

자동기체제어 알고리즘을 이용한 상주등시의 장기저장 효과 분석

박천완 · 박석호¹ · 김진세 · 최동수 · 김용훈 · 이수장 · 손재용*

국립농업과학원 농업공학부, ¹국립원예특작과학원 시설원예연구소

Effects of Controlled Atmosphere Storage of ‘Sangjudungsi’ Persimmon

Chun Wan Park, Seok Ho Park¹, Jin Se Kim, Dong Soo Choi,
Yong Hun Kim, Su Jang Lee, and Jae Yong Son*

Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA

¹Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA

Abstract

In this study, a controlled atmosphere (CA) storage system is proposed as a storage method for prolonging processing period. Persimmon was placed in CA storage at $0.5^{\circ}\text{C}\pm 0.5$ for 92 d. The qualities of the stored persimmons were compared to determine the possibility of extending shelf life. ‘Sangjudungsi,’ which was harvested on October 26, 2017, was applied to the persimmons. In order to compare differences according to size, the persimmons were classified into Size No. 2 (170 g) and Size No. 3 (145 g). In the result, the yellowness of CA-stored persimmons was 26.3% lower than that of cold-stored ones, confirming that after-ripening was delayed. The firmness of CA-stored and Size No. 3 persimmon was higher than that of cold-stored and Size No. 2 persimmon. Tannin decreased significantly in cold storage, but it tended to increase in CA storage. The sugar content of Size No. 3 was lower than that of Size No. 2, but there was no difference in tendencies according to the storage method. Weight loss in CA storage was lower than that in cold storage. A comparison of color difference, firmness, sugar content, tannin, and weight loss ratio showed that CA storage was more effective in improving shelf life than cold storage.

Key words: controlled atmosphere, O₂, CO₂, size, persimmon

서 론

뽕은 감은 가공을 통해 소비되는 임산물로 분류되며 단감은 주로 생과형태로 소비되는 농산물이다. 특히 뽕은 감은 경북 상주, 청도를 중심으로 재배되고 있으며 전국적으로 성장하는 품목 중 하나이며 생산량은 지속적으로 증가하는 추세이다(Jeon et al., 2014). 뽕은 감은 페놀성 화합물인 gallic acid, catechin, epicatechin, epigallocatechin, catechingallate, epicatechin gallate 및 epigallocatechin gallate 등이 함유되어 노화방지, 심혈관 질환 예방, 항암효과, 면역증강(Ahn et al., 2017; Kim et al., 2009) 및 고혈압, 심장병 등 성인병에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Haslam, 1979). 이를 바탕으로 최근 항염증 및 면역 효과(Lee et al., 2015), 식도염 개선 효과(Kwon et al., 2016),

피부탄력 개선 효과(Kim et al., 2017), 신경세포 보호 효과(Jeong et al., 2017) 등 감 추출물의 기능성 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전통적으로 뽕은 감은 꺾임, 연시, 감말랭이 등으로 가공되어 유통된다(Bian et al., 2015). 또한 주스(Chun et al., 1997), 쨈(Kim et al., 1999b), 장아찌(Kim et al., 1995), 식초(Kim et al., 2003b), 고추장(Jeong et al., 2000) 등 다양한 가공제품이 개발되고 있다. 하지만 뽕은 감의 저장과정에서 발생하는 에틸렌은 감의 후숙 속도를 빠르게 진행시키고 연화를 촉진하여(Lim et al., 2015) 저장기간을 단축시키게 된다. 1-MCP 등 화학적 저장방식이 이용되기도 하지만 저장기간 연장 후 꺾임 및 연시 형태로 가공이 어려울 수 있어(Win et al., 2017) 장기저장 이후에 가공성에 대해 검증이 필요하다. 감의 짧은 저장특성으로 인해 감이 수확되는 9-10월에 걸쳐 약 50일간 노동력이 집중되며 동일한 시기에 가공인력이 요구되어 인력수급에 어려움을 겪고 있다. 따라서 저온저장의 한계와 1-MCP 처리에 따른 가공성 문제로 인해 새로운 장기저장기술이 필요한 실정이다. 장기저장기술 중 CA(controlled atmosphere)저장기술에 대한 연구가 최근 활발하게 이루어지고 있지만 뽕은감의 CA저장기술은 CA가 보

*Corresponding author: Jae Yong Son, Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Jeollabuk-do, 54875, Korea

Tel: +82-63-238-4123; Fax: +82-63-238-4105

E-mail: son1892@korea.kr

Received February 18, 2020; revised May 14, 2020; accepted May 21, 2020

급된 90년대에 집중되어 있으며 저장과 탈습을 동시에 진행한 연구가 대다수 이다(Seong, 1994). 감의 CA저장조건은 O₂ 3-5%, CO₂ 5-8%로(Kader, 2002) 알려져 있으나, 품종 및 이산화탄소 농도에 따라 서로 다른 저장 품질특성을 나타내고 있다(Kim et al., 1999a).

