

## 국내 참외의 수확 후 관리 및 포장기술 연구

김정수<sup>1</sup> · 최홍열<sup>1</sup> · 정대성<sup>2</sup> · 이윤석<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 패키징학과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원

### Current Research Status of Postharvest and Packaging Technology of Oriental Melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) in Korea

Jung-Soo Kim<sup>1</sup>, Hong-Ryul Choi<sup>1</sup>, Dae-Sung Chung<sup>2</sup>, and YounSuk Lee<sup>1\*</sup>

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

<sup>2</sup>National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

**Abstract.** Oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) is a popular and high-value market fruit cultivated in Korea. Consumers are becoming increasingly interested in oriental melon as a healthy diet over the past few years. However, the melons have relatively high quality loss because the fruit are mainly produced for a limited period of time in the summer season. Lack of the proper postharvest treatments and high temperature exposure at harvest or during distribution are the most critical environmental factors limiting postharvest life of fruit. This review focuses on the overview of current research studies for postharvest treatment and functional packaging technology of oriental melon in Korea. Major physiological problems of the harvest fruit include the ripening process in quality changes of the produce such as loss of weight, firmness, flavor, and decay during the storage periods. Low temperature at 7 to 10°C with high relative humidity of 90 to 95% is the suitable environmental condition used to maintain the quality of fresh oriental melon. Controlled atmosphere (CA) storage or modified atmosphere (MA) packaging can be used as supplemental treatments to extend postharvest-life. For oriental melon, an optimum CA is currently recommended to be 2-3% oxygen and 5-10% carbon dioxide atmosphere. Precooling, pretreatments of ethylene action and functional packaging system can be applied to oriental melon after harvest in order to extend storage life. Major active packaging technologies are concerned with a selectively gas permeable film related to respiration of produce and the packaging applications of ethylene removal, antimicrobial, and antifogging substances to keep the effective freshness of fruit.

**Additional key words:** functional packaging, oriental melon, postharvest treatment, quality control

## 서 언

참외는 오래 전 중국을 통해 국내로 들어와 여러 지방 재래종 참외 품종이 재배된 이후, 1960년대 중반부터 본격적으로 참외의 품종이 보급되어 재배되었다. 참외(oriental melon)는 1년생 과채류 작물로 멜론류의 변종이며, 식물분류학상으로는 *Cucumis melo* L.(2n=24)에 포함되고, 명명은 *Cucumis melo* var. *makuwa* 이다(Yi 등, 2004). 주로 여름에 재배되는 과실로 당도가 높고 칼슘, 인 등의 무기질과 비타민 A, C의 함량이 많으며, 특히 함유되어 있는 포도당과 과당은 인체의 흡수가 빨라 피로회복에 도움이 된다. 우리나라 참외는

현재 경북 성주군 지역 일원을 중심으로 그 주변지역에 주로 70% 이상이 재배되고 있으며, 시기별로는 보통 3월부터 수확이 시작되어 7월에서 8월에 집중적으로 출하되어 유통되고 있다. 이 시기에 출하되는 참외는 기온 및 습도가 매우 높은 외부 환경조건으로 인하여 수확, 저장, 유통 및 판매 도중 품질손상의 위험이 매우 크다고 볼 수 있다(Shin 등, 2000).

수확 후 저장 및 유통되는 동안에 호흡작용과 증산작용의 생리적 대사가 활발해지며 여러 경로의 생화학적 과정을 통해 경도 저하, 색소함량 변화 그리고 수분, 비타민, 당분 손실을 가져온다. 동시에 미생물의 성장과 더불어 이에 따른 오염으로 인해 부패현상이 일어난다. 현재 수확된 과실이 상온유통 중 품질변화로 인한 손실비율(post-harvest loss)이

\*Corresponding author: leeyouns@yonsei.ac.kr

※ Received 27 April 2010; Accepted 18 July 2010.

15% 정도에 달한다고 보고되었다(Suh, 1998).

참외의 품질저하를 방지하기 위하여 국내에서는 많은 연구가 진행되고 있으며, 최근 예냉, 저온저장 및 기능성 포장 기술 개발과 함께 다양한 수확 후 관리기술이 향상되었다. 일반적으로 수확 후 처리 기술은 선별, 예냉, 저장, 포장, 수송 등의 전 유통과정을 거치면서 신선한 품질을 최대한 유지시키는 것이라 볼 수 있다. 선별은 파괴, 비파괴 등의 품질 평가 등으로 신속 정확하게 크기, 형상 그리고 외관이나 맛 등의 기본적 품질이나 성분 및 등급을 나누어 제품의 품질을 수확 후 초기 구별하여 표준화를 가능하게 해준다. 예냉(precooling)은 유통, 저장하기 전에 전처리 방법으로 수확 직후 빠른 시간 내에 냉각하여 초기 산물이 가지고 있는 품온을 떨어뜨림으로써 대사활동을 극소화하여 품질 변화를 최소화 시키는 중요한 부분이라 볼 수 있다. 저장 및 유통 중 산소의 감소와 탄산가스의 농도 증대와 같은 최적 대기환경조성을 변화시켜 농산물의 대사 작용을 늦추는 controlled atmosphere storage(CAS)/modified atmosphere packaging (MAP) 및 저온장해를 최소화할 수 있는 저온상태의 저장조건으로 과실의 품질을 유지하는 연구가 많이 진행되고 있다(Oms-Oliu 등, 2008). 특히 포장(packaging) 시스템은 저온 및 상온유통 동안 과실의 선도유지를 최적화하여 소비자에게 도달하게 하는 기능을 부여할 뿐만 아니라 과실의 상품

화를 증대시켜 부가가치를 높이는 판매기능도 같이 하고 있다. 현재 소비자의 판매 형태는 참외의 소포장화 및 안전성과 품질을 중요시 하는 경향을 보이고 있으므로 제품의 마케팅적 경쟁력에 큰 중요한 부분을 차지한다.

따라서 본 논문 내용은 국내 참외의 수확 후 과실 품질변화 특성과 신선도 유지를 위한 관리 내용 및 포장기술에 관하여 고찰하고자 한다.

