

PLANT&FOREST

Analysis of fruit growth and post-harvest characteristics of hydroponically grown 'K3' melons (*Cucumis melo* L.) harvested at different days after fruit setting and stored at low temperature

Jung-Soo Lee^{1*}, Ju Youl Oh²

¹National institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 54874, Korea

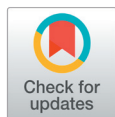
²Gyeongsangnam-do Agricultural research and Extension services, Jinju, 52733, Korea

*Corresponding author: ljs808@rda.go.kr

Abstract

This research was to examine the differences in post-harvest quality of melons depending on the harvest time after fruit setting. Musk melon cultivar 'K3' plants were grown in glass house conditions with a hydroponic system, and the fruits were harvested at 50, 60, and 70 days after fruit setting. The post-harvest characteristics of melons stored at 7°C were measured over 32 days. The harvested fruits at 50, 60, 70 days after fruit setting did not differ significantly in weight, height, or size. Solid sugar content was highest in the fruits harvested at 70 days after fruit setting, but firmness, L* value, and respiration rate were highest in the fruits harvested at 50 days after fruit setting. When the harvested melons were stored at 7°C, 'K3' melons responded differently according to the harvest days after fruit setting. The major changes during storage of 'K3' melons can be summarized as follows: Firmness, respiration, moisture content, and general appearance index during storage were highest in the melons harvested at 50 days after fruit setting, but soluble solid content, fresh weight loss, and sensory evaluation were high in the melons harvested at 60 and 70 days after one. During storage at 7°C, there were no significant differences in the appearance of 'K3' melons harvested at different periods after fruit setting, but difference in soluble solid content and taste were noted. It is recommended that the fruit of 'K3' melon plants be harvested about 60 days after fruiting to provide consumers with the highest quality for taste and for storage.

Key words: fruit growth, harvest time melons, low-temperature storage, post-harvest characteristics



OPEN ACCESS

Citation: Lee JS, Oh JY. Analysis of fruit growth and post-harvest characteristics of hydroponically grown 'K3' melons (*Cucumis melo* L.) harvested at different days after fruit setting and stored at low temperature. Korean Journal of Agricultural Science 49:341-355. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220033>

Received: May 04, 2022

Revised: May 21, 2022

Accepted: May 23, 2022

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

멜론(*Cucumis melo* L.)은 풍미가 좋아 고급 과실로 인식되고, 소비자의 수요 증가로 맛, 향 및 외관을 갖춘 멜론의 대중적인 소비가 늘어나고 있다(Park and Moon, 2004). 멜론과 같은 원

예작물의 품질은 수확 전·후의 여러 요인에 의해서 결정되는데, 좋은 품질을 얻기 위해서는 적절한 시기에 수확을 하여 최적 조건에서 관리하는 것 또한 중요한 요소 중에 하나이다(Kim et al., 1996; Kim and Ko, 1997; Lee et al., 2007). 멜론은 온실이나 하우스와 같은 시설 내에서 연중 재배되며 생산되고는 있으며(Choi et al., 2001; 2005), 멜론 수확기 무렵에 당도가 급격히 증가하는 것으로 알려져 있어 충분히 당 축적이 이루어진 후에 수확되어야 하는 작물이다(Lee et al., 2020). 그러나 멜론은 수확 후 과실의 당도가 증가하지 않는 데도(Lee et al., 2020), 후숙하는 과일로 알려져서인지 농가에서는 외관적으로 품위만 좋으면 시장에 조기에 출하하려는 경향이 있다(Kim et al., 2010). 일부 지역에서의 수확 적기에 도달하지 못한 미숙한 과실을 출하 때문에 멜론 품질의 저하와 소비자 인식에 불신을 초래하고 있다. 따라서 멜론의 숙기 차이에 대한 조사를 통해 수확 후 특성 변화 검토와 생산자의 인식을 개선할 자료가 필요하다.

멜론에 대해서 재배 시 NaCl을 첨가하여 멜론의 저장성을 향상하는 방법 등이 연구되어 있으며(Kwak et al., 2004), 수확 후 품질 관리를 위한 저장 방법 및 유통에 관해 연구가 보고되어 있고(Yeoung et al., 1996; Choi et al., 2001), 저장온도에 따른 수확 후 특성 보고가 있으나(Kim et al., 2010; Lee et al., 2020), 과실의 수확시기에 따른 수확 후 숙도별 특성 대한 연구는 미진한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 멜론 착과 후 과실 수확 일수에 따른 수확 시 과실 생육과 수확 후 멜론 과실의 품질 변화에 대한 연구 자료로 활용하고자 수행하였다.

Materials and Methods

실험재료 및 재배 관리

본 실험에 이용한 실험 품종은 'K3' 멜론으로 경남농업기술원에서 육종한 품종을 이용하였다. 재배는 높이 4.5 m 폭 8 m, 길이 80 m의 벤로형 온실에서 본엽이 4엽 이상 전개된 50구 플러그묘를 구입하여 2월 19일 정식하였고, 수확은 착과일수에 따라 달리하였으며, 생육기간 동안 야간 최저 15°C 이상 관리하였다. 재배는 코이어 배지에 멜론 전용 야마자키 배양액(Yamazaki, 1982)을 이용하였고, 적정 양·수분 관리는 EC 1.8 - 3.0 dS·m⁻¹ 범위에서 급액을 하였고 30%의 배액률이 발생하도록 관리하였다. 경종 개요는 RDA의 재배기준에 따라, 정식후 30일경 12 - 13 절간의 암꽃이 발생하였을 때 수정벌을 이용하여 수정시켰다. 착과 10일후 1개의 과실만 남기고 적과하였으며, 과일이 달린 위치에서 상위엽이 10개 이상을 남기고 적심하였다. 착과 후 과실 생육일수에 따라 Fig. 1과 같이 수확하였다.

생육 특성

멜론의 생육 조사와 수확 시 과실 생육 조사는 농촌진흥청 조사기준표(RDA, 2003)에 따라 초장·엽장·엽폭·절간장 등과 구중·구고·구폭을 조사하였다.

저장 방법

저장실험에 이용한 멜론은 경상남도 함안에서 코이어 배지에서 수경으로 재배한 'K3' 품종으로 동일한 시기인 3월 19일에 교배 후에 수확을 5월 7일(50일), 5월 17일(60일), 5월 27일(70일)에 한 것을 이용하였다. 멜론 수확 후에 국립원예특작과학원으로 옮긴 후에 크기가 350 × 200 × 260 cm³에 유니트쿨러를 이용한 공랭형 패키지 공조기를 설치한 동일한 저장고에서 실험을 실시하였다. 저장은 현장에서 유통되는 골판지 상자(360 × 260 × 165 mm³)에 3개씩 넣어 온도는 7°C에 습도는 88.5 - 93.0%에서 32일간 동안 저장하였다.

가용성고형물(soluble sugar content)

가용성고형물은 Carvalho 등(2016)과 Lim 등(2010)의 방법을 참고하여 RDA (2018)의 구분에 따라 과피와 태좌 부위의 내벽을 제거하고 적도부의 중벽을 중심으로부터 과육을 착즙하여 디지털 당도계(PAL-1, Atago, CO., LTD., Tokyo, Japan)로 측정하였다.