본 연구에서는 짧은 감의 저장기간 연장을 위한 저장방법으로 장기저장기술인 CA저장시스템과 짧은 감 저장을 위한 기체제어알고리즘을 제시하였고, 기체제어저장을 진행했다. 이를 통해 짧은 감의 CA저장 중의 감의 품질을 측정하여 CA저장을 이용한 짧은 감의 장기저장 가능성을 조사하고, 장기저장을 위한 짧은 감의 적정 크기 및 기체환경조건을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 저장조건

본 실험에 사용한 짧은 감(Diopyros Kaki Thunb.)은 경북 상주에서 재배되는 감나무인 상주동시 품종에서 2017년 10월 26일에 수확하였으며, 크기에 따른 차이를 비교하기 위해서 2호 감(약 170 g)과 3호 감(약 145 g)을 선별하여 사용하였다. 감은 PE박스(0.52×0.36×0.31 m)당 약 22 kg씩 포장 되어있으며, 6개의 팔릿(Pallet, 1.1×1.1 m) 위에 6박스 5단 적재하여 총 4 ton을 시설형 CA저장고에서 저장하였으며 전체 저장가능 공간의 10%에 해당한다. 저장 방식에 따른 환경조건은 Table 1에 나타났다. 저장온도는 초기 5°C에서 예냉 후 0.5°C까지 온도를 낮췄으며 저온장해를 최소화하기 위해서 온도하강속도를 1.5°C/24시간으로 유지하였다. 0.5°C까지 냉각된 후 0.5°C 편차로 저장고 온도를 유지하였다. 대조구는 저온저장고에 기체조절이 없는 상태에서 CA저장과 동일한 온·습도로 저장하였다. CA저장

Table 1. Characteristic of CA storage and sensor

	Cold storage	CA storage
Temperature (°C)	0.5°C±0.5	0.5°C±0.5
Humidity (%RH)	95±3	95±3
O ₂ (%)	21	4
CO ₂ (%)	0.05	6±1
C ₂ H ₄ (ppm)	0.2-0.8	0.2-0.8
Persimmon size	No. 2(170 g), No. 3(145 g)	

을 위한 기체 조성은 선행연구 결과(Park, 2016)를 바탕으로 O₂ 4%와 CO₂ 6%, C₂H₄ 5 ppm 이하 수준의 가스 조성이 유지되도록 하고 현장적용 가능성을 파악하고자 하였다. 품질조사 항목은 색도, 경도, 감모율, 당도, 탄닌에 대해 조사하였다. 품질조사시간은 저 농도의 산소를 유지해야 하는 CA저장고의 특성상 저장고 개폐를 최소화하기 위해 초기, 46일차 그리고 92일차에 진행하였다. 짧은 감 저장에 이용된 CA저장고는 크기 6.75×6.15×3.48 m이며, 25 mmAq에서 12.5 mmAq까지 압력감소시간 측정을 통한 기밀시험결과(Yahia, 2008) 30분방에 해당했으며 이는 정밀한 CA를 위한 조건을 충족하였다.

자동기체환경제어 알고리즘

짧은 감의 CA저장을 위한 시스템은 저장고와 N₂발생장치, CO₂제거장치, C₂H₄제거장치, 냉각장치로 구성되어 있다. N₂발생장치는 대기를 이용해 N₂를 생산하여 공급하고 저장고 내부공기는 외부로 배출되도록 배출방식으로 설치하였으며, CO₂제거장치와 C₂H₄제거장치는 저장고 내부의 공기가 기체조절장치를 순환하여 다시 저장고 내부로 유입되는 순환방식으로 설치하였다. CA저장시스템에 이용된 장치는 Fig. 1과 Table 2에 특징을 각각 나타내었다. 각각

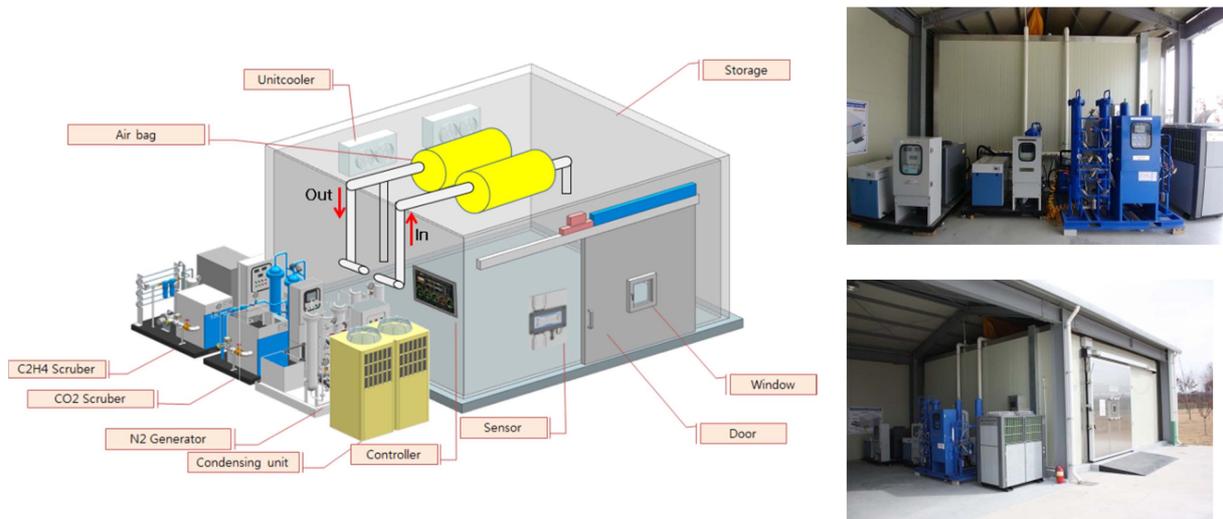


Fig. 1. Schematic and images of Apparatus for controlled atmosphere storage system (N₂ generator, CO₂ scrubber, C₂H₄ scrubber, refrigerant, air bag, air tightness storehouse).

