

## Current Status of the Research on the Postharvest Technology of Melon (*Cucumis melo* L.)

Su Hwan Oh<sup>1</sup>, Rona Bae<sup>2\*</sup> and Seung Koo Lee<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Quality Assurance Center, Nongwoo Bio, Yeosu 469-885, Korea

<sup>2</sup>Analysis & Certification Division, Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer,  
135-22 Suin-ro Gwonseon-gu, Suwon 411-857, Korea

<sup>3</sup>Department of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

<sup>4</sup>Research Institute for Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

### 멜론(*Cucumis melo* L.) 수확 후 관리기술 최근 연구 동향

오수환<sup>1</sup> · 배로나<sup>2\*</sup> · 이승구<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>농우바이오, <sup>2</sup>농업기술실용화재단, <sup>3</sup>서울대학교 식물생산과학부, <sup>4</sup>서울대학교 농업생명과학연구원

#### Abstract

Among Cucurbitaceae, melon (*Cucumis melo*) is one of the most diversified fruits, with various forms, sizes, pulps, and peel colors. In addition, it is a commercially important crop because of its high sweetness, deep flavor, and abundant juice. In the species, there are both climacteric and non-climacteric melons depending on the respiration and ethylene production patterns after harvest. Ethylene is also considered a crucial hormone for determining sex expression. Phytohormones other than ethylene interact and regulate ripening. There are some indices that can be used to evaluate the optimum harvest maturity. The harvest time can be estimated after the pollination time, which is the most commonly used method of determining the harvest maturity of the fruit. Besides the physiological aspects, the biochemical alterations, including those of sweetness, firmness, flavor, color, and rind, contribute to the overall fruit quality. These changes can be categorized based on the ethylene-dependent and ethylene-independent phenomena due to the ethylene-suppressed transgenic melon. After harvest, the fruits are precooled to 10°C to reduce the field heat, after which they are sized and packed. The fruits can be treated with hot water (60°C for 60 min) to prevent the softening of the enzyme activity and microorganisms, and with calcium to maintain their firmness. 1-methylenecyclopropane (1-MCP) treatment also maintains their storability by inhibiting respiration and ethylene production. The shelf life of melon is very short even under cold storage, like other cucurbits, and it is prone to obtaining chilling injury under 10°C. In South Korea, low-temperature (10°C) storage is known to be the best storage condition for the fruit. For long-time transport, CA storage is a good method of maintaining the quality of the fruit by reducing the respiration and ethylene. For fresh-cut processing, washing with a sanitizing agent and packing with plastic-film processing are needed, and low-temperature storage is necessary. The consumer need and demand for fresh-cut melon are growing, but preserving the quality of fresh-cut melon is more challenging than preserving the quality of the whole fruit.

Key words : melon, postharvest technology, climacteric, ethylene, quality, ripening, storage, fresh-cut

#### 서 론

멜론(*Cucumis melo* L.)은 2000년대 이후부터 급작스럽게

생산량이 증가하고 있는데 2002년 생산량은 약 2만 5천 톤에서 2010년은 연간 약 5만톤 정도로 생산량이 증가하였으며, 이중 5% 가량은 수출을 하고 있고, 국내에서도 고품질, 안전성 및 건강식품 과실의 선호로 다양한 소비 형태로 확산되고 있다(1). 국민 기호도의 다양화와 맛과 향, 그리고 외관의 수려함을 갖춘 멜론에 대한 인식이 좋아짐에 따라

\*Corresponding author. E-mail : ronabae@hanmail.net  
Phone : 82-02-880-4575, Fax : 82-02-873-2056

멜론의 대중적인 소비가 더욱 확산될 것으로 생각된다. 수출도 지속적으로 증가하고 있으며 특히 대일 수출이 증가하고 있는 상태이다(1). 멜론은 다양한 종류로 나누어지며, 이에 따라 생리현상도 다르며 재배, 수확, 유통 방식 등이 다르다. 따라서 본 자료는 이러한 생산 및 소비의 급격한 증가에 따라 다양한 멜론의 특성에 대해서 조사하고, 보다 고품질의 멜론 유통을 위하여 수확 방법과 수확 시기, 수확 후 생리 현상을 기초로 품질 인자, 저장 조건, 포장, 유통 방법 등을 조사하여 멜론의 수확 후 관리를 위한 기초적인 자료로 삼고자 하였다.

## 본 론

### 분 류

멜론은 오이(*Cucumis sativus* L.), 수박(*Citrullus lanatus* Thunb.), 그리고 호박(*Cucurbita* ssp.) 등과 같이 박과(*Cucurbitaceae* 또는 cucurbits)에 속하는 중요 재배작물이며, 학명에서 *Cucumis*는 오이, *melo*는 사과라는 뜻이다. 염색체수는  $2n=2x=24$ 이고, 아프리카와 함께 종 다양성의 2대 중심이 되는 아시아 지역이 원산지로 추정된다(2,3). 박과 작물 내에서 멜론은 여러 가지 형태의 과육 색, 과피 색, 과피 형태, 과형 및 과실 크기를 가지고 있으며, 이러한 다양성은 식물학적 분류를 어렵게 한다(4-6). 이와 관련하여 오랜 기간 동안 여러 학자들은 멜론의 다양한 변이를 반영할 수 있는 분류 체계를 만들기 위해 노력하였다(7). Pitrat 등(8)에 의한 분류 체계는 형태적 지역적 분포 차이를 반영한 아종 구분으로, 5 품종의 아종 *agrestis* Jeffrey (var. *conomon*, *makuwa*, *chinensis*, *momordica*), 그리고 *acidulus* 과 11 품종의 아종 *melo* Jeffrey (var. *cantaloupenis*, *reticulatus*, *adana*, *chandalak*, *ameri*, *inodorus*, *flexuosus*, *chate*, *tibish*, *dudaim*), 그리고 *chito* 등 총 16 품종으로 분류하였고, 이는 동양계 품종의 다양성을 잘 반영하는 분류체계이다. 이 중 European cantaloupe으로 불리고 주로 오렌지색 과육을 가지며 향기가 뛰어나지만 에틸렌 급등 현상이 뚜렷하여 저장력이 약한 *cantaloupenis* 품종과, American cantaloupe으로 대부분 네트가 있고(*reticulate*에서 유래) 오렌지색 또는 녹색 과육을 가지는 *reticulatus* 품종, Honeydew가 대표적인 매끈한 과피를 가지며 당도가 높고 저장력이 좋은 *inodorus* 품종, 그리고 참외 등 oriental melon 이 속하는 *makuwa* 품종이 가장 많이 재배된다(6). 일반적으로 쓰이는 muskmelon과 네트 멜론은 향기와 네트가 있다는 뜻이다.

### 성 발현

재배되는 멜론 품종은 양성웅화동주형(*andromonoecious*) 이 일반적이고 자웅동주형(*monoecious*)도 있다(9). 영양 생

장 후 웅화(staminate flower)가 먼저 나타나며 양성화(bisexual flower)와 웅화가 발현된 후에 자화가 생성된다. 자화(pistillate flower)의 발현은 온도, 일장, 질소와 수분 등의 환경적 영향을 받으며, 이러한 환경, 영양 요인들은 호르몬 균형의 변화를 초래하여 최종적으로 성 발현이 일어난다. 지베렐린은 수꽃의 발달을 촉진하고, 옥신과 에틸렌은 암꽃 발현을 촉진하는 것으로 알려져 있으며, 특히 에틸렌은 멜론의 성 발현에 중요한 영향을 끼치는 호르몬으로 여겨진다(10,11). 양성웅화동주형 멜론에 에틸렌 또는 에틸렌을 발생하는 화학물을 처리할 경우 양성화의 생성이 촉진되었으나(12,13), 반대로 자주형(*gynoecious*) 멜론의 경우 에틸렌 생합성이나 에틸렌 작용을 억제하였을 때 양성화 발달이 촉진되었다(12,14). 한편 유전자를 형질 전환하여 에틸렌 형성을 촉진시키는 효소 ACS (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase) 활성을 증진시켜 에틸렌 생합성을 증가시킨 멜론에서는 암꽃의 숫자뿐 만 아니라 발현의 속도까지 촉진되었다(15). 이러한 멜론의 성 결정에는 *andromonoecious* (a)와 *gynoecious* (g) 대립유전자가 중요한 역할을 하며, 최근 보고에 의하면(16,17) *andromonoecy* 이 유전자는 ACS를 합성하고(*CmACS-7*) 암꽃에서 수술 발달을 억제하는 것으로 밝혀졌다(Table 1).

### 식물 호르몬과 생리

#### 호흡과 에틸렌

과실은 성숙 중에 호흡과 에틸렌의 변화 양상에 따라 급등형(*climacteric*)과 비급등형(*non-climacteric*)으로 분류되며, 일반적으로 에틸렌은 과실이 적절한 숙기에 이르렀을 때 호흡의 급등을 야기하고, 급격한 호흡의 증가는 과실이 성숙하는데 에너지를 제공한다(18,19). 멜론에서는 호흡 급등현상에 대해서 다양한 연구 결과가 제시되어 왔다. Lyons 등(20)은 수분 후 37-41일 *reticulatus* 품종에서 수확 후 호흡의 급등과 동시에 에틸렌의 증가를 발견하여 멜론은 호흡급등형으로 분류되었다. 또한 호흡급등형 *reticulatus* 멜론을 수분(pollination) 후 10-30일경에 수확하여 에틸렌을 처리 하였을 때에 호흡의 급증이 나타났다(21). 반면에 Miccolis와 Saltveit(22)은 7가지 *inodorus* 품종의 멜론에서 일주일 간격으로 수확 후 즉시(5시간 이내) 에틸렌과 호흡을 측정하였을 때, 에틸렌의 증가는 관찰하였으나 호흡의 증가는 발견하지 못하였다. 또 다른 보고에서는 *reticulatus* 품종에서 수확한 후에 전형적인 에틸렌과 호흡의 증가가 나타났지만, 모식물체에서 성숙되었을 경우 오직 에틸렌의 증가만이 관찰되어 호흡급등현상은 과실 성숙 과정에서 필수적인 것은 아니며 오히려 수확의 스트레스에 의해 야기 되는 것으로 판단하였다(23). 한편 에틸렌 생합성이 억제된 형질 전환 멜론(*antisense ACC oxidase*, AS ACO)을 수확 후 에틸렌을 처리하였을 때, 수확전 멜론에 에틸렌을 처리하였을 때보다 많은 호흡량이 나타났다는 보고도 있었다

(24). 대부분의 *reticulatus*와 *cantaloupensis* 품종은 생육 초기에는 낮은 에틸렌을 생성하지만 성숙기에 에틸렌이 증가하며, *inodorus* 품종은 대체로 이런 현상이 나타나지 않는다(25-27). 반면 Hadfield 등(28)은 *reticulatus* 멜론에서 수확 전과 수확 후 모두 호흡급등현상을 관찰하였다고 보고하였다. 일반적으로 과육이 오렌지색이고 네트가 형성되는 멜론이 과육이 녹색 또는 흰 과육과 부드러운 과피를 갖는 멜론보다 많은 양의 에틸렌을 생성하지만(29,30), Shiomi 등(31)에 의하면 같은 네트가 있는 두 품종 간에도 전형적인 에틸렌 급등을 보이는 재배종('안데스')과 그렇지 않은 재배종('얼스')이 존재한다고 하였다. 이러한 예는 특정한 멜론의 호흡과 에틸렌의 측정만으로는 관련된 품종이나 재배종의 호흡과 에틸렌의 패턴을 예상할 수 없음을 보여준다(28,32). 따라서 수확 후 멜론의 품질관리를 위해서는 품종에 따른 저장 및 수송 조건을 고려해야 한다.

