

참다래 품종별 저장 온도와 에틸렌 처리에 따른 품질 변화

최한률¹, 권혁^{2,3}, 시멜레스 티라훈^{4,5}, 백민우¹, 이희철¹, 박도수⁶, 안기석⁷, 정천순^{8*}

¹강원대학교 스마트농업융합학과 대학원생, ²강원대학교 원예바이오시스템공학과 박사과정, ³국토교통과학기술진흥원 연구원, ⁴강원대학교 농업과학연구원 연구원, ⁵짐마대학교 원예학과 조교수, ⁶코넬대학교 원예학과 박사 후 연구원, ⁷강원대학교 원예학과 박사과정, ⁸강원대학교 원예학과교수

Ethylene Treatment and Storage Temperature Affect Ripening Quality of Kiwifruit Cultivars

Han-Ryul Choi¹, Hyok Kwon^{2,3}, Shimeles Tilahun^{4,5}, Min-Woo Baek¹, Hee-Cheol Lee¹, Do-Su Park⁶, Ki-Seok An⁷, Cheon-Soon Jeong^{8*}

¹Graduate Student, Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Ph.D. Candidate, Division of Horticulture and Systems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³Researcher, R&D Project Management Department, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, Gyeonggi-do 14066, Korea

⁴Researcher, Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

⁵Assistant Professor, Department of Horticulture and Plant Sciences, Jimma University, Jimma 378, Ethiopia

⁶Ph.D., Horticulture Section, School of Integrative Plant Science, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA

⁷Ph.D. Candidate, Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

⁸Professor, Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: Cheon-Soon Jeong (E-mail: jeongcs@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

Received: 14 April 2021

Revised: 24 June 2021

Accepted: 28 June 2021

In this study, green ‘Hayward’, gold ‘Haegeum’, and red ‘Hongyang’ kiwifruit cultivars were treated with 50 and 100 ppm ethylene in commercial packing boxes to investigate the postharvest ripening quality during the storage at 10°C and 25°C. As the ripening period proceeded, all three cultivars showed a gradual decreasing trend in firmness and titratable acidity (TA), whereas total soluble solids (TSS) content and Brix acid ratio (BAR) showed an increasing trend. In the case of storage at 25°C, the firmness of ‘Haegeum’ and ‘Hongyang’ ranged from 3.94 to 4.61 N and 4.94 to 5.00 N on the 2nd day at 50 and 100 ppm ethylene, respectively. However, ‘Hayward’ maintained firmness (5.67–7.57 N) up to the 4th day of ripening. In the case of storage at 10°C, there was no significant difference between the control and ethylene treatments. Regarding TSS, all three cultivars showed increasing trends as the ripening period increased, regardless of storage temperature and ethylene concentration, and there was a significant difference between the control and ethylene-treated groups throughout the ripening period at 25°C. The TA of ‘Hayward’ showed the largest difference between the control and treatment as compared to ‘Haegeum’ and ‘Hongyang’ at 25°C. On the 6th day of ripening, the TA of ‘Hayward’ was 1.53 and 0.31 mg/100 g⁻¹ in the control and 50 ppm ethylene treatment, respectively. In contrast, there was no significant



difference between the control and ethylene treatments in ‘Hayward’ and ‘Haegeum’ at 10°C. The BAR showed increasing trends in all three cultivars as the ripening period increased. In particular, ethylene-treated ‘Hayward’ and ‘Haegeum’ showed high BAR values of 35.2 and 44.3, respectively, on the 6th day at 25°C. In addition, firmness, TSS, and TA showed significant correlations ($r = -0.54, 0.65, \text{ and } -0.83$, respectively) with BAR. Generally, the effect of ethylene treatment at 10°C was less than at 25°C, which may be due to the low metabolic rates of the fruits at low temperatures. In addition, there was no significant difference in quality with the change in ethylene concentration because the external ethylene could no longer influence the ripening process once fruit ripening was initiated and the internal ethylene concentration reached saturation levels. Taken together, based on firmness, TSS, TA, and BAR, consumers’ preferences for ‘Hayward’ were not met at 10°C until the 6th day of ripening, but at 25°C, consumers’ preferences were attained after the 4th day. In the case of ‘Haegeum’ and ‘Hongyang’, consumers’ preferences were attained starting from the 2nd day of ethylene treatment in both 10°C and 25°C conditions.

Keywords: Brix acid ratio, Ethylene treatment, Kiwifruit, Ripening quality, Storage temperature

서론

참다래는 영양소가 풍부하여 대표적인 슈퍼푸드 또는 기능성식품으로 여겨지며, 현대 사회에서 참다래의 상업적 가치가 증가하여 국내뿐만이 아닌 전 세계적으로 재배면적과 함께 소비량이 꾸준히 증가하고 있다(Latocha et al., 2017; Sorakon, 2016; Park et al., 2006; Tilahun et al., 2020b). 참다래는 전 세계적으로 76종이 분포하고 있으며, 상업적으로 재배되고 있는 품종은 대표적으로 *Actinidia. deliciosa*와 *Actinidia. chinensis*이며 흔히 우리는 키위로 부르고 있다(Shin, 2018; Choi, 2019a). 그린 참다래 ‘Hayward(*A. deliciosa*)’는 껍질에 갈색 털이 있고 과육이 녹색을 나타내며 재배가 용이하고 저장성이 좋아 전 세계적으로 가장 많이 생산되고 있다. 하지만 적절하게 후숙되지 않으면 딱딱하고 강한 신맛을 갖고 있어 먹기 힘든 단점이 있다(Choi, 2019a). 골드 참다래 ‘Haegeum(*A. chinensis*)’는 껍질에 털이 짧고 부드러우며 과육이 황색으로 국내에서 2000년대 후반에 육성되었다(Jo et al., 2007). 골드 참다래는 그린 참다래보다 신맛은 덜하고 단맛은 강해서 소비자의 선호도가 높아지고 있는 추세이다(Blouin et al., 2013). 레드 참다래 ‘Hongyang(*A. chinensis*)’는 과육 내 씨앗 주위가 붉은색을 나타내고 후숙이 되면서 붉은색이 더욱 뚜렷해지는 것이 특징이다(Huang, 2016). 그린 참다래와 달리 껍질이 얇아 껍질 채 먹을 수 있어 편하며 다른 참다래와 비교할 때 단맛이 강하고 비타민 C가 높다(Guroo et al., 2017; Kaya et al., 2016; Huang, 2016; Wang et al., 2003). 하지만 레드 참다래는 영양과 맛이 다른 종에 비해 우수하지만 후숙이 빠른 특징 때문에 저장성이 떨어지고 쉽게 물러지는 단점이 있다(Yang et al., 2017; Guroo et al., 2017; Latocha et al., 2017).

