

골드키위 (*Actinidia chinensis* 'Hort 16A') 개화기 및 성숙기 나무 온도처리가 저장 후 품질에 미치는 영향*

한 상 현**·문 영 지***·문 병 우****·김 창 숙*****

국문요약

본 연구의 목적은 개화기 15°C(warm temperature treatment at flowering season, WTF) 및 과실성숙기 10°C(cold temperature treatment at maturation season, CTM) 야온을 나무에 처리한 참다래를 6개월간 저온 저장한 후 품질에 미치는 영향을 조사했다. 무처리 과실의 경도, 전분, 유기산, 칼슘, 알코올 가용성 당분 농도, 건물중 (100g FW⁻¹) 및 총 과육의 플라보노이드 함량은 WTF과 CTM보다 낮았다. 그러나 에틸렌의 생성량과 무름병 증상이 다른 처리과일보다 높았다. WTF와 CTM의 과일은 저장 후에도 신선하게 유지되었다. 이 결과들은 WTF와 CTS의 약 1개월간 처리로 에틸렌 생성량 감소로 과일 신선도가 높아진 것으로 나타났다.

주제어 : CTM, 에틸렌, 신선도, 무름병 증상, WTF.

I. 서 언

Chinese gooseberry 라고도 하는 참다래는 20세기초반에 중국에서 야생으로 자라고 있는 것이 발견 되었으며, 1900년대 초에 종자가 뉴질랜드로 넘어가 1930년대 초에

* 본 결과물은 농림 축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (316076-03)

** 교신저자, 국립제주대학 생명자원과학대학 친환경농업연구소 교수

*** 엠원예기술연구소 선임연구원

**** 엠원예기술연구소 선임연구원(연구소장)

***** 국립제주대학 생명자원과학대학 친환경농업연구소 교수

새로운 과실작목인 참다래가 육성 되어 뉴질랜드에 도입이 되었다 (Fergusson, 1999; Huang et al., 2004; Yakushiji, 2006). 우리나라에서 그린키위는 1900년대에 제주와 한반도 남쪽해안에서 온주밀감의 주된 대체작물로 재배를 하고 있다 (Kim et. al., 2013). 또한, 황색의 과육인 *A. chinensis*의 새로운 품종인 'Hort 16A'는 뉴질랜드의 Hort Research에 의해 개발되었다 (Muggleston et. al., 1998).

과실성숙기의 온도처리에 따른 과실품질 특성변화에 대한 연구로 뉴질랜드의 Salinger (1993) 등은 간이 하우스를 고안해 하우스의 온도 조절이 다소 어려운 노지포장 현장 조건에서 성숙기에 있는 참다래 덩굴을 완전히 감싸서 어느 정도의 온도조절에 대한 실험을 수행했다. 또한, Seager (1996) 등은 환경 제어실을 이용해 성숙한 과일의 고가용성 고형분 함량에 미치는 영향을 조사하여 평균기온 감소와 그 함량의 증가와 함께 전분함량의 감소를 보고했다. 이 실험에서 수용성 고형분 축적물의 증가는 낮 기온이 낮아져 자연적으로 더 시원한 밤 기온 가을로 나타난 결과라고 오랫동안 여겨져 왔다 (Hopkirk et al., 1989; Seager et al., 1991 a, b; Burdon et al., 2007).

식물호르몬인 에틸렌은 참다래의 과실호흡 증가, 연화, 산도 감소, 전분의 당 전환, 호흡 급등형 과실과 같이 향기발산 등의 성숙과 관련된 것들을 유기한다 (Antunes and Sfakiotakis, 1977; Mworira et al., 2010). 참다래는 후숙 속도를 높이는 에틸렌에 극도로 민감하다고 여겨져 왔다 (Ritenour et al., 1999; Yin et al., 2009). 저장고에 에틸렌 발생이 있으면 참다래의 저장 수명이 짧아져 장기 저장 시 큰 어려움이 있다 (Pranamorkith et al., 2012). 참다래의 저장수명 연장의 방안에 대한 주요 조사영역은 에틸렌 제거와 저온조절이다 (Koukounaras and Sfakiotakis, 2007). 많은 후숙성 과실의 저장기간을 연장하는 데 사용되는 합성 1-Methycyclopropene (1-MCP)은 에틸렌 수용체와 상호작용을 통해 에틸렌 작용을 억제한다. 1MCP를 사용한 사전 저장처리는 단기 및 중기 저온보관 후 상온에서 저장기간 중 에틸렌 생산 증가와 'Hayward' 과일의 연화를 현저하게 지연시켰다. (Koukounaras and Sfakiotakis, 2007). 하지만, 이 1MCP는 화학물질로 청과물에 이용은 인체안전성에 문제가 있다고 생각이 된다.

