


Scarlet Spur Elma Çeşidinde Farklı Olgunluk Aşaması ve Depolama Sistemlerinin Yüzeysel Kabuk Yanıklığı ve Duyusal Kalite Üzerine Etkileri

Cemile Ebru ONURSAL^{1*} 

Mehmet Ali KOYUNCU² 

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya/TÜRKİYE

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0003-1201-4576>

²<https://orcid.org/0000-0003-4449-6709>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ebru.onursal@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 04.05.2023 Accepted (Kabul tarihi): 12.06.2023 Online: 29.06.2023

ÖZ: Isparta/Eğirdir koşullarında yetiştirilen Scarlet Spur elma çeşidi meyveleri tam çiçeklenmeden 139 ve 150 gün sonra olmak üzere iki farklı olgunluk aşamasında hasat edilmiştir. Hasattan sonra meyveler normal atmosfer (NA) ve kontrollü atmosfer (KA) koşullarında 0°C sıcaklık ve %90±5 oransal nemde muhafazaya alınmıştır. NA koşullarında muhafaza edilen meyvelerin yarısına 625 ppb dozunda 12 saat süreyle 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulaması yapılmıştır. KA koşullarında depolama için %1 O₂ + %3 CO₂ ve %3 O₂ + %4 CO₂ ve dinamik kontrollü atmosfer (DKA) olmak üzere 3 farklı atmosfer bileşimi kullanılmıştır. DKA ortamında CO₂ oranı %1 olarak ayarlanmıştır. Klorofil flüoresans sensörü aracılığıyla stres sinyalinin alındığı minimum O₂ seviyesi %0,2 olarak belirlenmiş ve meyveler %0,3 güvenlik payı eklenerek %0,5 O₂ seviyesinde depolanmıştır. Raf ömrü çalışmaları için elmalar soğukta muhafazadan sonra 20 °C sıcaklık ve %60±5 oransal nem koşullarında 7 gün bekletilmiştir. Soğukta depolanan ve buna ilaveten raf ömrü koşullarında bekletilen meyvelerde belirli aralıklarla yüzeysel kabuk yanıklığı tespiti ve duyusal analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, tam çiçeklenmeden 150 gün sonra hasat edilip 1-MCP uygulandıktan sonra NA koşullarında depolanan elmalarda ve yine aynı dönemde hasat edilip %0,5 O₂ + %1 CO₂ ve %1 O₂ + %3 CO₂ atmosfer koşullarında depolanan meyvelerde kabuk yanıklığı gözlenmemiştir. Ayrıca bu meyvelerin duyusal kalite özellikleri bakımından da daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elma, 1-MCP, dinamik kontrollü atmosfer, hasat zamanı.

The Effects of Different Maturity Stage and Storage Systems on Superficial Scald and Sensory Quality of Scarlet Spur Apple

ABSTRACT: The fruit of Scarlet Spur apple variety grown in Isparta/Eğirdir were harvested at two different maturity stages, 139 and 150 days after full bloom. After harvest, the fruit were stored under normal atmosphere (NA) and controlled (CA) atmosphere conditions at 0°C and 90±5% relative humidity (RH). Half of the fruit kept under NA conditions were treated with 1-MCP (625 ppb) for 12 hours. For storage in CA conditions, three different atmosphere combinations were used: (1) 1% O₂ + 3% CO₂, (2) 3% O₂ + 4% CO₂ and (3) dynamic controlled atmosphere (DCA). In the DCA condition, the CO₂ rate was set as 1%. The minimum O₂ level, at which the stress signal was received by chlorophyll fluorescence sensor, was determined as 0,2%, and the fruit were stored at 0,5% O₂ level by adding a 0,3% safety margin. For shelf life studies, apples were kept at 20 °C and 60±5% RH for 7 days after cold storage. The superficial scald incidence and sensory quality of fruit were determined at regular intervals during cold storage and shelf life. As a result, superficial scald was not observed in apples harvested at 150 days after full bloom and stored in NA after 1-MCP treatment, or in fruit harvested in the same stage and stored in 0,5% O₂ + 1% CO₂ and 1% O₂ + 3% CO₂ combinations. In addition, it was determined that these fruits were better in terms of sensory quality.