참다래는 대표적인 호흡급등형(climacteric) 과실로서 성숙과 익음과정에서 호흡량과 에틸렌 발생량이 급등하는 과실로 알려져 있다(Choi, 2019a; Tilahun et al., 2020a). 참다래는 성숙 과정에서 전분이 당으로 전환되면서 연화, 착색 및 풍미가 증진된다고 보고되었다(Lim et al., 2011). 또한 참다래는 후숙에 따른 기본적인 특성 분석, 품종별 재배 방법과 영양 성분 차이 등에 따른 다양한 연구가 보고되었다(Tilahun et al., 2020b; Kim et al., 2016; Leontowicz et al., 2016; Soquetta et al., 2016; Harker et al., 2019).

에틸렌은 과실의 성숙을 촉진하는 호르몬으로 과일의 후숙과정 중 당도 증가, 연화 및 맛의 향상을 유도하는 물질로 잘 알려져 있다(Lim et al., 2017). 참다래는 호흡급등형 과실이나 내생 에틸렌 발생이 낮은 수준이어서 수확 후 외생에틸렌 처리를 통한 후숙이 필요하다(Antunes, 2007; Prasanna et al., 2007, Shin, 2018). 에틸렌 전처리하는 최적의

가식 단계까지 참다래를 균일하고 빠르게 후숙시킨다는 장점을 갖고 있다(Lim et al., 2017; Shin, 2018).

참다래는 10°C 이하 저온 조건에서 저장 및 후숙하였을 때 비호흡급등형 과실과 같은 특성을 나타내어 품질을 효과적으로 연장시킬 수 있다고 보고되었으며, 온도 조절을 통한 참다래 품질 변화 연구가 다양하게 이루어져 왔다 (Antunes, 2007; Shin, 2018; Asiche et al., 2017; Shin, 2018).

본 연구에서는 ‘Hayward’(그린), ‘Haeguem’(골드) 및 ‘Hongyang’(레드) 참다래의 품종별 과실의 후숙 특성, 온도 (10°C, 25°C) 및 에틸렌 농도별(50 ppm, 100 ppm) 처리에 따른 참다래의 품질 변화를 분석하여 소비자의 선호도를 충족시킬 수 있는 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료는 전라남도 장흥군에 위치한 참다래 농가에서 그린 참다래 ‘Hayward(*Actinidia deliciosa*)’, 골드 참다래 ‘Haeguem(*Actinidia chinensis*)’ 및 레드 참다래 ‘Hongyang(*Actinidia chinensis*)’ 품종을 선정하여 실험에 이용하였다. 수분은 꽃봉오리가 완전히 열리는 시기 ‘Hayward’, ‘Haeguem’, ‘Hongyang’ 각각 2017년 5월 25일, 5월 15일, 5월 5일에 진행하였으며, 수확 시기는 ‘Hayward’, ‘Haeguem’, ‘Hongyang’ 순으로 각각 만개 후 170일 시점인 2017년 11월 25일, 11월 15일, 11월 5일에 이루어졌다. 수확 직후 강원대학교 원예 저장 실험실로 운반한 뒤 과실의 표면에 상처가 없고 균일한 크기의 참다래를 선발하였다. 골판지 박스는 340 mm × 250 mm × 150 mm 크기를 이용하였으며, 직경 0.5 cm 구멍이 4개 뚫려있는 30 µm 두께의 폴리에틸렌(low-density polyethylene, LDPE, Daelim, Korea) 통기성 필름에 참다래 5 kg씩 포장하여 박스 안에 넣어 실험을 수행하였다. 각 박스별 강원대학교에서 개발한 숙기조절제(특허 제 10-2059621호)를 이용하여 외생에틸렌 50 ppm, 100 ppm을 처리한 후 25°C 및 10°C, 습도 80±5% 조건의 인큐베이터(MIR-253, SANYO Electric Biomedical Co. Ltd., JAPAN)에서 후숙하여 연구에 이용하였다. 참다래 경도는 최대 하중 10 kg의 경도계(Sun Rheo Meter Compac-100II, Sun Scientific Co. Ltd., USA)에 끝이 평평한 직경 3 mm stainless steel probe를 사용하여 10 반복으로 측정하였으며, 과실의 적도 부분을 측정하여 N(Newton)의 단위로 표현하였다. 참다래 당도는 각 처리구의 시료를 착즙하여 과일 당산도 측정기(SAM-706AC, G-won Hightech Co., Seoul, Korea)를 이용하여 10 반복으로 측정하였다. 참다래의 적정 산도는 희석된 참다래 주스(1 mL juice : 19 mL 증류수)를 DL22 Food and Beverage Analyzer(Mettler Tolido Ltd., Zurich, Switzerland)에 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 처리하여 5 반복으로 측정하였고, 그 결과를 참다래의 무게에 따른 mg/100g⁻¹ 단위로 나타냈다. 당산비는 당도를 적정 산도로 나누어 산정하였다. 통계처리는 Microsoft Excel 2016과 IBM SPSS statistics 24 program을 사용하여 외생에틸렌 처리와 저장 온도 사이의 유의적인 차이를 보기 위하여(ANOVA) 분산 분석과 Pearson correlation test를 사용하였다.