Table 2. Device specific of controlled atmosphere storage system

Device	Type	Specification
N ₂ generator	PSA	Compressor : 3HP, 2.2 kW Adsorbent : CMS, 17 kg Supply flow-rate : 3 Nm ³ /h N ₂ concentration: N ₂ 99%
CO ₂ scrubber	PSA	Compressor : 3HP, 2.2 kW Adsorbent : CMS, 24 kg Removal amount : 2.04 g/h
C ₂ H ₄ scrubber	Catalyst	Compressor : 3HP, 2.2 kW Catalyst : Pd, 3 kg Removal amount : 0.09 g/h
Cooling system	Direct expansion	Compressor : 7.5 hp, 5.5 kW Condenser : 10HP, 30,500 kcal/h Evaporator : sp-7.5 HP Storage size : 6,750×6,150×3,475 mm Air tightness ¹⁾ : 30 min

¹⁾Air tightness, the decrease time of pressure drop from 25 mmAq to 12.5 mmAq (Yahia, 2008).

의 기체제어장치는 유기적 또는 독립적으로 동작한다. 환경제어센서를 이용해 저장고 내부의 저장환경(온도, 습도, O₂, CO₂, C₂H₄)을 측정하고 측정된 값을 기준으로 기체제어장치를 조절하였다. O₂와 CO₂는 N₂발생장치 또는 CO₂제거장치를 유기적으로 운전시켜 각각의 농도를 제어하는 반면에 C₂H₄는 C₂H₄제거장치를 독립적으로 운전하여 기체환경을 제어한다. 감 저장 위한 기체농도는 높은 CO₂ 농도와 낮은 C₂H₄ 농도를 유지해야 하며 제어 알고리즘을 단순화 하기 위해 C₂H₄ 농도제어 중 O₂와 CO₂ 농도에 영향을 주지 않는 Pd 촉매방식의 C₂H₄제거장치를 설치하였다. 이에 따른 기체제어장치 기초알고리즘을 Fig. 2에 나타내었다.

품질 특성 측정

색도는 색차계(CM-700d, Konica Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시료는 처리구당 5개의

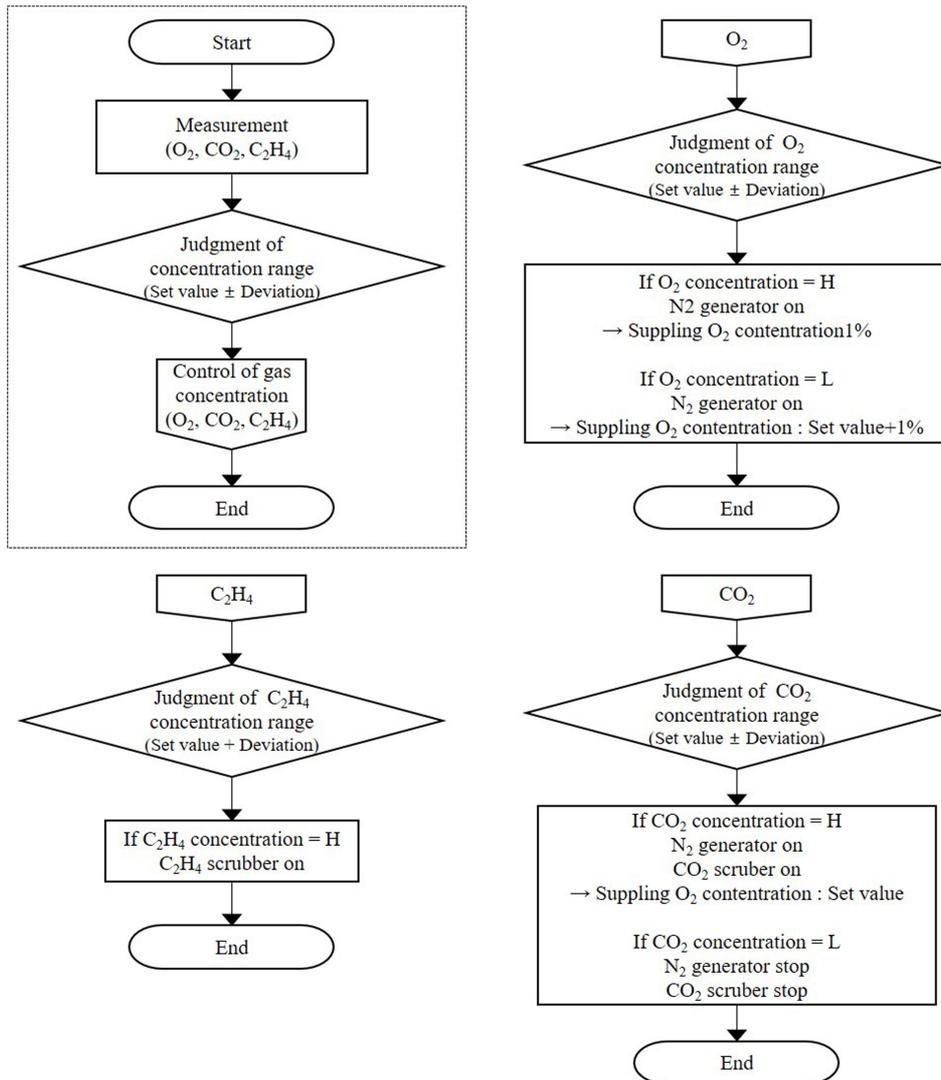


Fig. 2. Algorithm flow chart for controlled atmosphere. H or L means higher or Lower than set value of O₂, CO₂ and C₂H₄.