Mworira (2010)등은 참다래 3개 품종에 있어 저장온도가 과실 후숙에 미치는 영향에서 골드키위 'Sunkuki Gold'와 레드키위 'Rainbow Red'는 그린키위 'Hayward' 보다 저온에 민감하고 그 민감성은 저장기간 중 신선도와 덩굴에 달려있을 때 얼마나 조기에 성숙하는지에 달려있다고 했다. 따라서 개화기 및 성숙기에 온도 처리한 골드키위 과실을 저온저장 6개월 후, 품질에 미치는 영향을 조사하여 신선도를 평가해서 저온저장성 증진방법을 검토해 보았다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료, 온도처리, 저온저장 및 건물중과 경도측정

본 실험은 서귀포시 소재에 위치한 농가에 10 년생 황색과육 참다래 'Hort 16A' 나무가 식재된 비가림 비닐하우스에서 수행했다. 나무의 온도처리를 위해 간이 비닐하우스를 설치하고 그 덩굴을 비닐로 완전히 싸인 5그루를 개화 전인 2017 년 3 월 말부터 4 월 말까지 야간 $15\pm 2^{\circ}\text{C}$ 를 소형 전기열풍기(SIC, Daon, Korea)로 저녁 18 시부터 다음날 오전 08 시까지 온도처리 (warm temperature treatment at flowering season, WTF) 했다. 이때에 간이하우스 밖의 기온은 주간 평균 $13.8\text{--}19.1^{\circ}\text{C}$ 와 야간평균 $6.8\text{--}12.7^{\circ}\text{C}$ 이었다. 성숙기에도 개화기와 같이 간이하우스를 설치하고 10 월초부터 수확기인 11 월초까지 $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ 를 냉장설비(ART-TYPE, AR CO, LTD, Korea)로 저녁 18 시부터 다음날 오전 08 시까지 온도처리(cold temperature treatment at maturation season, CTM)를 했다. 또한, 이시기에 간이하우스 밖의 기온은 주간 평균 $17.3\text{--}22.9^{\circ}\text{C}$ 와 야간평균 $10.2\text{--}17.1^{\circ}\text{C}$ 이었다.

11 월초에 과실을 수확한 후에 온도 처리 별로 zipper pack 으로 완전밀폐하고 $1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 조정된 냉장고에서 11 월 초순부터 6 월 초순까지 6 개월간 저온저장을 했다. 저온저장 된 과실을 처리 별로 신선중을 전자저울로 측정 했으며 건물중을 과실을 박피하고 과육은 slice 하게 자르고 동결 건조시킨 후 무게를 측정한 다음 100g FW 당 단위로 나타냈다. 그리고 과실경도는 과실 한 개당 3 부위별로 2 곳을 압축식 경도계(KM-5, Hujihara Co., LTD., Japan)로 측정해 처리별로 비교했다.

2. 가용성당, 전분 및 유기산 분석

유리당 분석은 처리 별 저장된 과실을 박피한 후에 slice로 자르고 믹서기로 착즙 한 다음 그 주스시료를 15분 동안 $1,000\times\text{g}$ 으로 원심 분리했다. 추출당 분석을 위해 동결건조 된 분말을 분석시료로 이용했다. 80°C 로 조절된 알루미늄 블록에 100mg의 분말시료를 시험관 넣고 80%에탄올로 90분간 추출했다. 추출물은 15분 동안 $1,000\times\text{g}$ 으로 원심분리하고 상등액을 가압회전 증류기(rotary evaporator, Laborota 4000 Heidolph, Germany)로 완전 건조시켰다. 완전 건조된 시료를 증류수 2ml로 용해한 다음