## 본 론

### 생리적 특성

#### 에틸렌 발생

참외는 호흡비급등형(non-climacteric) 작물이지만 수확 직후에는 다른 호흡비급등형 과실에 비하여 에틸렌에 영향을 많이 받는 특성이 있으며, 수확 직후에 생성되는 에틸렌 작용에 의해 불용성 펙틴의 가용화가 가속화된다. 에틸렌은 식물체의 메티오닌사이클(methionine cycle) 중에 생성되는데, 메티오닌 사이클은 메틸계 물질이 공급, 전달되는 과정이다(Fig. 1). 이러한 대사과정 중 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)이 ACC oxidase(ACO)에 의하여 산화될 때 에틸렌이 생성된다. 에틸렌의 생합성 중 식물체에 상처가 나거나 병원체의 의한 감염, 침수나 수분 스트레스에서 오는 자

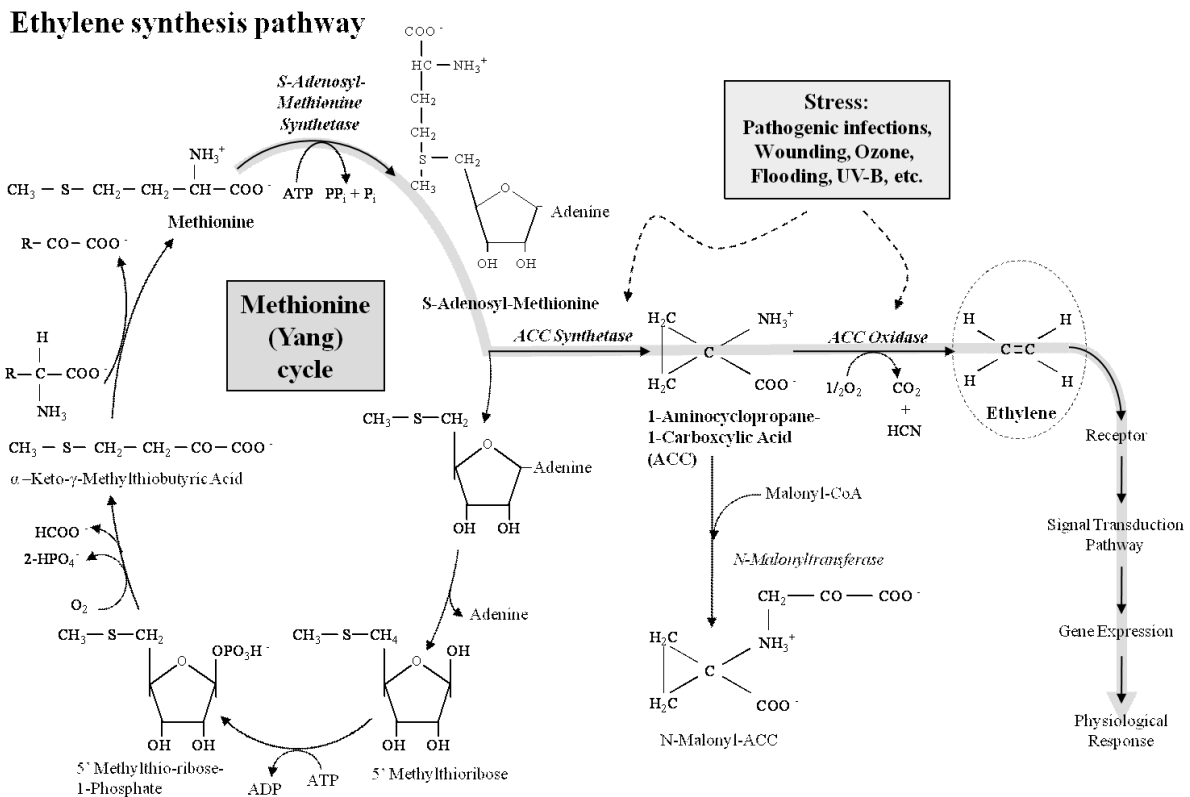


Fig. 1. Biosynthetic pathway and regulation of ethylene.

극은 에틸렌의 발생량을 증가시킨다(Bradford, 2008; Wang 등, 2002). 과실의 에틸렌 발생을 줄이는 방법으로는 다공성 물질을 적용하여 발생한 에틸렌을 직접 흡착하는 방법 및 과망간산칼륨 등의 산화성 물질을 이용하여 에틸렌을 산화시키는 방법과 aminoethoxyvinylglycine(AVG), aminooxyacetic acid(AOA), rhizobitoxine 등의 에틸렌 생합성 효소 억제제를 사용하는 방법 그리고 2,5-norbomadiene(2,5-NBD), silver thiosulfate(STS), 1-methylcyclopropene(1-MCP) 등의 에틸렌 작용 억제제를 사용하는 방법 등이 있다. 최근에는 1-MCP 적용한 처리 효과가 여러 연구에서 입증되어 과실 품목별로 사용이 확대되고 있다(Pech 등, 2008).

### 성숙 중 변화

참외는 개화 후 일정 시간이 지나면 당의 함량이 급격히 증가한다. 참외의 성숙 시기는 온도에 따라 차이가 있으며, 참외가 완숙하면 과피의 색이 노랗게 변하고 골의 색은 은백색을 띄므로 성숙과를 판별하기 용이하다. 참외는 노지에서 개화 후 45-50 일이면 성숙하는데, 이때의 과피 색으로는 성숙 정도를 판별하기 어렵다. 참외의 수확 시점은 참외 배꼽부분의 탄력성 여부와, 꼭지부분 잔털의 소멸, 윤기, 향기 등으로 판별할 수 있다. 참외는 광 요구도가 높은 작물로 약광 조건에서는 엽면적, 근장, 생체중, 건물중 및 광합성율과 엽록소 함량이 감소하며 과중이 작아지고 자당(sucrose)의 축적량이 감소한다(Sin 등, 1991). 또한 생육기의 온도가 낮으면 과실의 생장이 억제되며 품질이 떨어지고 수량이 감소하기 때문에 이를 극복하기 위한 연구도 진행되어 왔다(Shin 등, 2005). 참외의 당도는 광, 온도 등의 환경요인이 크게 작용하지만 착과제 종류에 따라 축적양상, 성분 및 가용성 고형물 함량이 달라진다고 보고되었다(Chung 등, 2002).