경도

수확된 'K3' 멜론은 Carvalho 등(2016)과 Lim 등(2010)을 참고하여, RDA (2018)의 기준에 따라 과육의 적도 부위 중벽에서 측정하였다. 측정 시 Texture analyzer (Lloyd Instrument BG/TA plus, Ametek, Inc., Fareham, UK)의 분석 조건은 depression limit 25 mm, test speed 2 mm·sec⁻¹으로 탐침은 Φ 5 mm을 이용하였다.

외관

외관에 따른 선도 변화는 Jeong 등(1990)의 방법을 참고로 하여 상품성 지수는 4명의 평가원들이 멜론의 색, 형태 변화, 신선도 등을 상등급에서 하등급까지 5단계를 두어 1주 간격으로 조사(선도 기준: 4 = 매우 신선, 수확 당시와 유사; 3 = 선도 약간 저하, 광택 비슷, 시장 판매 가능; 2 = 선도 저하, 변색, 시장성 상실; 1 = 연화 시작, 짓무름 및 부패 시작; 0 = 식용 불가)를 하였으며, 함께 외관 변화를 촬영하였다.

관능 평가

과실의 관능평가의 식미는 Kim 등(2010)의 보고를 참고하여 4명의 훈련된 평가원을 대상으로 멜론의 단맛, 외형, 조직감 그리고 전반적인 기호도 등의 항목을 고려하여 관능 평가하였다. 관능평가의 식미는 5점 척도법(선도 기준: 4 = 매우 신선, 수확 당시와 유사; 3 = 선도 약간 저하, 광택 비슷, 시장 판매 가능; 2 = 선도 저하, 변색, 시장성 상실; 1 = 연화 시작, 짓무름 및 부패 시작; 0 = 식용불가)으로 하였으며, 점수 3점까지를 시장에서 판매 가능 상품성이 있는 것으로 간주하였다. 멜론 식미 평가 시 부패나 동해 등의 피해가 발생한 과실은 평가에서 제외하였다.

호흡률

호흡률은 Kim 등(2011)을 참고하여 CO₂의 농도를 이용하여 측정하였다. CO₂농도 포집은 멜론을 8.5 L 밀폐용기에 1과씩 넣어 7°C의 저장온도에서 1시간 방치한 후, 내부에 축적된 head space의 기체 100 μ L를 gas-tight syringe로 취하여 GC (GC-7890B, Agilent Technol., DE, USA)를 이용하여 조사하였다. 이 때 분석조건은 Youn 등(2011b)의 보고를 참고하여 column (HP-5, Agilent Technol., DE, USA) 온도는 80°C에 이동상은 5 mL·min⁻¹ 유량의 He를 사용하였고, 검출기로는 TCD를 사용하였으며 검출온도는 250°C이었다.

생체중량 감소율

생체중량의 감소율은 Kim 등(2010)보고를 참고하여 생체중량의 초기 측정치와 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

수분함유량

수분함유량은 멜론은 4일 간격으로 과육 부분에서 샘플링하여 105°C 건조법에 따라 생체중과 건물중을 측정하여 백분율로 조사하였다.

색상

과육의 색도는 Kim 등(2011)의 보고를 참고하여 RDA (2018)의 구분에 따른 멜론의 가식부 중벽 부분을 Chromameter (CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter 색차계인 L* (lightness), a* (redness) 및 b* (yellowness)값으로 측정하였다. 색상 측정 시 hue angle 값은 hunter a*와 b* 값을 측정된 값으로부터 환산하여 hue angle (°)값을 구하였다. 환산 시에는 $a^* > 0, b^* > 0$ 일 때 Hue angle (°) = Arc tan (b/a)으로, $a^* < 0, b^* > 0$ 일 때 Hue angle (°) = 180 + Arc tan (b/a)을 사용하였다.

통계분석

통계처리는 SAS (Version 9.2, SAS Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였으며 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의수준 $p < 0.05$ 에서 분석하였다. 실험의 측정치는 4반복으로 평균 (mean) ± 표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였다.

Results and Discussion

생육 및 과실 특성

춘작으로 재배한 'K3' 멜론의 생육 특성은 Table 1과 같이, 초장은 179.8 cm에, 엽장·엽폭이 23.0 cm과 29.4 cm이며, 엽병은 16.2 cm이었고, 줄기의 절간장은 7.6 cm이었다. 'K3' 멜론의 착과 후 수확 일수에 따른 과실 생육은 Table 2와 같다. 'K3' 멜론은 착과 50일 후에는 수확 시 생체중량 등 외관적인 측정 항목에서 수확 60일 및 70일과 비교하여 차이가 없는 것으로 나타났다. 'K3' 멜론의 착과 후 수확 일수에 따르는 수확 시 과실 특성을 보면, 과중·과고·과폭 등의 외형적인 특성에는 유의차가 없었다. 'K3' 멜론 과중은 1,758.5 - 1,913.1 g에 이르고, 과고는 16.1 - 16.8 cm에, 과폭은 14.5 - 14.7 cm이었다. 그러나 'K3' 멜론은 Table 2 및 Fig. 1과 같이 크기가 비슷하여 생체중과 과경·과폭 등에서 유의차가 없는 것에 반해, 내부의 과실 품질과 관련 있는 가용성고형물(soluble sugar content, SSC)과 내부구성물의 치밀도인 경도에서 차이를 보였으며, 호흡과 같은 생리 대사에서도 격차가 나타났다. 그 외에 경도, L*값, 호흡에서는 착과 후 수확 일시에 따른 차이를 보였다. 가용성고형물은 착과 후 수확 일수에 따른 차이는 수확 70일이 14.4 °Brix로 가장 높았으며, 수확 60일이 11.3 °Brix, 수확 50일이 8.4 °Brix 순이었다. 경도의 착과 후 수확 일수에 따른 차이는 수확 70일이 5.1 N이었으며, 수확 60일이 10.0 N, 50일이 19.1 N이었다. 색상에서 L*값의 착과 후 수확 일수에 따른 차이는 수확 70일이 69.1로 가장 높았으며, 수확 60일이 64.2, 50일이 57.3이었다. 호흡률은 착과 후 수확 일수에 따른 차이에서 수확 70일이 15.8 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹이었으며, 수확 60일이 16.7 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹, 50일이 17.8 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹이었다. 멜론은 과실이 생리적으로 성장하여 성숙하는 것을 이용하여야 하는 과실로써(Moon et al., 2013), 'K3' 멜론이 착과 후 수확일 50일에는 외형적으로 영양학적 생육이 다 이루어져 과중 등에서 차이가 없는 것으로 보이나, 생리적인 생장이 다 이루어지지 않아, 내부의 가용성고형물이나 경도, 색차의 L*값, 호흡 등에서 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Table 1. Plant growth characteristics of 'K3' melon grown hydroponically.

Cultivar	Leaf length	Leaf width	Petiole length	Node length	Plant height	Plant type
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
K3	23.0±0.8	29.4±1.4	16.2±0.9	7.6±0.5	179.8±14.7	half-open

Table 2. Fruit characteristics of 'K3' melon at the harvest days after fruit set grown hydroponically.