HPLC 분석시료로 이용했다. 추출물의 잔사에 증류수를 넣고 1시간 비등시켰으며 냉각된 용액은 하루 밤 동안 amylo-glucosidase 가수분해 시켰다. 그 가수분해 용액에 전분15분 동안 19,500×g으로 원심분리 하여 column (Shim-pack GIS 5mm NH₂, 250×4.6mm Shimadzu, Japan) 에 loading 시켰다. 굴절률 검출기[refractive index detector (RID-10A, Shimadzu, Japan)]로 구성된 고속액체 크로마토그래피 시스템(HPLC, LC-10AD VP Shimadzu, Japan)을 사용했으며 컬럼온도 40°C조건에 분당 1ml의 80% acetonitril-water (80:20)의 이동상을 흘려 보냈다. 각 당당류 함량은 표준물질의 peak 면적과 해당 표준물질과의 검량선 통해 계산되었다. 표준물질의 용액은 과당 (fructose), 포도당 (glucose), 자당 (sucrose) 그리고 이노시톨 (inositol)로 구성했다. 표준물질은 Sigma (St. Louis, MO, USA)로부터 구입했다. 전분함량은 amylo-glucosidase로 가수분해 된 용액의 포도당 농도에 0.9 (전분에서 포도당 전화율) 을 곱해서 계산했다.

원심 분리된 주스시료를 유기산 분석을 위해 column (Prevail Organic Acid 5u, 150×4.6mm GRACE, USA)에 loading 시켰다. 적외선검출기[UV/Vis detector (UV/Vis, Shimadzu, Japan)]의 210nm 의 고속액체 크로마토그래피 시스템(HPLC, LC-10AD VP Shimadzu, Japan)을 사용했으며 column 온도조건 40°C 에 분당 1ml 의 40mM Na₂SO₄(pH 2.5)이동상을 흘려 보냈다. 각 유기산의 함량은 표준물질의 peak 면적과 해당 표준물질과의 검량선 통해 계산되었다. 표준 물질은 타르타르산(tartaric acid), 옥살산(oxalic acid), 구연산(citric acid), 말산(malic acid) 및 아스코르브산 (ascorbic acid) 으로 구성되었다. 표준물질은 시그마(St. Louis, MO, USA)로부터 구입했다.

3. 에틸렌 생성량, 칼슘 함량 분석

각 처리 별 에틸렌 생성량을 측정하기 위해 1.2L 밀폐용기에 6 개 과실을 넣고 1 시간 동안 포집된 가스시료를 1mL gas chromatograph 용 syringe 로 채취했다. 에틸렌 분석에는 capillary column (RT-Q-BOND, 30m 0.53mmID, 20 Fm, USA) 이 장착 된 FID 검출기를 사용한 gas chromatography (GC-2025 Simadzu, Japan)로 분석했다.

칼슘 함량을 분석하기 위해 500mg 의 건조 분말을 kjeldahl 플라스크에 넣어 황산과 과염산을 이용해 분해한 후 증류수로 채워진 100ml 용량 플라스크로 옮겨졌다. 칼슘의

함량은 원자흡수 광도계(atomic absorption photometer, Spectra A 220 FS, Varian, Australia)를 사용하여 측정되었다. 그 함량을 생체중 당 값으로 표시했다.

4. 과육의 총 플라보노이드 함량 분석

100 mg의 동결 건조된 분말을 50 mL 튜브에 넣고 80 % 에탄올 용액 30 mL를 채워 넣고 60°C에서 10 시간 동안 추출했다. 추출물은 원심분리 되었고 상등액을 가압회전 증류기(rotary evaporator, Laborota 4000 Heidolph, Germany)로 완전 건조시켰다. Column C18 (100Å 250x46mm, Phenomenex, USA)에 loading 시켰다. 적외선 검출기 [UV/Vis detector (UV/Vis, Shimadzu, Japan)]의 280nm의 고속액체 크로마토그래피 시스템(HPLC, LC-10AD VP Shimadzu, Japan)을 사용했으며 column 온도조건 40°C에 이동상을 분당 1ml의 0.5% acetic acid (A)을 첨가한 acetonitrile과 0.5% 아세트산(B)을 첨가한 3차 증류로 구성했다. A와 B 용액의 농도 구배의 프로그램은 0-14 분, 20% A, 14-33 분, 40% A, 33-38 분, 70% A, 47-60 분, 20% A로 구성 했다. 각 flavonoid의 함량은 표준물의 peak 면적과 해당 표준물질과의 검량선 통해 계산되었다. Flavonoid 표준물질은 flavones (nutin, narirutin, naringin, nutein, nuteolin naringenin 및 hesperetin)과 PMF(polymethoxylated flavones: nobletin and tangeretin)로 구성되었다. 표준 flavonoid 물질은 대부분 Sigma (St. Louis, MO, USA)에서 구입했고, nobletin과 tangeretin 일본 오키나와 연구센터에서 시퀘샤 (*Citrus depressa*)로 부터 분리 정제된 물질을 이용했다.

5. 통계분석

통계분석은 최소유의성 (LSD, least significant)을 통계프로그램 (Sigma Plot 13, SYSTAT, USA)으로 검정했다.