시료를 선별하여 과실의 적도부위에 측정위치를 표시하고 저장일수에 따라 시료당 2회 반복 측정하였다. 측정값은 정반사가 제거된 SCE값을 평균 내어 나타냈으며, 명도는 L값(Lightness), 적색도는 a값(Redness), 황색도는 b값(Yellowness)로 비교하였고, 표준백판의 SCE값은 $L=97.26$, $a=0.09$, $b=0.01$ 이었다.

경도계는(TA.XT-Plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하였고, 직경 11 mm의 probe를 부착하여 측정하였다. 이때 탐침 속도는 2 m/s로 동일시료의 반복측정에 따른 오차가 발생하지 않는 속도로 설정하였다. 경도는 적도를 기준으로 4회 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

당도 측정은 시료의 과심 및 씨앗을 제거 후 분쇄기로 분쇄하고, 필터백(B01318, NASCO Co., Modesto, CA, USA)을 이용하여 착즙하고 상등액을 분리하여 당도계(RX-5000a, Atago Co., Tokyo, Japan)로 5회 반복 측정된 후 평균값을 구하여 °Brix로 표시하였다.

수용성 탄닌은 폴리페놀의 일부로 Folin-Denis법에 의해 측정하였다. 처리구당 10개의 착즙된 시료 1 g에 증류수 45 mL를 넣은 후 1분간 잘 교반하여 10,420×g으로 4°C에서 30분간 원심분리한 후 얻어진 상등액을 시료로 사용하였다. 시료 100 µL에 2% sodium carbonate 2 mL와 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가한 후 30분 간 반응시킨 후 증류수 8 mL를 넣고 720 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 구하여 그 식에 의하여 탄닌 함량을 산출하였으며 3번 반복 측정하여 회석배수(10배)를 곱한 값을 그 평균값으로 나타내었다. 흡광도 측정은 분광광도계(Spectrostar Nano, BMG LABTECH, Ortenberg, Germany)를 이용하였다

감모율은 저장 전 처리구당 PE상자에 담긴 뚫은감 5 box의 무게를 측정된 후 저장기간 중 감소한 시료의 중량을 초기중량에 대한 백분율로 환산하여 각각 나타내었다. 품질조사 샘플은 저장기간 동안 저장고의 습도 및 감모율 관리를 위하여 처리구당 2 box로 제한하였으며

상부와 하부에서 각각 1 box씩 시료를 채취하였다. 색도 측정 시료는 색도 변화이력의 관찰을 위해 고정시료를 이용했다.

결과 및 고찰

감의 색도 변화

저장조건 및 크기에 따른 뚫은 감 표면의 색 변화를 Table 3에 나타내었다. 저온저장 전후의 ΔL , Δa , Δb 값은 2호 감 19.0, 11.30, 32.10, 3호 감 19.0, 10.6, 31.0으로 황색도(b)가 가장 큰 변화를 보이고 있다. CA저장 전후의 ΔL , Δa , Δb 평균값은 2호 감 5.4, -0.9, 8.2, 3호 감 5.80, 0.3, 8.4로 각각 나타났으며 황색도(b)의 변화율은 CA저장된 감이 저온저장 보다 73.8% 낮게 나타났다. Hong et al. (2009)의 연시판정을 위한 칼라차트 보고에 따르면 품질특성 중 탈삼지수, 탄닌지수, Hunter b값과 연계하여 비교하였을 때 황색도(b)가 가장 유의적인 차이를 나타내고 있으며, 1-6그룹으로 뚫은맛과 황색도(b)의 상관관계를 분석하였으며 황색도(b)가 16.1 ± 1.3 일 때 뚫은맛이 사라진다고 하였다. 이와 비교하였을 때 92일 저장된 감의 황색도(b)는 저온저장 2호 감 27.7, 3호 감 30.3으로 뚫은맛이 2/3 감소한 상태와 동일하며, CA저장 2호감 50.4, 3호감 47.4로 뚫은맛이 가장 강하거나 약한 감소한 상태와 동일하다. 또한 L 값은 저장일수에 따라 감소하지만 CA저장과 저온저장간의 유의적 차이는 뚜렷하게 보이지 않으며 적색도(a) 값은 92일에 저온저장에서 유의적 차이를 나타내기 시작한다. 반면에 황색도(b) 값은 CA저장과 저온저장 그리고 저장일수에 따라 뚜렷한 유의적 차이를 보이고 있어 황색도(b) 연구결과의 내용과 부합함을 알 수 있다. ΔE 의 평균값은 저온저장 38.42, CA저장 10.04으로 품질변화가 시작되는 기준은 6을 초과하여(Hong et al., 2009; Rizzo & Muratore, 2009) 저장에 따른 품질변화가 나타나고 있는 것으로 판단된다. 이를 바탕으로 황색도(b) 및 색차 변화율

Table 3. Change in L, a, b values of persimmons stored during 92 d at 0.5°C in cold and CA storage system