Days to maturity	Fruit			Soluble solids	Fruit firmness	Moisture content	Color characteristics ^z			Respiration rate
	Weight (g)	Height (cm)	Width (cm)	Content (°Brix)	(N)	(%)	L*	a*	b*	(mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
50	1,758.5a	16.4a	14.5a	8.4c	19.1a	91.1a	69.1a	-6.6a	20.4a	17.8a
60	1,832.0a	16.1a	14.7a	11.3b	10.0b	89.5a	64.2a	-6.4a	19.3a	16.7b
70	1,913.1a	16.8a	14.7a	14.4a	5.1c	87.7a	57.3b	-6.5a	21.0a	15.8c

^z Means of fruit color using chromameter measuring in CIELAB. L* = lightness, a* = bluish-green/red-purple hue component, b* = yellow/blue hue component.

a - c: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).



Fig. 1. Fruit appearance of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set.

가용성고형물(soluble sugar content)

착과 후 수확 일수에 따른 가용성고형물의 차이가 수확 후에도 영양을 미치는 것으로 나타났으며, 변화 패턴이 성숙 정도에 따라 다른 경향을 보였다. 가용성고형물 함량(SSC)은 멜론의 당도 및 속기를 판단하는 척도로서 오랫동안 활용되어 왔으며 품질과 높은 상관관계가 있다고 알려져 있다(Cohen and Hicks, 1986). 멜론 가용성고형물의 대부분은 비환원당인 sucrose 및 환원당인 fructose와 glucose로 이루어져 있고, 가용성고형물 중에 단맛은 주로 sucrose 함량에 따라 맛을 결정하는 것으로 알려져 있다(Lee and Kim, 2002). 가용성고형물은 'K3' 멜론에서 보는 바와 같이 멜론의 가용성고형물 함량은 착과 후 수확 일수에 따라 변화 패턴에 달라, 착과 후 수확 70일은 초기 수확 시에 비해 점차적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 수확 60일은 초기에 다소 낮았으나 저장 중 증가하여 70일과 유사한 수준까지 상승하였으나, 수확 50일은 수확 초기의 낮은 함량이 지속적이었다. 'K3' 멜론 가용성고형물의 경시적 변화 패턴에서 수확 70일은 초기 수확 시에 비해 점차적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 수확 60일은 초기에 다소 낮았으나 저장 중 증가하여 70일과 유사한 수준까지 상승하였고, 수확 50일은 수확 초기의 낮은 함량이 지속되었다. Fig. 2에서 'K3' 멜론의 착과 후 70일에 수확한 것은 과숙 상태로 초기부터 높게 14.4 °Brix로 유지하여 저장 8일까지 15.7 °Brix로 높았고, 이후 감소하면서 착과 후 60일과 비슷한 수준으로 유지되는 것으로 나타났으며, 착과 후 60일은 초기 11.3 °Brix가 저장 후 12일에 13.7 °Brix까지 상승하였으나 이후에는 개체 간의 차이로 인해 진폭이 있었으나 크게 변화가 없는 것으로 보이며, 착과 후 50일로 저장 12일째는 13.8 °Brix로 미숙한 상태로 가용성고형물이 8.1-8.4 °Brix로 낮고 상승하지 않았다. Fig. 2에서 착과 후 수확 일수에 따라 'K3' 멜론의 수확 시 축적된

가용성고형물이 저장 시에도 차이를 보여, 저장 12일째 가용성고형물 함량에서 수확 후 60일과 70일후 저장한 'K3' 멜론은 13.8 °Brix과 14.3 °Brix으로 큰 차이가 없었으나, 수확 50일은 8.1 °Brix으로 수확 일수에 따른 숙기의 차이가 저장 후에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 멜론 가용성고형물의 저장 시 함량변화와 관계된 보고를 보면 연구자마다 결과가 상이한데, Yeoung 등(1996)은 저장 초기 증가한 후에 감소하는 것으로 보고하였고, Youn 등(2009)은 저장 중 증가한다고 하였으며, Kim 등(2009)은 수확 후에 감소하는 것으로 보고하였다. 이러한 연구자들의 변화 패턴이 다른 것은 본 연구와 같이 착과 후 수확 일수에 따른 숙도 차이로 인해 조사한 멜론의 가용성고형물 변화 경향이 다른 것으로 보아, 연구자 간의 성숙 정도가 달라서 관찰된 가용성고형물의 저장 중 변화 패턴이 다른 것으로 생각된다. 본 연구를 통해 멜론은 유통 시 소비되는 시기에 따라 착과 후 수확 일수를 달리하여 이용하는 것이 유리한 것으로 보여, 수확 후 바로 소비할 것은 70일 정도의 것을, 어느 정도 유통 기간이 소요되는 것을 60일 정도로 이용하고, 50일은 외관은 다른 수확 일수와 비슷하지만, 저장 중에 가용성고형물의 함량이 낮아 이용하지 않을 것이 좋을 것으로 생각된다.

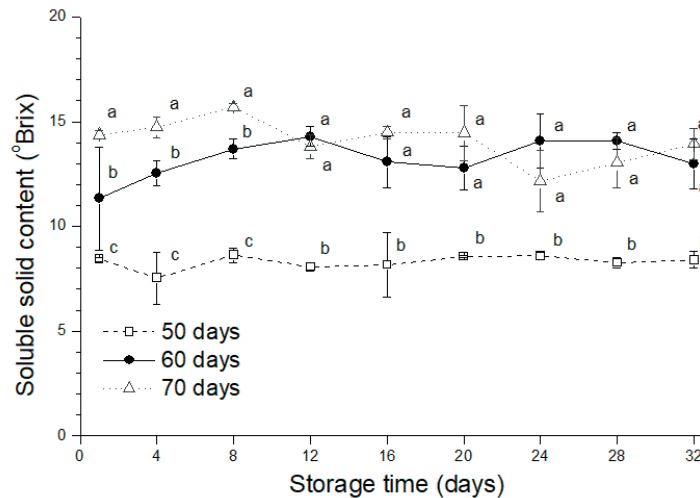


Fig. 2. Changes in soluble solid contents of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. a - c. Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$). Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols.

경도

멜론은 수확 시 경도 차이가 수확 후 저장 중에도 영향을 미쳤다. 'K3' 멜론은 수확 후 저장 중 경도가 서서히 감소하는 패턴을 보였는데, 저장 중에 착과일수에 따라 유의 차이를 나타냈다. Fig. 3에서 착과 후 수확 일수에 따른 경도는 저장 중 변화 정도에서 착과 후 50일은 높게 유지하며, 착과 60일은 저장 중에 서서히 낮아지고, 착과 70일은 낮은 경도가 지속적으로 유지하는 것으로 나타났다. 'K3' 멜론의 경시적 경도 변화를 보면, 착과 후 50일은 저장 중에 13.9 - 19.1 N으로 유지되며, 착과 후 60일은 지속적으로 감소하여 10.0 N에서 4.2 N까지 이르렀으며, 착과 후 70일은 낮은 수준으로 5.0 N에서 2.1 N 수준으로 나타났다. Sugiyama 등(1998)는 멜론 경도에 대해서 멜론의 숙기와 관련 있다고 하였고, Kim 등(2010)과 Youn 등(2011a)은 경도가 멜론에서 품질을 결정하는 중요한 요소로 보았다. 'K3' 멜론의 수확 후 경도는 Sugiyama 등(1998)의 보고와 같은 결과로 착과 후 수확 일수에 따른 숙기가 저장 중에도 관련이 있어, Fig. 3에서와 같이 저장 12일째에 착과 후 50일은 18.8 N이고, 착과 후 60일은 5.5 N, 착과 후 70일은 3.0 N으로 착과 후 생육일수에 따른 숙기에 의해 저장 중에 차이를 보였다. Powrie and Skura (1991)은 멜론 저장 중 경도 감소는 세포벽 다당류가 polygalacturonase (PG) 등과 같은 효소에 의해 가용성 pectin으로 변하면서 조직의 연화가 진행되기 때문