에틸렌은 methionine을 전구체로 하여 S-adenosyl methionine (SAM)과 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)를 거쳐 최종적으로 생성되며, SAM synthetase, ACC synthase (ACS), 그리고 ACC oxidase (ACO)가 이 과정에 관여한다(33). 일반적으로 ACS와 ACO의 활성은 미성숙 과실에서 낮지만 성숙 과정에서 증가하는 효소이다(34). 멜론의 ACS는 여러 유전자에 의해 합성되며(Table 1), 이중 *CM-ACS2*와 *CM-ACS3*은 암상태의 실생에서 뿌리와 배측에서 발현이 나타났으며 옥신에 의해 발현이 증가되었다(35). 과실에서는 *CM-ACS1*과 *CM-ACS2*가 태좌부와 종자에서 발현되었지만 *CM-ACS1*은 수확 후 에틸렌의 증가와 함께 발현이 증가되며 과육 부위까지 발현이 진전된 반면, *CM-ACS2*는 변화가 거의 없었다(36). 게다가 성숙과 함께 에틸렌 급등이 발견되는 Andes 재배종에서는 *CM-ACS1*이 과육과 태좌부에 발현되었지만 에틸렌 급등이 나타나지 않는 '얼스' 재배종에서는 *CM-ACS1*의 발현이 나타나지 않았다(31). 따라서 *CM-ACS1*이 멜론 과실의 성숙과 특이적으로 발현되어지는 유전자로 보인다(37). ACO 역시 여러 유전자에 의해 생합성되며(Table 1) *CM-ACO1*은 성숙된 과실과 상처리 에틸렌이 처리된 잎에서, *CM-ACO2*는 암상태의 배측에서 아주 낮게, 그리고 *CM-ACO3*은 꽃에서 발현이 나타났다(38). Yamamoto 등(36)은 수확한 멜론 과실에서 에틸렌의 급등이 일어나기 전(pre-climacteric)부터 *CM-ACO1*의 mRNA와 polypeptide를 태좌부에서 발견하였으며, 에틸렌의 급등이 일어나는 시점에는 과육부위에서 발현이 증가하는 것을 관찰하였다. 따라서 멜론에 있어서 에틸렌의 발생은 중심부위인 태좌부와 종자가 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다(36). 이상의 연구로 보아 *CM-ACS1*과 *CM-ACO1*이 멜론 과실의 성숙 중 에틸렌 생성에 중요하다고 여겨진다(31).

이렇게 생성된 에틸렌은 수용체와 결합함을 시작으로 하여 신호를 전달, 효과를 나타내게 된다. Sato-Nara 등(39)

은 *Arabidopsis* 에틸렌 수용체 유전자 *ETR1* (ethylene receptor1)과 *ERS1* (ethylene response sensor1)을 이용하여 멜론에서 *Cm-ETR1*과 *Cm-ERS1* cDNA를 동정하였으며(Table 1), *Cm-ETR1* mRNA는 에틸렌의 급증과 동시에 발현이 증가하였지만 *Cm-ERS1*의 증가는 과실 발달 초기에 증가함을 관찰하였다. *Cm-ERS1* mRNA가 성숙기에도 나타나지만 단백질은 발견하지 못해 *Cm-ERS1*은 전사 후 조절되며(40), 소포체막에 존재하는 것으로 보고되었다(41). 에틸렌 수용체는 에틸렌 반응을 부정적으로 조절하여 에틸렌이 수용체에 결합하게 되면 에틸렌 수용체는 불활성화 되고 다음 단계인 CTR1 (constitutive triple response1)도 불활성화 되고, 계속해서 CTR1이 불활성화 되면 EIN2 (ethylene insensitive2)가 활성화되어 EIN3나 EIL1 (EIN3-like)과 같은 전사 요소를 활성화시킨다(42). EIN3와 EIL1은 EREBP (ethylene responsive element binding protein) 유전자의 발현을 조절하고, 이렇게 발현된 EREBP 중의 하나인 ERF1 (ethylene response factory1)은 전사 요소의 하나로 promoter 부근에 GCC-box (cis-acting element)를 가지는 에틸렌에 반응하는 유전자 (ethylene responsive gene)를 조절할 수 있게 된다(43). Huang 등(42)은 멜론의 ethylene insensitive3 (EIN3) 유전자 *CmEIL1*과 *CmEIL2*의 cDNA를 동정하였으며, mRNA 수준이 미성숙과에서는 낮은 반면 성숙기에 증가하는 것을 보고하였다. 하지만 에틸렌 처리가 두 유전자의 발현에 영향이 없어 성숙기의 발현의 증가는 에틸렌에 의한 것이 아니라 성숙에 의해 증가된 것으로 예상하였다. 또한 *CM-ACO1* promoter 부근에 cis-acting element를 가지며 *CmEIL1*과 *CmEIL2* 단백질은 *CM-ACO1* 유전자의 복제를 활성화하는 역할을 한다고 하였다(Table 1).

#### 기타 호르몬과 생리

과실의 발달과 성숙은 에틸렌뿐 아니라 옥신, 앱시스 산, 폴리아민과 같은 다른 식물 호르몬에 의해 상호 복합적으로 조절된다. 과실에서 옥신의 중요한 역할은 생장을 촉진하는 것이다. Xu 등(44)은 IAA (indole acetic acid) 함량이 과실 발달 초기에 증가하다가 그 후 일정하게 유지된다고 하였으며, Lee 등(45)은 과육에서 IAA 함량은 일정한 반면 종자에서는 수분 후 20일까지 증가하다가 감소하는 것을 관찰하였다. 수정이 일어나지 않으면 자방은 퇴화하고 모 식물체로부터 떨어지게 된다. 인공수분을 실시한 멜론의 태좌부와 과육의 IAA 함량은 사이토키닌 활성을 가지는 CPPU [1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea] 처리를 하여 단위결과를 유도하거나 수분을 하지 않은 과실보다 높았다(46). 따라서 IAA는 종자에서 합성되어 농도 기울기에 의해 과육으로 전해지는 것으로 추측된다. 반면, Dunlap 등(47)은 IAA와 IAA 결합형 화합물은 과피 근처의 과육 바깥 조직에서만 발견되었으며 과실이 성숙할 때까지 낮은 함량을 유지한다고 보고하였다. 단위결과나 수정한 과실에

p-CPA를 과실 발달 초기에 처리하면 자당 축적을 증진시켜 옥신은 과실로의 동화물질의 축적을 증가시키는 역할을 하는 것으로 보고하였다(48,49,50). 또한 옥신은 에틸렌 발생을 촉진하는 것으로 알려져 있지만, p-CPA에 의해 단위결과가 유도되면 종자의 형성이 결여되어 에틸렌의 급등과 성숙이 늦어졌다(51).

판단된다.

폴리아민(spermidine과 spermine; SPD와 SPM)은 에틸렌과 상반되는 노화 방지 효과를 가지며 두 호르몬은 생합성 과정에서 공통으로 S-adenosyl methionine을 전구체로 사용하여 에틸렌과 경쟁관계에 있다(56). Honeydew 멜론에서 SPM과 SPM의 diamine 전구체인 putrescine (PUT)이 발견

Table 1. List of genes related to postharvest quality in melon fruits.

Category	Name	Function	Reference
Ethylene production	<i>CM-ACSI-3</i>	ACC synthase1-3	(35)
	<i>CM-ACS7</i>	ACC synthase7	(16)
	<i>CM-ACO1-3</i>	ACC oxidase1-3	(38)
Ethylene signaling	<i>CM-ETRI</i>	ethylene receptor1	(39)
	<i>CM-ERS1</i>	ethylene response sensor1	(39)
	<i>CM-EIL1-2</i>	transcription factor ethylene insensitive1-2	(42)
Cell wall hydrolyzing	<i>MPG1-6</i>	polygalacturonase1-6	(87)
	<i>CmGal1-3</i>	$\beta$ -galactosidases1-3	(83)
	<i>CmXTH1,3</i>	Xyloglucan endotransglycosylase/hydrolases1,3	(83)
	<i>CmEGase1</i>	endo-1,4- $\beta$ -glucanase	(83)
	<i>CmExp1</i>	expansin	(83)
Flavor	<i>Cm-HPL</i>	hydroperoxide lyase	(105)
	<i>Cm-ADH1-2</i>	alcohol dehydrogenase1-2	(111)
	<i>Cm-AAT1-4</i>	alcohol acyl transferase1-4	(112)
	<i>CmArAT1</i>	aromatic amino acid transaminase	(113)
	<i>CmBCAT1</i>	branched chain amino acid transaminase	(113)
Carotenoid	<i>Cm-PSY1</i>	phytoene synthase	(116)

ABA 역시 생식 기관의 발달에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있지만 멜론 과실에서 일반적인 축적 양상과 역할 그리고 에틸렌과의 상호관계는 아직 명확하지 않은 실정이다. Zhang과 Yang (52)은 성숙 중 ABA가 먼저 축적된 후 에틸렌의 급등을 야기하고 그 후에 빠르게 감소한다고 하였으며, Martinez-Madrid 등(53) 역시 ABA 함량은 성숙과 함께 줄어들다가 에틸렌의 피크가 일어나는 시점부터 낮게 유지된다고 보고하였다. 한편 Hayata 등(46)은 과실 발달 초기(개화 후 10일)에 ABA가 감소한다고 하였으며, Dunlap 등(47)은 과피 근처의 과육 바깥 조직에서만 에틸렌의 급등과 함께 증가한다고 하였다. 수확한 과실에서는 Larrigaudiere 등(54)이 에틸렌과 동시에 ABA가 증가하는 것을 관찰하였고 상업적 수확기 10일전인 조기에 수확한 멜론이 상업적 수확기 2일 전인 만기 수확한 멜론보다 높은 ABA 수준을 보였다. 또한 Guillen 등(55)은 조기 수확과에 에틸렌을 처리하였더니 과피와 과육의 ABA 함량이 모두 증가한 것을 관찰하였다. 따라서 이러한 상반되는 ABA의 축적 양상은 다른 재배종, 조직, 성숙도, 그리고 실험 조건에 의한 것으로

되었고, PUT은 성숙 과정동안 꾸준히 축적되어 과실의 노화를 앞당기는 것으로 추측되며(57), 에틸렌 생합성이 억제된 형질전환 멜론의 과피에서 PUT의 함량은 에틸렌의 급등과 비례하여 증가하였지만 비형질 전환 멜론에서는 일정하게 유지되어 에틸렌과 연관성이 있을 것으로 보고하였다(58). 또한 외부에서 SPD와 SPM 처리는 세포막 변성을 억제하는 효과를 나타냈다(57).

## 품 질

### 품질 인자

멜론 과실은 성숙하면서 호흡과 호르몬과 같은 생리적인 측면뿐 만 아니라 여러 가지 생화학적 변화가 나타나며, 당 축적, 경도 변화, 향기 증가, 색소와 네트 발현 등의 생화학적 변화는 멜론 과실의 품질에 직접적으로 연관된다. 특히, 멜론은 당도, 경도, 그리고 향기가 가장 중요한 품질 인자로 판단된다(59). 한편, 에틸렌 생합성이 억제된 형질전환 멜론(antisense ACO)을 사용함으로써 이러한 생화학적 변화를 에틸렌의 의존적 또는 비 의존적인 경로로 구분

할 수 있게 되었다(60-62).