결과 및 고찰

경도는 세 품종 모두 저장 온도와 에틸렌 처리 상관없이 후숙 기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 1). 저장 25°C 에틸렌 처리구(50 ppm, 100 ppm)의 경우 ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’ 후숙 2일차에 3.94–4.61 N, 4.94–5.00 N, ‘Hayward’ 후숙 4일차에 5.67–7.57 N을 나타내었다. 저장 10°C는 세 품종 모두 품질이 효과적으로 유지되었다. ‘Hayward’는 대조구와 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, ‘Haeguem’과

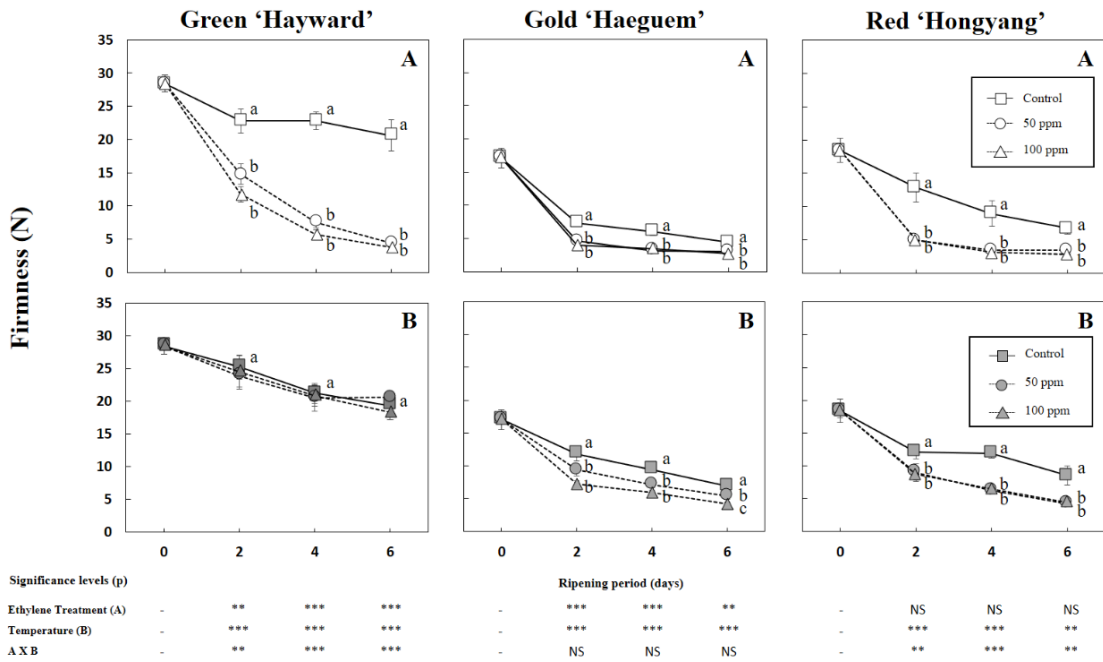


Fig. 1. Firmness of green ‘Hayward’, gold ‘Haeguem’, and red ‘Hongyang’ kiwifruit cultivars as affected by ethylene treatment up to 6 days at 25°C (A) and 10°C (B). Each datum point is the mean of ten sample replicates ± standard error where larger than the symbols. NS, *, **, and *** indicate nonsignificant, and significant differences at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

‘Hongyang’은 모든 후숙 기간 동안 대조구와 처리구 사이에 유의적인 차이를 보였다. ‘Haeguem’은 저장 온도와 에틸렌 처리에서 각각 유의적인 차이를 나타내었으나 유의적인 상호작용 효과는 나타나지 않았으며, ‘Hayward’ 및 ‘Hongyang’에서는 저장 온도와 에틸렌 처리 사이에 유의적인 상호작용 효과 있음을 확인하였다. 경도는 과육을 갖고 있는 대부분의 과실에서 후숙 정도를 알 수 있는 대표적인 지표이며, 참다래의 맛을 평가하는 요소인 관능평가와 밀접한 관계가 있다고 보고되었다(Stec et al., 1989; Park et al., 2017; Wang et al., 2018). Tilahun et al.(2020b)에 의하면 참다래에서 소비자의 선호도가 충족되는 경도의 범위는 2 – 8 N로 보고되었다. Choi(2019a)의 연구에 의하면 25°C 조건에서 100 ppm 에틸렌 처리 후 후숙 6일차에 ‘Hayward’ 4.25 – 4.47 N, ‘Haeguem’ 2.88 – 3.25 N, ‘Hongyang’ 2.65 – 3.49 N으로 본 연구결과와 유사하였다. Choi et al.(2019b)의 연구에서도 저온 조건에서 저장 기간이 길어짐에 따라 경도가 감소하는 경향을 나타내었는데 본 연구의 결과와 유사하였다. 이와 같이 저장 온도와 에틸렌 처리에 따른 경도의 변화는 품종에 따라 다르게 나타났으며, 이에 따라 소비자 선호 시기도 다르다는 것을 확인하였다. ‘Hayward’의 경우 10°C 에서 6일차까지 소비자 선호도에 충족되는 조건은 아니었으나, 25°C 에서 에틸렌 처리 후 4일차부터 소비자 선호도가 충족되었다. ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’의 경우 10°C, 25°C 조건에서 모두 에틸렌 처리 후 2일차부터 소비자 선호도가 충족되는 것을 확인하였다.