으로 보고하였다. 'K3' 멜론이 수확 후 저장 중 Fig. 3의 경도와 Fig. 2의 가용성고형물과의 상관관계가 $r = -0.93$ 으로 매우 높은 음(-)의 상관관계를 보였으며($p < 0.05$), 경도와 가용성고형물 간에 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Nishiyama 등(2007)은 멜론의 경도는 수확 후 저장기간을 결정하는 중요한 인자라고 하였다. 그러나 본 실험에서 'K3' 멜론의 저장 중 경도(Fig. 3)와 상품성을 결정하는 외관(Fig. 4)과의 상관관계가 $r = 0.51$ 으로($p < 0.05$) 약한 상관관계가 있는 것으로 나타나서, 'K3' 멜론 경도에 의해서 저장기간의 기준을 판단하기는 어려워 보였다. 다만 경도와 식미지수(Fig. 5)간에 상관관계가 $r = -0.67$ 으로 상관관계가 어느 정도 있는 것으로 나타나($p < 0.05$), 착과 후 수확 일수가 늘어서 숙기가 진행되어 경도가 낮아질수록 식미가 높아지는 것으로 생각된다. Choi 등(2005)은 멜론 과실이 성숙하기 전에 수확하게 되면 과실의 육질이 부드럽지 못하고 단단하여 소비자에게 품질이 떨어지게 느낄 수밖에 없다고 하였는데, 'K3' 멜론에서도 착과 후 50일에 수확한 멜론은 숙기가 적당하지 않아 과육이 부드럽지 못하고 경도가 높은 상태로 수확 시 저장 동안에도 지속되었다. 본 연구를 통해 'K3' 멜론은 착과 후 과실 생육일시에 따라 경도가 저장 중에도 계속적으로 영향을 미치고, 식미와도 관계가 있으므로 외관적인 생육이 다 이루어졌어도 수확 후 품질을 고려하여 수확시기를 결정해서 미숙한 과실을 수확하지 않도록 하여야 할 것이다.

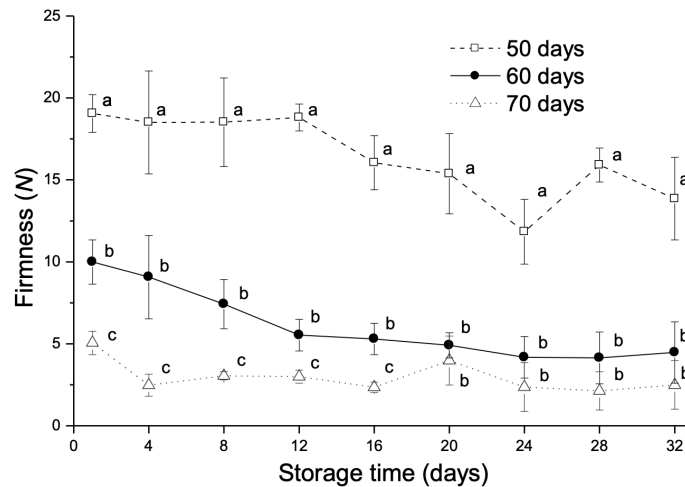


Fig. 3. Changes in firmness of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. a - c: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols.

외관

멜론의 외관변화는 착과 후 수확 일수에 따라 변화 경향이 달랐다. 멜론 외관 변화는 착과 후 수확 일수에 따라 변화 경향이 달라, 착과 후 수확 70일의 'K3' 멜론이 다른 숙기의 멜론과 저장 중에 변화하여 차이를 보였다. Fig. 4에서 착과 후 수확 60일과 50일은 저장기간 종료 시까지 저장 12일에 지수가 4.0으로 외관의 큰 변화가 없었으나, 착과 후 수확 70일은 저장기간 동안 외관이 변하면서 상품으로 가치가 감소하여 저장 12일에 지수가 3.0에 이르렀으며, 저장 28일에는 2.7으로 외관이 상품으로서의 가치를 상실하는 것으로 나타났다. Fig. 5와 같이 착과 후 수확 후 50일과 60일은 저장기간 30일 동안 수확 시와 외관에 큰 차이가 없었고, 다만 수확 50일은 저장 24일에 꼭지 부분에 갈색으로 변색이 되어 외관이 변화되었다. 'K3' 멜론의 외관에서의 변화가 수확 70일은 내부의 수침과 외부의 함몰로 인해 품위를 떨어뜨리면서 상품 가치를 상실하였다. Choi 등(2005)과 Choi 등(2001)은 외관의 변화에 대해 멜론에서 생성되는 에틸렌이 저장산물에 지속적으로 피해를 주어 조직이 연화되어 붕괴되는 것으로 보았다. 이는 착과 후 수확 70일에서 보는 바와 같이 성숙으로 인해 에틸렌 대사작용의 차이로 인해 격차가 나타나는 것으로 보인다.

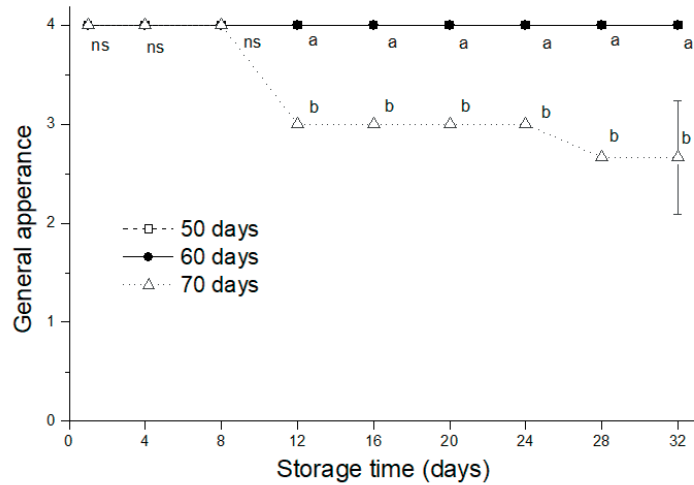


Fig. 4. Changes in general appearance of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. Grade from general appearance: 4 = excellent, 3 = good with marketability, 2 = fair, 1 = poor, and 0 = very poor. Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols. a - b: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), ns = nonsignificant.

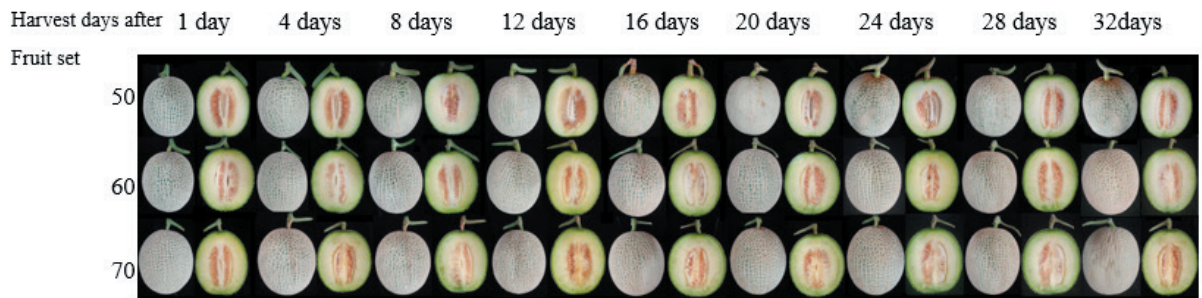


Fig. 5. Changes in appearance of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature.