### 품질

#### 품질 평가 기준(속도와 등급)

수확과의 판정은 착과 후 날씨를 기준으로 하는 때가 가장 많은데 온도관리 방법에 따라 수확기간에 차이가 있으나 대체로 저온기에는 착과 후 35-38일, 고온기에는 27-30일이 수확기가 된다. 참외의 수확기는 착색 정도를 보고 판단하지만 품질의 평가는 외관보다 당도가 중요하며, 이를 지배하는 주요 요인은 수확시기이다. 참외의 당도는 참외 속(태좌부)부터 오르기 시작하여 과육에 이르는 것이 특징이다. 품종고유의 과실 색깔과 향기와 감미가 나타나는 것은 완전히 성숙한 것이어야 하며, 미숙한 것은 색깔과 향기와 감미가 떨어지고 후숙이 잘 되지 않는다. 과실의 착색은 적산온도와 밀접한 관련이 있으므로 일부 농가는 수확 시기를 앞

당길 목적으로 성숙기에 인위적으로 온도를 높이는데, 생육 적정 이상으로 온도를 높이면 착색은 촉진되지만 당도가 낮아지며 응애 및 총채벌레류 등의 해충의 발생으로 피해가 확산되어 품질을 크게 떨어뜨리게 된다(Kim 등, 1998). 그러므로 가능한 한 생육 적정 온도 조건에서 충분히 성숙시킨 후 수확해야 한다. 참외는 400-500g 정도 무게의 크기가 가장 적절하고, 당도는 대개 15도 이상이 되면 상품으로서 매우 가치가 있다. 과실 색깔은 짙은 노란색을 띄는 것이 좋고, 골이 깊으며 과형이 짧은 원통형에 육질이 아삭아삭한 것이 참외에서 가장 이상적이다. 성주의 ‘오복골 참외’를 시험재료로 착과 후 성숙 및 후숙까지 색의 변화를 관찰한 연구에서 참외의 숙기 평가에서 착색도를 1-5등급으로 나누었는데, 이때의 기준은 착과 후 20, 25, 30, 35, 40일이었으며 35일 이후가 수확이 가능한 시기로 판정하였다(Lee 등, 2007).

### 성분

참외의 성분은 대부분이 수분이며 약간의 당분과 상당량의 비타민 A 및 C를 함유하고 있고 열량은 100g 당 약 30Kcal 내외이다. 참외에 함유된 주요 기능성 성분인 쿠쿠르비타신(Cucurbitacins)은 동물실험에서 인체에 유용한 항암작용 특성을 가지고 있어 암세포 확산 방지에 도움이 된다고 알려져 있다. 참외 풍미에 영향을 주는 휘발성 화합물은 26개의 에스테르, 17개의 알콜류, 12개의 탄화수소그룹, 8개의 산류, 그리고 7개의 기타물질로 총 70개의 화합물이 발견되었으며, 전체 상대적 농도의 63.8%를 차지한 에스테르가 참외의 주요 향기 성분이다. 이 중에서 (Z)-3-nonenyl acetate, (Z)-6-nonenyl acetate와 (Z,Z)-3,6-nonadienyl acetate, ethyl 3-(methylthio) propanoate 또한 참외의 향기에 중요한 역할을 하는 화합물이다(Kim 등, 1997).

### 품종

우리나라에서 현재 재배되고 있는 참외의 주요 품종은 약 10개사에서 50여 품종이 시판되고 있다. 2005년을 기준으로 품종별 재배면적을 확인해본 결과, ‘슈퍼금싸라기’ 660ha(17.6%), ‘오복골’ 500ha(13.3%), ‘슈퍼골드’ 310ha(8.2%), ‘007골’ 300ha(8.0%), 기타 1,988ha(52.9%)로 실제 재배되고 있는 품종은 10품종 내외로 예상된다(Shin 등, 2005). 여름철 2기작으로 재배되고 있는 품종은 일반적으로 당도, 색도, 경도의 순으로 소비자 기호에 맞는 품종을 선택하여 재배하는데, 판매상들은 색도와 경도가 우수한 저장성이 좋은 품종을 선호하기 때문에 이를 선택하여 재배하고 있다(Shin 등, 2006). 고온기 재배시에는 저온기에 비하여 당도가 낮고 색도가 떨어진다. 또한 상온 유통시 경도와 저장성이 낮은

품종은 열화 되어 상품성을 잃는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 과실의 감도가 적고 저장성이 긴 품종과 색도가 우수한 품종, 과중이 무겁고 생산량이 많은 품종을 선택하는 것이 바람직한데, 연구 결과 ‘금지계은천’, ‘금동이은천’, ‘금노다지은천’, ‘금괴은천’ 등이 가장 적합한 품종으로 확인되었다(Shin 등, 2006).

## 처리 및 유통 기술

### 수확 전 처리

수확 전 처리는 수확 시기를 조절하기 위한 호르몬 처리와 병해 방지를 위한 약품 처리 등이 있다. 수확전·후 calcium 적용은 숙도 지연 효과, 과채류의 부패율 감소, 및 다양한 생리적 장애 연장에 중요하게 사용되고 있다(Poovaiah, 1989). 참외 재배의 수확전 처리로 CaCl<sub>2</sub>를 참외의 엽면처리 하였을 때 발효과 발생이 현저히 억제되는 효과 및 품질 성분 개선에 영향을 미치었다고 보고하였다(Chung, 1998). 또한 다른 작물들의 경우 딸기의 흰가루병 방제 및 방제시기 규명을 위하여 수확 전에 약제처리(Nam 등, 2005)와 자두의 수확시기를 앞당기기 위하여 에테폰을 처리한 연구가 있다(Lim 등, 1996).