당도는 세 품종 모두 저장 온도와 에틸렌 처리 상관없이 후숙 기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다 (Fig. 2). 저장 25°C에서 당도는 모든 후숙 기간동안 대조구와 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내었다. ‘Haeguem’과 ‘Hongyang’은 에틸렌 처리 농도에 따른 유의적인 차이가 나타났으나, ‘Hayward’는 에틸렌 처리 농도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. ‘Haeguem’은 대조구와 처리구에서 모두 후숙 6일차까지 꾸준히 증가하

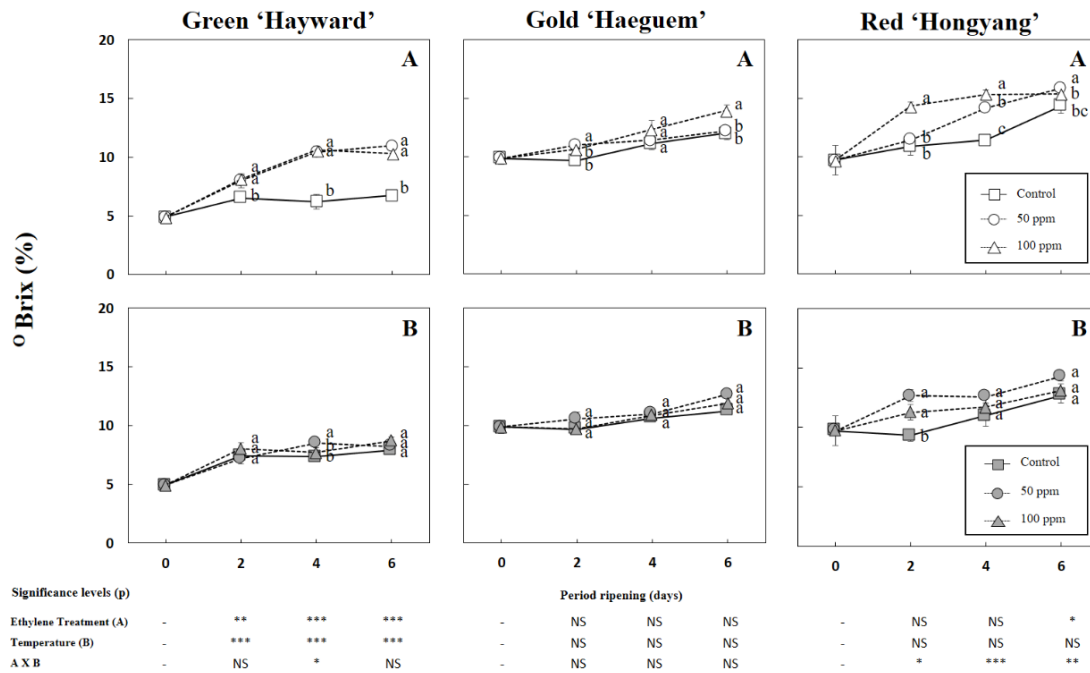


Fig. 2. Total soluble solids content of green ‘Hayward’, gold ‘Haeguem’, and red ‘Hongyang’ kiwifruit cultivars as affected by ethylene treatment up to 6 days at 25°C (A) and 10°C (B). Each datum point is the mean of ten sample replicates ± standard error where larger than the symbols. NS, *, **, and *** indicate nonsignificant, and significant differences at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

는 경향을 나타내었으나, ‘Hongyang’에서는 에틸렌 100 ppm 처리구에서 후숙 2일차에 급격히 당도가 증가하는 경향을 보였으며, Tilahun et al.(2020b)의 연구결과와 유사하였다. 저장 10°C에서는 ‘Hayward’ 4일차, ‘Hongyang’ 2일차를 제외하고 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 특이점으로는 ‘Hayward’에서 에틸렌 처리와 온도에서는 유의적인 차이를 나타내었으나, 두 요소 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 반대로 ‘Hongyang’에서는 에틸렌 처리와 온도에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 두 요소 사이의 상호작용 효과가 나타났다. ‘Haeguem’은 에틸렌 처리, 온도 및 상호작용 효과 모두에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 참다래의 가용성 고형물 함량은 다당류인 전분이 후숙 과정 중 분해되어 증가한다고 알려져 있다(Hu et al., 2016; Choi et al., 2019a). Tilahun et al.(2020b)의 연구에서 ‘Hayward’는 가용성 고형물 함량이 15.27%로 나타났으나, 본 실험은 10.98%로 4.29% 차이가 나타나는 것을 확인하였다. 두 연구 사이에 차이가 있는 이유는 수확 시기가 달라 외생 에틸렌에 감응하는 처리 시기가 달랐고, 저온에서 참다래의 신진대사가 느려지면서 에틸렌 처리의 효과가 줄어든 것으로 판단된다(Lim et al., 2017; Gunaseelan et al., 2019). 저장 온도와 에틸렌 처리에 따른 당도의 변화는 품종에 따라 다르게 나타났으며, 이에 따라 소비자 선호 시기도 다르다는 것을 확인하였다. 참다래에서 당도를 기준으로 소비자의 선호도가 충족되는 범위는 10% 이상으로 보고되었으며(Tilahun et al., 2020b), 이를 기준으로 본 연구에서 ‘Hayward’의 경우 10°C 에서 6일차 까지 소비자 선호도에 충족되는 조건은 아니었으나, 25°C 에서 에틸렌 처리 후 4일차부터 소비자 선호도가 충족되었다. ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’의 경우 10°C, 25°C 조건에서 모두 에틸렌 처리 후 2일차부터 소비자 선호도가 충족되는 것을 확인하였다.

적정 산도는 세 품종 모두 후숙 기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 저장 25°C에서