관능 평가

수확 일수에 따라 멜론에 식미 변화 패턴이 달랐다. Fig. 6에서 관능평가에 따른 식미 지수의 변화 경향은 착과 후 수확 60일은 저장 12일 후부터 최고였으며 32일까지 높은 경향을 보였다. 수확 70일은 초기의 식미는 높았으나 저장 12일부터 낮아질 뿐만 아니라, 저장 16일부터 과육이 물러짐이 심하였다. 수확 50일은 미숙으로 인하여 저장 동안 식미가 지속적으로 낮아 상품으로 낮은 가치를 보였다. 'K3' 멜론의 식미의 지수 변화를 보면, 착과 후 50일에 수확한 멜론은 초기치가 2.3으로 저장 동안 2.3 - 2.7으로 식미가 지속적으로 낮게 유지하고 시장성이 있다고 판단되는 3.0 이하로 상품적인 가치가 없어 보여, 착과 후 수확 50일은 수확 직후부터 과육이 단단하고 단맛이 없어 식감이 떨어져 시장 판매하여 이용하기 어려운 것으로 판단되었다. 'K3' 멜론의 착과 후 60일에 수확 후에 3.3의 식미를 보인 것이 저장 12일에는 4.0으로 지수가 상승하고 저장 종료했던 32일까지 유지하였다. 수확 60일은 수확 직후에는 단맛은 있었으나, 과육이 딱딱하여 식감이 떨어졌으나, 저장 12일부터 과육이 연화되어 부드러워져 식감이 좋아졌으나 저장 28일에는 과육의 하부부터 수침 증상이 발생하면서 물러졌다. 'K3' 멜론 착과 후 70일은 수확한 것

은 초기 지수가 4.0으로 높았으나 16일부터 저장 중 감소하면서 저장 종료 시에는 2.0까지 낮아졌다. 착과 후 수확 70일은 수확 직후부터 단맛이 강하고 높은 풍미를 가졌으나, 저장 8일부터 멜론 하부와 내부의 수침증상이 발생하면서 식감을 떨어뜨렸다. Lee 등(2020)과 Currence와 Larson (1941)은 멜론의 관능평가 가용성고형물 함량과 품질 간에는 높은 상관관계가 있다고 보고하였으나, Aulenbach와 Worthington (1974)과 Oh 등(2011)은 관능평가 시 단맛과 관련된 가용성고형물 함량은 평가원에 의한 점수와의 상관관계가 낮다는 보가 하였다. 'K3' 멜론은 관능평가 시 식미지수와 가용성고형물 간에 상관계수 $r = 0.77$ 으로 상관관계 있는 것으로 나타났다. 원예산물의 유통·소비는 주로 외관에 의해 판단되어 이루어지지만, 소비자에게 고품질의 과실 공급을 위해서는 식미가 좋을 때 저장·유통되어야 할 것으로 보인다. 따라서 착과 후 수확 70일에 수확한 것은 수확 후 멜론을 즉시 유통시켜 소비해야 하며, 수확 60일은 수확 후 유통 기간 중에 저온으로 관리하며 출하 조절이 가능할 것으로 보이며, 수확 50일은 출하를 고려해야 할 것으로 판단된다.

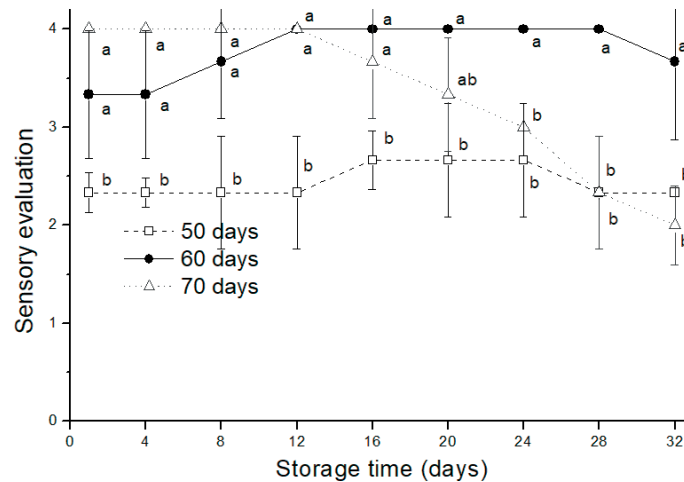


Fig. 6. Changes in sensory evaluation of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. Grade from sensory evaluation: 4 = excellent, 3 = good with marketability, 2 = fair, 1 = poor, and 0 = very poor. Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbol. a, b: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), ns, not significant.

호흡률

멜론 호흡은 수확 시의 차이가 수확 후 저장 중에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 7에서 'K3' 멜론은 수확 일수 별 호흡이 저장 초 - 중의 저장 20일까지 격차를 보였으나, 저장 24일 이후에는 개체 변이가 커지면서 차이가 불명확해졌다. 호흡은 원예작물의 중요한 대사 작용 중에 하나로(Kader, 2002; Bartz and Brecht, 2003), 멜론과 같은 작물은 호흡 작용을 통해 저장 양분을 분해하며, 성숙과 노화에 관련 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2011; Oh et al., 2011). 본 연구에서 'K3' 멜론의 착과 후 수확 일수에 따라 저장 중의 호흡률은 착과 후 수확 50일에 미성숙한 멜론이 착과 후 60일과 70일보다 높은 수준을 보였다. 'K3' 멜론의 수확 일수에 따른 저장 중의 호흡률 변화 양상을 보면, 착과 후 수확 50일 멜론은 저장기간 동안 지속적으로 증가하는 패턴이었고, 착과 후 60일과 70일은 저장 20일까지 호흡을 유지하다가 후기에 증가하는 형태를 보였다. Fig. 4에서 저장 12일째의 착과 후 수확 50일의 호흡률은 $17.4 \text{ CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 으로 착과 후 60일과 70일의 $13.6 \text{ CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 과 $15.6 \text{ CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 보다 높은 수준으로 유의 차이를 보였으나, 저장 24일부터는 측정치의 개체 간 호흡률 격차가 커져서 차이를 언급하기 어려웠다. 'K3' 멜론의 호흡률은 Lee 등(2020) 보고의 호흡 패턴과 같이 저장이 지속될수록 호흡률이 증가하는 경향을 보였다. Kim

등(2010)보고에서 이용한 'Earl's Kingstar' 멜론은 호흡속도가 저장온도와 관련 있으며 속도와는 관계없다고 보고 하였다. 그러나 'K3' 멜론은 호흡률이 착과 후 수확 50일이 수확 60일과 70일보다 높은 수준을 유지하는 것으로 나타나서, 착과 후 수확 일수에 따른 숙기 차이로 인한 호흡률의 차이를 확인할 수 있었다. 'K3' 멜론의 호흡 패턴은 nonclimatic으로 보이지만, 이는 연속적인 측정이 아닌 시기별 조사한 비연속적 측정치로서 조사 시기 이외의 변화 양상을 알 수가 없어, 'K3' 멜론의 호흡형을 판정하기 어려웠다. 'K3' 멜론의 호흡 패턴을 판단하려면 Lee (2015)가 제안한 바와 같이 폐쇄 시스템을 이용하거나 gene에 대한 검토(Perpina et al., 2016)를 통해서 호흡의 패턴을 명확히 파악할 수 있을 것으로 보인다.