Keywords: Apple, 1-MCP, dynamic controlled atmosphere, harvest time.

GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de ılıman iklim meyve türleri içerisinde en fazla üretimi yapılan elma, klimakterik bir meyve türüdür ve hasattan sonraki süreçte meyve kalitesi hasat sırasındaki olgunluk ve depolama koşulları ile yakından ilişkilidir (Kader, 1999; Kviklienè ve ark., 2011; Bertone ve ark., 2012). Hasat olgunluğu meyvelerde şeker ve organik asit gibi maddelerin oransal olarak değişimi vasıtasıyla (Silva ve ark., 2008; Veberic ve ark., 2005) lezzet gelişimini ve hasat sonrası olgunlaşmayı etkiler (Kovač ve ark., 2010). Elmada hasat zamanının belirlenmesinde tam çiçeklenme ile hasat tarihi arasında geçen süre önemli bir kriterdir. Bu süre çeşide, yetiştiricilik yapılan bölgeye, anaca ve ekolojik koşullara göre değişiklik gösterebilmektedir (Bozbuğa ve Pırlak, 2012).

Tekstür, elmada tüketici tercihinde rol oynayan en önemli kalite kriteridir. Sıkılık, sululuk, gevreklik ve unluçluk gibi nitelikleri içeren meyvenin tekstür yapısı, meyve büyümesi ve depolama sırasında biyokimyasal, fiziksel ve yapısal bileşenlere göre gelişir. Bu bileşenler meyve büyümesi ve depolanması sırasında etkili olan çok sayıda faktöre göre değişiklik gösterir (Delaire ve ark., 2015). Elma gibi klimakterik ürünlerde doğru depolama koşulları ürün kalitesinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Bertone ve ark., 2012). Elmanın olgunlaşması yumuşama, nişasta hidrolizi, şekerlerde artış, klorofil parçalanması, membran değişiklikleri, spesifik protein sentezi, artan solunum ve aroma üretimi gibi birçok fizyolojik ve yapısal değişikliklerle tanımlanan bir dönemdir ve bu dönemde meydana gelen değişimler etilen ile yakından ilişkilidir. Etilenin etkilerini en aza indirmek için kullanılan teknikler arasında düşük sıcaklık, 1-MCP, düşük O₂ ve yüksek CO₂ içeren ortamların kullanılması gibi yöntemler bulunmaktadır (Abeles ve ark., 1992; Fellman ve ark., 2003).

Elma muhafazasında pratikte yaygın olarak kullanılan 1-MCP, etilen reseptörlerine bağlanarak etileni bloke eden ve böylece etilenle ilişkili biyokimyasal tepkimelerin hızını yavaşlatan gaz

halindeki bir siklik olefindir (Almeida ve ark., 2016; Liguori ve ark., 2017). Etkinliği, büyük ölçüde hasattaki meyvenin olgunluk aşamasına bağlıdır (Lafer, 2006). Yapılan araştırmalar, 1-MCP uygulamasının elmalarda meyve eti sertlik, asitlik ve su kaybını azalttığını (DeEll ve ark., 2002; Watkins ve ark., 2007), uçucu bileşiklerin salgılanmasını ve kabukta birikmesini engelleyerek önemli kayıplara neden olan kabuk yanıklığını engellediğini göstermiştir (Fan ve ark., 1999; Rupasinghe ve ark., 2000b; Watkins ve ark., 2000).