### 당도

멜론은 당도가 12~16°Brix 정도로 과실 중에서도 당 함량이 높으며, 당함량은 과피쪽이 낮고 내벽으로 갈수록 높다(1). 당의 축적은 많은 품종에서 과실 발달 초기에서부터 시작하여 과실의 최대 성숙기까지 증가한다(63,64). 잎에서 합성된 동화 산물은 주로 sucrose와 sucrose에 galactosyl기가 붙은 raffinose와 stachyose의 형태로 체관을 통해 과실로 전류된다(65,66). Galactosyl sucrose oligosaccharide가 대표적인 전류당이지만 종자를 제외한 과실에서는 대부분 sucrose, glucose, 그리고 fructose가 주로 검출되고, galactose, stachyose, 그리고 raffinose는 소량인데, 전가용성 당 함량은 과실이 성장하는 동안 계속 증가하였다(67). 과실로 전류되어 온 sucrose, stachyose, 그리고 raffinose는 invertase와  $\alpha$ -galactosidase에 의해 신속하게 glucose, fructose, 그리고 galactose로 분해되었으며(63,68). 이들 단당류는 수분 후 30~35일까지 함량이 증가한다. 그러나 과실의 성숙과 노화가 진행되면서 전류당들의 분해효소의 활성이 급격하게 감소되면서 수분 35일 이후에는 glucose, fructose, 그리고 galactose의 함량은 감소하고, sucrose, stachyose, 그리고 raffinose가 과실 내에 빠르게 축적 되었다(69). 과육부위에 따라 당의 조성이 틀려지는데(70), sucrose는 과육 중심부에 주로 축적되며(63) 이는 과육 중심일수록 AI (acidic invertase)의 활성이 낮고 SPS (sucrose phosphatase synthase)의 활성은 높기 때문이다(71). 저장 기간을 늘리기 위한 초기 수확된 멜론은 모식물체로부터 영양분이 단절되어 추가적인 당 축적이 일어나지 않아 낮은 당 함량을 가지게 된다(72).

단당류인 glucose와 fructose는 과실 발달 초반에 대부분을 차지하고, 주요 당인 sucrose의 축적은 과실이 모식물체에 달려있는 성숙기 후반에 주로 축적된다(73-76). 이는 과실 발달 초반에 AI의 활성이 높고 SPS의 활성이 낮지만, 과실이 발달할수록 두 효소의 활성이 역전되기 때문이다(63,69,71,72,77). 또한 대부분의 당도가 높은 멜론은 주로 sucrose가 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있는데, sucrose의 축적 속도와 기간이 당도의 가장 중요한 요인이라 할 수 있다(78).

가용성고형물(soluble solids content, SSC)은 멜론 과실의 품질, 당도와 숙기의 척도로 오래 이용되어 왔다(79). °Brix로 표기되는 당함량(degree of sugar)과 당도(degree of sweetness)로 혼용되어 사용되지만 후자는 관능적 의미를 포함한다는 차이점이 있다. Currence와 Larson(80)은 가용성고형물과 품질간의 높은 상관관계가 있다고 보고하였으나, Aulenbach와 Worthington(81)은 관능평가를 실시하였을 때 가용성고형물은 평가자에 의한 점수와의 상관관계가 낮아 오직 가용성고형물 하나로만은 품질을 좌우할 수 없다

고 하였다. 멜론은 전분을 함유하지 않으므로 에틸렌에 의한 전분의 가수분해가 이루어지지 않으며(82), 당의 축적이 에틸렌 급등전에 이루어지므로 에틸렌 비의존적 경로를 따른다고 하였다(62).

### 경도

과육의 연화는 과실이 성숙하면서 일어나는 유전적으로 예정된 변화이며, 과실의 경도는 수확 후 저장기간을 결정하는 중요 인자이다(83). 식물의 일차 세포벽은 cellulose, hemi-cellulose와 pectin으로 구성되어 있으며 대부분 과실의 연화는 pectin과 hemi-cellulose의 변화로부터 야기된다(84). Pectin은 과실의 성숙시에 용해(solubilization)와 역중합(depolymerization) 반응이 일어나며 흔히 polygalacturonase (PG)에 의해 분해된다고 하였는데, 어떤 연구에서는 성숙 중인 멜론에서 PG의 활성을 발견하지 못하였고(83-87), 다른 연구에서는 멜론의 성숙과 함께 PG의 발현이 증가함을 관찰하여 PG에 의한 pectin의 분해를 시사하였다(Table 1). 또한 PG 뿐 아니라  $\alpha$ -D-galactosidase,  $\alpha$ -L-arabinopyranosidase, 그리고  $\gamma$ -D-glucosidase도 pectin 분해에 기여하는 것으로 보고되었다(88). Hemi-cellulose 역시 용해와 역 중합 반응으로 분해되어 과실의 경도를 저하시킨다(86-89). AS ACO 형질전환 멜론은 과육 연화가 크게 지연되어, 에틸렌은 이러한 경도 변화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(61). 하지만, 형질전환 멜론에서도 과육 연화는 나타나며(90), 각각의 세포벽 가수분해 유전자군(gene family)은 에틸렌에 의존적 또는 비의존적으로 발현되어(83) 두 가지 경로를 통해 과육의 연화가 발생된다고 하였다(91).

한편 멜론 과실에서 과육의 연화와 노화는 세포벽의 분해에 기인한 것이 아니라, 중과피(middle mesocarp)와 피하(hypodermal) 조직의 세포막의 변성에 의해 야기된다고 주장되었다(74). Phospholipase D를 시작으로 phosphatidic acid phosphatase 그리고 acyl hydrolase 등으로 이어지는 지질 분해효소들에 의해 phospholipid는 자유 지방산으로 분해된다. Lipoxigenase (LOX)는 linoleic acid와 linolenic acid를 기질로 사용하여 hydroperoxide를 생성하며 이어서 hydroperoxide는 자유 라디칼로 분해되어 세포막의 변성을 야기할 수 있다(92). 네트와 무네트 멜론 과실에서 노화가 진행될수록 간단한 세포막 변성의 척도인 전기전도도가 증가하였는데 이는 phospholipid가 분해되어 free sterol이 많아지고 활성이 증가된 LOX에 의하여 unsaturation acid가 감소하는 것에서 비롯된다(93-95). 이러한 변화는 저장력이 짧은 품종에서 더욱 두드러지는데 이는 보존 기간이 짧은 품종은 superoxide dismutase, catalase, 그리고 peroxidase 등과 같은 항산화 효소들의 활성이 낮기 때문이다(96,97). 품종에 따라서도 항산화 능력의 차이가 나타나는데 네트가 없는 품종, 녹색 과육 그리고 오렌지색 과육을 가진 순으로 항산화성이 높게 나타났다(98,99). 에틸렌은 자유 라디칼

을 생성하는 효소들의 작용을 증가시키는 것으로 알려졌지만 멜론에서는 상관관계가 확실하지 않았다(92).

향기

멜론 과실의 향기성분은 대략 240여종의 화합물이 보고 되었으며(100), 품종에 따라 다르지만(101) 주요 화합물로는 에스터, 포화 또는 불포화 알데히드와 알콜, 그리고 황 화합물이다(102). 그 중 에스터 화합물은 과실이 성숙함에 따라 함량이 증가하여 멜론 과실의 향기에 가장 중요한 영향을 끼치는 화합물이다(60). 알킬 가지를 가지는 에스터 화합물은 alanine, valine, methionine, isoleucine, 그리고 leucine으로부터 유래하며(Fig. 1) decarboxylation과 deamination 이 되어 알데히드를 생성하거나 또는 그 반대의 기작으로 생성한다(103). 지방족 에스터는 자유 지방산인 free linoleic acid와 linolenic acid로부터 lipoxygenase에 의해 산화된 후 hydroperoxide lyase (HPL)에 의해 생성되고(Table 1), 짧은 사슬을 가지는 지방산은  $\gamma$ -oxidation에 의해 알데히드를 생성한다(104,105). 그 후 alcohol dehydrogenase (ADH)에 의해 알콜로 환원되며(106), 최종적으로 alcohol acyl transferase (AAT)에 의해 상응하는 에스터 화합물로 전환 된다(107). 주로 급등형 멜론은 향기가 우수하고, 비급등형 멜론은 덜 향기로우며(108), 육종이나 유전자 조작에 의해 장기저장용으로 개발된 품종은 향기 성분이 줄어든다고 보고되었다(60,109). Flores 등(110)은 지방산과 알데히드의 환원은 에틸렌 의존적인 경로인 반면, 알콜의 acylation은 에틸렌에 의하거나 또는 에틸렌 없이도 가능하다고 하였으며, El-Sharkawy 등(111)과, Manriquez 등(112)은 AS ACO 형질전환 멜론의 ADH와 AAT 효소 활성이 과실 성숙 기간 중 억제된다고 하였다. 최근 Gonda 등(113)은 멜론에서 에틸렌에 의해 phenylalanine이 향기 성분으로 전환 할 수 있음을 밝혔으며, 아미노산을 deamination시키는 새로운 amino acid transaminase 유전자를 동정하였다(Table 1).

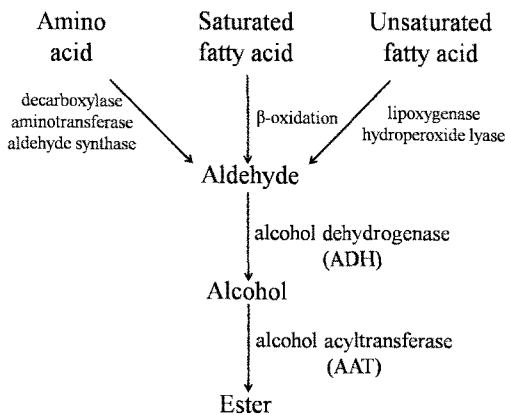


Fig. 1. Biosynthetic pathway of aroma volatile compounds in melon fruits (104)

색소

멜론의 과육과 과피의 색은 품종에 따라 다양하며, 성숙이 진전 될수록 색의 변화도 일어난다. Watanabe 등(114)은 4가지(오렌지, 밝은 오렌지 또는 분홍, 녹색 그리고 흰색) 과육색을 띄는 멜론의 색소를 조사한 결과, 오렌지 및 적색 과육의 주된 색소는 베타카로틴 함량이 높게 나타난다고 하였고, 100 g 당 0.42~2.02 mg 정도가 들어있다고 하였다. 베타카로틴의 함량은 오렌지색이 가장 많았으며 양은 오렌지, 밝은 오렌지, 녹색 그리고 흰색의 순으로 많았다고 하였다. 이와 함께 비타민A의 함량도 많은데 보통 과육 100 g 당 250~3,400 IU 정도가 들어있다(1). 녹색이나 황록색 멜론의 과육에는 비타민 C의 함량이 많으며 과육 100 g 당 25~42 mg이 들어 있다. 카로티노이드와 더불어 클로로필 함량 변화도 과육의 색의 변화에 영향을 끼친다. Reid 등(115)은 멜론 과육 색은 에틸렌 급증이 나타나기 전부터 변화하기 시작하였다고 보고하였고, Guis 등(61) 또한 AS ACO 형질전환멜론과 비형질전환 멜론의 과육색의 차이가 없다고 하였다. 이는 카로티노이드 생합성 과정에서 초기 단계에 작용하는 phytoene synthase의 발현이 과실 발달 과정 초반부터 나타난다는 보고와 일치한다(116). 한편 ‘Prince’ 멜론 과피의 경우 과실이 성숙하면서 카로티노이드의 함량이 비형질 전환체에서 증가하였지만, AS ACO 형질전환 멜론에서는 일정하게 유지되었고 비형질전환 멜론에 외부에서 에틸렌을 처리하였을 때 과피가 노랗게 변하는 현상이 나타났다(117). 또한, 비형질전환 멜론에서 클로로필 함량은 에틸렌의 피크가 나타나는 성숙기에 급격히 감소하였지만 형질전환 멜론은 같은 변화를 나타내지 않음으로 과육과 과피에서 클로로필과 카로티노이드 변화는 에틸렌과 다른 양상을 보인다(118).