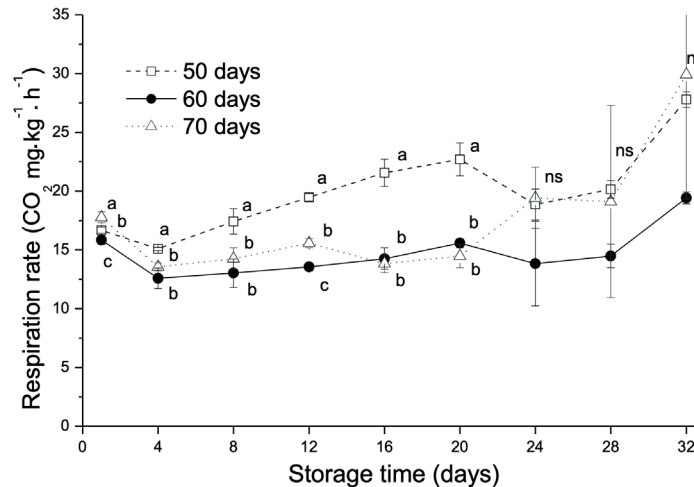


Fig. 7. Changes in respiration rate of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols. a - c: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), ns, nonsignificant.

생체중 변화

멜론 착과 후 수확 일수가 저장 중 생체중량 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 8과 같이 'K3' 멜론 착과 후 수확 일수에 따른 저장 중 생체중량 감소 정도는 저장기간이 경과할수록 차이가 커져서 유의차이를 보였다. 'K3' 멜론의 저장 중 경시적 변화를 보면 초기 4일까지의 생체중량 감소 정도는 착과일수에 따라 차이가 없었지만, 저장기간이 경과함에 격차가 커졌다. Fig. 8에서 'K3' 멜론은 저장 8일째에는 차이가 나고, 착과 후 50일과 60일 및 착과 70일이 유의차이를 보이기 시작하였고, 저장 12일째는 착과 후 50일은 3.1%, 착과 60일은 3.3%, 착과 70일은 0.8%로 차이를 보였으며, 저장종료 시 32일에는 착과 후 50일은 7.7%, 착과 60일은 5.7%, 착과 70일은 2.4%로 저장 동안에 성숙 정도에 따른 생체중량의 감소 정도가 저장기간이 지속됨에 따라 더욱 차이를 나타냈다. Hwang 등(2005) 및 Youn 등(2011b)은 원예작물의 수확 후 생체중 차이는 저장 초기의 호흡과 수분 증발로 인하여 중량변화에 영향을 미쳐 차이가 나타나는 것으로 보았다. Cha 등(2013)과 Kim 등(2011)은 머스크 멜론에서 수확 후 저장 온도에 의해 생체중량의 차이가 보인다고 하였는데, 본 연구에 따르면 저장 온도가 같아도 착과 후 수확 일수에 따른 수확 전 요인이 영향을 미쳐, 수확 후 저장 중 차이를 보이는 것으로 나타났다. 생체중량의 감소 정도는 Kim 등(2010)은 착과 후 일수가 길어 성숙 정도가 높은 것이 생체중량 변화 정도가 높다고 하였으나, 본 연구에서는 착과 후 수확 일수가 짧은 50일이 70일보다 더 높은 것으로 나타났다.

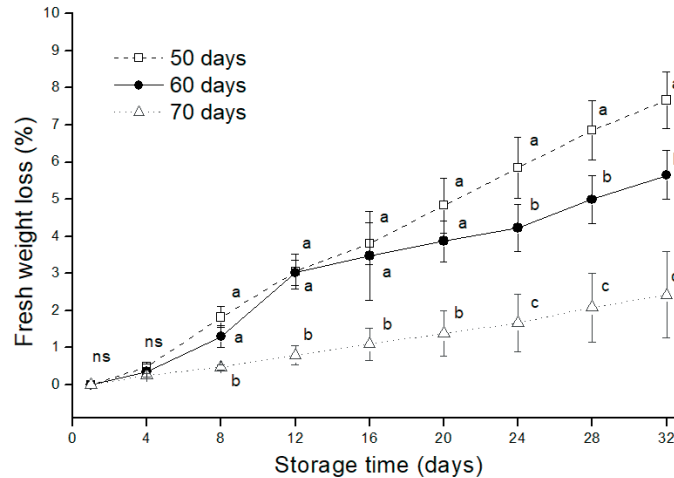


Fig. 8. Changes in fresh weight loss of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols. a - c: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), ns, nonsignificant.

수분 함량 변화

멜론 저장 중 착과 후 수확 일수에 따라 가식부에서 수분함량 변화가 유의 차이를 보였다. 수분함량의 경시적 변화를 보면(Fig. 9), 수분함량이 저장 동안에 차이를 나타내 착과 후 수확 60일과 70일이 저장 동안 85.9 - 89.5%의 수준을 유지한데 반해, 수확 50일이 91.1 - 93.2%으로 착과 후 수확 일수에 따른 차이를 보였다. 원예작물이 전체 무게 감소가 일어나서 저장된 원예산물 내 수분감소가 발생하는데(Lee et al., 2017), Fig. 9의 'K3' 멜론은 저장 중 착과 후 일수에 따라 차이를 보여 저장 12일째에 착과 후 수확 50일은 93.2%으로 착과 후 60일과 70일의 87.9%와 87.2%으로서 유의차이를 보였다. 이러한 수분 함량의 차이는 생체중량 감소와의 상관관계를 보면, $r = 0.42$ 으로 약한 상관관계 있는 것으로 나타났는데, 멜론의 수분 측정이 표피가 아닌 가식부의 과육을 측정한 것으로 생체중량에 표피가 빠져 차이가 나타난 것으로 보인다. NIAS (2017)에 따르면 성숙한 멜론의 수분함량은 88.1%으로 착과 후 수확 일수 60일과 70일은 NIAS (2017)의 보고 자료와 같이 'K3' 멜론이 비슷한 수준이었으나, 착과 후 수확 일수 50일은 이보다 높은 91%이상으로 멜론 착과 후 수확 일수에 따라 수분함유량에 영향을 미치는 것으로 보인다. 'K3' 멜론의 저장 중 차이에서 보듯이 수확 전 요인이 수확 후에도 수분함량과 같은 요인에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

색상(hue angle)

색상은 소비자가 상품성을 판단하는 중요한 요소이나(Park, 2002), 'K3' 멜론은 저장 기간 중 과육 색도 변화에 큰 차이를 보이지 못하였다. 'K3' 멜론의 저장 중 절단한 가식부의 색변화에 대한 색상(hue angle)은 Fig. 10과 같다. 'K3' 멜론의 색상(hue angle) 값은 초기에는 멜론별로 107.9 - 108.4°이었고, 저장 종료 시에는 108.3 - 108.8°으로 저장 동안 다소 진폭을 거듭하나 크게 변화하는 것으로 보이지는 않는다. 또한 착과 후 수확 일수에 따른 변화에서도 저장 12일째에 보면, 착과 후 수확 50일이 108.3°이고, 착과 60일이 109.3°, 착과 70일이 108.7°으로 숙기에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 'K3' 멜론은 착과 후 수확 50일이 외형적인 생육이 이루어지면, 색상(hue angle)은 수확 일수에 따른 숙기에 따라 저장 동안에 변화로 크지 않으며, 차이도 나타내지 못하였다. Kim 등(2010)과 Lee 등(2020)은 멜론은 저장기간이 길어질수록 저장 온도에 의해 색상 차이가 커진다고 하였으나, 'K3' 멜론에서 착과 후 수확 일수에 따라서는 동일한 저장조건에서는 색상 차이를 언급하기 어려워 숙기에 따른 색상 변화가 크지 않은 것으로 보인다.