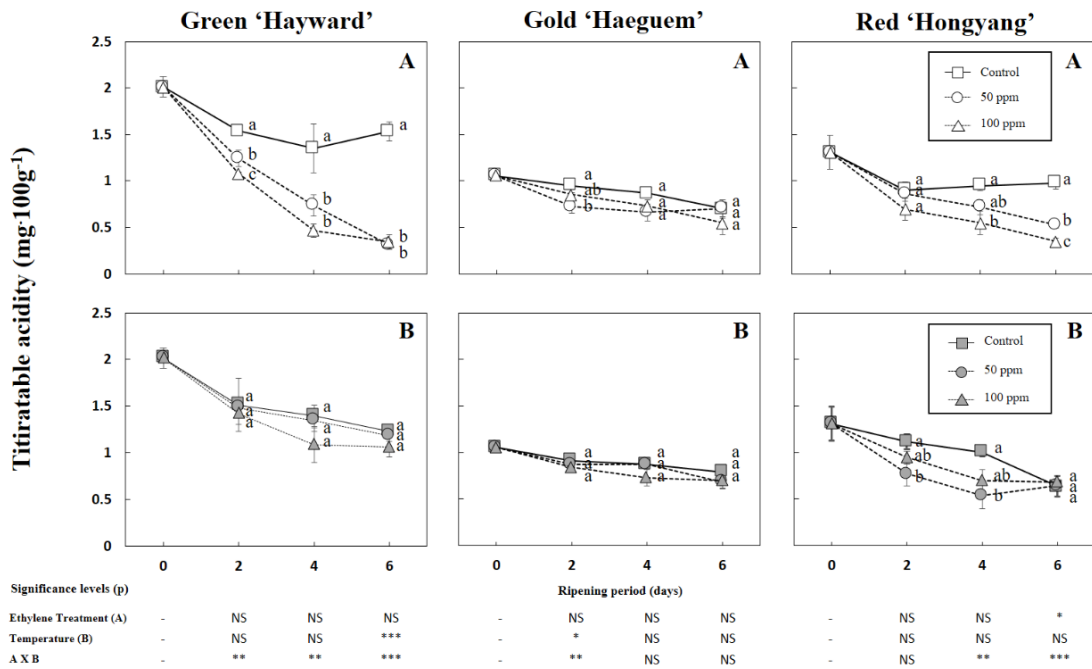


Fig. 3. Titratable acidity of green 'Hayward', gold 'Haeguem', and red 'Hongyang' kiwifruit cultivars as affected by ethylene treatment up to 6 days at 25°C (A) and 10°C (B). Each datum point is the mean of ten sample replicates \pm standard error where larger than the symbols. NS, *, **, and *** indicate nonsignificant, and significant differences at $p < 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

'Hayward'와 'Hongyang'은 후숙 기간 동안 대조구와 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내었다. 'Hayward' 후숙 6일차에 대조구 1.53 mg/100g, 에틸렌 50 ppm 처리구 0.31 mg/100g 로 두 처리구 사이에 1.22 mg/100g 라는 큰 차이를 보였으며, 산도를 기준으로 세 품종을 비교하였을 때 'Hayward'에서 에틸렌 처리구에서 가장 많은 효과를 보였다. 'Haeguem'은 후숙 2일차에 대조구와 에틸렌 50 ppm 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내었으나, 후숙 4, 6일차에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 저장 10°C에서는 'Hayward'와 'Haeguem'에서 대조구와 에틸렌 처리구 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 'Hayward' 후숙 4일차에서 대조구 1.34 mg/100g 에틸렌 100 ppm 처리구 1.08 mg/100g 로 2.4 mg/100g 의 차이를 보였지만, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Fig. 3). 'Hongyang'은 후숙 4일차에 대조구와 에틸렌 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내었으나, 후숙 6일차에 대조구의 급격한 감소로 인하여 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 'Hayward'의 경우 에틸렌 처리와 온도 사이에 모든 후숙 기간에서 유의적인 상호작용 효과를 보였다. 'Haeguem'은 후숙 2일차까지 에틸렌 처리와 온도 사이에 유의적인 상호작용 효과를 보였으나 그 이후에는 나타나지 않았는데, 이는 'Haeguem'이 에틸렌 처리 없이도 다른 품종에 비해 급속히 후숙되는 특성을 갖고 있어, 에틸렌 처리구와 대조구 사이에 산도에서 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다(Choi, 2019a). 'Hongyang'은 에틸렌 처리와 온도 사이에 후숙 2일차까지는 유의적인 상호작용 효과를 보이지 않았으나, 후숙 4, 6일차에 유의적인 상호작용 효과를 나타내는 것을 확인하였다. 적정 산도는 후숙이 진행됨에 따라 호흡의 활용을 위해 유기산에서 당으로의 전환이 이루어지는데, 이는 산도가 감소하는 원인이 된다고 보고되었다(Tilahun et al., 2017). Tilahun et al.(2020b)의 연구에서 'Haeguem'에 에틸렌 처리 후 후숙이 진행됨에 따라 산도가 감소하는 경향을 나타내었으며, 수확 직후 1.05 mg/100g 에서 후숙 6일차 0.71 mg/100g 까지 감소하였다. 본 연구에서는 수확 직후

