 25°C**

Film & CO <sub>2</sub> treatments	SSC (°Brix)	pH	Hunter		
			'L'	'a'	'b'
<i>Before treatment</i>					
Control	15.2	5.8	37.7	4.1	15.2
<i>1 days after treatment</i>					
Control	15.5 <sup>a1)</sup>	5.7 <sup>a</sup>	36.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>
OPP	15.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	35.4 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	14.5 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	34.2 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>
MP	14.2 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	35.1 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	13.4 <sup>c</sup>	5.0 <sup>a</sup>	35.2 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>
<i>3 days after treatment</i>					
Control	15.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	32.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>
OPP	14.6 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>b</sup>	35.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	15.6 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	15.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>
MP	14.1 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>b</sup>	35.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	13.0 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>
<i>5 days after treatment</i>					
Control	16.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>
OPP	15.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>
OPP+70% CO <sub>2</sub>	14.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	32.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>
MP	14.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>
MP+70% CO <sub>2</sub>	15.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values (mean±SD) in each column with the different superscripts are significantly different (P<0.05).



**Fig. 4. Decay occurrence of fig fruits stored after 5 days according to CO<sub>2</sub> treated films.**

Control: no package  
 OPP: the pouches packed by oriented polypropylene film  
 OPP+ 70% CO<sub>2</sub>: the pouches packed by MP film together with 70% CO<sub>2</sub> treatment  
 MP: the pouches packed by MP film  
 MP+ 70% CO<sub>2</sub>: the pouches packed by MP film together with 70% CO<sub>2</sub> treatment

**요 약**

본 연구는 국내 무화과의 저장 중 품질 개선효과를 관찰하기 위하여 고농도 CO<sub>2</sub> 처리와 미세천공포장 필름을 적용하였다. 포장된 내부의 고농도 CO<sub>2</sub> 처리를 위하여 70%의

초기 CO<sub>2</sub>로 유지하였으며, 가스투과도가 다른 포장재들(일반 OPP필름과 미세천공 MP필름)로 밀봉하여 5와 25℃의 저장조건에서 수확 후 무화과의 선도유지를 평가하였다. 70% 이상의 고농도 CO<sub>2</sub>로 전처리한 무화과의 중량 감소율과 경도, 부패과 발생율이 무처리구와 비교하여 선도유지에 긍정적인 효과가 있음을 관찰한 결과를 기반으로 70% 고농도 CO<sub>2</sub>처리와 포장재로 밀봉한 무화과의 저장실험에서 일반 OPP필름, 일반 OPP필름+70% CO<sub>2</sub>, 미세천공 MP필름+70% CO<sub>2</sub> 처리구가 중량감소율, 경도, 부패율 감소에 효과가 있음을 확인하였다. 그중 미세천공 필름에 70%의 고농도 CO<sub>2</sub>로 충전하여 밀봉 포장한 무화과가 저장기간 동안 호흡률 및 포장재의 가스투과도로 인한 포장내부에 변화된 환경을 최적조건으로 유지시켜 주는 것으로 관찰되었다. 따라서 고농도 CO<sub>2</sub>처리된 미세천공 필름을 적용한 포장설계는 수확 후 무화과의 선도유지 개선에 큰 효과를 가져다줄 뿐만 아니라 유통과정 중 쉽게 발생할 수 있는 물리적 충격에 인한 외형적 손상으로부터 무화과의 상품성을 유지할 수 있는 효과 또한 기대할 수 있다.