III. 결과 및 고찰

저온저장 6개월 후의 처리 별 과실의 생체중, 건물중, 에틸렌 발생량, 칼슘 및 경도변화

를 표 1에 나타냈다. 생체중 및 건물중은 처리별 통계적 유의성은 없었으나, 무처리가 온도처리 보다 낮은 경향을 나타냈으며 또한, 칼슘함량도 낮은 경향을 보였다. 한편, 에틸렌 생성량과 경도에서는 통계적 유의성이 있을 정도로 온도처리과실 보다 에틸렌 생성량은 높았으며 경도는 낮았다. 하지만 온도 처리간에 차이가 없었다. 표 2에는 저온저장 후 과실의 추출당 및 유리당 농도를 나타냈다. 각 당성분은 과당(fructose), 포도당(glucose), 자당(sucrose) 및 알코올 당인 inositol를 분리하였다. Inositol를 제외한 당성분 및 이 당성분을 합산해서 총 당농도로 나타낸 결과, 추출당 농도는 온도처리 과실에서 무처리과실 보다 높은 농도를 보였으나, 유리당은 오히려 무처리 및 개화기 고온처리가 과실성숙기 저온처리 보다 높았다. 또한, 표 3에 유기산 농도를 나타내었는데 유기산은 주석산(tartaric acid), 수산(oxalic acid), 구연산(citric acid), 사과산(malic acid) 및 비타민 C인 ascorbic acid로 분리하였다. 각 유기산 성분은 주석산 제외한 것과 이들을 합산해 총 유기산 농도 나타낸 결과, 무처리 과실이 온도처리 과실보다 낮은 농도를 보였다. 또한 전분함량도 낮았다. 표 4에는 과육에서 추출된 flavonoid류 flavano인(rutin, narirutin, narigin, nutein, nuteolin, naringein, hesperetin)과 PMF(polly-methyloxy-flavon)인 nobiletin 및 tangeretin로 분리가 되었다. 이들 flavonoid류를 합산한 총 flavonoid 농도는 무처리 과실이 온도처리 과실보다 낮은 농도를 보였다. 그림 1에는 개화기 및 과실성숙기 야간 온도처리 따른 저온저장 6개월 후의 과실의 저장 상태를 사진으로 나타냈다. 무처리 과실은 무름병 만연으로 과실신선도가 불량했지만, 온도처리 과실은 과실신선도가 양호한 상태를 나타냈다.

참다래는 에틸렌에 대한 민감성이 높기 때문에 후숙형 과실로 분류되어왔다(Luh and Wang, 1984; Hyodo et al., 1987). Yano와 Hasekawa (1993)는 참다래는 왜생 에틸렌에 의한 무름병과 같은 병이 발생하지 않은 한 에틸렌생성이 되지 않는다고 제안한 바가 있다. 외생 에틸렌에 반응하여 참다래 과일은 후숙을 시작되고 이어서 높은 수준의 에틸렌 생성을 시작하며, 후숙 피크에서는 $> 100\text{nL (g}^{-1}\text{), (h}^{-1}\text{)}$ 을 발생한다(Mworio et al., 2010). 이 때문에 후숙 후 발견되는 불규칙성 때문에 실제로 익지 않고 말라버리는 과일도 있다. 또한, 장기 저온저장에서는 불완전한 후숙 과실이 생산되는 경우가 많은데, 이는 전분이 분해되거나 과육이 연화되어도 에틸렌 생산량이나 향기를 증가되지 않았다(Yano와 Hasekawa, 1993). 후숙의 중심 반응인 에틸렌의 생산은 유도(Young, 1987)가 특징인 자동 촉매 에틸렌 생산이다. Young(1987)은 과일생장(system I)에서 소량 에틸렌 생산을 후숙(system II)과 관련하여 자기촉매 에틸렌 생산으로 분류했다.

참다래 과실은 과실 생장기에 있어서 전류된 광합성 동화산물에 의해 전분으로 축적

이 된다. 전분은 생리적 성숙기에 가수분해가 일어나는데 전분 가수분해 이전에 과실이 수확되면, 후숙이 진행되지 않는다 (Seager et al., 1996). 과일의 건물중은 품질의 중요한 요소로 건물은 주로 탄수화물로 구성되기 때문에, 그 중 60%는 과일 맛에 기여하는 주요 화합물인 당분과 유기산 (Mukerjee, 1959; Fishman and Génard, 1988)이다. 과수에 있어 과일에 공급되는 탄수화물의 양은 엽면적과 광합성에 따라 달라지는데, 엽면적과 광합성량 및 활성에 관련이 있다. 후자는 기후 조건 (Rosati et al., 1999; Le Roux et al., 2001)에 의해 영향을 받으며, 많은 종에서 보고된 바와 같이 소스 싱크 관계의 변화에 영향을 받을 수 있다 (Palmer, 1992; Naor et al., 1997; Urban et al., 2003).