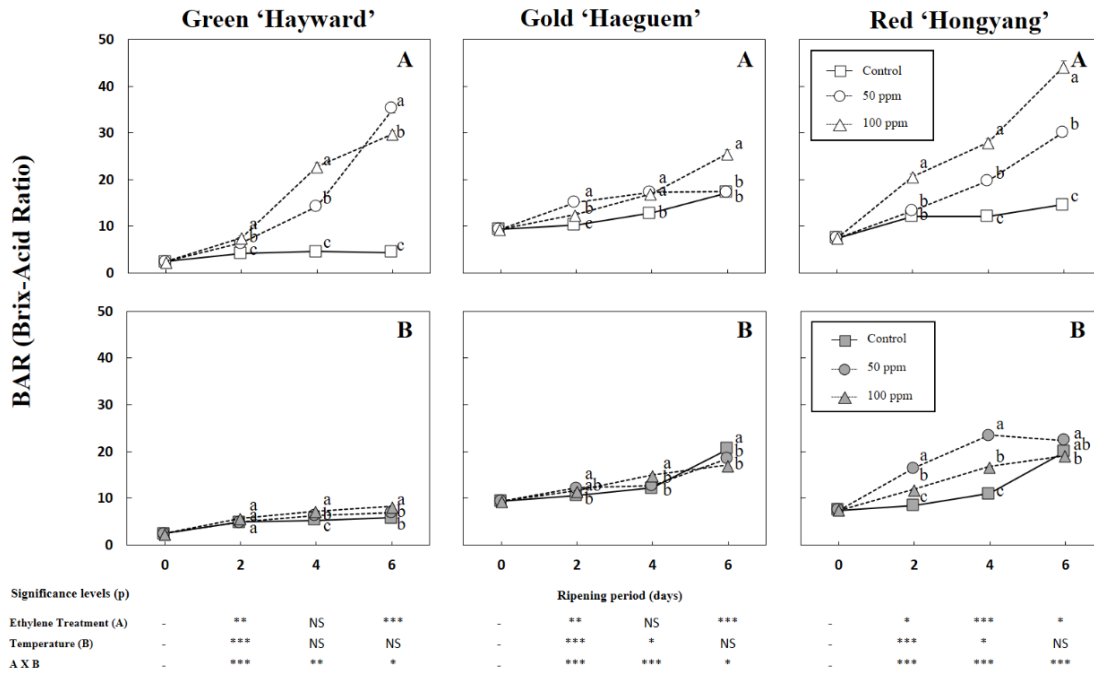


Fig. 4. Brix-acid ratio of green ‘Hayward’, gold ‘Haeguem’, and red ‘Hongyang’ kiwifruit cultivars as affected by ethylene treatment up to 6 days at 25°C (A) and 10°C (B). Each datum point is the mean of ten sample replicates ± standard error where larger than the symbols. NS, *, **, and *** indicate non-significant, and significant differences at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively

1.05 mg/100g 에서 후숙 6일차에 0.55 mg/100g 까지 더 많이 감소했던 것을 확인하였다. 본 실험에서는 저장 온도와 에틸렌 처리에 따른 적정 산도의 변화는 품종에 따라 다르게 나타났으며, 이에 따라 소비자 선호 시기도 다르다는 것을 확인하였다. 참다래에서 산도를 기준으로 소비자의 선호도가 충족되는 범위는 0.31 – 1.00 mg/100g 범위로 보고되었으며(Tilahun et al., 2020b), 이를 기준으로 본 연구에서 ‘Hayward’의 경우 10°C 에서 6일차까지 소비자 선호도에 충족되는 조건은 아니었으나, 25°C 조건 에틸렌 처리 후 4일차부터 소비자 선호도가 충족되었다. ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’의 경우 10°C, 25°C 조건에서 모두 에틸렌 처리 후 2일차부터 소비자 선호도가 충족되는 것을 확인하였다.

당산비는 세 품종 모두 후숙 기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 4). 저장 25°C ‘Hayward’와 ‘Hongyang’의 모든 후숙 기간에서 에틸렌 처리 농도별 유의적인 차이를 확인하였으며, 특히 후숙 6일차 ‘Hayward’ 에틸렌 50 ppm, ‘Hongyang’ 에틸렌 100 ppm 처리구에서 각각 35.2, 44.3으로 높은 값을 나타내었다. ‘Haeguem’ 또한 후숙 6일차에 25.5로 가장 높은 값을 나타내었다. 저장 10°C의 경우 25°C처럼 급격히 증가하지 않았다. 그러나 세 품종에서 모두 후숙 기간이 길어짐에 따라 유의적인 차이를 나타내었으며, 특히 ‘Hongyang’에서 에틸렌 후숙 4일차 50 ppm 처리구에서 23.5로 가장 높은 값을 나타내었다. ‘Haeguem’은 후숙 6일차에 대조구에서 에틸렌 처리구보다 높은 값을 나타내었는데, 이는 ‘Haeguem’ 품종에서 10°C에서 후숙했을 시에 대조구와 에틸렌 처리 사이의 성숙 속도에 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 확인된다. 세 품종 모두 당산비에서 저장 온도와 에틸렌 처리 사이 유의적인 상호작용 효과를 확인하였다. 과실의 맛이 좋다고 여겨지는 평가요소는 종종 당도와 적정 산도보다 당산비에 의해 더 잘 설명될 수 있다고 보고되었다(Babu et al., 2017; Pal et al., 2015). Choi(2019a)의 연구에 의하면 ‘Hayward’ 에틸렌 100 ppm 후숙 6일차에서 43.5로 본 연구보다 8.3 더 높았으며, ‘Hongyang’ 에틸렌 100 ppm 후숙 6일차에서 21.1로

Table 1. Correlation coefficients of the collected parameters as affected by ripening period at 10°C and 25°C after treatment with ethylene

Parameters	Fir	TSS	TA	BAR
Fir		-0.31*	+0.68***	-0.54***
TSS			-0.60***	+0.65***
TA				-0.83***
BAR				

NS, *, ** and *** indicate non-significant, and significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001 , respectively

Fir, TSS, TA, BAR represent firmness, total soluble solids, titratable acidity, brix-acid ratio, respectively.

본 연구에서 23.2 더 높았다. 이는 당도를 기준으로 ‘Hayward’의 경우 본 연구에서 4-5% 정도 낮으며 ‘Hongyang’의 경우 1-2% 정도 높았고, 적정 산도를 기준으로 ‘Hongyang’에서 $0.8 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$ 의 차이가 있었기 때문에 당도에서 적정 산도로 나눈 값인 당산비가 특히 ‘Hongyang’에서 급격히 증가하였다. 또한 당산비와 적정 산도 사이에 상관관계 수가 -0.83 으로 높은 유의적 상관관계가 있다는 것을 확인하였으며(Table 1), Tilahun et al.(2020b)의 연구결과와 같은 경향을 나타내었다. 저장 10°C의 경우 25°C처럼 급격히 증가하지 않았는데, 이는 저온에서의 대사 활동이 느려져 당도와 산도의 변화가 지연되었기 때문이라고 판단된다. Tilahun et al.(2020b)의 연구에 의하면 당산비에서 품종간, 수확 시기에 따라 유의적인 상호작용 효과를 확인하였으며, 이를 통하여 참다래의 당산비는 각 품종간, 수확 시기, 저장 온도, 에틸렌 처리 사이에 모두 유의적인 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 저장 온도와 에틸렌 처리에 따른 당산비의 변화는 품종에 따라 다르게 나타났으며, 이에 따라 소비자 선호 시기도 다르다는 것을 확인하였다. 참다래에서 당산비를 기준으로 소비자의 선호도가 충족되는 범위는 11.23 - 43.49 범위로 보고되었으며(Tilahun et al., 2020b), 이를 기준으로 본 연구에서 ‘Hayward’의 경우 10°C에서 6일차까지 소비자 선호도에 충족되는 조건은 아니었으나, 25°C 조건 에틸렌 처리 후 4일차부터 소비자 선호도가 충족되었다. ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’의 경우 10°C, 25°C 조건에서 모두 에틸렌 처리 후 2일차부터 소비자 선호도가 충족되는 것을 확인하였다.