### 수확 후 처리

#### 선별 및 세척 처리

수확 이후 우선 외관상 상품성이 없는 기형과, 열과 또는 열피성의 과실을 골라낸다. 그리고 크기 별로 다시 선별하여 같은 규격끼리 포장하여 출하한다. 대표적 참외 세척·선별처리기는 과실을 씻어주는 세척기 부분과 중량에 따라 크기를 나누는 선별기를 결합한 이중구조로 되어 있다. 세척기는 물을 뿌리면서 솔로 참외에 묻은 이물질들을 제거하는 역할을 한다. 선별기는 참외를 중량에 따라 자동으로 정확하게 저울 측정 선별하며 선별된 참외는 참외받이로 모이면 등급별로 포장한다. 수확한 과실을 물통에 담아 씻는 과정에서 외관상 상품성이 없는 기형과 열과 등을 골라내고 모양과 색

깔이 좋은 것을 선별한다. 참외는 수확 후 가능한 한 빠른 시간내에 상처가 나지 않도록 냉수로 세척하여 청결을 유지하는 것이 중요하다. 또한 냉수세척(수냉식 예냉)은 참외의 품온을 가급적 빨리 떨어뜨려 신선도 유지에 효과적이다.

### 고온처리

고온처리는 수확한 과채류를 고온의 물속에 침지시키거나 열풍으로서 일정시간 노출함으로써 미생물 및 해충을 방제하는 기술이다. 토마토, 오이, 사과, 배 등의 과채류에 고온처리를 하여 살균과 저온장해 완화의 효과가 확인되었으며, 이를 바탕으로 참외에 고온 처리 기술을 적용하여 38℃의 온도에서 장시간 열처리함으로써 살균효과와 저온장해 완화효과와 더불어 수명연장까지 얻은 연구가 보고되었다(Kang 등, 2005).

### 예냉 처리

참외는 수확 후 호흡작용, 증산작용, 에틸렌 생합성 등과 같은 생명활동이 지속적으로 진행된다. 이러한 생리적 활성은 온도에 가장 큰 영향을 받게 되는데, 주로 10℃ 변화에 2-4배의 영향을 받는다(Joo 등, 2002). 예냉은 수확 직후부터 출하 직전까지 농산물의 품온을 가급적 빨리 낮추어 품질 저하를 방지하는 작업 공정이다. 예냉의 기술로는 Table 1에 나타난 것과 같이 실내 냉각(Room cooling), 냉수 냉각(Hydro cooling), 강제 통풍 냉각(Forced air cooling), 차압 통풍 냉각(Pressure cooling), 진공 냉각(Vacuum cooling), 극저온냉각(Cryogenic cooling) 등이 있다(Yun, 2003; Brosnan과 Sun, 2001). 냉수 냉각은 냉수를 농산물에 직접 접촉시켜 냉각하는 방식으로 살수방식과 담금식으로 나누어진다. 강제 통풍식 예냉은 예냉실 내에 적재된 농산물에 냉기를 흘려주는 식이고 차압 통풍식 예냉은 차압팬에 의해 포장상부 내부까지 냉기를 강제적으로 통과시킴으로써 농산물과 직접 접촉하는 냉기의 양을 증가시켜 냉각속도를 빠르게 하는 방식이다. 진공 냉각은 밀폐된 챔버내의 압력을 낮추어 물

**Table 1.** Efficiencies and their characteristics according to the cooling systems.

	Pressure air cooling	Hydro-cooling	Vacuum cooling	Water evaporation cooling	Forced air cooling
Cooling time (h)	1-10	0.1-1	0.3-2	0.3-2	20-100
Moisture loss (%)	0.1-2	0-0.5	2-4	-	0.1-2
Contamination	Low	High	No	High	Low
Operating cost	High	Low	Medium	-	Low
Energy efficiency	Low	High	High	Medium	Low
Portability	Yes	No	Yes	No	No
Consecutive process	Low	High	Low	Low	Low

의 증발 온도(끓는점)가 낮아지면, 농산물의 표면에서 물이 빠른 속도로 증발하는 원리를 이용한 것으로, 증발시에 주위로부터 증발열을 빼앗겨 농산물이 냉각된다. 예냉 방식은 농산물의 특성, 설치비용, 에너지 효율, 작업성 등을 종합적으로 고려하여 냉각 방법 및 시간 등을 선정한다. 물분무 진공식은 오염가능성이 높고 강제통풍식은 통기구나 적재방법에 따라 냉각속도 차이가 크므로 적용 가능한 작물이 제한적이다. 냉수식은 비교적 적용 가능한 작물이 많으며, 차압 통풍식은 대부분의 작물에 두루 사용할 수 있다(Yun, 2003). 참외에는 중앙 흡입식 차압 예냉 방식이 적합하며, 급격한 예냉이 필요할 경우에는 2-3°C의 냉기를 흘려준다. 10°C 이하까지 온도를 낮추는데 걸린 시간은 과육이 약 1시간 내외였으며, 내심까지는 약 1시간 30분 가량 소요된다. 3°C 이하까지 냉각하는데 소요된 시간은 과육과 내심 모두 약 3시간 내외가 소요되며 참외를 예냉하지 않았을 때보다 예냉 처리한 경우 부패과 발생률이 절반 이하로 감소하였다(Joo 등, 2002).

#### 1-MCP 처리

1-MCP(1-methylcyclopropene)는 기체성의 에틸렌 작용 억제제로서 식물체의 에틸렌 receptor와 비가역적으로 결합하여 에틸렌의 작용 및 생성을 억제하며 과일, 채소 및 화훼 등 여러 가지 원예작물에서 현저한 저장 수명을 연장시킬 수 있다고 알려져 있다(Watkins, 2008). 국내 참외에 1-MCP 처리하여 과실의 품질과 저장성 관련 조사는 현재 초기 연구 진행 단계라 볼 수 있으며, 일부 참외 품종들의 1-MCP 적합성을 평가한 실험에서 무처리구에 비하여 참외 골색의 색도 변화, 부패과 발생, 당도 및 경도 감소에 효과적이었으나 품종에 따라 그 최적의 농도는 다소 차이가 있었으며, 2000ppb 이상 처리할 경우 부작용을 나타냈다고 보고 하였다(Hong 등, 2001).