네트

네트는 과피 표면 조직의 발달이 내부 발달 속도보다 느려, 과육이 비대해지는 초반기에 내부 세포의 상층로부터 코르크질로 바뀐(suberized) 망상 조직을 말하며, 과실 발달 초반에는 과실 표면에 살짝 튀어나오지만, 과실 비대가 계속되면서 상처가 깊고 넓어져 며칠 내에 과피 전체로 퍼지며 두껍게 튀어나오게 된다(119). 네트는 과피를 강하게 하며 물리적 충격에 방어적인 역할을 담당하지만(120), 네트형성이 완전한 멜론은 미적가치를 향상시켜 상품가치를 증가시킨다(121). 국내에서 주로 재배되는 네트 멜론은 ‘얼스’ 계통으로 내수 및 수출용으로 가장 많이 재배되고 있다. 무네트 멜론으로는 ‘홈런스타’, ‘가야백자’, ‘파파야’가 있다.

수확 및 수확후 관리

수확적기 판정

적정한 숙기에 수확하는 것은 수확 후 과실 멜론 품질

유지에 매우 중요하다. 유전적 다양성에 따라 과실이 성숙하는 정도의 차이가 다양하며 재배관리 상태가 다르므로 수확 적기를 판단하기는 쉽지 않다(29,117). 가장 쉽고 경험적인 방법으로는 수분 후 경과일수를 기준으로 수확기를 정하는 것이다(82,122). 네트 멜론(‘얼스’)의 수확기는 만개 후 50일 이상 성숙했을 때에 수확을 하며, 과실에 붙은 잎이 누렇게 퇴색되기 시작하고 꼭지 주위에 노란색이 형성되는 시기로 판정한다. 최종 소비시기를 감안하면 수확적이 이후 잎이 오그라들기 전에 수확하는 것이 좋다(1). 무네트 멜론(‘홈런스타’)의 수확기는 만개 후 40일 이상 성숙된 상태로서 과육색은 녹색이 사라진 후가 적당하며, 과실에 붙은 잎이 80% 이상 누렇게 퇴색되고 시들었을 때에 수확한다. 마찬가지로 최종 소비시기를 감안하여 수확적이 이후 잎이 오그라들기 전에 수확한다(1).

에틸렌 급등형인 *cantaloupensis*와 *reticulatus* 대부분의 품종에서는 peduncle의 이층 발달(abscission layer; slip)이 수확 표지로 사용될 수 있지만, Honeydew와 같은 품종은 과숙하더라도 이층이 형성되지 않는다(20,123,124). Fallik 등(125)은 ‘Galia’ 멜론의 경우 녹색에서 황색으로의 과피의 색의 변화에 따라 6가지 성숙도로 구분하였으며, Martinez-Madrid 등(53)은 과피의 Hunter b 값 또는 b/a 값으로 수확기를 판단할 수 있다고 제안하였다. 과실이 익으면 식물체나 과실에 변화가 생기는 경우가 있는데, Portela와 Cantwell(126)은 과피의 감촉, 꽃자리 부분의 향기와 과실의 밀도 등의 미묘한 변화로 상업적인 멜론 생산에서 수확기를 판단한다고 하였다. Hong 등(1)은 착과지 앞에 마그네슘 결핍 증상이 나타나는 것은 수확기가 가까웠다는 신호이며, 이 단계를 지나 과실의 꽃자리 부분을 약간 힘을 주어 눌렀을 때 탄력이 느껴지는 시기가 가장 확실한 수확 적기라고 하였다. 또한 완전한 네트의 발현은 과실의 성숙과 품질, 그리고 높은 상품 가치를 지니게 한다고 하였다(120). ‘Cantaloupe’의 수확기의 적기를 판단하는 기준으로 과실이 달린 줄기 끝에 이층이 형성되는 것으로 판단할 수 있으며, 이 시기 전에 수확이 되면 충분한 당분의 축적이 이루어지지 않아 품질이 좋지 않다고 한다(76). 그러나 이 시기에 수확하면 품질은 좋으나 수확 후 품질이 빨리 저하되므로 당도 및 향기가 최상의 상태인 고품질을 유지하면서 수확 후 품질을 오래 유지시키는 것이 가장 큰 문제라고 할 수 있다. 멜론은 후숙 과채류로서 유통 과정 대사가 계속 진행이 되어 유통 중 품질 저하가 크기 때문에 미숙한 과실을 수확하여 유통하는 것이 관례이다. 그러나 유통기한을 고려하여 충분히 익기 전에 수확하게 되면 과육질이 부드럽지 못하고 거칠게 되어 품질에 영향을 미칠 수 있다(127). 따라서 유통 기간만을 고려하여 수확하면 소비자는 멜론 고유의 풍미를 접하지 못하며 출하시 상품성이 저하되는 원인의 하나로 작용한다.

‘얼스’ 멜론을 정식 90일이 경과한 적숙과와 정식 92일이

경과한 완숙과로 나누어서 수확하여 수확 후 품질과의 관계를 연구한 실험(128)에서 수확 후 가장 좋은 상품성을 유지한 경우는 완숙과를 수확하여 저온(10℃)에서 저장한 경우라고 하였다.

#### 수확방법

멜론은 상대적으로 과피가 두껍고 과실의 부피가 커서 수확 시 상처를 입을 수 있는 확률이 적은 편이다. 그러나 꼭지 부분의 절단면으로부터 병원균의 침입으로 부패가 촉진될 염려가 있으므로 절단 도구를 반드시 소독해서 사용하여야 한다. 수확방법은 멜론을 왼손으로 가볍게 받쳐 들고 적과가위로 줄기 부분을 한 번에 잘라야 하며, 적과 시 꼭지를 T자 모양으로 남기고 자르되 양쪽이 각각 약 5~7 cm 길이로 남도록 자른다. 수확 후 줄기부분을 잡거나 비틀지 않도록 한다. 수확은 아침 일찍 서늘할 때에 수확하여 과실의 품온을 낮게 유통되도록 해야 하며, 토양으로부터 병원균의 오염을 막기 위해 과실에 흙이 묻지 않도록 해야 한다. 운반 시에는 과실간의 충돌로 충격이 가지 않도록 부직포나 스타일로폼 슈트를 깔거나 과실사이에 넣고 그늘로 옮겨 과실의 품온이 올라가지 않도록 한다. 과실 무게로 인한 압상을 방지하기 위해서 포개어 놓지 않고 넓게 펼쳐서 놓는다. 포장 상자에 과실을 넣되 압상을 방지하기 위해 2단 이상 쌓지 않는다. 운반 시 상처가 나지 않도록 과실가 꼭지가 서로 맞닿지 않도록 반대로 배치하며, 운송 시 햇빛에 노출되는 시간이 길지 않도록 한다(1).

#### 예냉

고온기에 수확하는 멜론은 유통 및 저장 전에 예냉을 실시하여 품온을 낮추어 유통하여야 한다. 네트멜론은 일반적으로 10℃로 저장하는데 차압통풍식으로 예냉할 경우 공기 유통이 원활한 상자를 이용하고 과도한 온도저하 및 수분손실을 주의해야 한다. 예냉 및 저온 유통은 멜론의 품질변화와 부패를 지연하여 수출시 품온을 10℃로 맞추기 위해서 냉풍온도를 8~10℃로 하여 5~6시간 정도 예냉하면 된다. 예냉한 네트 멜론은 예냉하지 않은 멜론보다 실온 저장 시 2~3일, 저온 저장 시 1주일 품질을 더 유지할 수 있다(129).

#### 선별

멜론을 포장하기 전에 packing house에서 등급에 따라 품질을 나누는 과정이다. ‘국립농산물품질관리원’의 등급 규정에 따라 무게, 모양, 신선도 및 속도, 향기, 당도, 중결점과, 경결점과, 등의 요인에 의한 선별을 하고, 수출 시에는 수출 상대국의 요구 등급에 따라 선별하여 포장한다. 근래에 일본으로 멜론의 수출이 많이 증가하고 있는데 일본 수출용 멜론의 등급은 ‘일본농림수산성’의 기준에 따른다.

## 포장

선별이 끝난 후 포장을 할 때는 포장 상자에 과실의 당도를 표시하는 것을 권장하고 있다. 표준 거래 단위는 5 kg, 8 kg, 그리고 2~10개 들이로 포장된다. 포장 시 완충용 발포그물망 소포장재, 종이를 이용한 간이 칸막이 등을 이용하여 개체를 구분하고, 유통 중의 압상 및 과숙에 의한 병발생을 방지하도록 한다. PE 필름을 이용하여 개별포장을 하면 MA 저장(modified atmosphere storage)의 효과가 있어 저장 및 수송 중의 품질을 유지시켜줄 수 있다. 포장 상자 규격은 상자를 적재할 때 펠릿과 치수와 일치하도록 표준규격을 이용해야 하며, 상자가 펠릿 밖으로 나오지 않도록 해야 충격에 의한 압상이 예방 된다.

## 수확 후 처리

### 열처리

수확 후 품질을 연장시키기 위한 한 방법으로 더운 물에 침지하는 열처리 방법이 연구되어 왔다. 열처리를 할 경우 심미도의 증가와 함께 이취가 감소되고 경도를 유지할 수 있다(130). 경도의 유지는 세포막을 분해하는 리파제 효소와 관련이 있는데 cantaloupe 멜론으로 온도에 따른 품질의 변화를 조사한 실험에서 30°C에서 40°C로 온도를 증가시키면 리파제의 활성이 60% 증가하였다가 60°C까지는 안정적인 활성을 나타내었다(131). 또한 리파제의 활성은 온도별 열처리 시간에 따라서 다르며 60°C에서도 5분에서 20분이 지나면 30% 활성이 감소되며, 70°C에서는 5분이 지나면 활성이 65% 정도 저하되고 20분이 지나면 활성을 완전히 잃어버린다고 하였다. 이에 Cantaloupe 멜론은 60°C 온탕에서 60분간 열처리 하면 저장 기간 동안 저온장해가 감소되고, 미생물의 감염을 억제시키며, 호흡과 수분감소를 억제할 수 있다고 하였다(132).