Günümüzde elma depolamasında özellikle gelişmiş ülkelerde büyük oranda kullanılan bir diğer yöntem KA depolamadır. Depo ortamındaki oksijen konsantrasyonunun azaltılması ve karbondioksit konsantrasyonunun artırılmasıyla oluşturulan KA depolamanın yaygınlaşmasındaki en önemli etken, meyve kalitesini daha uzun süre koruması ve depolama süresince meydana gelen zararlanmaları azaltmasıdır (Both ve ark., 2014). Birçok elma çeşidi için KA koşullarında daha başarılı bir şekilde depolamanın yapılabilmesi meyvelerin hasattaki olgunluk durumuna, çeşide ve depodaki gaz konsantrasyonuna bağlıdır (Thompson 2010). Soğuk hava depolarının yapımında kullanılan izolasyon malzemeleri ve depo içi gaz kontrol-izleme cihazlarındaki gelişmelere bağlı olarak depolamada kullanılan O₂ oranlarında daha düşük düzeylerin kullanılabilirdiği düşük oksijenli depolama (DOD) ve ultra düşük oksijenli (UDO) depolama sistemleri geliştirilmiştir. Standart KA depolamada oksijen oranı %2-3 civarında tutulurken, DOD koşullarında O₂ seviyesi %1,5, UDO koşullarında ise %1 civarına kadar indirilebilmektedir (Konopacka ve Plocharski, 2004; Koyuncu, 2017). UDO depolama, hastalık ve fizyolojik bozuklukların gelişimini engellemede (Balla ve Holb, 2007; Mattè ve ark., 2005) meyve eti sertliği ve zemin rengi gibi kalite özelliklerinin daha iyi korunmasında (Thewes ve ark., 2015) standart KA depolamaya göre daha başarılıdır. Son yıllarda elma depolamasında kullanılan bir diğer teknoloji DKA depolamadır. DKA depolama sırasında oksijen seviyesi; kritik oksijen konsantrasyonu olarak adlandırılan seviyenin hemen üstünde, meyvenin tolere edebileceği en

düşük seviyeye indirilmektedir. Kritik oksijen seviyesinin altındaki depolama koşulları anaerobik koşullara ve meyvede kalite kayıplarına neden olmaktadır. İdeal olarak meyveler, kritik oksijen konsantrasyonunun hemen üzerindeki seviyelerde depolanmalıdır (Gasser ve ark., 2010). Bu koşullarda depolanan meyvelerin, kalitelerini uzun süre muhafaza ettiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Prange ve ark., 2007; Zanella ve ark., 2008; Wright ve ark., 2012). DKA depolamada sensörlerin yardımı ile meyvenin etanol üretimi (DKA-E), meyve klorofil floresans emisyonu (DKA-KF) ve solunum oranı (DKA-SO) ölçümleri yapılarak 3 farklı yöntemle gaz konsantrasyonu ayarlanabilmektedir (Thewes ve ark., 2018). Floresans etkileşimli yanıt monitörü kullanılarak floresanstaki değişikliklerin gerçek zamanlı olarak algılanmasına dayanan klorofil floresans sensörü ile ölçüm, diğer yöntemlere oranla üzerinde daha fazla çalışma yapılan ve elma depolama endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan teknolojidir (Watkins, 2008; Mditshwa ve ark., 2018). Klorofil floresans tekniği ile meyvede meydana gelen stres ölçülmektedir. Bu yöntemde O₂ seviyesi azaltılırken sensör aracılığıyla meyve yüzeyinde meydana gelen klorofil floresans sinyali (F_a) ölçülerek yazılım yardımıyla görüntülenmektedir (Vanoli ve ark., 2010; Thewes ve ark., 2015). Floresans sinyalinin artışa geçtiği nokta ürünün düşük oksijen stresine girdiğini gösterir (Watkins, 2008). Oksijen seviyesi depolama süresince meyve metabolizmasına göre değiştirilerek en düşük oksijen limiti seviyesinin üzerinde kalması sağlanmaktadır (Mditshwa ve ark., 2018). Pratikte, bir güvenlik marjı sağlamak için floresan yanıtının tespit edildiği O₂ seviyesine yaklaşık %0,2 eklemeye yapılarak düşük oksijen kaynaklı zararlanmaların önüne geçmek amacıyla bir tampon aralık oluşturulur (Watkins, 2008). DKA-KF tekniğinin elmada hasat sonrasında depolama süresince kalitenin sürdürülmesinde etkili bir yöntem olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür (Veltman ve ark., 2003; Zanella ve ark., 2005; DeLong ve ark., 2007; Lafer, 2008; Torres ve Hernández, 2015; Thewes ve ark., 2015; Both ve ark., 2016; Bessemans ve ark., 2016; Mditshwa ve ark., 2017a, b).