#### 참고문헌

1. Jun HJ, Hwang JG, Son MJ, Kim M, Kim JP (2006) Effect of nutrient solution concentration on growth, yield and Fruit quality of Fig Plant (*Ficus carica* L). J Bio-Env Con, 15, 264-269
2. Caliskan O, Polat, AA (2008) Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. Sci Hort- Amsterdam, 115, 360-367
3. Kim SS, Lee CH, Oh SL, Jung DH (1992) Chemical components in the two cultivars of Korean figs (*Ficus carica* L). J Kor Agric Chem Soc, 35, 51-54
4. Dollahite S, Bremer V (2005) Effect of delayed cooling on two fresh fig cultivars. Univ California Agriculture and Natural Resource, California fresh figs program
5. Owino WO, Manabe Y (2006) Regulatory mechanisms of ethylene biosynthesis in response to various stimuli during maturation and ripening in fig fruit (*Ficus carica* L.). Plant Physiol Bioch, 44, 335-342
6. Fernandez-Trujillo JP, Nock JF (2007) Antioxidant enzyme activities in strawberry fruit exposed to high carbon dioxide atmospheres during cold storage. Food Chem, 104, 1425-1429
7. Charles F, Sanchez J (2006) Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. J Food Eng, 72, 1-7
8. Martinez-Romeroa D, Guillena F, Castillo S, Zapata PJ, Valeroa D, Serrano M (2009) Effect of ethylene concentration on quality parameters of fresh tomatoes stored using a carbon-heat hybrid ethylene scrubber. Postharvest Biol Technol, 51, 206-211
9. Watkins CB (2006) The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biol Technol Adv, 24, 389-409
10. Zhua S, Liu M, Zhou J (2006) Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage. Postharvest Biol Technol, 42, 41-48
11. Ali MS, Nakano K, Maezawa S (2004) Combined effect of heat treatment and modified atmosphere packaging on the color development of cherry tomato. Postharvest Biol Technol, 34, 113-116
12. Allende A, Marin A, Buendia B, Tomas-barberan F, GilMI (2007) Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O<sub>3</sub>, super atmospheric O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub>) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. Postharvest Biol Technol, 46, 201-211
13. Imagawa J, Hamasaki S (2003) Removal of astringency from greenhouse- and orchard-grown 'Tonewase' persimmon fruit by treatment with carbon dioxide and ethanol at high temperature. J Japanese Soc Hort Sci, 72, 75-81
14. Klieber A, Ratanachinakorn B (1996) Effects of low oxygen and high carbon dioxide on tomato cultivar 'Bermuda' fruit physiology and composition. Sci Hort, 65, 251-261
15. Park YS, Jung ST (2000) Effects of CO<sub>2</sub> treatments with polyethylene film bags on fruit quality of fig fruits during storage. J Kor Soc Hort Sci, 41, 618-622
16. Lee YS, Lee YE, Lee JS, Kim YS (2011) Effect of antimicrobial microperforation film packaging on extending shelf life of cluster-type tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J Kor Soc Hort Sci, 29, 447-455
17. Jayas, DS, Jeyamkondam S (2002) Modified atmosphere storage of grains meat, fruits and vegetables. Biosystems Engineering, 82, 235-251
18. Kader AA (1997) Biological based of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> effects on postharvest life of horticultural perishables, Proc. Seventh Inter Controlled Atmosphere Res Conf, vol 4 Vegetables and Ornamentals, 13-18, Davis, CA, p 160-163
19. Sanchez-ballesta MT, Jimenez, JB, Romero I, Orea JM, Maldonado R, Urena AG, Escribano MI, Merodio C (2006) Effect of high CO<sub>2</sub> pretreatment on quality, fungal

- decay and molecular regulation of stilbenephytoalexin biosynthesis in stored table grapes. *Postharvest Biol Technol*, 42, 209-216
20. Choi JH, Lim JH, Jeong MC, Kim D (2007) Effect of CO<sub>2</sub> on treatment on postharvest quality of 'Kurakatawase' peach fruits. *Kor J Hort Sci Technol*, 25, 54-58
21. Kader AA, Zagory D, Kerbel EL (1989) Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *CRC Cr Rev Food Sci*, 28, 1-30
22. Lee BS, Lee WY (2010) Color and texture changes of dried apple slab after supercritical carbon dioxide pretreatment. *J Kor Soc Food Sci Nutr*, 39, 1018-1023
23. Crisosto CH, Garner D, 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
24. Adriano S, NuzzoV, Palese AM, Xiloyannis C, Celano G, Zukowskyj P, Dichio B (2005) Net CO<sub>2</sub> storage in Mediterranean olive and peach orchards. *Sci Hortic-Amsterdam*, 107, 17-24
25. Baldwin EA (1994) Edible coatings for fresh fruits and vegetables: Past and future In edible coating and films to improve food quality. *Technomis Publishing Co Lancaster*, p 35-40

---

(접수 2012년 8월 22일 수정 2012년 10월 23일 채택 2012년 11월 2일)