일본 Kanakawa와 Yamanashi 현에 있어, 'Hayward'의 생장과 발육 상태의 지역적 차이가 보고된 바가 있다. 그 결과, 과일의 생장은 지역에 따라 차이가 없었으나 전분, 유기산 성분, 총수용성 고형분(TSS)의 증가, 당성분은 계절에 따라 달랐다 (Sawanobori and Shimura, 1990). 참다래 과실생장 및 성숙에 대한 생리적 연구에서 1995년과 1996년산의 참다래의 탄수화물 및 수분함량 변화를 조사한 결과, 전분가수 분해가 1995년이 1996년 보다 잘 진행되었으며. 과실 성숙기(9월 중순-10월 중순)의 참다래 과수원의 야간 기온은 1995년 10°C 이하로 뚝 떨어졌다고 보고했다 (Han and Kawabata, 2002; Han, 2006). 과일 성숙기의 밤 온도 조절 결과는 뉴질랜드에서 평균 온도 감소와 TSS 증가와 함께 전분 함량을 감소시키는 것으로 보고했다. 하지만 그 참다래 덩굴은 상자 안에 재식된 다음에 환경제어실에 놓여 있어서 전분 가수분해 효과는 근역 제한과 가을철 냉각으로 인해 약간의 스트레스에 의해 가속화 될 수가 있다.

본 실험에 있어 WTF와 CTM의 건물중, 전분 및 경도는 저온저장 6개월 후 무처리 과일보다 높았다. 무처리과의 에틸렌 생성량은 더 높았고, 칼슘 농도는 온도 처리과 보다 낮아 에틸렌에 의한 세포벽이 붕괴와 전분 가수분해가 처리과실보다 가속화된 것으로 생 각이 되었다. 수확시기에 온도처리 과실에 비해 무처리 과실은 손으로 만져보아도 물렁물렁해 연화정도를 느낄 수 있었다. CTM의 과일은 과실 성숙기인 10월의 한 달 동안에 수체가 야간에 10°C이하의 저온 스트레스로 인해 에틸렌 생성이 무처리 과실 보다 억제 되었으리 라고 사료되었다. 반면에, WTF 과일은 과일생장기에 인공 수분 시기에 더 높은 야간온도로 종자 발육상태가 양호해 앞에서 생산된 광합성 동화양분 전류량이 많아져 전분함량이 더 많이 축적 때문에 과실성숙기에 생성된 자체 에틸렌 함량으로는 정상적인 전분 가수분해 등이 일어나지 않은 것으로 생 각이 되었다. Kim 등(2009)은 일본 내 참다래 품종과 과피와 과육에 따른 총 페놀함량이 다른 차를 보고한 바가 있다. 그 페놀함량을 HPLC 분석 결과, 과육에 있어 페놀주요 성분은 (+)카테킨, chrrorogenic acid, rutin,

(-)에페데틴 및 퀘르세틴 이었다. 그 함량은 $100-200\text{mg } 100\text{g FW}^{-1}$ 의 범위로 비교적 낮았다. 감귤 과피에 함유된 플라보노이드 함량은 과실성숙기보다 미성숙기에 더 높은 함량으로 나타났다 (Choi et al., 2007). 우리의 실험에서도 전체 플라보노이드 성분도 과일이 성숙 할수록 낮아졌다.

1-MCP를 사용한 사전 저장 처리는 상온에서 보관 수명 동안 에틸렌 생산 증가와 'Hayward' 과일의 연화를 단기 및 중기 저온 저장 후 현저하게 지연시켰다 (Koukounaras and Sfakotakis, 2007). 저장 후 'Hort16A' 참다래의 무름병 발생률은 과일 성숙도와 온도 관리에 의해 크게 영향을 받았다. 급속 냉각 및 저온저장 등의 온도 관리는 손상된 과일의 무름병의 발생률이 더 높았다(Burdon et al., 2007; Manning et al., 2016).