경도, 당도 및 산도는 당산비 사이에 높은 유의적 상관관계($r = -0.54, 0.65, -0.83$)를 나타내었다(Table 1). Tilahun et al.(2020b)의 연구에서 당산비를 기준으로 경도, 당도, 산도는 높은 유의적 상관관계($r = -0.56, 0.55, -0.84$)를 나타내어 본 연구의 경향과 비슷하게 나타났다. 위 결과를 종합해보면 경도, 당도, 산도, 당산비는 참다래의 후숙 품질을 결정하는 신뢰성있는 객관적 지표로 사용될 수 있다고 판단된다.

요약

본 연구는 ‘Hayward’(그린), ‘Haeguem’(골드) 및 ‘Hongyang’(레드) 참다래의 품종별 과실의 후숙 특성, 온도(10°C, 25°C) 및 에틸렌 농도별(50 ppm, 100 ppm) 처리에 따른 참다래의 품질 변화를 분석한 연구결과는 다음과 같다. 세 품종 모두 후숙 기간이 길어짐에 따라 경도와 산도가 점차 감소하고, 당도와 당산비가 증가하는 경향을 나타내었다. 경도는 저장 25°C 에틸렌 처리구(50 ppm, 100 ppm)의 경우 ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’은 후숙 2일차에 각각 3.94 - 4.61 N, 4.94 - 5.00 N, ‘Hayward’는 후숙 4일차 5.67 - 7.57 N으로 소비자의 선호도 범위(2 - 8 N)를 충족하였다. 저장 10°C ‘Hayward’의 경우 대조구와 에틸렌 처리구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 저장 기간 동

안 품질을 효과적으로 유지하였다. 당도의 경우 세 품종 모두 저장 온도와 에틸렌 처리 상관없이 후숙 기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 25°C 모든 후숙 기간 동안 대조구와 에틸렌 처리구 사이에 유의적인 차이를 나타내었다. 적정 산도는 다른 품종들과 비교하였을 때 ‘Hayward’ 에틸렌 처리구에서 가장 큰 효과를 보였다. 저장 25°C ‘Hayward’ 후숙 6일차에 대조구, 에틸렌 50 ppm 처리구의 적정 산도는 각각 1.53, 0.31 mg/100g⁻¹로 두 처리구 사이에 1.22 mg/100g⁻¹라는 큰 차이를 나타내었다. 이외는 다르게 저장 10°C ‘Hayward’와 ‘Haeguem’에서 대조구와 에틸렌 처리구 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 당산비는 세 품종 모두 후숙 기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 특히 저장 25°C 후숙 6일차에 ‘Hayward’와 ‘Haeguem’의 에틸렌 처리구에서 값이 각각 35.2, 44.3으로 높은 값을 나타내었다. 그리고 경도, 당도, 산도는 당산비 사이에 높은 유의적 상관관계($r = -0.54, 0.65, -0.83$)를 나타내었다. 저장 온도 10°C에서 25°C보다 에틸렌 처리에 따른 효과가 적었는데, 이는 저온에서 참다래의 신진대사가 느려지면서 에틸렌 처리의 효과가 줄어든 것으로 판단된다. 또한 에틸렌 처리 농도에 대한 품질의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 이는 과실의 숙성이 시작되어 내부 에틸렌 농도가 포화 수준으로 증가하고 나면 외부 에틸렌이 숙성 과정에 더 이상 영향을 미치기 어렵기 때문으로 판단된다. 이상의 결과를 종합해보면 경도, 당도, 산도, 당산비를 기준으로 ‘Hayward’의 경우 10°C에서 6일차까지 소비자 선호도에 충족되지 않았으나, 25°C 조건 에틸렌 처리 후 4일차부터 소비자 선호도가 충족되었다. ‘Haeguem’ 및 ‘Hongyang’의 경우 10°C, 25°C 조건에서 모두 에틸렌 처리 후 2일차부터 소비자 선호도가 충족되는 것을 확인하였다.

사사

본 성과물은 한국연구재단의 4단계 두뇌한국(BK)21 사업, 농기평 농생명연구사업(116137-3) 및 농식품연구성과 후속지원사업(120030-1)의 지원에 의해 수행되었음.

인용문헌(References)

- Antunes, M. D. (2007) The role of ethylene in kiwifruit ripening and senescence. *Stewart Postharvest Review* 3:1-8.
- Asiche, W. O., Miralo, O. W., Kasahara, Y., Tosa, Y., Mwori, E. G., Ushijima, K., Nakano, R., Kubo, Y. (2017) Effect of storage temperature on fruit ripening in three kiwifruit cultivars. *Hort J* 86:403-410.
- Babu, K. D., Singh, N. V., Gaikwad, N., Maity, A., Suryavanshi, S. K., Pal, R. K. (2017) Determination of maturity indices for harvesting of pomegranate (*Punica granatum*). *Indian J Agr Sci* 87:1225-1230.
- Blouin, A. G., Pearson, M. N., Chavan, R. R., Woo, E. N. Y., Lebas, B. S. M., Veerakone, S., Ratti, C., Biccheri, R., MacDiarmid, R. M., Cohen, D. (2013) Viruses of kiwifruit (*Actinidia species*). *J Plant Pathol* 95:221-235.
- Choi, H. R. (2019a) Effects of harvest time on ripening quality and storability of kiwifruit (*Actinidia* spp.) cultivars during long-term cool storage. Kangwon National University, Korea.
- Choi, H. R. (2019b) Harvest time affects quality and storability of kiwifruit (*Actinidia* spp.) cultivars during long-term cool storage. *Scientia Horticulturae* 256:108523.
- Gunaseelan, K., McAtee, P. A., Nardoza, S., Pidakala, P., Wang, R., David, K., Burdon, J., Schaffer, R. J. (2019) Copy number variants in kiwifruit ethylene response factor/apetala2(ERF/AP2)-like genes show divergence in fruit ripening associated cold and ethylene responses in crepeat/dre binding factor-like genes. *PLoS ONE* 14:e0216120.
- Guroo, I., Wani, S. A., Wani, S. M., Ahmad, M., Mir, S. A., Masoodi, F. A. (2017) A review of production and