Bu çalışma Isparta/Eğirdir koşullarında yetiştirilen Scarlet Spur elma çeşidinde farklı olgunluk aşamaları ve 1-MCP uygulamasının da dahil edildiği farklı ve depolama sistemlerinin soğukta depolama ve raf ömrü süresince meyvelerde yüzeysel kabuk yanıklığı ve duyuşal özellikler üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Denemede meyve materyali olarak Scarlet Spur elma çeşidi kullanılmıştır. Meyve örnekleri Isparta/Eğirdir'de bulunan ticari bir elma bahçesindeki MM106 anacına aşılı 8 yaşlı ağaçlardan alınmıştır. Meyveler tam çiçeklenme tarihinden 139 (H1) ve 150 (H2) gün sonra olmak üzere iki dönemde hasat edilmiştir. Hasatlardan sonra meyveler iki gruba ayrılmıştır. İlk grup meyvelerin yarısına hiçbir uygulama yapılmamış diğer yarısı ise 20°C'de 12 saat süre ile 625 ppb konsantrasyonunda 1-MCP uygulamasına tabi tutulmuştur. 1-MCP uygulaması için %0,14 aktif madde içeren SmartFresh™ ticari adıyla satılan toz formülasyon kullanılmıştır. Meyveler NA koşullarında 0°C sıcaklık ve %90±5 oransal nemde 6 ay süreyle muhafaza edilmiştir. İkinci gruptaki meyveler, 3 kısma ayrılmış ve 0,5 m³ hacimli gaz sızdırmaz kabinlerde 0°C sıcaklık ve %90±5 bağıl nemde 10 ay boyunca KA (%4 CO₂ + %3 O₂), UDO (%3 CO₂ + %1 O₂) ve DKA (%1 CO₂ + %0,5 O₂) koşullarında depolanmıştır. DKA koşullarındaki oksijen seviyesi Harvest atch™ sistemi kullanılarak klorofil flüoresans sensörü aracılığıyla stres sinyalinin alındığı minimum O₂ seviyesi tespit edilerek belirlenmiştir. O₂ seviyesinin %0,2 olduğu bulunmuş ve %0,3 güvenlik payı eklenerek %0,5 O₂ seviyesinde depolama yapılmıştır. Her iki gruptaki meyveler de soğukta muhafaza edildikten sonra 20°C'de ve %60±5 oransal nemde 7 gün süreyle bekletilmiştir. NA koşullarından aylık, diğer depolama sistemlerinden ise 2 ay arayla alınan örneklerde ve raf koşullarında bekletilen meyvelerde kabuk yanıklığı gelişimi ve duyuşal kalite değişimi belirlenmiştir.

Yüzeysel kabuk yanıklığı

Her analiz döneminde, soğuk muhafazadan alınan örneklerde ve soğuk muhafaza sonrası raf koşullarında bekletilen meyve örneklerindeki kabuk yanıklığı miktarı, meyve örneklerinde yanıklık belirtileri gösteren meyve sayısının, tüm meyve sayısına oranlanması ile yüzde (%) olarak saptanmıştır. Kabuk yanıklığı şiddeti ise karar ve meyve dış yüzeyini kaplama durumu göz ile % olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen % yanıklık verileri Zanella (2003)' e göre skala (0: %0, 1: %1-10, 2: %11-33, 3: %34-66, 4: %67-100) kullanılarak puanlanmıştır.

Duyusal değerlendirme

Meyvelerin duyusal değerlendirilmesinde tat ve aroma için 1-5 skalası (1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi) ve dış görünüş için 1-9 skalası (1-3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi) kullanılmıştır. Değerlendirme flüoresan ışık altında ve kokusuz bir ortamda 5 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır (Koyuncu ve ark., 2005).