		CA storage		Cold storage	
		Size No. 2	Size No. 3	Size No. 2	Size No. 3
L	0	60.01±1.02 ^{1)Aa2)}	58.2±1.58 ^{Ba}	60.95±1.68 ^{Aa}	60.87±1.44 ^{Aa}
	46	57.29±1 ^{Ab}	55.03±2.09 ^{Bb}	56.09±1.94 ^{ABb}	54.66±1.6 ^{Bb}
	92	54.58±1.03 ^{Ac}	52.42±1.72 ^{Bc}	41.94±1.75 ^{Cc}	41.89±3.43 ^{Cc}
a	0	34.56±2.99 ^{Ba}	38.5±1.56 ^{Aa}	34.1±3.04 ^{Ba}	32.22±4.18 ^{Ba}
	46	36.76±2.67 ^{ABa}	39.18±1.9 ^{Aa}	35.8±2.55 ^{Ba}	33.09±3.77 ^{Ca}
	92	35.47±2.92 ^{Aa}	38.19±1.08 ^{Aa}	22.61±3.18 ^{Bb}	21.47±6.07 ^{Bb}
b	0	59.81±2.06 ^{Ba}	57.05±2.16 ^{Ca}	60.85±2.76 ^{ABa}	62.46±3.13 ^{Aa}
	46	56.67±2.42 ^{Ab}	52.89±2.78 ^{Bb}	53.88±3.67 ^{Bb}	53.71±2.92 ^{Bb}
	92	51.32±1.53 ^{Ac}	48.42±2.61 ^{Ac}	27.95±4.03 ^{Bc}	30.58±5.89 ^{Bc}

¹⁾Each value is mean±SD

²⁾Mean value in the same row (A-C) or column (a-c) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

이 각각 26.3%, 74% 적게 나타난 CA저장에서 품질변화가 적게 나타났으며 CA저장이 후숙을 지연시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

감의 경도 및 당도 변화

저장방식에 따른 뚫은 감의 경도(firmness)변화는 Fig. 3에 나타내었다. 저온저장의 평균 경도는 2호 감 60.7N에서 2.55N, 3호 감 70.16N에서 5.13N으로 각각 95.7, 92.7% 감소하였으며, 연화가 진행되어 박피가 불가능 하였다. 반면에 CA저장의 평균경도는 2호 감 60.7N에서 18.9N, 3호 감 70.16N에서 28.3N으로 각각 68.5, 59.6% 감소하였다. CA저장과 저온저장 모두 46일차까지 경도가 급격히 감소한 후 92일차에 CA저장의 경도는 46일차와 유의적 차이가 없이 유지된 반면 저온저장의 경우 저장일수에 따른 경도감소의 유의적 차이가 발생하였다. 특히 저온저장과 CA저장 모두 과실크기가 작은 3호 감에서 경도유지가 높게 나타나 과일 크기가 저장성에 영향을 주는 것으로 판단되며 크기에 따른 과실의 저장성에 대한 고찰이 필요하다. 따라서 가공을 위해 3개월 이상 장기저장 하는 감은 3호 감(145 g) 이하의 크기가 유리할 것으로 판단된다. 저장방식에 따른 당도변화는 Fig. 4에 나타냈다. 당도는 중량에 따라 3호 감의 당도가 2호 감에 비해 유의적 차이를 보이며 낮게 나타나고 있다. 46일차 저온저장 2호 감의 당도를 제외하면 2호감의 당도가 높은 당도를 유지하며, 92일차에 저온저장에서 2호와 3호감의 당도가 유의적인 차이를 보이며 감소하는 것을 알 수 있다. 당도의 감소는 과일의 호흡 및 생리작용에 따라 저장기간동안 감소하는 경향을 보이는 결과와 일치하며(Yoo et al., 2016) CA저장의

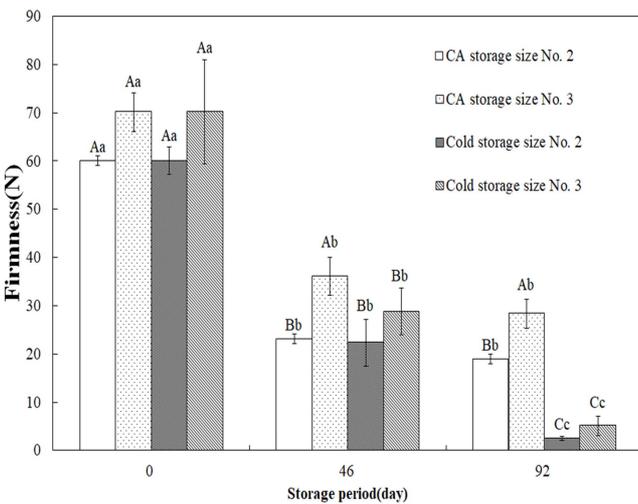


Fig. 3. Comparison of firmness of persimmon stored during 92 d at 0.5°C in cold and CA storage system. Mean value in the same storage day (A-C) or same test condition (a-c) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

호흡 및 생리작용 억제효과를 확인할 수 있다.