### 칼슘처리

칼슘은 세포막의 견고성을 증가시키고 노화를 지연시키는 것으로 알려져 있어 수확전이나 수확 후에 칼슘을 처리하여 저장성을 높이려는 노력이 있어 왔다(132). 신선편이 Cantaloupe 멜론에 칼슘을 처리하면 상업적으로나 소비자의 기피 현상 없이 품질을 저하시키지 않으면서 노화를 지연시켜 저장성을 높일 수 있다. 칼슘은 세포막에 공유 결합과 교차결합을 함으로써 킬레이트 화합물을 만들어 세포막의 견고성을 증가시켜 연화를 억제하여 경도를 유지하고, 세포막 분해에 의한 세포질 물질의 누출을 억제하여 갈변억제 및 품질유지를 하도록 한다. 수확 전 또는 수확 후에 칼슘 처리를 할 때에 멜론의 저장성은 칼슘을 녹인 용액의 온도에 의해서 영향을 받는 것으로 알려져 있는데 이는 리파제의 활성이 온도에 따라서 다르기 때문이며, 칼슘의 처리는 peroxidase의 활성도 억제시킨다(131,132).

## 1-methylcyclopropene(1-MCP)처리

멜론의 품질 및 유통기한 연장을 위하여 열처리 및 칼슘제를 이용한 방법(133)이 있으며 1-MCP 처리에 의한 에틸렌 저해 방법(134,135), 양액 내에 NaCl을 첨가하여 멜론의 저장성을 향상시키는 방법(136) 등의 연구가 보고되어왔다. 수침현상(water soaking)은 주로 태좌부 주위의 과육이 투명해지며 멜론이 과숙하였을 때 나타나는 장애로 심하지 않으면 외부에서 육안으로 선별하기가 힘들다(137). 칼슘이 부족한 멜론에서 수침현상이 많이 발생하였으며(138), du Chatenet 등(139)은 수침현상이 일어난 부위에는 calmodulin binding protein (CaM-BP)이 결여되며, 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP를 처리하였을 때 비처리구와 같은 시기에 수침현상이 일어나 에틸렌과 수침현상은 독립적인 현상이라 보고하였다. 그러나 1-MCP를 저장 중 처리하였을 때 과실로부터 에틸렌과 호흡의 생성 및 전기전도도 증가를 지연하고 감소시켰으며, 경도 유지에 효과적이었다(134,135,140). 1-MCP 처리와 함께 CA (controlled atmosphere) 저장이나(141, 142), MA 저장을 했을 경우에(143) 과실 경도 유지와 부패율을 감소시켰다고 보고되었지만 저온 저장과 함께 한 경우와 큰 차이는 없었다고 하였다(144).

## 저장

### 저온저장

국내에서 유통되는 멜론의 유통문제점은 수확 후 여름철 상온에서 부패가 쉬워 상온 유통 기간이 일주일 정도로 짧아 여름에 출하되는 멜론은 즉시 소비용으로 재배해야 한다는 점이다. 대체로 Inodorus 품종의 경우 저장기간이 Cantaloupe와 Reticulatus 보다는 긴 편이지만 적정 저장 환경에서도 3주 이상 저장은 어렵다(134,140). 가을에 수확하는 멜론의 저장 환경으로는 에틸렌과 호흡을 줄이고 저온장해가 발생하지 않는 10°C와 85-90% 상대습도가 적절하다고 보고되어 있다(141). 이 저장 조건에서 저장하면 후숙이 잘 되면서 2-3주간 저장할 수 있다. Cantaloupe 멜론은 2-5°C에서는 약 15일간 저장이 가능하나, 이 온도 조건에서는 멜론의 품종 및 품질 상태에 따라서 저온 창고 내에서 저온 장해를 야기시킬 수 있다고 하였다. 박과에 속하는 다른 작물과 같이 멜론 역시 빙점이상의 너무 낮은 저온에서 저장 시에 과피함몰(pitting), 변색(갈변) 등 저온장해와 곰팡이나 박테리아에 의한 부패 현상이 있다(145,150). 5~10°C에서 저장하면 3주간 후숙이 되면서 좋은 품질을 유지하면서 저장할 수 있으나, 저온저장 후 상온에서 유통할 때에 역시 저온 장해가 발생하기 쉽다(1). 이 때에 발생하는 장해현상은 변색과 과육부괴 현상으로 과육에 충이 발생하거나 조직이 물러지는 현상이 있다. 저온 장해는 세포막의 인지질 구조의 유동성에 변형되고, 세포내 세포질 및 액포 내 물질의 유출로 인한 기질과 효소의 반응이 생겨



갈변이 생기거나 기능 장애를 일으키는 것이 원인이 된다. 또한 너무 낮은 저온에서 저장할 경우는 후숙이 되지 않아 저장 중 품질이 저하될 수 있다(145,150).

저온저장 중의 장애는 과실의 성숙과 노화 과정에 나타나므로 에틸렌과의 연관관계를 추측할 수 있다. Honeydew 멜론의 경우 성숙도가 진전된 과실일수록(151) 그리고 외부에서 에틸렌을 처리하였을 때 저온 장애가 줄어드는 것으로 보고되었다(152,153). 반면 에틸렌 생합성이 억제된 Charentais cantaloupe 멜론에서는 비형질전환 멜론보다 저온 장애가 덜 일어나 저온 장애에 대한 에틸렌의 영향은 품종마다 다른 것으로 보였다(91,154). 무네트 멜론 '홈런스타'와 네트 멜론 '얼스'를 저온 저장하였을 때에 저장 온도가 낮을수록 과피 갈변 현상은 더욱 심해졌다. 계절별 수확에 따른 저장성을 볼 때에 네트 멜론 '얼스'의 수확 후 부패에 영향하는 균은 *Ascochyta sp.*과 *Fusarium semitectum*이며, 여름철에 수확 멜론은 가을에 수확한 멜론보다 동일한 온도 조건에서 유통하였을 때 저장성이 훨씬 낮으며, 저온에서 저장한 후 상온으로 유통을 할 경우에 식미도는 빙점 근접 저온에서 저장하였던 멜론보다 더 높은 저온에서 저장한 멜론의 식미도가 높았다(145).

#### CA 및 MA 저장

멜론은 다른 과실들에 비해서 상대적으로 에틸렌의 생성량이 많은 작물이다(155). 따라서 멜론을 수확한 후에 멜론에서의 공기 조성을 달리한 CA 저장 또는 MA 저장은 특히 호흡과 에틸렌 생성을 억제하여 후숙과 노화를 지연시키고, 저장 중 병충해 번식을 방지시키며, CA 저장조건으로 저온 저장을 할 경우에는 더 낮은 온도에서도 저온 장애를 완화시키는 것으로 알려져 있다(142). CA 저장 조건은 Cantaloupe 멜론 및 네트 멜론은 3~5% O<sub>2</sub> + 10~15% CO<sub>2</sub>이며, 2~5°C이 조건에서 2~3주간 저장성이 유지된다. Honeydew 멜론과 오렌지색의 과육을 가진 멜론들은 3~5% O<sub>2</sub> + 5~10% CO<sub>2</sub> 조건에서 5~10°C 온도에서 저장하면 3~4주간 저장할 수 있는데 미생물 번식을 억제하고 경도를 잘 유지할 수 있다(155). 그러나 O<sub>2</sub>가 1% 이하이고 CO<sub>2</sub> 10~20% 이상이 되면 발효에 의해서 과육에 거품이 나기 시작하면서 이취가 나고, 과육이 손상된다.

MA 저장은 멜론을 플라스틱 필름으로 포장하여 유통 및 저장할 때에 정확한 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 조건은 아니지만 호흡에 의해서 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의해서 필름 내부에 자연스럽게 저 산소와 고 이산화탄소 조건인 MA 조건이 형성되어 경도를 비롯한 품질이 유지되며, 플라스틱 필름으로 인해 수분 손실이 방지 된다(155). 주로 CA 저장은 장기 저장이나 장기 수송을 하는 미국 등의 나라에서 이루어지고 있으나, 국내에서는 멜론을 CA 저장하는 경우는 거의 없으며, 신선편이 식품에서 단기 수송 및 유통을 위한 플라스틱 포장 포함으로서 MA 저장에 의한 유통이 이루어지고 있다.

#### Fresh-cut(신선편이)

최근 ready-to-eat 또는 최소가공식품(minimally 또는 lightly processed)라고 불리는 신선편이 과채류에 대한 소비자의 인식과 수요가 증가하여 상업적으로도 중요한 시장이 형성되었다. 신선편이 제품은 소비자의 기호를 충족시키는 장점을 가지고 있지만 제조과정에서 가해지는 물리적 손상은 표면적과 대사 활동을 증가시켜 작물의 호흡과 에틸렌의 발생, 수분 손실과 미생물의 성장을 촉진하게 되며 이러한 생리적 변화들은 저장력과 상품성을 떨어뜨리는 원인이 된다(156). 보통 Honey Dew 멜론은 당도가 11~12%이고 조직이 아삭거리는 상태에서 신선편이 가공을 한다. 5.25%의 Na-hypochloride 용액으로 200 μL/L 농도의 세척수를 5°C, pH 6.5~7.5로 준비하여 5분간 표면을 세척한다. 멜론의 껍질을 벗기고 정육면체 형태로 잘라서 멜론 조각을 5.25%의 표면세척수와 동일한 조건으로 만든 150 μL/L의 세척수에 30초간 세척한다. 이런 과정을 거친 신선편이 멜론은 5°C에서 저장하면 6~10일 정도 품질을 유지할 수 있다(157). 신선편이 제품은 수확한 상태로 저장하는 것보다 많은 주의가 필요한데 최소 가공된 상태에서 CA (126,157)와 MA (158-161) 저장은 호흡을 줄이고 경도 저하, 이취 형성, 부패, 갈변, 과육 투명 현상 등을 방지하는데 효과적이다. 그리고 열과 칼슘처리하는 과육의 노화를 방지한다고 알려져 있는데 열처리하는 pectin methyl esterase를 활성화시켜 pectin이 demethylation이 되어 음이온의 carboxyl기를 형성하며, 여기에 칼슘 처리를 하여 칼슘 이온이 결합되면 Ca-pectate를 형성하여 polygalacturonase와 같은 pectin 분해효소의 공격으로부터 보호받을 수 있게 된다(132,162). 또한 칼슘은 세포벽과 더불어 세포막 지질을 분해하는 효소들을 억제하여 세포막을 안정화시킨다(131,163). 이러한 열과 칼슘처리하는 수확 후 가공하지 않은 상태에서 실시한 후에 신선편이 멜론을 만들었을 때에도 품질 유지에 효과적이었다(130,164,165). 하지만 경도 유지를 위해 조기 수확한 과실로 신선편이 제품을 만들게 되면 가공하지 않은 상태에서 열과 칼슘을 처리하더라도 당도와 향기가 떨어져 소비자가 외면하는 품질로 이어질 수 있다(165,166).