본 실험에서 무처리 과일은 대부분 연화, 부패, 과숙 등으로 과육이 붕괴되었으나, 온도 처리 과일은 그런 증상이 거의 없었다(그림 1). 따라서 이 실험의 결과는 사전 수확 시 WTF와 CTM의 약 1개월 동안 처리로 에틸렌 생성량의 감소 등을 통해 6개월 저온 저장 후에도 과일을 신선하게 유지시켜 주었다는 것을 보여주었다.

참고문헌

- Antunes, M. D. C. and E. M. Sfakiotakis, 1997, "Biochemical bases of thermo regulation of ethylene production and ripening of 'Hayward' kiwifruit". *Acta Hort.* 444: 541-546.
- Burdon, J., N. Lallu, K. Francis and H. Boldingh, 2007, "The susceptibility of kiwifruit to low temperature breakdown is associated with pre-harvest temperature and after harvest soluble solids content". *Post. Biol. Technol.* 43: 283-290.
- Choi, S. Y., S. Y. Ko, J. H. Ko, J. G. Hwang, S. H. Park, S. H. Kang, S. H. Han, S. H. Yun and S. J. Kim, 2007, "Correlation between flavonoid content and the NO production inhibitory activity of peel extracts from various citrus fruits". *Biol. Pharm. Bull.* 30: 772-778.
- Ferguson, A. R., 1999, "Kiwifruit cultivars: Breeding and selection". *Acta Hort.* 498: 43-51.
- Fishman, S and M. Génard, 1998, "A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass". *Plant Cell. Environ.* 21: 739-752.
- González, M. V., M. Coque and M. Herrero, 2008, "Influence of pollination systems on fruit set and fruit quality in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*)". *Ann. App. Bio.* 132: 349-355.
- Han, S. H and S. Kawabata, 2002, "Change in carbohydrate and water contents of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during growth". *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 71: 322-327.
- Han, S. H., 2006, "Change of diurnal respiration and transpiration rate of fruits in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during growth". *Kor. J. Agri. Fore. Meteorol.* 8: 152-158.
- Hopkirk, G., W. P. Snelgar, S. F. Horne and P. J. Manson, 1989, "Effect of increased preharvest temperature on fruit quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*)". *J. Hort. Sci.* 64:227-237.
- Huang, H., Y. Wang, Z. Zhang, Z. Ziang and S. Wang, 2004, "Actinidia germplasm resources and kiwifruit industry in china". *Hort. Sci.* 39: 1165-1172.
- Hyodo, H., S. Aisawa and S. Ao, 1987, "Ethylene formation during ripening of kiwifruit". *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 56: 351-355.
- Kim, J. G., Beppu, K and I. Kataoka, 2009, "Varietal differences in phenolic content and astringency in skin and flesh of hardy kiwifruit resources in Japan". *Sci. Hort.* 120: 551-554.
- Kim, S. C., K.C. Seong, J. H. Choa, C. K. Lim, S. J. Chun, C. H. Kim and I. M. Choi, 2013, "David and Goliath". *RDA Interrobang* 111: 1-17.
- Koukounaras, A. and E. Sfakiotakis, 2007, "Effect of 1-MCP pre-storage treatment on ethylene and CO₂ production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage". *Post. Biol. Technol.* 46: 174-180.
- Luh, B.S. and Z. Wang, 1984, "Kiwifruit". *Adv. Food Res.* 29: 279-309.