가용성 탄닌 함량 변화

저장방식 및 과실의 크기에 따른 탄닌 함량의 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 감은 일반적으로 저장기간 동안 가용성 탄닌의 함량은 감소한다(Arnal & Del Rio, 2004). 저온저장의 경우 탄닌 함량은 2호감이 2,334.8 ppm에서 200 ppm으로, 3호 감은 2,102.6 ppm에서 581.9 ppm으로 각각 91.5%, 72.3% 감소하였다. 이는 감 과실 내에서 발생한 acetaldehyde와 수용성 탄닌이 중합되어 고분자 물질로 전환되기 때문이다(Plaza et al., 2004; Seo et al., 1999). 또

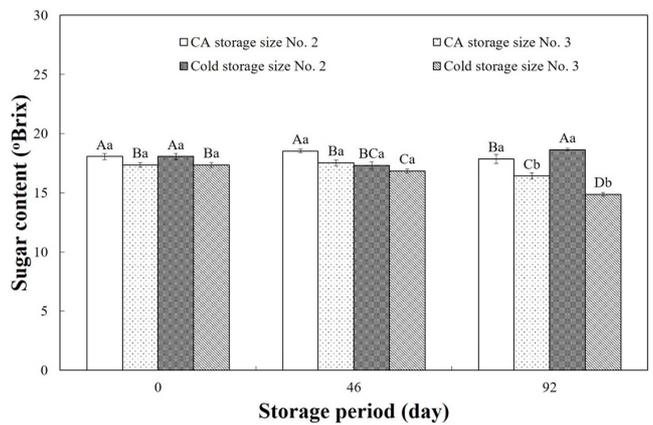


Fig. 4. Changes of sugar content of persimmons stored during 92 d at 0.5°C in cold and CA storage system. Mean value in the same storage day (A-C) or same test condition (a-c) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

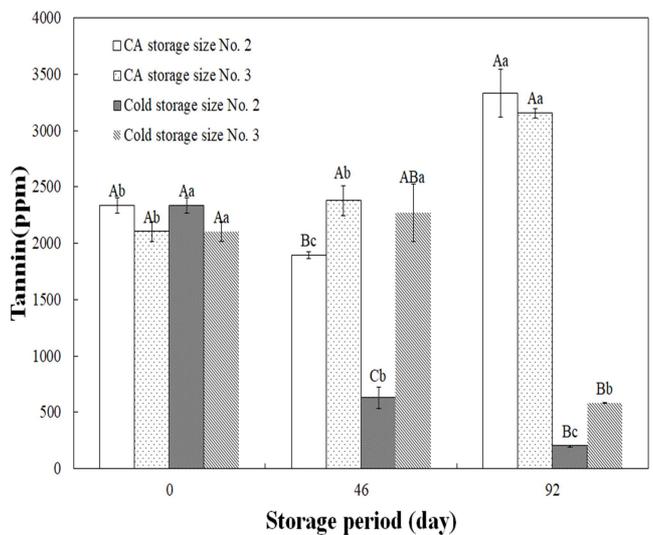


Fig. 5. Changes of tannin of persimmons stored during 92 d at 0.5°C in cold and CA storage system. Mean value in the same storage day (A-C) or same test condition (a-c) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

한 2호 감에 비해 3호 감의 탄닌 감소율이 작게 나타나고 있어 탈삼 과정이 지연되었음을 알 수 있으며, 색차 및 경도에서 확인한 바와 같이 과실크기가 작은 감이 품질변화가 적은 결과와 일치하고 있다. 하지만 CA저장의 경우 탄닌 함유량은 2호 감이 2,334.8 ppm에서 3,333 ppm으로, 3호 감이 2,102.6 ppm에서 3,152.2 ppm로 각각 42.8%, 49.9% 증가하였다. 이는 Arnal et al. (2008)이 보고한 바와 같이 특정 저장조건에서 탄닌의 증가와 일치한다. 이러한 현상은 생리작용이 억제된 상태에서 감모가 이루어져 탄닌이 높게 나타난 것으로 파악된다. 또한, N₂ 97%와 Air 3%의 조건에서 acetaldehyde 증가와 탄닌의 감소가 나타난 이유는 혐기 호흡에 생성된 ethanol 및 acetaldehyde가 탄닌의 불용화를 가속화하는 것으로 추정되고 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단되며 CA저장을 위해서는 품종별 적정 기체농도에 대한 연구가 반드시 선행되어야 할 것이다.

무게 감소량(weight loss) 관찰

농산물은 수확 후에도 호흡 및 증산작용이 일어나며, 이러한 생리작용은 농산물이 함유하고 있는 수분을 배출하게 된다. 농산물이 수분을 잃게 되면 선도 및 중량감소가 일어나고 이에 따른 양적 손실뿐만 아니라 위조 및 조직감을 저해시켜 품질저하를 초래하게 된다(Kader, 2002; Kim et al., 2003a). 그 중 증산작용에 의한 중량감소는 호흡으로 발생하는 중량감소보다 10배정도 높은 것으로 보고되고 있어 저장고의 습도조절 중요성을 알 수 있다(Lee, 1996). 저장방식 및 과실의 크기에 따른 감모율(weight loss)을 Fig. 6에 나타내었으며, 저온저장의 경우 2호 감과 3호 감이 각각 11%, 9.7% 중량감소가 이루어진 반면에 CA저장