İstatistiksel değerlendirme

Deneme 3 faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 meyve olacak şekilde düzenlenmiştir. Elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu kontrol edildikten sonra F testi ile önemli bulunan ($P<0.05$) ortalamalar, LSD çoklu karşılaştırma metodu kullanılarak gruplandırılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapımında JMP 7 paket programı kullanılmıştır.

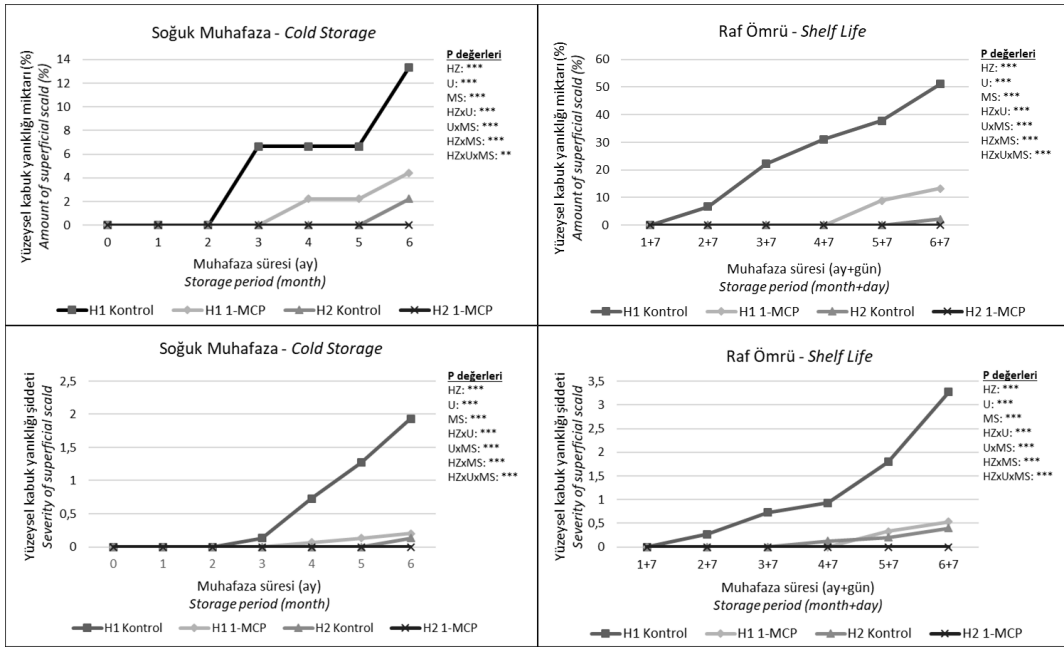
BULGULAR

Normal Atmosfer Depolama Çalışmalarına İlişkin Bulgular

Scarlet Spur elma meyvesinde hasat zamanı, uygulama ve muhafaza süresinin NA koşullarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince yüzeysel kabuk yanıklığı miktarı ve şiddetini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür (Şekil 1). Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de istatistiksel olarak