- Manning, M., J. Burdon, D. Silva, X. Meier, P. Pidakala, M. Punter and D. Billing, 2016, "Maturity and postharvest temperature management affect rot expression in 'Hort16A' kiwifruit". *Post. Biol. Technol.* 113: 40–47.
- Muggleston, S., M. McNeilage, R. Lowe and H. Marsh, 1998, The creation of 'Hort 16A' and 'Tomura': *Orchardist of New Zealand September*, 38–40.
- Mukerjee, P.K., 1959, "Biochemical and physiological studies during development of mango fruit". *Hortic. Adv.* 3: 95–101.
- Mworio, E.G., T. Yoshikawa, N. Yokotani, T. Fukuda, K. Suezawa, K. Ushijima, R. Nakano, Y. Kubo, 2010, "Characterization of ethylene biosynthesis and regulation during fruit ripening in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) 'Sunuki Gold'". *Post. Biol. Technol.* 55: 108–113.
- Naor A., Y. Gal and B. Bravdo, 1997, "Crop load affects assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water relations of field-grown Sauvignon balance grapevines". *J. Exp. Bot.* 48: 1975–1980.
- Palmer, J. W., 1992, "Effect of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/M. 27 apple trees". *Tree Physiol.* 11: 19–33.
- Pranamorkith, T., A. East and J. Heyes, 2012, "Influence of exogenous ethylene during refrigerated storage on storability and quality of *Actinidia chinensis* (cv. Hort16A)". *Post. Biol. Technol.* 27: 163–170.
- Ritenour, M. A., C. H. Crisosto, D. T. Carner, G. W. Cheng and J. P. Zoffori, 1999, "Temperature, length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene-preconditioned kiwifruit". *Post. Biol. Techn.* 15: 107–115.
- Rosati, A., G. Esparza, T. M. Dejong and R.W. Pearcy, 1999, "Influence of canopy light environment and nitrogen availability on leaf photosynthetic characteristics and photosynthetic nitrogen-use efficiency of field-grown nectarine trees". *Tree Physiol.* 20: 271–276.
- Salinger, M. J., G. J. Kenny and M. J. Morley-Bunker, 1993, "Climate and kiwifruit cv. Hayward; 1. Influences on development and growth". *New Zealand J. Crop and Hort. Sci.* 21: 235–245.
- Sawanobori, S. and I. Shimura, 1990, "Effect of growing location and season on fruit growth and development of 'Hayward' kiwifruit". *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 58: 849–857.
- Seager, N.G., E. W. Hewett, I. J. Warrington, 1991a, "The effect of temperature on the rate of kiwifruit maturation controlled environment". *Acta Hort.* 297:247–253.
- Seager, N.G., E. W. Hewett and I. J. Warrington, 1991b, "How temperature affects Brix increase". *New Zealand Kiwifruit J.* 75:17–18.
- Seager, N.G., I. J. Warrington and E.W. Hewett, 1996, "Maturation of kiwifruit grown at

- different temperatures in controlled environments". *J. Hort. Sci.* 71:639–652.
- Urban, L. X., Le Roux, H. Sinoquet, S. Jaffuel and M. Jannoyer, 2003, "A biochemical model of photosynthesis for mango leaves: evidence for the effect of fruit on photosynthetic capacity of nearby leaves". *Tree Physiol.* 23: 289–300.
- Yakushiji, H., 2006, Fruit trees: *Horticulture in Japan 2006*. Jpn. Soc. Hort. Sci., eds., 97–100, Nakanishi Printing Co, Tokyo.
- Yang, SF., 1987, The role of ethylene and ethylene synthesis in kiwifruit ripening: *Plant senescence: Its biochemistry and physiology*, Thomson WW, EA Nothnagel, RC Huffaker, eds., 156–166, Amer. Soc. Plant Physiol. Rockville MD.
- Yano, M. and Y. Hasegawa, 1993, "Some features of autocatalytic ethylene production in kiwifruit". *J. Jpn. Soc. Sci.* 62: 625–632.
- Yin X.R., A. C Allan, B. Zhang, R. M Wu, J. Burdon, P. Wang, I. B Ferguson and K. S Chen, 2009, "Ethylene-related genes show a differential response to low temperature during 'Hayward' kiwifruit ripening". *Post. Bio. Technol.* 52: 9–1.

Abstract

Effect of Temperature Treatment in Trees at Flowering and Maturation Season on Quality of Gold Kiwifruit (*Actinidia chinensis* 'Hort 16A') after Low Temperature Storage

Han, Sang-Heon^{*}·Moon, Young-Ji^{**}·Moon, Byung-Woo^{***}·Kim, Chang-Sook^{****}

The purpose of this study is to investigate the effect of temperature treatment on quality of the gold kiwifruit placed with the 15°C and 10°C treatments during night at flowering (WTF) and maturation season (CTM) after 6 months of cold storage for evaluation of freshness. The firmness, starch, organic acid, calcium, alcohol soluble sugar concentration, dry weight (100g FW⁻¹), and total flavonoid concentration in flesh of non-treatment fruit was lower than WTF and CTM. However, the production content of the ethylene and symptom of ripe rot were higher than the other treated fruits. The fruit of the WTF and CTM after storage were also kept fresh. The results indicated that about 1 month treatment of WTF and CTM increased fruit freshness due to lower ethylene production.

Key Words : CTM, ethylene, freshness, symptom of ripe rot, WTF.