#### 요 약

박과에 속하는 멜론은 다양한 형태, 과실 크기, 과피와 과육의 변이를 가진다. 또한, 멜론은 당도가 높고 향기와 과즙이 풍부하여 경제적으로도 중요한 작물이다. 멜론 종 내에는 호흡과 에틸렌의 차이에 따라 호흡급등형(climacter)과 비호흡급등형(non-climacteric) 타입이 동시에 존재한다. 멜론은 에틸렌 발생량이 많은 과실이며 에틸렌은 성발현에 중요한 역할을 하며 다른 호르몬들도 상호 작용하여 과실이 성숙 시에 영향을 끼친다. 멜론은 성숙하면서 이러한 생리

적 변화뿐만 아니라 당도, 경도, 향기, 색소 그리고 네트 발현과 같은 생화학적 변화가 나타난다. 이러한 변화들은 수확의 지표로 사용될 수 있으며 멜론의 수확적기 판정은 수분 후 일수가 가장 많이 이용된다. 수확 후 멜론은 10℃로 품온을 낮추기 위한 예냉 작업을 한 후, 선별, 포장 과정을 거친다. 수확 후 고품질을 유지하기 위하여 열처리를 하여 효소 활성 및 미생물 번식을 억제시키며, 칼슘 처리를 하여 경도를 유지할 수 있다. 1-MCP를 처리하면 호흡과 에틸렌 발생을 억제시켜 저장성이 증가하였다. 멜론의 저장기간은 짧은 편이며 저온 저장 시 저온 장해를 쉽게 받으므로 10℃ 정도가 가장 적절하다. 국내에서는 저온저장이 가장 보편적으로 이용되고 있으며 장기유통을 할 경우에는 CA저장으로 후숙과 노화를 지연시킨다. 신선편이 멜론의 가공은 살균제가 첨가된 세척수로 세척과 살균 과정을 거쳐 플라스틱 필름 포장을 하여 저온유통 한다. 최근 신선편이 멜론의 수요가 증가하고 있어 품질과 저장 기간을 늘리기 위한 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- Hong SJ (2009) Harvest and postharvest technology. In: Manual of postharvest technology of melon. Ministry for Food Agriculture Forestry and Fisheries and Nonghyup, Seoul, Korea, p17-35
- Kerje T, Grum M (2000) The origin of melon, *Cucumis melo*: A review of the literature. Acta Hort, 510, 37-44
- Munger HM, Robinson RW (1991) Nomenclature of *Cucumis melo* L. Cucurbit Genet Coop Rep, 14, 43-44
- Akashi Y, Fukuda N, Wako T, Masuda M, Kato K (2002) Genetic variation and phylogenetic relationships in East and South Asian melons, *Cucumis melo* L., based on the analysis of five isozymes. Euphytica, 125, 385-396
- Stepansky A, Kovalski I, Perl-Treves R (1999a). Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation. Plant Systematics Evol, 217, 313-332
- Szamosi C, Solmaz I, Sari N, Barsony C (2010) Morphological evaluation and comparison of Hungarian and Turkish melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. Sci Hort, 124, 170-182
- Yi SI, Kwon YS, Bae KM, Song JH (2004) Recent progresses for the variety classification and denomination of oriental melon and melon (*Cucumis melo* L.). Kor J Hort Sci Technol, 22, 515-522
- Pitrat M, Hanelt P, Hammer K (2000) Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. Acta Hort, 510, 29-36
- Kenigsbuch D, Cohen Y (1990) The inheritance of gynoecey in muskmelon. Genome, 33, 317-320
- Byers RE, Baker LR, Dilley DR, Sell HM (1972a) Chemical induction of perfect flowers on a gynoeceious line of muskmelon, *Cucumis melo* L. HortScience, 913, 321-331
- Karchi Z (1970) Effects of 2-chloroethanephosphonic acid on flower types and flowering sequences in muskmelon. J Amer Soc Hort Sci, 95, 515-518
- Owens KW, Peterson CE, Tolla GE (1980) Production of hermaphrodite flowers on gynoeceious skmelon by silver nitrate and aminoethoxyvinylglycine. HortScience, 15, 654-655
- Rudich J, Halevy AH, Kedar N (1969) Increase in femaleness of three cucurbits by treatment with Ethrel, an ethylene releasing compound. Planta, 86, 69-76
- Byers RE, Baker LR, Sell HM, Herner RC, Dilley DR (1972b) A natural regulator of sex expression of *Cucumis melo* L. In: Ethylene. Proc Natl Acad Sci, New York, USA, 69, p 717-720
- Papadopoulou E, Little H, Hammar S, Grumet R (2005) Effect of modified endogenous ethylene production on sex expression, bisexual flower development and fruit production in melon (*Cucumis melo* L.). Sex Plant Reprod, 18, 131-142
- Boualem A, Fergany M, Fernandez R, Troadec C, Martin A, Morin H, Sari MA, Collin F, Flowers JM, Pitrat M, Purugganan MD, Dogimont C, Bendahmane A (2008) A conserved mutation in an ethylene biosynthesis enzyme leads to andromonoecy in melons. Science, 321, 836-838
- Boualem A, Troadec C, Kovalski I, Sari MA, Perl-Treves R, Bendahmane A (2009) A conserved ethylene biosynthesis enzyme leads to andromonoecy in two *Cucumis* species Plos One, e6144
- Abeles FB, Morgan PW, Saltveit ME (1992) The biosynthesis of ethylene. In: Ethylene in plant biology 2nd ed, Academic Press, San Diego, USA, p 21-35
- Kays SJ (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. AVI. New York, USA, p 12-48
- Lyons JM, McGlasson WB, Pratt K (1962) Ethylene production, respiration, & internal gas concentrations in cantaloupe fruits at various stages of maturity. Plant Physiol, 37, 31-36
- McGlasson WB, Pratt HK (1964) Effects of ethylene on cantaloupe fruits harvested at various ages. Plant Physiol, 39, 120-127

22. Miccolis V, Saltveit ME (1991) Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of 7 melon cultivars. *J Amer Soc Hort Sci*, 116, 1025-1029
23. Shellie KC, Saltveit ME (1993) The lack of a respiratory rise in muskmelon fruit ripening on the plant challenges the definition of climacteric behavior. *J Exp Bot*, 44, 1403-1406
24. Bower J, Holford P, Latche A, Pech JC (2002) Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. *Postharv Biol Technol*, 26, 135-146
25. Kendall SA, Ng TJ (1988) Genetic variation of ethylene production in harvested muskmelon fruits. *HortScience*, 23, 759-761
26. Nukaya A, Ishida A, Shigeoka H, Ichikawa K (1986) Varietal difference in respiration and ethylene production in muskmelon fruits. *HortScience*, 21, 853
27. Perin C, Gomez-Jimenez M, Hagen L, Dogimont C, Pech JC, Latche A, Pitrat M, Lelievre JM (2002) Molecular and genetic characterization of a non-climacteric phenotype in melon reveals two loci conferring altered ethylene response in fruit. *Plant Physiol*, 129, 300-309
28. Hadfield KA, Rose JKC, Bennett AB (1995) The respiratory climacteric is present in Charentais (*Cucumis melo* cv *Reticulatus* F1 Alpha) melons ripened on or off the plant. *J Exp Bot*, 46, 1923-1925
29. Liu L, Kakihara F, Kato M (2004) Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf-life of fruit. *Euphytica*, 135, 305-313
30. Zheng XY, Wolff DW (2000) Ethylene production, shelf-life and evidence of RFLP polymorphisms linked to ethylene genes in melon (*Cucumis melo* L.). *Theor Appl Genet*, 101, 613-624
31. Shiomi S, Yamamoto M, Nakamura R, Inaba A (1999) Expression of ACC synthase and ACC oxidase genes in melons harvested at different stages of maturity. *J Jpn Soc Hort Sci*, 68, 10-17
32. Kitamura T, Umemoto T, Iwata T, Akazawa T (1975) Studies on the storage of melon fruits. II. Changes of respiratory and ethylene production during ripening with reference to cultivars. *J Jpn Soc Hort Sci*, 44, 197-203
33. Yang SF, Hoffman NE (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol*, 35, 155-189
34. Kende H (1993) Ethylene biosynthesis. *Annu Rev Plant Physiol*, 44, 283-307
35. Ishiki Y, Oda A, Yaegashi Y, Orihara Y, Arai T, Hirabayashi T, Nakagawa H, Sato T (2000) Cloning of an auxin-responsive 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (CMe-ACS2) from melon and the expression of ACS genes in etiolated melon seedlings and melon fruits. *Plant Sci*, 159, 173-181
36. Yamamoto M, Miki T, Ishiki Y, Fujinami K, Yanagisawa Y, Nakagawa H, Ogura N, Hirabayashi T, Sato T (1995) The synthesis of ethylene in melon fruit during the early stage of ripening. *Plant Cell Physiol*, 36, 591-596
37. Miki T, Yamamoto M, Nakagawa H, Ogura N, Mori H, Imaseki H, Sato T (1995) Nucleotide sequence of a cDNA for 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase from melon fruits. *Plant Physiol*, 107, 297-298
38. Lasserre E, Bouquin T, Hernandez JA, Bull J, Pech JC, Balague C (1996) Structure and expression of three genes encoding ACC oxidase homologs from melon (*Cucumis melo* L.). *Mol Gen Genet*, 251, 81-90
39. Sato-Nara K, Yuhashi K, Higashi K, Hosoya K, Kubota M, Ezura H (1999) Stage- and tissue-specific expression of ethylene receptor homolog genes during fruit development in muskmelon. *Plant Physiol*, 120, 321-329
40. Takahashi H, Kobayashi T, Sato-Nara K, Tomita K, Ezura H (2002) Detection of ethylene receptor protein Cm-ERS1 during fruit development in melon (*Cucumis melo* L.). *J Exp Bot*, 53, 415-422
41. Ma B, Cui ML, Sun HJ, Takada K, Mori H, Kamada H, Ezura H (2006) Subcellular localization and membrane topology of the melon ethylene receptor CmERS1. *Plant Physiol*, 141, 587-597
42. Huang SZ, Sawaki T, Takahashi A, Mizuno S, Takezawa K, Matsumura A, Yokotsuka M, Hirasawa Y, Sonoda M, Nakagawa H, Sato T (2010). Melon EIN3-like transcription factors (CmEIL1 and CmEIL2) are positive regulators of an ethylene- and ripening-induced 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase gene (CM-ACO1). *Plant Sci*, 178, 251-257
43. Guo H, Ecker JR (2004) The ethylene signaling pathway: new insights. *Curr Opin Plant Biol*, 7, 40-49
44. Xu X, Kato T, Fukumoto Y, Nakajima Y, Zhong L (1989) Changes in endogenous hormone levels of watermelon and muskmelon fruits during development. *Bul Res Inst System Hort Fac Agr Korchi Univ*, 6, 15-21
45. Lee TH, Kato T, Kanayama Y, Ohno H, Takeno K, Yamaki S (1997) The role of indole-3-acetic acid and acid invertase in the development of melon (*Cucumis*