의 경우 3.4%, 3.9%로 저온저장에 비해 중량감소가 낮게 나타났다. 일반적으로 중량감소는 5-8% 이루어지면 상품성을 잃어버렸다고 판단하며 농산물에 따라 최소 3%에서 최대 10%까지 수분손실 허용한도가 다르게 나타나고 있다(Kays & Paull, 2004). 저온저장에 저장된 뽕은 감은 46일 저장 후 수분한계손실에 근접하여 중량감소가 일어났으며 92일 저장 후 수분한계손실 이상 감모가 나타났다. 이러한 현상은 기밀이 확보되지 않아 제상, 건조한 외기의 유입 등으로 저장고 내부의 수분이 외부로 배출되기 때문이다. 반면 기밀이 확보된 CA저장고의 경우 제상을 제외하면 습한공기(humid air)의 유출입이 제한되어 일반 저온저장에 비해 고습도를 유지할 수 있다(Park et al., 2017). 특히, 3호 감의 CA저장 92일차와 저온저장 46일차의 감모율이 유의적 차이가 없어 수분한계손실기간을 2배이상 연장할 수 있음을 확인하였다. 또한 CA저장에 의해 호흡이 억제되므로 호흡에 의한 수분 손실량 또한 줄어들게 된다. 따라서 CA저장시스템은 저온저장에 비해 중량감소 억제효과가 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 뽕은 감의 저장기간 연장을 위한 저장방법으로 장기 저장기술인 CA저장을 제시하였으며 기체자동 제어 알고리즘을 이용해 뽕은 감을 CA저장하고 감의 품질을 관찰하여 CA저장을 이용한 뽕은 감의 장기 저장 가능성을 파악하고자 하였다. 뽕은 감은 2017년 10월 26일에 수확한 '상주동시'를 이용하였으며, 크기에 따른 차이를 비교하기 위해서 2호 감(약 170 g)과 3호 감(약 145 g)을 선별하여 사용하였다. 감은 CA저장(O₂ 4%, CO₂ 6%, C₂H₄ 0.2-0.8 ppm, 0.5°C, 95%RH)과 저온저장(0.5°C, 95%RH, 대기상태)으로 구분하여 저장하였다. 그 결과 CA저장의 황색도가 저온저장의 황색도보다 26.3% 낮아 후숙이 지연됨을 확인하였다. 또한 CA저장한 감의 경도감소가 낮았으며 3호감이 2호감보다 높은 경도를 나타냈다. 탄닌은 저온저장에서 큰 폭으로 감소했으며 CA저장은 오히려 증가하는 경향을 나타냈다. 당도측정결과 2호감에 비해 3호 감이 낮게 나타났으나 저장방식에 따른 경향은 나타나지 않았다. 감모율은 CA저장이 저온저장에 비해 낮게 나타났으며 CA저장을 통한 뽕은 감의 저장기간 연장효과를 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ011640) 및 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01164005)의 지원에 의해 이루어진 것임.

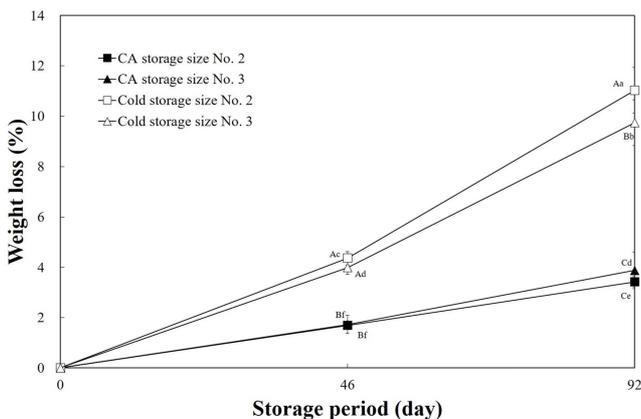


Fig. 6. Changes of Weight loss stored during 92 d at 0.5°C in cold and CA storage system. Mean value in the same storage day (A-C) or total storage period (a-c) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