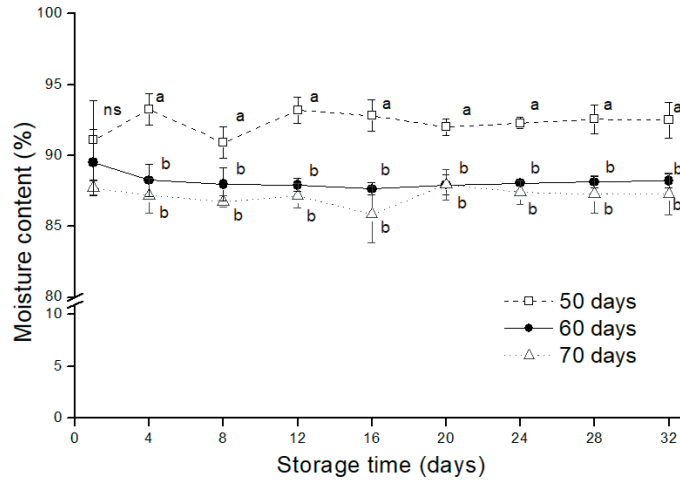


Fig. 9. Changes in moisture content of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols. a - c: Mean values in each evaluation day with different lower case letters are significantly different according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$), ns, nonsignificant.

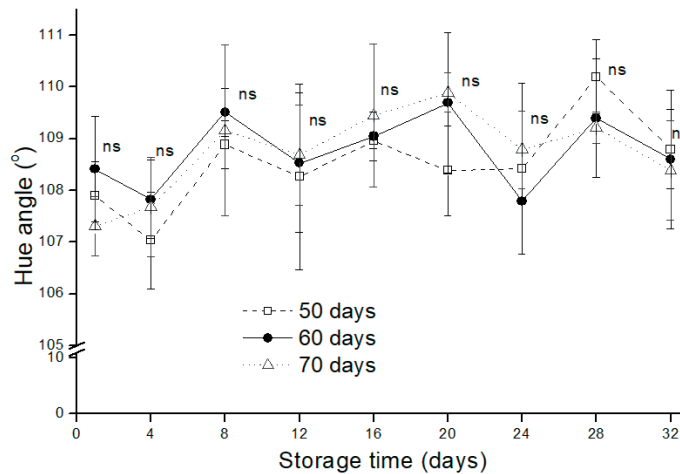


Fig. 10. Changes in hue angle of 'K3' melon at different harvest days (50, 60, 70 days) after fruit set at 7°C storage temperature. ns means "Not significantly different" according to the Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$). Data represent the mean \pm SD of four replicates. Some error bars are marked by the symbols.

Conclusion

멜론의 수확시기에 따른 과실 생육과 수확 후 품질 차이를 검토하였다. 'K3' 멜론을 이용하여 착과 후 과실 생육 일수에 따라 50, 60, 70일별 수확 후에 과실 생육 특성과 저장 시 7°C에서 가용성고형물(SSC), 경도, 호흡률, 생체중 변화, 수분함량, 색상, 외관, 식미 등의 변화를 조사하였다. 수확 시 과실 생육은 착과 후 과실이 50일 이후에는 과중, 과고, 과폭과 같은 외형과 관련 있는 측정 항목에서는 차이가 없었으나, 성숙과 관련된 가용성고형물, 경도, 색상 L* 값 및 호흡률에서 차이를 보였다. 가용성고형물은 착과 후 수확 70일이 14.4°Brix으로 가장 높았으며, 경도는 착과 후 수확 50일은 19.1°Brix으로 가장 높고, 색변화 밝기를 나타내는 수확 70일이 57.3으로 가장 낮았다. 수분 함유물은 유의 차이는 없었지만 착과 후 50일이 91.1%로 착과 후 수확 60일과 70일은 87.7%과 89.5%보다 높은 경향을 보였다.

저장 동안에 가용성고형물은 착과 후 수확 일수에 따라서는 60일 70일은 11.3 -15.7 °Brix으로 서로 간 차이가 없었으며, 50일의 7.5 - 8.6 °Brix보다 저장 동안에 높은 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 경도는 착과 후 수확 일수에 따라 수확 후 저장 동안에 50일은 11.8 - 19.1 N으로 60일의 4.2 - 10.0 N, 70일의 2.1 - 5.1 N으로 차이를 보였다. 호흡률은 수확 50일이 초기에는 17.8 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹으로 수확 50일이 60일과 70일보다 높은 경향을 보였으나 저장 24일 이후에는 큰 차이를 보이지 않았다. 생체중량 변화에 있어서는 저장 초기에는 착과 후 수확 일수에 따라서는 차이가 없었으나 저장 8일부터 차이를 보여 저장종료 시 32일에는 착과 후 수확 50일이 7.7%으로 가장 큰 차이를 보였고, 60일은 5.7%, 70일은 2.4% 이었다. 수분함량이 저장 동안 차이를 보여 착과 후 수확 60일과 70일이 85.9 - 89.5% 수준인데 수확 50일이 91.1 - 93.2%으로 차이를 보였다. 색상(hue angle)은 증가하는 경향을 보였으나 착과 후 수확 일수에 따른 차이는 보이지 않았다. 외관은 저장 동안에 착과 후 수확 일수에 따라 저장 동안에 차이를 보여, 수확 60일과 50일은 지수가 3.5 - 4.0을 유지한 반면에 수확 70일은 2.7까지 떨어져 차이를 보였다. 관능 평가에 따른 식미는 착과 후 수확 일수에 따라 차이를 보여, 수확 70일은 초기 지수는 4.0이었으나 저장 중 지속적으로 감소하고, 60일은 초기 3.3에서 저장 중 4.0까지 상승한 반면에 수확 50일은 지수가 2.3 - 2.7로 지속적으로 낮은 수준을 보였다. 멜론은 착과 후 수확 일수에 따라 눈으로 보이는 외관은 큰 차이가 없었으나 내부의 가용성고형물 등에서 차이를 보였으며, 저장 중에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

'K3' 멜론은 착과 후 과실 생육 일수와 같은 수확 전 요인이 수확 후 품질에 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 'K3' 멜론 과실 이용 시 적절한 수확 일수인 60일 정도에 이용하는 것이 높은 품질로 소비자에게 공급할 수 있는 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 멜론의 유통, 저장, 마케팅 등에서 활용이 가능할 것으로 보인다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 성과물(논문)은 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 연구사업인 '수경재배 멜론의 상품성 부가가치 제고 기술 연구(PJ01324103, 연구주관수행: 이정수)'의 일부 지원으로 이루어졌습니다. 본 난을 통하여 연구수행에 도움을 주신 나중대 님, 나참 님, 노미영 님, 임미영 님, 정호정 님에게 감사를 드립니다.