교신 : 한상헌 63243 제주특별자치도 제주시 제주대학로 102,
생명자원과학대학 친환경농업연구소
(E-mail: sangheon@jejunu.ac.kr)

논문투고일 : 2019. 12. 24

심사완료일 : 2020. 02. 10

게재확정일 : 2020. 02. 11

* Corresponding author, Professor, College of Applied Life Science SARI, Jeju National University

** R&D Center, M-Horticultural Technique Research Institute

*** R&D Center, M-Horticultural Technique Research Institute

**** Professor, College of Applied Life Science SARI, Jeju National University

<Table 1> Changes in the fresh, dry weight, ethylene production and calcium content with treatment of the WTF and CTM after 6 months of low temperature in green plastic house cultivation of ‘Hort 16’ kiwifruit.

Treatments	Fresh weight (g)	Dry weight (g 100g FW ⁻¹)	Ethylene(C ₂ H ₄) production content (μL h ⁻¹ kg ⁻¹)	Calcium (Ca) content (mg g FW ⁻¹)	Firmness (kg cm ⁻²)
Control	83.3	15.0	6.0	0.18	0.8
WTF ^x	88.7	16.9	1.0	0.20	7.3
CTM ^y	87.5	16.3	0.9	0.20	9.9
LSD	N.S	N.S	4.2	N.S	1.4
(0.05) ^z					

x: treatment of 15°C night temperature during flowering season, y: treatment of 10°C night temperature during maturation season, z: least significant (n=6).

<Table 2> Changes in alcohol-soluble and free style sugar concentration with treatment of the WTF and CTM after 6 months of low temperature in the green plastic house cultivation of ‘Hort 16’ kiwifruit.

Treatments	Alcohol soluble sugars concentration (mg g FW ⁻¹)					Free sugars concentration (mg g FW ⁻¹)				
	Fructose	Glucose	Sucrose	Inositol	Total	Fructose	Glucose	Sucrose	Inositol	Total
Control	85.0	79.0	41.8	27.5	237.3	54.6	38.7	7.0	16.0	113.8
WTF ^x	99.6	92.6	49.0	20.1	254.7	55.2	43.5	5.2	14.1	117.5
CTM ^y	92.3	86.6	49.2	26.4	256.2	48.2	43.5	4.6	7.4	95.7

골드키위 (*Actinidia chinensis* 'Hort 16A') 개화기 및 성숙기 나무 온도처리가 저장 후 품질에 미치는 영향

LSD (0.05) ^z	2.7	2.7	4.2	N.S	3.5	3.7	3.4	2.8	2.9	4.4
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

x: treatment of 15°C night temperature during flowering season, y: treatment of 10°C night temperature during maturation season, z: least significant (n=6).

<Table 3> Changes of organic acid and starch concentration with the treatments of WTF and CTM after 6 months of low temperature in the green plastic house cultivation of ‘Hort 16’ kiwifruit.

Treatments	Organic acid concentrations (mg g FW ⁻¹)						Starch concentration (mg g FW ⁻¹)
	Tartaric acid	Oxalic acid	Citric acid	Malic acid	Ascorbic acid	Total	
Control	4.2	1.8	10.4	1.3	0.3	18.0	1.6
WTF ^x	4.6	1.9	14.3	2.0	0.5	23.3	5.0
CTM ^y	4.3	1.7	12.0	1.7	0.4	20.1	6.6
LSD (0.05) ^z	N.S	0.02	1.5	0.1	0.01	0.7	0.4

x: treatment of 15°C night temperature during flowering season, y: treatment of 10°C night temperature during maturation season, z: least significant (n=6).

<Table 4> Changes in flavonoid concentration with treatments of the WTF and CTM after 6 months of low temperature in the green plastic house cultivation of 'Hort 16' kiwifruit.

Treatments	Flavonoid concentration ($\mu\text{g g FW}^{-1}$)									
	Rutin	Narirutin	Naringin	Nutein	Nuteolin	Naringein	Hesperetin	Nobiletin	Tangeretin	Total
Control	11.4	5.1	4.3	0.2	1.2	2.9	12.4	0.5	1.0	65.7
WTF ^x	17.7	17.8	7.2	0.2	1.4	3.4	14.1	1.0	1.1	94.2
CTM ^y	18.8	10.0	5.9	0.2	1.0	3.3	13.2	0.7	1.0	83.2
LSD (0.05) ^z	0.3	0.7	N.S	N.S	N.S	0.3	0.3	0.1	N.S	1.0

x: treatment of 15°C night temperature during flowering season, y: treatment of 10°C night temperature during maturation season, z: least significant (n=6).



[Fig. 1] Status of fruit treated with the night non treatment (A), the WTF (B), and the CTM (C) after 6 months of cold temperature storage in the green plastic house cultivation of ‘Hort 16’ kiwifruit.