- melo* L cv Prince) fruit. J Jpn Soc Hort Sci, 65, 723-729
46. Hayata Y, Li XX, Osajima Y (2002a) Pollination and CPPU treatment increase endogenous IAA and decrease endogenous ABA in muskmelons during early development. J Amer Soc Hort Sci, 127, 908-911
  47. Dunlap JR, Slovin JP, Cohen JD (1996) Indole-3-acetic acid, ethylene, and abscisic acid metabolism in developing muskmelon (*Cucumis melo* L) fruit. Plant Growth Regul, 19, 45-54
  48. Hayata Y, Li XX, Kishimoto K, Osajima Y (2002b). p-CPA enhances growth and quality of muskmelon fruits. Plant Growth Regul, 36, 13-18
  49. Li XX, Hayata Y, Osajima Y (2002a) p-CPA increases the endogenous IAA content of parthenocarpic muskmelon fruit. Plant Growth Regul, 37, 99-103
  50. Li XX, Hayata Y, Yasukawa J, Osajima Y (2002b) Response of sucrose metabolizing enzyme activity to CPPU and p-CPA treatments in excised discs of muskmelon. Plant Growth Regul, 36, 237-240
  51. Pariasca JAT, Kato T, Oka M, Ohtani T, Yaegashi Y, Hirabayashi T, Nakagawa H, Sato T (2005) Effect of p-CPA parthenocarpic setting on the delayed ripening of netted-melon fruits. Plant Growth Regul, 45, 29-36
  52. Zhang W, Yang SF (1987) Relationship between changes endogenous phytohormones and respiration during ripening and senescence of cantaloupe (*Cucumis melo* var *reticulatus*). Acta Bot Sin, 29, 48-52
  53. Martinez-Madrid MC, Martinez G, Pretel MT, Serrano M, Romojaro F (1999) Role of ethylene and abscisic acid in physicochemical modifications during melon ripening. J Agric Food Chem, 47, 5285-5290
  54. Larrigaudiere C, Guillen P, Vendrell M (1995) Harvest maturity related changes in the content of endogenous phytohormones and quality parameters of melon. Postharv Biol Technol 6, 73-80
  55. Guillen P, Domenech A, Larrigaudiere C, Vendrell M (1998) Ethylene-induced rise of abscisic acid levels and ACC oxidase activity in immature melons. J Hort Sci Biotech, 73, 313-316
  56. Evans PT, Malmberg RL (1989) Do polyamines have roles in plant development? Annu Rev Plant Physiol, 40, 235-269
  57. Lester, GE (2000) Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. Plant Sci, 160, 105-112
  58. Martinez-Madrid MC, Flores F, Romojaro F (2002) Behaviour of abscisic acid and polyamines in antisense ACC oxidase melon (*Cucumis melo*) during ripening. Funct Plant Biol, 29, 865-872
  59. Yamaguchi M, Hughes DL, Yabumoto K, Jennings WG (1977) Quality of cantaloupe muskmelons: Variability and attributes. Sci Hort, 6, 59-70
  60. Bauchot AD, Mottram DS, Dodson AT, John P (1998) Effect of aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase antisense gene on the formation of volatile esters in cantaloupe Charentais melon (Cv. *Vedrandais*). J Agric Food Chem, 46, 4787-4792
  61. Guis M, Botondi R, BenAmor M, Ayub R, Bouzayen M, Pech JC, Latche A (1997) Ripening-associated biochemical traits of cantaloupe Charentais melons expressing an antisense ACC oxidase transgene. J Amer Soc Hort Sci 122, 748-751
  62. Silva JA, da Costa TS, Lucchetta L, Marini LJ, Zanuzo MR, Nora L, Nora FR, Twyman RM, Rombaldi CV (2004) Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. Postharv Biol Technol, 32, 263-268
  63. Hubbard NL, Huber SC, Pharr DM (1989) Sucrose phosphate synthase and acid invertase as determinants of sucrose concentration in developing muskmelon (*Cucumis melo* L) fruits. Plant Physiol, 91, 1527-1534
  64. McCollum TG, Huber DJ, Cantliffe DJ (1988) Soluble sugar accumulation and activity of related enzymes during muskmelon fruit development. J Amer Soc Hort Sci, 113, 399-403
  65. Chrost B, Schmitz K (1997) Changes in soluble sugar and activity of alpha-galactosidases and acid invertase during muskmelon (*Cucumis melo* L) fruit development. J Plant Physiol, 151, 41-50
  66. Schmitz K, Cuypers B, Moll M (1987) Pathway of assimilate transfer between mesophyll cells and minor veins in leaves of *Cucumis melo* L. Planta, 171, 19-29
  67. Hughes DL, Yamaguchi, M (1983) Identification and distribution of some carbohydrates of the muskmelon plant. HortScience, 18, 739-740
  68. Feusi MES, Burton JD, Williamson JD, Pharr DM (1999) Galactosyl-sucrose metabolism and UDP-galactose pyrophosphorylase from *Cucumis melo* L fruit. Physiol Plant, 106, 9-16
  69. Kim YH, Hwang BH, Kim J (2007) Changes in soluble and transported sugars content and activity of their hydrolytic enzymes in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit during development and senescence. Kor J Hort Sci

- Technol, 25, 89-96
70. Mizuno T, Kato K, Harada M, Miyajima Y, Suzuki E (1971) Studies on the free sugars and amino acids in a fruit of muskmelon. J Jpn Soc Food Sci Technol, 18, 319-325
  71. Lingle SE, Dunlap JR (1987) Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development. Plant Physiol, 84, 386-389
  72. Schaffer AA, Aloni B, Fogelman E (1987) Sucrose metabolism and accumulation in developing fruit of *Cucumis*. Phytochem, 26, 1883-1887
  73. Bianco VV, Pratt HK (1977) Compositional changes in muskmelons during development and in response to ethylene treatment. J Amer Soc Hort Sci, 102, 127-133
  74. Lester GE, Dunlap JR (1985) Physiological changes during development and ripening of Perlita muskmelon fruits. Sci Hort, 26, 323-331
  75. Villanueva MJ, Tenorio MD, Esteban MA, Mendoza MC (2004) Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. Food Chem, 87, 179-185
  76. Wang YM, Wyllie SG, Leach DN (1996) Chemical changes during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (cv Makdimon). J Agric Food Chem, 44, 210-216
  77. Lester GE, Arias LS, Gomez-Lim M (2001) Muskmelon fruit soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase activity and polypeptide profiles during growth and maturation. J Amer Soc Hort Sci, 126, 33-36
  78. Stepansky A, Kovalski I, Schaffer AA, Perl-Treves R (1999b) Variation in sugar levels and invertase activity in mature fruit representing a broad spectrum of *Cucumis melo* genotypes. Genet Resour Crop Evol, 46, 53-62
  79. Cohen RA, Hicks JR (1986) Effect of storage on quality and sugars in muskmelon. J Amer Soc Hort Sci, 111, 553-557
  80. Currence TM, Larson R (1941) Refractive index as an estimate of quality between and within muskmelon fruits. Plant Physiol, 16, 611-620
  81. Aulenbach BB, Worthington JT (1974) Sensory evaluation of muskmelon: Is soluble solids content a good quality index? HortScience, 9, 136-137
  82. Pratt HK, Goeschl JD, Martin FW (1977) Fruit growth and development, ripening, and role of ethylene in Honey Dew muskmelon. J Amer Soc Hort Sci, 102, 203-210
  83. Nishiyama K, Guis M, Rose JKC, Kubo Y, Bennett KA, Lu WJ, Kato K, Ushijima K, Nakano A, Inaba A, Bouzayen M, Latche A, Pech JC, Bennett AB (2007) Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. J Exp Bot, 58, 1281-1290
  84. Bennett AB (2002) Biochemical and genetic determinants of cell wall disassembly in ripening fruit: A general model. HortScience, 37, 447-450
  85. Hobson GE (1962) Determination of polygalacturonase in fruits. Nature, 195, 804-805
  86. McCollum TG, Huber DJ, Cantliffe DJ (1989) Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. Physiol Plant, 76, 303-308
  87. Hadfield KA, Rose JKC, Yaver DS, Berka RM, Bennett AB (1998) Polygalacturonase gene expression in ripe melon fruit supports a role for polygalacturonase in ripening-associated pectin disassembly. Plant Physiol, 117, 363-373
  88. Fils-Lycaon B, Buret M (1991) Changes in glycosidase activities during development and ripening of melon. Postharv, Biol Technol, 1, 143-151
  89. Rose JKC, Hadfield KA, Labavitch JM, Bennett AB (1998) Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit. Plant Physiol, 117, 345-361
  90. Ayub R, Guis M, BenAmor M, Gillot M, Roustan JP, Latche A, Bouzayen M, Pech JC (1996) Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. Nat Biotechnol, 14, 862-866
  91. Pech JC, Bouzayen M, Latche A (2008). Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. Plant Sci, 175, 114-120
  92. Paliyath G, Droillard MJ (1992) The mechanisms of membrane deterioration and disassembly during senescence. Plant Physiol Biochem, 30, 789-812
  93. Lester GE (1990) Lipoxygenase activity of hypodermal-mesocarp and middle-mesocarp tissues from netted muskmelon fruit during maturation and storage. J Amer Soc Hort Sci, 115, 612-615
  94. Lester GE (1998) Physicochemical characterization of hybrid honey dew muskmelon fruit (*Cucumis melo* L. var. *inodorus* Naud.) following maturation, abscission, and postharvest storage. J Amer Soc Hort Sci, 123, 126-129
  95. Lester GE, Stein E (1993) Plasma membrane physicochemical changes during maturation and postharvest storage of muskmelon fruit. J Amer Soc Hort Sci, 118, 223-227
  96. Lacan D, Baccou JC (1996) Changes in lipids and

- electrolyte leakage during non-netted muskmelon ripening. *J Amer Soc Hort Sci*, 121, 554-558
97. Lacan D, Baccou JC (1998) High levels of antioxidant enzymes correlate with delayed senescence in non-netted muskmelon fruits. *Planta*, 204, 377-382
98. Lester GE, Hodges DM (2008) Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal productions and cold storage durations. *Postharv Biol Technol*, 48, 347-354
99. Lester GE, Jifon JL, Crosby KM (2009) Superoxide dismutase activity in mesocarp tissue from divergent *Cucumis melo* L. genotypes. *Plant Food Human Nutr*, 64, 205-211
100. Beaulieu JC, Grimm CC (2001) Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction. *J Agric Food Chem*, 49, 1345-1352
101. Khanom MM, Ueda Y, Ishimaru M (2003) Relationship between volatiles and other factors indicating quality of melon (*Cucumis Melo* L. cv. Prince melon) during fruit development and storage. *Sci Rep Grad Sch Agric Biol Sci, Osaka Prefecture Univ, Osaka, Japan*, 55, 7-14
102. Wyllie SG, Leach DN (1990) Aroma volatiles of *Cucumis melo* cv Golden Crispy. *J Agric Food Chem*, 38, 2042-2044
103. Yabumoto K, Yamaguchi M, Jennings WG (1978) Production of volatile compounds by muskmelon, *Cucumis melo*. *Food Chem*, 3, 7-16
104. Schwab W, Davidovich-Rikanati R, Lewinsohn E (2008) Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *Plant J*, 54, 712-732
105. Tijet N, Schneider C, Muller BL, Brash AR (2001) Biogenesis of volatile aldehydes from fatty acid hydroperoxides: Molecular cloning of a hydroperoxide lyase (CYP74C) with specificity for both the 9- and 13- hydroperoxides of linoleic and linolenic acids. *Arch Biochem Biophysics*, 386, 281-289
106. Khanom MM, Ueda Y (2008) Bioconversion of aliphatic and aromatic alcohols to their corresponding esters in melons (*Cucumis melo* L. cv. Prince melon and cv. Earl's favorite melon). *Postharv Biol Technol*, 50, 18-24
107. Yahyaoui FEL, Wongs-Aree C, Latche A, Hackett R, Grierson D, Pech JC (2002) Molecular and biochemical characteristics of a gene encoding an alcohol acyl-transferase involved in the generation of aroma volatile esters during melon ripening. *Eur J Biochem*, 269, 2359-2366
108. Shalit M, Katzir N, Tadmor Y, Larkov O, Burger Y, Shalekhet F, Lastochkin E, Ravid U, Amar O, Edelstein M, Karchi Z, Lewinsohn E (2001) Acetyl-CoA: Alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening melon fruits. *J Agric Food Chem*, 49, 794-799
109. Aubert C, Bourger N (2004) Investigation of volatiles in Charentais cantaloupe melons (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*). Characterization of aroma constituents in some cultivars. *J Agric Food Chem*, 52, 4522-4528
110. Flores F, El Yahyaoui L, de Billerbeck G, Romojaro F, Latche A, Bouzayen M, Pech JC, Ambid C (2002) Role of ethylene in the biosynthetic pathway of aliphatic ester aroma volatiles in Charentais cantaloupe melons. *J Exp Bot*, 53, 201-206
111. El-Sharkawy I, Manriquez D, Flores FB, Regad F, Bouzayen M, Latche A, Pech JC (2005) Functional characterization of a melon alcohol acyl-transferase gene family involved in the biosynthesis of ester volatiles. Identification of the crucial role of a threonine residue for enzyme activity. *Plant Mol Biol*, 59, 345-362
112. Manriquez D, El-Sharkawy I, Flores FB, El-Yahyaoui F, Regad F, Bouzayen M, Latche A, Pech JC (2006) Two highly divergent alcohol dehydrogenases of melon exhibit fruit ripening-specific expression and distinct biochemical characteristics. *Plant Mol Biol*, 61, 675-685
113. Gonda I, Bar E, Portnoy V, Lev S, Burger J, Schaffer AA, Tadmor Y, Gepstein S, Giovannoni JJ, Katzir N, Lewinsohn E (2010) Branched-chain and aromatic amino acid catabolism into aroma volatiles in *Cucumis melo* L. fruit. *J Exp Bot*, 61, 1111-1123
114. Watanabe K, Saito T, Hirota S, Takahashi B, Fujishita N (1991) Carotenoid pigments in orange, light orange, green and white flesh colored fruits of melon (*Cucumis Melo* L.). *J Jpn Soc Food Sci Technol*, 38, 153-159
115. Reid MS, Lee TH, Pratt HK, Chichester CO (1970) Chlorophyll and carotenoid changes in developing muskmelons. *J Amer Soc Hort Sci*, 95, 814-815
116. Karvouni Z, John I, Taylor JE, Watson CF, Turner AJ, Grierson D (1995) Isolation and characterization of a melon cDNA clone encoding phytoene synthase. *Plant Mol Biol*, 27, 1153-1162
117. Chachin K, Iwata T (1988) Physiological and compositional changes in 'Prince' melon fruit during development and ripening. *Bull Univ Osaka Prefecture Ser B, Agric boil*, 40, 27-35