References

- Kader AA. 2002. Postharvest technology of horticultural crops, University of California, 3rd Ed. p. 39-41.
- Ahn YS, Geberea MR, Oh EK, Kwon OR. 2017. Inhibitory effects of persimmon (*Diospyros kaki* Thumb.) against diet-induced hypertriglyceridemia/hypercholesterolemia in rats. *J. Nutr. Health.* 50: 225-235.
- Arnal L, Besada C, Navarro P, Salvador A. 2008. Effect of controlled atmospheres on maintaining quality of persimmon fruit cv. "rojo Brillante". *J. Food Sci.* 73: 26-30.
- Arnal L, Del Rio MA. 2004. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, L.) cv. Rojo Brillante. *J. Food Sci. Tec.* 10: 179-185.
- Bian LL, You SY, Park JJ, Yang SJ, Chung HJ. 2015. Characteristics of nutritional components in astringent persimmons according to growing region and cultivar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 379-385.
- Chun YK, Choi HS, Cha BS, Oh HI, Kim WJ. 1997. Effect of enzymatic hydrolysis on the physicochemical properties of persimmon juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 198-203.
- Haslam E. 1979. Vegetable tannins. In *Biochemistry of plant Phenolics*. Swain T, Harbone JB, Van Sumere CF (Editor). Springer, New York, USA. p. 475-523.
- Hong YP, Cho MA, Um HR, Kim KH, Cho KD. 2009. Drawing of color chart using harvesting time on Chungdobansi persimmon. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 27: 39.
- Jeon SG, Kim YJ, Kim SY. 2014. Analysis on the potentiality of agri-products in Gyeongsangnam-do. *Korean J. Agri & Life Sci.* 48: 273-288.
- Jeong DW, Cho CH, Rha CS, Lee SH, Kim DO. 2017. Neuroprotective effects of astringency-removed peel extracts of *Diospyros kaki* Thumb. cv. Cheongdo-Bansi on oxidatively-stressed PC-12 cell. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 537-543.
- Jeong YJ, Seo JH, Lee MH, Yoon SR. 2000. Changes in quality characteristics of traditional Kochjang prepared with apple and persimmon during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 575-581.
- Kays SJ, Paull RE. 2004. Postharvest biology, Exon Press, Athens GA, USA.
- Kim BS, Lee HJ, Park HW, Cha HS. 2003a. Effect of respiration and transpiration rate on the weight loss of various fruits (Peach, Apple, Pear, Persimmon, Mandarin). *Korean J. Food Preserv.* 10: 142-146.
- Kim CB, Lee SH, Kim CY, Yoon JT. 1999a. Comparison of fruit quality of various astringent persimmon cultivars during storage in atmosphere controlled with high CO₂ concentration. *Korean J. Food Preserv.* 6: 380-385.
- Kim HY, Chung HJ. 1995. Changes of physicochemical properties during the preparation of persimmon pickles and its optimal preparation conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 697-702.
- Kim JG, Choi HS, Kim WJ, Oh HI. 1999b. Physical and sensory characteristics of persimmon jam prepared with enzyme treated persimmon juice. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 50-54.
- Kim SH, Lee AR, Kim SJ, Kim KJ, Kwon OJ, Choi JY, Koo JS, Roh SS. 2017. Skin elasticity improvement effect of young persimmon and heated young persimmon by decreased advanced glycation end products (ADEs). *Korean J. Herbol.* 32: 17-24.
- Kim SK, Lee GD, Chung SK. 2003b. Monitoring on fermentation of persimmon vinegar from persimmon. Peel. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 642-647.
- Kim YJ, Lee SJ, Kim MY, Kim MR, Chung HS, Park HJ, Kim MO, Kwon JH. 2009. Physicochemical and organoleptic qualities of sliced-dried persimmons as affected by drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 64-68.
- Kwon OJ, Lee AR, Roh SS. 2016. Improving effects on rats with reflux esophagitis treated with combined extract of young persimmon fruit and citrus peel. *Korean J. Herbol.* 31: 25-31.
- Lee HJ, Lim SY, Kang MG, Park JJ, Chung HJ, Yang SJ. 2015. Beneficial effects of Daebong persimmon against oxidative stress, inflammation and immunity in vivo. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 491-496.
- Lee SK. 1996. Postharvest management for horticultural products. Seonggyun press, Hwasung, Korea, p. 187.
- Lim BS, Lee JS, Kim JG, Chun JP, Oh Soh-Young, In SY. 2015. Effects of ethylene treatment on postharvest quality of astringent persimmon 'Cheongdo-bansi' Korean J. Sort. Sci. Technol. 33: 668-674.
- Park CW, Park SH, Kim JS, Choi DS, Kim YH, Lee SJ. 2017. Weight loss prediction by operating conditions of CA storage. *J. Food Eng. Prog.* 21: 312-317.
- Park CW, Park SH, Lee HS, Jo JH, Choi DS, Kim YH, Kim JS, Park JW, Choi SY, Lee SJ. 2016. Quality Characteristics of Silver Persimmon CA Storage Gas Composition Ratio. *J. Food Eng. Prog. Conference.*
- Plaza L, Colina C, Ancos B, Sanchez-moreno C, Cano MP. 2012. Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chem.* 130: 591-597.
- Rizzo V, Muratore G. 2009. Effects of packaging on shelf life of fresh celery. *J. Food Eng.* 90: 124-128.
- Seo JH, Jeong YJ, Shim SR, Kim JN, Kim KS. 1999. Changes in pattern of tannin isolated from astringent persimmon fruits. *Korean J. Food Sci. Technol.* 6: 328-332.
- Seong JH (1994) Investigation on the condition of the removal of astringency during MA storage of astringent persimmon variety. *Korean J. Food Preserv.* 1: 15-20.
- Win NM, Yoo JG, Ryu SG, Lee JW, Jung HY, Choung MG, Park KI, Cho YJ, Kang SJ, Kang IK. 2017. Effects of harvest times with polyethylene (PE) film liner, 1-methylcyclopropene (1-MCP) and aminoethoxyvinylglycine (AVG) treatments on fruit quality in 'Sangjudungsi' persimmon during cold storage. *Korean J. Food Preserv.* 24: 898-907.
- Yahia EM. 2008. Modified and controlled atmospheres for the storage transportation, and packaging of horticultural commodities. CRC press, Boca Raton, FL, USA, p 31.
- Yoo JG, Kang IK, Park JY, Kim KO, Win NM, Ryu SG, Kim DH, Choung MG, Lee JW, 2016. Effects of storage temperature on fruit quality attributes and storage disorder in cold-stored 'Sangjudungsi' persimmon fruit. *Korea J. Protected Hort. Plant Fac.* 25: 262-269.

Author Information

박천완: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 박사
후연구원

박석호: 국립원예특작과학원 시설원예연구소 농업연구관

김진세: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 농업
연구사

최동수: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 농업
연구사

김용훈: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 농업
연구사

이수장: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 공업
주사보

손재용: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과 농업
연구관