#### 유통 관리

과실 품온이 높을 때 수확하면 호흡이 높아서 저장기간이 단축된다. 그러므로 품온이 낮은 아침에 수확하거나 한낮에 수확한 경우에는 밤에 과실을 식힌 후에 포장하여 출하하도록 한다. 참외의 저장 및 유통은 5°C가 적당한 것으로 생각되며 상온 저장의 경우 6-8일, 저온(2, 5°C) 저장은 16-20일 정도 상품성 유지가 가능하였다(Lee 등, 2007). 또한, 참외는 수확 후 각종 처리공정을 거치고 유통기간이 늘어질수록 외력에 의한 물리적 손상을 많이 받게 되며, 이중에서도 특히 진동에 의한 손상이 대부분을 차지한다. 참외의 진동반응을 분석함으로써 수확, 선별, 가공, 유통 등의 과정 중에

발생하는 진동에 의한 손상을 최소화 할 수 있는 적절한 포장 및 유통 시스템을 구축할 수 있다(Kim 등, 2005).

#### 저장 기술

##### 저온 저장

참외의 저장성은 높지 않으며 고온기에는 수확 후 5일 이상이 되면 태좌 부위, 즉 속이 물러진다. 이것이 진행이 되면 과육까지 변색되어 물러진다. 참외의 저온저장 조건은 90-95% 상대습도에 7-10°C 온도가 적당하다. 참외의 저온 민감도는 품종에 따라 다르므로 수확된 참외의 고품질 유지를 위하여 저온 장해를 받는 온도 조건에서 보관해서는 안 된다. 일반적으로 참외는 7°C 이하의 온도에서 2-3일 이상 저장된다면 육안으로 확인할 수 있는 저온장해가 발생한다. 참외는 일년 중 출하 시기가 집중되어 있어 월별 가격 편차가 매우 심하고, 연평균 기온 및 습도가 매우 높은 장마시기에 수확, 저장, 유통 및 판매가 이루어지기 때문에 다른 과실보다 품온으로 인한 피해가 크다. 참외와 같은 종에 속하는 멜론 품종의 경우에도 과실 품질이 온도에 민감하게 반응한다고 알려졌다(Miccolis와 Saltveit, 1995). 따라서 수확 후 가능한 빨리 품온을 낮추어 호흡작용을 비롯한 생리작용을 저하시킬 필요가 있다.

##### CA 저장/ MA 포장

참외 저장 시에 CA 저장 조건은 O<sub>2</sub> 허용 농도가 최소 3% 이상이어야 하고, 15% 이상의 CO<sub>2</sub> 경우 가스장해 현상을 초래한다. 높은 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>는 저온장해 현상이 진전되는 것을 억제하지만 증상 자체의 발현을 막지는 못한다(Lee 등, 1999). 과실 품종별 신선도 유지에 있어 산물에서 발생하는 가스의 조성 및 이산화탄소량, 에틸렌가스량, 에틸렌에 대한 감수성 정도가 각각 다르다. 이러한 점을 고려하여 산소 및 이산화탄소에 대한 투과성이 다른 포장재 필름을 개발하여 참외 등의 과실에 선도유지를 위하여 MAP포장 기술을 적용할 수 있다(Sandhya, 2010). [LDPE(Low density polyethylene)] zeolite 성분 5%가 함유된 적절한 투과성을 가진 포장재를 참외에 적용하여 저장 실험을 수행한 연구에서 기능성 필름을 적용한 과실의 경도 및 외관상 품질 등에서 선도유지 효과를 확인하였으며, 가장 높은 품질을 유지한 필름의 두께는 중 40 μm로 저장 중 CO<sub>2</sub>는 약 5-10% 가량 유지되었다(Kang 등, 2000).

##### 항균 포장

참외에서 발생하는 곰팡이를 비롯한 식물 변패 관여 미생물은 품질 저하 및 상품성 가치를 떨어뜨리는 주요 요인이

되고 있다. 이를 방지하기 위하여 인체에 무해한 항균제를 이용하여 참외에 직접처리 또는 포장소재에 적용할 수 있는데, 그 중 제품에 직접 화학적 처리를 하는 경우 대다수의 소비자들이 거부감을 가질 수 있기 때문에 포장소재에 적용하는 경우가 보편적이다. 현재 PE나 PP 필름에 항균제를 처리하여 다양한 식품군에 항균 포장 소재를 적용한 항균 효과에 대한 연구보고가 되고 있지만 상업적 적용에 있어 항균성 물질 함유 필름의 사출 기술 및 포장재 물성, 항균 효율성 그리고 항균 물질의 자극적인 향기성분으로 인한 제품의 상품성 저하 등이 여전히 해결해야 할 문제로 제한적으로 사용되고 있다. 특히 항균력 발현을 위해 적용한 항균제들이 제품에서 발생하는 특정 균에 대한 항균 효과성을 나타내는 한계를 가지고 있어, 적용 제품에 대한 변패 미생물의 항균성을 나타내는 항균제의 선정에 따른 항균 포장재의 개발이 필요하다. 현재 신선 농산물에 적용 가능한 천연 항균제로 널리 보고된 것들은 키토산(chitosan), 자몽종자 추출물(grapefruit seed extracts) 및 제올라이트(zeolite) 등이 항균 포장 소재에 응용되었으며(Appendini와 Hotchkiss, 2002), 최근 항균성을 가지는 은나노(nano-Ag)와 천연보존제인 항균성을 가지는 약용식물 추출물 등도 항균 효능 및 제품 개발에 대한 연구가 시도되고 있다.

#### 유통 포장

현재 유통되고 있는 주요 농산물 골판지는 단면 골판지의 다른 한면에 라이너 원지를 붙인 양면골판지(single wall corrugated board)와 양면골판지에 단면 골판지를 붙인 이중양면골판지(double wall corrugated board)가 있다. 참외에는 대체적으로 Table 2와 같이 이중양면 골판지가 주로 사용되고 있으며(Lee 등, 2008), 2007년 경북 성주지역에서는 450×305×255mm 이중양면골판지 B/A를 새로 표준 규정하였다.