Authors Information

Jung-Soo Lee, <https://orcid.org/0000-0001-8185-9877>

Ju Youl Oh, <https://orcid.org/0000-0002-2120-8244>

References

- Aulenbach BB, Worthington JT. 1974 Sensory evaluation of muskmelon: is soluble solids content a good quality index? HortScience 9:136-137.
- Bartz JA, Brecht JK. 2003. Postharvest physiology and pathology of vegetables, 2nd edition. Marcel Dekker Inc., New York, USA.

- Carvalho RL, Cabral MF, Germano TA, de Carvalho WM, Brasil IM, Gallao MI, Moura CFH, Lopes MMA, de Miranda MRA. 2016. Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology* 113:29-39.
- Cha HS, Lee SA, Kwon KH, Kim BS, Choi DJ, Youn AR. 2013. Effects of the initial storage temperature of a PA film-packaged muskmelon (*Cucumis melo* L.) during its storage. *Korean Journal Food Preservation* 20:14-22. [in Korean]
- Choi HK, Park SM, Yoo KC, Jeong CS. 2001. Effects of shelf temperature on the fruit quality of muskmelon after storage. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 19:135-139. [in Korean]
- Choi WK, Choi KH, Lee KJ, Choi DS, Kang SW. 2005. A study on the evaluation of melon maturity using acoustic response. *Journal of Biosystems of Engineering* 30:38-44. [in Korean]
- Cohen RA, Hicks JR. 1986. Effect of storage on quality and sugars in muskmelon. *American Society for Horticultural Science* 111:553-557.
- Currence TM, Larson R. 1941. Refractive index as an estimate of quality between and within muskmelon fruits. *Plant Physiology* 16:611-620.
- Hwang TY, Park YJ, Moon KD. 2005. Effects of ozone-water washing on the quality of melon. *Korean Journal Food Preservation* 12:252-256. [in Korean]
- Jeong JC, Woo PK, Joon YY. 1990. Influence of packaging with high-density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Cheongchima) during low temperature storage. *Journal of the Korean Society of Horticultural Science* 31:219-225. [in Korean]
- Kader AA. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*, 3rd edition. University of California, CA, USA.
- Kim BS, Kim JY, Lee HO, Yoon DH, Cha HS, Kwon KH. 2010. Quality changes of muskmelon (*Cucumis melo* L.) by maturity during distribution. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 28:423-428. [in Korean]
- Kim JM, Ko YS. 1997. Changes in chemical components of Korean kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by storage temperature. *Korean Journal of Food Science and Technology* 29:618-622. [in Korean]
- Kim JY, Kwon KH, Gu KK, Kim BS. 2011. Selection of quality indicator to determine the freshness of muskmelon (*Cucumis melo* L.) during distribution. *Korean Journal of Food Preservation* 18:824-829. [in Korean]
- Kim JY, Lee HO, Yoon DH, Cha HS, Kwon KH, Yang SY. 2009. Effects of harvest timing and 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on the quality of muskmelon (*Cucumis melo* Linnaeus) during storage. *Korean Journal of Food Preservation* 16:629-635. [in Korean]
- Kim YB, Kubo Y, Inaba A, Nakamura R. 1996. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. *Journal of Korean Society of Horticultural Science* 37:526-532. [in Korean]
- Kwak KW, Park SM, Park JN, Jeong CS. 2004. Effect of CaCl₂ foliar application on the storability of muskmelon cultured in NaCl-enforced hydroponic. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 22:156-161. [in Korean]
- Lee JS. 2015. Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-Methylcyclopropene and 2-chloroethylphosphonic acid during storage. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 33:675-686. [in Korean]
- Lee JS, Chang MS, Jeong CS. 2020. Changes in quality factors of 'Honey One' melon during storage at different temperature. *Horticultural Science and Technology* 38:249-262. [in Korean]
- Lee JS, Choi JW, Kim JS, Park MH, Choi HJ, Lee YS, Kim DE, Hong YP, Kim JG. 2017. Application of different packaging methods and materials for comparing freshness of lettuce (*Lactuca sativa* L.) harvested in summer season. *Korean Journal of Packaging Science and Technology* 23:163-171. [in Korean]
- Lee JS, Chung DS, Lee JU, Lim BS, Lee YS, Chun CH. 2007. Effects of cultivars and storage temperatures on shelf-life of leaf lettuces. *Korean Journal Food Preservation* 14:345-350. [in Korean]
- Lee SW, Kim ZH. 2002. Inheritance of sucrose content in melon. *Korean Journal of Breeding Science* 34:251-259. [in Korean]
- Lim BS, Hong SJ, Oh SH, Chung DS, Kim KH. 2010. Effect of storage temperature on chilling injury and fruit quality of muskmelon. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 28:248-253. [in Korean]

- Moon W, Lee JW, Chun C. 2013. Introduction to horticulture. Korea National Open University, Seoul, Korea. [in Korean]
- NIAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2017. National standard food ingredient list. pp. 93-178. NIAS, Wanju, Korea. [in Korean]
- Nishiyama K, Guis M, Rose JKC, Kubo Y, Bennett KA, Lu WJ, Kato K, Ushijima K, Nakano A. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *Journal of Experimental Botany* 25:1281-1290.
- Oh SH, Bae R, Lee SK. 2011. Current status of the research on the postharvest technology of melon (*Cucumis melo* L.). *Korean Journal Food Preservation* 18:442-458. [in Korean]
- Park SW. 2002. Postharvest technology for improvement of marketability in fruits. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 20:264-269. [in Korean]
- Park YJ, Moon KD. 2004. Influence of preheating on quality changes of fresh-cut muskmelon. *Korean Journal Food Preservation* 11:170-174. [in Korean]
- Perpina G, Esteras C, Gibon Y, Monforte J, Pico B. 2016. A new genomic library of melon introgression lines in a cantaloupe genetic background for dissecting desirable agronomical traits. *BMC Plant Biology* 16:154.
- Powrie WD, Skura BJ. 1991. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. pp. 169-245. In *Modified atmosphere packaging of food*. Ellis Horwood Limited, West Sussex, England.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Manual for agricultural investigation. RDA, Suwon, Korea. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2018. Melon. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Sugiyama J, Katsurai T, Hong J, Koyama H, Mikuriya K. 1998. Melon ripeness monitoring by a portable firmness tester. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 41:121-127.
- Yamazaki K. 1982. Soilless culture. Hakuyu Press, Tokyo, Japan.
- Yeoung YR, Jeong CS, Kim HK. 1996. Effects of storage temperature and duration on sugar and fruit quality of muskmelon. *Journal Korean Society of Horticultural Science* 37:252-256. [in Korean]
- Youn AR, Kim BS, Kwon KH, Kim JH, Choi DJ, Cha HS. 2011a. Chemical components of muskmelon (*Cucumis melo* L.) according to cultivars during storage. *Korean Journal of Food Preservation* 18:636-642. [in Korean]
- Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Kim SH, Noh BS, Cha HS. 2009. Changes in quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) during storage at different temperatures. *Korean Journal of Food Science Technology* 41:251-257. [in Korean]
- Youn AR, Noh BS, Kwon KH, Kim SH, Kim BS, Cha HS. 2011b. Physicochemical properties and respiration rate of four different varieties muskmelons (*Cucumis melo* L.) cultivated in Korea. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 40:717-724. [in Korean]