- processing of kiwifruit. *J Food Process Tec* 8:699.
- Harker, F. R., Hunter, D., White, A., Richards, K., Hall, M., Fullerton, C. (2019) Measuring changes in consumer satisfaction associated with kiwifruit ripening: A new approach to understand human-product interactions with fruit. *Postharvest Biol Tec* 153:118-124.
- Hu, X., Kuang, S., Zhang, A.D., Zhang, W.S., Chen, M.J., Yin, X.R., Chen, K.S. (2016) Characterization of starch degradation related genes in postharvest kiwifruit. *Int J Mol Sci* 17:2112.
- Huang, H. (2016) *Kiwifruit: the genus Actinidia*. Science Press Beijing. ISBN:978-0-12-803066-0.
- Jo, Y. S., Cho, H. S., Park, M. Y., Park, J. O., Ma, K. C., Kim, B. H., Lim, D. G., Bang, G. P. (2007) A selection of Korean Gold kiwifruit 'Haegum'. *Kor Soc Hort Sci* 16:36.
- Kaya, M., Cesoniene, L., Daubaras, R., Leskauskaite, D., Zabulione, D. (2016) Chitosan coating of red kiwifruit (*Actinidia melanandra*) for extending of the shelf life. *Int J Biol Macromol* 85:355-360.
- Kim, G. H., Choi, E. D., Lee, Y. S., Jung, J. S., Koh, Y. J. (2016) Spread of bacterial canker of Kiwifruit by Secondary Infection of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* Biovar 3 in Gyeongnam in 2016. *Res Plant Dis* 22:276-283.
- Latocha, P., Vereecke, D., Debersaques, F. (2017) Kiwiberry commercial production what stage are we at. *Int Soc Hort Sci* 1218:559-564.
- Leontowicz, H., Leontowicz, M., Latocha, P., Jesion, I., Park, Y.S., Katrich, E., Barasch, D., Nemirovski, A., Gorinstein, S. (2016) Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* 'Hayward' and *Actinidia eriantha* 'Bidan'. *Food Chemistry* 196:281-291.
- Lim, C. K., Kim, S. C., Chun, S. J., Song, E. Y., Kim, M. S. (2011) Changes in the Quality of Kiwifruit after Ripening according to Different Harvesting Time. *Kor J Hort Sci Technol* 29 (SUPPL. 1).
- Lim, S., Lee, J. G., Lee, E. J. (2017) Comparison of fruit quality and GC – MS-based metabolite profiling of kiwifruit 'Jecy green' Natural and exogenous ethylene-induced ripening. *Food Chem* 234:81-92.
- Pal, R. S., Kumar, V. A., Arora, S., Sharma, A. K., Kumar, V., Agrawal, S. (2015) Physicochemical and antioxidant properties of kiwifruit as a function of cultivar and fruit harvested month. *Braz Arch Biol Technol* 58:262-271.
- Park, D. S., Tilahun, S., Heo, J. Y., Jeong, C. S. (2017). Quality and expression of ethylene response genes of 'Daebong' persimmon fruit during ripening at different temperatures. *Postharvest biology and technology* 133:57-63.
- Park, Y. S., Jung, S. T., Gorinstein, S. (2006) Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Sci Hortic* 108:22-28.
- Prasanna, V., Prabha, T. N., Tharanathan, R. N. (2007) Fruit ripening phenomena – an overview. *Crit Rev Food Sci Nutr* 47:1-19.
- Shin, M. H. (2018) Fruit ripening characteristics of kiwifruit by exogenous ethylene treatment and storage temperature. Department of Applied Life Science, University of Gyeongsang National University, Korea.
- Soquetta, M. B., Stefanello, F. S., Huerta, K. M., Monteiro, S. S., Rosa, C. S., Terra, N. N. (2016) Characterization of physicochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Chemistry* 199:471-478.
- Sorakon (2016) Effects of CPPU, 1-MCP and ethylene treatments on quality attributes and shelf Life in kiwifruit. Interdisciplinary Program of Development and Utilization of Biological Resources, University of Mokpo National University, Korea.
- Stec, M. G., Hodgson, J. A., Macrae, E. A., Triggs, C. M. (1989) Role of fruit firmness in the sensory evaluation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 47:417-433.
- Tilahun, S., Park, D. S., Taye, A. M., Jeong, C. S. (2017) Effect of ripening conditions on the physicochemical and antioxidant properties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Food Sci Biotechnol* 26:473-479.

- Tilahun, S., Choi, H. R., Kwon, H., Park, S. M., Park, D. S., Jeong, C. S. (2020a) Transcriptome Analysis of 'Haegeum' gold kiwifruit following ethylene treatment to improve postharvest ripening quality. *Agronomy* 10:487.
- Tilahun, S., Choi, H. R., Park, D. S., Lee, Y. M., Choi, J. H., Baek, M. W., Hyok, K., Park, S. M., Jeong, C. S. (2020b) Ripening quality of kiwifruit cultivars is affected by harvest time. *Scientia Horticulturae* 261:108936.
- Wang, D., Yeats, T. H., Uluisik, S., Rose, J. K., Seymour, G. B. (2018). Fruit softening: Revisiting the role of pectin. *Trends in plant science* 23:302-310.
- Wang, M., Li, M., Meng, A. (2003) Selection of a new red-fleshed kiwifruit cultivar 'Hongyang'. *Acta Horticulturae* 610:115-117.
- Yang, Y. J., Lim, B. S. (2017) Effects of high carbon dioxide and ethylene treatment on postharvest ripening regulation of red kiwifruit (*Actinidia melanandra Franch*) during cold storage. *J Korea Acad Industr Coop Soc* 18:478-485.