#### 에틸렌가스 흡착 제거 기술

식물의 성장을 촉진하는 호르몬으로 알려진 에틸렌 가스는 농산물의 추숙, 노화, 낙과는 물론 숙성 대사 작용의 생리활성에 영향에 미치며 조직의 연화, 색소의 발현, 향기성분의 증대, 당도의 증가 등의 생리, 화학적 변화를 가져다 준다. 농산물에 발생된 에틸렌 가스를 직접 제거하기 위하여 활성탄, 과망간산칼륨, 천연제올라이트 그리고 최근 기타 나노 소재 물질 등이 사용되어 에틸렌 가스 흡착 제거에 효과가 우수하다고 보고되었지만 소재 자체로 사용할 경우 일정한 공간의 차지 및 사용상 불편함을 가져다 주므로 직접 포장재에 코팅 및 함침 등 다양한 방법으로 적용하여, 수확 후

저장 유통에서 농산물의 품질유지를 위한 기능성 포장재의 개발을 시도하고 있다(Lee 등, 2008). 에틸렌 흡수 및 제거에 많이 사용되는 천연 제올라이트는 분말 형태로 Si와 Al의 산화물이 혼합되어 있는 초미세 세공 구조들이 형성되어 있는 결정들로 표면에 음전하를 띄어 양이온의 교환이 가능한 특성을 갖고 있으며 이를 이용하여 흡착, 기체분리, 선택적 반응, 수분조절 등의 다양한 기능을 얻을 수 있다. 제올라이트를 사용한 연구의 일환으로 화학적 표면 개질에 따른 과채류 포장시 신선도 연장 효과 등을 조사하여 금속 양이온성  $Al^{3+}$  및  $Ag^{+}$  또는 계면활성제로 개질된 제올라이트 필름의 선도유지 기능을 보여주는 연구결과가 보고되었다(Chun 등, 2004). 가스 흡착물질인 고령토는 국내에 풍부한 매장량을 갖고 있는 광물질로 산업적 이용가치가 높은 것으로 알려져 있다. 고령토의 백감도, 불투명도, 넓은 표면적으로 인한 가스흡착성, 우수한 내마모성 등의 특징 때문에 특히 제지 분야에서 가장 많이 이용되고 있다. 플라스틱에 고령토를 적용했을 경우에는 제품의 표면을 매끄럽게 하고 화학적인 물질에 대하여 안정성과 내구성을 증가시키며, 폴리머 혼합과 성형 시, 수축 및 크래킹 등을 감소시킨다. 오래 전부터 활성탄(숯)은 보존성과 탁월한 습도 조절 소재로 국내에 널리 활용하였으며 동시에 원적외선 방출, 알칼리성, 풍부한 미세나노, 조습능력, 살균력, 탈취능력, 방부력, 전자파 차단 등 다양한 기능을 가졌다. 활성탄은 1g 당 표면적이 200-300m<sup>2</sup> 정도로 흡착력이 매우 큰 다공성으로 알려졌으며 분말의 크기가 작을수록 흡착능력이 우수하다는 결과가 보고되었다(Seo 등, 2003). 골판지에 활성탄 등을 코팅액으로 처리하여 제조한 기능성 골판지의 저장성 실험 결과, 10% 이상의 활성탄 적용 골판지 박스에서 신선도 유지에 두드러진 효과를 나타내었다(Lee 등, 2008). 또한 포도의 저장성을 향상시키는 연구에서도 에틸렌 흡착제와 활성탄 처리의 비교결과 에틸렌 흡착 능력이 유사한 결과가 보고되었다(Jang 등, 2006).

#### 장해

##### 생리 장해

참외의 수확 전 대표적 생리장해 현상으로 나타나는 발효과(숙무름과)의 증상으로는 외관상 정상과와 차이가 없으나 쪼개어 보면 과육이 태좌부로부터 과피쪽으로 물에 데친 것처럼 색이 변하고 알코올 냄새를 풍기며 당도가 떨어지고 혀와 목을 자극하는 이취가 발생한다. 또한 과실을 자르면 물이 흘러내릴 정도로 과실의 태좌부내에 물이 고여있는 과실을 말한다. 발효과의 주 발생요인은 질소비료를 많이 사용하거나, 초세가 강하고, 토양 수분이 많고, 1회 관개량이

**Table 2.** Types of corrugated boxes for current domestic oriental melon.

Size	Type	Planar figure	Classification	Code No. (KS T 1006) <sup>x</sup>
(15 kg, 10 kg)	Slotted-type boxes		Double wall B/A <sup>y</sup>	0201
			Double wall B/A	0209
(3 kg, 5 kg)	Folder-type boxes		Single wall B or Double wall E/B <sup>z</sup>	0435
			Single wall B or Double wall E/B	0401
			Single wall B or Double wall E/B	0403
				Single wall B or Double wall E/B
	Ready-glued type boxes		Double wall E/B	0771

<sup>x</sup>(KS T 1006) is Korea standard number of corrugated box.

<sup>y</sup>B/A is the mean of piling up A-flute and then B-flute of a corrugated cardboard in the box.

<sup>z</sup>E/B is the mean of piling up B-flute and then E-flute of a corrugated cardboard in the box.

많으며, 날씨가 흐리고 포기당 착과수가 적을 때 많이 발생한다(Shin, 2005). 발효과의 발생원인은 혐기적인 조건에서 알코올 탈수소효소(alcohol dehydrogenase)등 당대사와 관련된 효소의 활성을 증가시켜 자당(sucrose) 등의 당이 ethanol, ethyl acetate, acetaldehyde 등 발효 대사산물로 변환되어 발효취가 나며 수침상으로 조직이 변하는 이상 발효과의 원인이라 보고된 바 있으나(Suh, 1998), 발효과는 혐기적인 조건에서는 뿌리의 활력이 약화되어 수분의 공급이 나빠지게 되므로 혐기적 조건이 발효과의 직접적인 원인이 아니라는 보고가 있다(Shin, 2007).

#### 저온장해

참외는 수확 후 저온에 민감해서 생리장해 현상인 저온장해가 쉽게 나타나므로 10°C 이하에 저장하면 안되고 저장 중 나타나는 저온장해 증상으로는 수침, 함몰, 조직붕괴이며, 상온에 노출될 때에는 에틸렌 생성이 빠르게 나타나고 부패도 급속히 진행된다(Snowdon, 1991). 특히 저온 장해의 주요 현상으로 조직 갈변, 비정상적인 속도 진행, 과실 색상 변화 및 고유의 과실 향 성분의 손실 등을 들 수 있다.