118. Flores FB, Martinez-Madrid MC, Sanchez-Hidalgo FJ, Romojaro F (2001) Differential rind and pulp ripening of transgenic antisense ACC oxidase melon. *Plant Physiol Biochem*, 39, 37-43
119. Webster BD, Craig ME (1976) Net morphogenesis and characteristics of the surface of muskmelon fruit. *J Amer Soc Hort Sci*, 101, 412-415
120. Keren-Keiserman A, Tanami Z, Shoseyov O, Ginzberg I (2004) Peroxidase activity associated with suberization processes of the muskmelon (*Cucumis melo*) rind. *Physiol Plant*, 121, 141-148
121. Gerchikov N, Keren-Keiserman A, Perl-Treves R, Ginzberg I (2008) Wounding of melon fruits as a model system to study rind netting. *Sci Hort*, 117, 115-122
122. McGlasson WB, Pratt HK (1963) Fruit-set patterns and fruit growth in cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). *J Amer Soc Hort Sci*, 83, 495-501
123. Lester GE (1988) Comparisons of honey dew and netted muskmelon fruit tissues in relation to storage life. *HortScience*, 23, 180-182
124. Webster BD (1975) Anatomical and histochemical modifications associated with abscission of *Cucumis* fruits. *J Amer Soc Hort Sci*, 100, 180-184
125. Fallik E, Alkali-Tuvia S, Horev B, Copel A, Rodov V, Aharoni Y, Ulrich D, Schulz H (2001) Characterisation of 'Galia' melon aroma by GC and mass spectrometric sensor measurements after prolonged storage. *Postharv Biol Technol*, 22, 85-91
126. Portela SI, Cantwell MI (1998) Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. *Postharv Biol Technol*, 14, 351-357
127. Choi WK, Choi KH, Lee KJ, Choi DS, Kang SW (2005) A study on the evaluation of melon maturity using acoustic response. *J Biosystems Eng*, 30, 38-44
128. Kim BB, Kim JY, Lee HO, Yoon DH, Cha HS, Kwon KH (2010) Quality changes of muskmelon (*Cucumis melo* L.) by maturity during distribution. *Kor J Hort Sci Technol*, 28, 423-428
129. Ryall AL, Lipton WJ (1979) Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Avi Publishing Co, Westport. Connecticut, USA, p 587
130. Lamikanra O, Bett-Garber KL, Ingram DA, Watson MA (2005) Use of mild heat pre-treatment for quality retention of fresh-cut cantaloupe melon. *J Food Sci*, 70, 53-57
131. Lamikanra O, Watson MA (2004b) Storage effects on lipase activity in fresh-cut cantaloupe melon. *J Food Sci*, 69, 126-130
132. Lamikanra O, Watson MA (2004a) Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *J Food Sci*, 69, 468-472
133. Park YJ, Moon KD (2004) Influence of preheating on quality changes of fresh-cut muskmelon. *Kor J Food Preserv*, 11, 170-174
134. Cha JH, Hwang BH, Lee EJ, Lee GP, Kim JK (2006) Effect of 1-methylcyclopropene treatment on quality and ethylene production of muskmelon (*Cucumis melo* L. cv. *reticulatus*) fruit. *Kor J Hort Sci Technol*, 24, 452-458
135. Ergun M, Jeong JW, Huber DJ, Cantliffe DJ (2005) Suppression of ripening and softening of 'Galia' melons by 1-methylcyclopropene applied at pre-ripe or ripe stages of development. *HortScience*, 40, 170-175
136. Kwak KW, Park SM, Jeong CS (2003) Effect of NaCl addition on physiological characteristics and quality of muskmelon in hydroponics. *J Kor Soc Hort Sci*, 44, 470-474
137. Fernandez-Trujillo JP, Obando J, Martinez JA, Alarcon AL, Eduardo I, Arus P, Monforte AJ (2007) Mapping fruit susceptibility to postharvest physiological disorders and decay using a collection of near-isogenic lines of melon. *J Amer Soc Hort Sci*, 132, 739-748
138. Serrano M, Amoros A, Pretel MT, Martinez-Madrid MC, Madrid R, Romojaro F (2002) Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Sci Technol Intl*, 8, 147-154
139. du Chatenet C, Latche A, Olmos E, Ranty B, Charpentreau M, Ranjeva R, Pech JC, Graziana A (2000) Spatial-resolved analysis of histological and biochemical alterations induced by water-soaking in melon fruit. *Physiol Plant*, 110, 248-255
140. Jeong J, Lee J, Huber DJ (2007) Softening and ripening of 'Athena' cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *HortScience*, 42, 1231-1236
141. Aharoni Y, Copel A, Fallik E (1993) Storing Galia Melons in a controlled-Atmosphere with Ethylene Absorbent. *HortScience*, 28, 725-726
142. Stewart A, Joseph K (1979) Decay of muskmelons stored in controlled atmospheres. *Scientia Horticulturae*, 11, 69-74

143. Rodov A, Victor T, Horev H, Batia T, Vinokur K, Yakov N, Copel F, Azica K, Aharoni Y, Yair K, Aharoni J, Nehemia M (2002) Modified-atmosphere Packaging Improves Keeping Quality of Charentais-type Melons. *HortScience*, 37, 950-953
144. Suslow TV, Cantwell M, Mitchell J (2001b) Honeydew melon. Produce facts. Recommendations for maintain postharvest quality. <http://postharvest.ucd.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/honeydew.html>
145. Lim BS, Hong SJ, Oh SH, Chung DS, Kim KH (2010) Effect of storage temperature on chilling injury and fruit quality of muskmelon. *Kor J Hort Sci Technol*, 28, 248-253
146. Suslow TV, Cantwell M, Mitchell J (2001a) Cantaloupe. Produce facts. Recommendations for maintain postharvest quality. <http://postharvest.ucd.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/honeydew.html>
147. Shellie KC, Lester GE (2002) Netted melons. In K.C. Gross, C.Y. Wang and M. Saltveit(eds.). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery crops. USDA Handbook, 66, <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>
148. Lester GE, Shellie KC (2002) Honey dew melon. In: The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery crops Gross KC, Wang CY, Saltveit M (eds.). USDA Handbook, 66, <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>
149. Hardenburg RE, Watada AE, Wang CY (1986) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA, Washington D.C. ARS Agric Handbook p 66
150. Yang B, Shiping T, Hongxia L, Jie J, Jiankang C, Yongcai L, Weiyi Z (2003) Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. *Postharv Biol Technol*, 29, 229-232
151. Lipton WJ (1978) Chilling injury of 'Honey Dew' muskmelons: Symptoms and relation to degree of ripeness at harvest. *HortScience*, 13, 45-46
152. Lipton WJ, Aharoni Y (1979) Chilling injury and ripening of 'Honey Dew' muskmelons stored at 2.5C or 5C after ethylene treatments at 20°C. *J Amer Soc Hort Sci*, 104, 327-330
153. Lipton WJ, Aharoni Y, Elliston E (1979) Rates of CO<sub>2</sub> and ethylene production and of ripening 'Honey Dew' muskmelons at a chilling temperature after pretreatment with ethylene. *J Amer Soc Hort Sci*, 104, 846-849
154. Fernandez-Trujillo JP, Obando-Ulloa JM, Martinez JA, Moreno E, Garcia-Mas J, Monforte AJ (2008) Climacteric and non-climacteric behavior in melon fruit 2. Linking climacteric pattern and main postharvest disorders and decay in a set of near-isogenic lines. *Postharv Biol Technol*, 50, 125-134
155. Kader AA (2002) Postharvest Technology of Horticultural crops 3rd ed, Univ of Cal Agric and Natural Resources Publication, California, Davis, USA, p 417-418, 445-460, 516
156. Beaulieu JC, Gorny JR (2002) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery crops. Fresh-cut fruits. In: Fresh-cut fruits Gross KC, Wang CY, Saltveit M (eds.). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery crops. USDA Handbook 66, <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>
157. Qi L, Wu T, Watada AE (1999) Quality changes of fresh cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *J Food Qual*, 22, 513-521
158. Aguayo E, Allende A, Artes F (2003) Keeping quality and safety of minimally fresh processed melon. *Eur Food Res Technol*, 216, 494-499
159. Bai JH, Saftner RA, Watada AE (2003) Characteristics of fresh-cut Honeydew (*Cucumis melo* L.) available to processors in winter and summer and its quality maintenance by modified atmosphere packaging. *Postharv Biol Technol*, 28, 349-359
160. Bai JH, Saftner RA, Watada AE, Lee YS (2001) Modified atmosphere maintains quality of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *J Food Sci*, 66, 1207-1211
161. Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O (2007) Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *Eur Food Res Technol*, 225, 301-311
162. Luna-Guzman I, Cantwell M, Barrett DM (1999) Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharv Biol Technol*, 17, 201-213
163. Lester GE (1996) Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. *Postharv Biol Technol*, 7, 91-96
164. Luna-Guzman I, Barrett DM (2000) Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharv Biol Technol*, 19, 61-72
165. Lamikanra O, Watson MA (2007) Mild heat and calcium



treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. Food Chem, 102, 1383-1388  
166. Beaulieu JC, Lea JM (2007) Quality changes in

cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. J Amer Soc Hort Sci, 132, 720-728

---

(접수 2011년 3월 11일 수정 2011년 6월 13일 채택 2011년 6월 24일)