#### 병리 장해

국내 참외에 발생하는 대표적인 주요 병으로는 흰가루병(*Sphaerotheca fusca* Pollacci), 덩굴마름병(*Didymella bryoniae* Rehm), 노균병(*Pseudoperonospora cubensis* Rostowzew), 검은점뿌리썩음병(*Monosporascus cannonballus*), 탄저병(*Colletotrichum lagenarium* Ellis and Halsted), 역병(*Phytophthora cap*, *P. drechsleri*, *P. nicotianae*, *P. parasitica*), 잘록병(*Rhizoctonia solani* Kuhn), 검은별무늬병(*Cladosporium cucumerium* Ellis et Arthur), 덩굴썩음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) 등이 보고되어 있다(Kim과 Kim, 2004; Park 등, 1996). 참외의 썩음 증상으로부터 *Fusarium* 균을 분리하여 종을 동정하고 병원성을 조사한 결과 *Fusarium equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. sambucinum*, *F. semitectum* 등의 균이 동정되었으며, 정상 참외에 인위적으로 만든 상처와 무상처에 균을 접종한 실험에서 병의 진전됨과 물러 썩는 현상이 확인되었다(Kim과 Kim, 2004). 참외에서 발생하는 병해 중 오이 녹반 모자이크 바이러스(cucumber green mottle mosaic virus; CGMMV)병은 감염시 잎에 모자이크 증상이 발생하며, 과실 형태가 울퉁불퉁하고 기형이 되어 상품적 가치를 떨어뜨리게 되며, 성주 지역을 중심으로 재배면적의 23%(약 120농가) 이상이 1997년 이후로 2007년 까지 꾸준히 발생하여 생산 농가에 피해를 주었다. 최근에는 생육 초기 참외에 잎과 과일에 모자이크 증상이 나타났

으며, 수확 초기 임의로 추출한 참외와 농가로부터 수확된 참외를 진단한 결과 오이녹반모자이크바이러스(cucumber green mottle virus; CGMMV)에 각각 87%와 100% 감염되어 있었다(Kim 등, 2008, 2009). 따라서 박과 작물에 발생하는 여러 종의 바이러스 중 참외 CGMMV 바이러스 감염 경로 연구와 관련 바이러스의 정확하고 신속한 발생 확인을 위한 바이러스 진단키트 개발이 필요하다.

## 초 록

본 총론은 주로 더운 여름에 집중 출하되고 있는 국내 참외에 대한 소비 판매 증대를 위한 품질개선을 위한 수확 후 관리 기술 및 포장재 적용 현황을 고찰하였다. 최근 재배 생산, 유통, 판매 측면에서 고품질 참외 상품화를 위한 수확 후 선별, 예냉, 저장, 유통, 포장 등 다양한 전처리 과정을 통한 과실 품질의 많은 향상을 보이고 있다. 참외 저장은 품종에 따라 다르겠지만 일반적으로 90-95% 상대습도에 7-10°C 온도의 저온 조건이 적당하며, 수확된 참외의 고품질 유지를 위하여 저온 장해를 받는 온도 조건에서 보관해서는 안 된다. 수확 후 에틸렌의 발생을 억제 위한 1-MCP 처리, 활성물질을 가지는 기능성 포장재, 참외의 호흡률을 고려한 CA저장 및 MA 포장은 2-3% 산소 및 5-10% 이산화탄소 조건이 참외의 적정 저장 조건으로 볼 수 있다. 이러한 수확 후 관리 처리 기술의 적용 등은 참외 품질 유지와 저장 기간을 늘릴 수 있을 것으로 기대되며, 특히 유통 및 저장에서 취급 중 발생할 수 있는 상품성 저하에 대해 효과적이며 안정적으로 적용할 수 있다. 현재 고품질 참외 제품에 대한 다양한 첨단 선도유지 처리 기술이 연구 진행되고 있지만 품종, 수확시기, 그리고 판매 환경조건 등을 고려한 연구가 필요하며, 국내 참외의 국제 경쟁력을 가지기 위하여 해외 제품과의 브랜드 차별화를 위한 전략적인 연구가 지속적으로 필요하다고 판단된다.

추가 주요어 : 기능성 포장, 참외, 수확 후 처리, 품질 관리

## 인용문헌

- Appendini, P. and J.H. Hotchkiss. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 3:113-126.
- Bradford, K.J. 2008. *Shang Fa Yang : Pioneer in plant ethylene biochemistry.* *Plant Sci.* 175:2-7.
- Brosnan, T. and D.W. Sun. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products-a review. *Int. J. Refrigeration.* 24:154-170.
- Chun, B.C., S.J. Lee, M.H. Jung, J.H. Park, H.W. Park, Y.C. Chung, and O.C. Kweon. 2004. Freshness maintenance of



- polyethylene film containing surface-modified zeolite. *Kor. J. Food Preservation*. 11:478-484.
- Chung, H.D., H.W. Do, and Y.J. Choi. 2002. Forchlo-fenuron application increase fruit set rate and fruit growth of oriental melon plants. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20:302-305.
- Chung, H.D., S.J. Youn, and Y.J. Choi. 1998. The effects of CaCl<sub>2</sub> foliar application on inhibition of abnormally fermented fruits and chemical composition of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 16:215-218.
- Hong, J.Y., S.J. Hwang, S.Y. Park, and J.M. Lee. 2001. Fruit quality as affected by MCP (1-metylcyclopropene) after harvest in oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) according to cultivar. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19:47. (Abstr.)
- Jang, K.I., J.H. Lee, K.Y. Kim, H.S. Jeong, and H.B. Lee. 2006. Quality of stored grape (*vitis labruscana*) treated with ethylene-absorbent and activated charcoal. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 35:1237-1244.
- Joo, J.H., B.S. Kim, and J.T. Oh. 2002. Freshness prolongation of oriental melon by pressure cooling. *Refrigeration Conference 2002*. p. 46-51.
- Kang, H.M. and K.W. Park. 2000. Comparison of storability on film source and storage temperature for oriental melon in modified atmosphere storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 41:143-146.
- Kang, H.M., K.W. Park, and I.S. Kim. 2005. Effects of postharvest heat treatment on alleviation chilling injury and improvement storability of oriental melon. *J. Bio-Env. Con.* 14:137-143.
- Kim, B.S., H.T. Kim, and H.C. Lee. 1998. Oriental melon: Successful culture and distribution. NongminNews Pub. Co. Seoul, Korea.
- Kim, J.S., S.H. Lee, H.S. Choi, G.S. Choi, J.D. Cho, and B.N. Chung. 2008. Survey of viral diseases occurrence on major crops in 2007. *Res. Plant Dis.* 14:1-9.
- Kim, J.S., S.H. Lee, H.S. Choi, M.K. Kim, H.R. Kwak, J.D. Cho, G.S. Choi, and J.Y. Kim. 2009. Survey of viral diseases occurrence on major crops in 2008. *Res. Plant Dis.* 15:1-7.
- Kim, J.W. and H.J. Kim. 2004. Fusarium fruit rot of postharvest oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) caused by *Fusarium* spp. *Res. Plant Dis.* 10:260-267.
- Kim, M.S., H.M. Jung, K.S. Kim, and C.G. Park. 2005. Vibration characteristics of the oriental melon by test. *J. Agr. Sci.* 32: 29-42.
- Kim, S.K., H.B. Park, Y.H. Kim, D.Y. Kim, and M.K. Kim. 1997. Volatile flavor components of oriental melon. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 38:33-38.
- Lim, B.S., C.S. Lee, S.T. Choi, Y.B. Kim, J.C. Lee, Y.S. Hwang. 1996. Effect of ethephone treatment on the maturation of Plum fruits (*Prunus salicina*) and changes of the quality as affected by storage conditions. *Korean J. Food Preserv.* 3:155-170.
- Lee, S.H., C.B. Kim, Y.J. Seo, C.Y. Kim, J.T. Yoon. 1999. Effects of different carbon dioxide and oxygen concentration on the quality of oriental melon during CA storage. *Korean J. Food Preserv.* 6:386-391.
- Lee, S.K., Y.P. Hong, and Y.S. Shin. 2007. Report on postharvest manual book of oriental melon. Nonghyup, Korea. p. 73-109.
- Lee, Y.S., Y.E. Lee, D.S. Chung, H.J. Kweon, B.W. Moon, and D.S. Chung. 2008. Packaging manual book for oriental melon. Seongju Agriculture Technology Center, Korea. p. 9-30.
- Miccolis, V. and C.S. Saltveit. 1995. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. *Postharvest Biol. Technol.* 5:211-219.
- Nam, M.H., S.K. Jung, S.C. Jang, J.Y. Song, H.G. Kim. 2005. Efficacy by application schedule of fungicides before harvest stage for control of strawberry powdery mildew. *Res. Plant Dis.* 11:39-42.
- Oms-Oliu, G., I. Odriozola-Serrano, R. Soliva-Fortuny, and O. Martin-Belloso. 2008. The role of peroxidase on the antioxidant potential of fresh-cut 'Piel de Sapo' melon packaged under different modified atmospheres. *Food Chem.* 106:1085-1092.
- Park, S.D., T.Y. Kwon, Y.S. Lim, K.C. Jung, and B.S. Choi. 1996. Disease survey in melon, watermelon, and cucumber with different successive cropping periods under vinylhouse conditions. *Korean J. Plant Pathol.* 12:428-431.
- Pech, J.C., M. Bouzayen, and A. Latche. 2008. Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Sci.* 175:114-120.
- Poovaiah, B.W. 1989. Role of calcium in prolonging storage life of fruit and vegetables. *Food Technol.* 40:86-89.
- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Sci. Technol.* 43:381-392.
- Seo, Y.B., Y. Jeon, H.H. Lee, T.Y. Jung, and J.S. Lee. 2003. Development of charcoal containing paper for packaging grades (I). *J. Kor. TAPPI.* 35:46-51.
- Shin, Y.S. 2005. Influence of root hydraulic conductance, soil water potential and atmospheric vapor pressure deficit on fruit fermentation of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) grown in plastic greenhouse. PhD Diss., Kyungpook Natl. Univ., Kyungpook, Korea.
- Shin, Y.S. 2007. Effect of water condition and air circulation on fruit fermentation of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*). *J. Bio-Env. Con.* 16:333-337.
- Shin, Y.S., I.K. Yeon, Y.J. Seo, H.W. Do, J.E. Lee, C.D. Choi, and S.D. Park. 2006. Selection of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) cultivars for second cropping in summer season. *J. Bio-Env. Con.* 15:270-276.
- Shin, Y.S., I.K. Yien, J.K. Choi, S.K. Choi, and B.S. Choi. 2000. Effect of water logging during fruit enlargement on the quality and yield of oriental melon. *J. Bio-Env. Con.* 9:141-145.
- Shin, Y.S., S.D. Park, H.W. Do, S.G. Bae, J.H. Kim, and B.S. Kim. 2005. Effect of double layer nonwoven fabrics on the growth, quality and yield of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*) under vinyl house. *J. Bio-Env. Con.* 14:22-28.
- Sin, G.Y., C.H. Jeong, and K.C. Yoo. 1991. Effects of temperature, light intensity and fruit setting position on sugar accumulation and fermentation in oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:440-446.
- Snowdon, A.L. 1991. A colour of atlas of post-harvest disease & disorder of fruit & vegetables Vol. II. Wolf Scientific Ltd., London. p.12-51.
- Suh, D.W. 1998. Effect of Ca<sup>2+</sup>, hypoxia and plant growth regulators on fermented-fruit of oriental melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*). PhD Diss., Kyungpook Natl. Univ., Kyungpook,

- Korea.
- Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience*. 43:86-94.
- Wang, K.L.C., H. Li, and J.R. Ecker. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant cell*. 43:S131-S151.
- Yi, S.I., Y.S. Kwon, K.M. Bae, and I.H. Song. 2004. Recent progresses for the variety classification and denomination of oriental melon and melon (*Cucumis melo* var. *makuwa*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:515-522.
- Yun, H.S. 2003. Advances in cold-chain facilities for fresh fruits & vegetables. *J. Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*. 32:10-15.