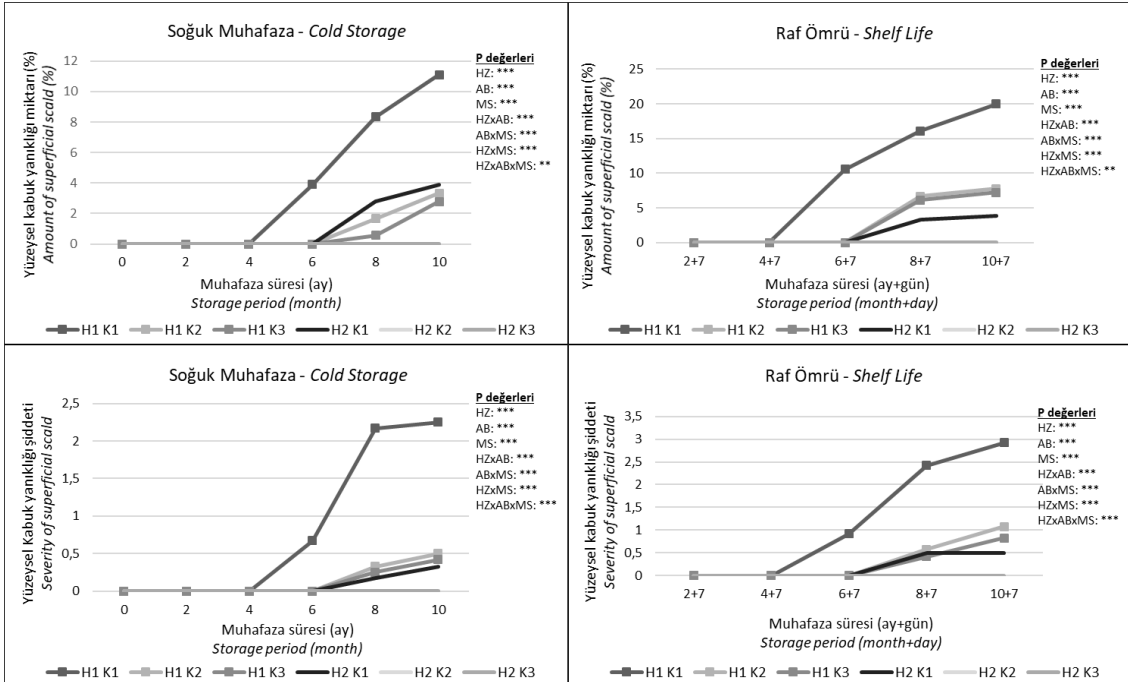
önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Soğukta muhafaza sırasında ikinci hasatta altıncı aya kadar kabuk yanıklığı görülmemiştir. İlk hasatta ise kontrol grubunda 3. ayda, 1-MCP uygulanan meyvelerde ise 4. ayda kabuk yanıklığı görülmeye başlanmıştır. İlk hasatta ortalama kabuk yanıklığı miktarı %3,02 iken, ikinci hasatta ortalama %0,16 olarak belirlenmiştir. 1-MCP uygulaması kabuk yanıklığı miktarını önemli ölçüde engellemiş olup, ikinci hasatta etkisi daha bariz olmuştur. Soğukta muhafazayı takiben raf ömrü koşullarında ilk hasatta ortalama %14,26 oranında yüzeysel kabuk yanıklığı görülürken, bu değer ikinci hasatta ortalama %0,19 olarak tespit edilmiştir. Soğukta muhafazada olduğu gibi raf koşullarında da 1-MCP yüzeysel kabuk yanıklığı miktarını azaltmıştır. Kontrol uygulamasında ortalama %12,59 oranında kabuk yanıklığı miktarı görülürken, 1-MCP uygulamasında bu oran ortalama %1,85 olarak belirlenmiştir. Muhafaza süresince raf koşullarında görülen kabuk yanıklığı miktarı sürenin ilerlemesine paralel olarak artış göstermiştir. Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince oluşan yüzeysel kabuk yanıklığı şiddeti incelendiğinde, ilk hasatta gözlenen kabuk yanıklığı şiddetinin (soğukta muhafaza: ortalama 0,32, raf: 0,66) ikinci hasattaki değerlerden (soğukta muhafaza: 0,01, raf: 0,06) daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 1-MCP uygulaması kabuk yanıklığı şiddetini azaltarak kontrol grubundan daha düşük değerler elde edilmesini sağlamıştır. Muhafaza süresince ilk üç ayda kabuk yanıklığı gözlenmemiş, sonrasında ise artış göstermiştir. İkinci hasatta 1-MCP uygulanan meyvelerde muhafaza süresince kabuk yanıklığı gözlenmemiştir.

NA koşullarında soğukta muhafaza süresince meyvelerin dış görünüşü üzerine hasat zamanı, uygulama, muhafaza süresi ve bu faktörler arasındaki etkileşimler etkili bulunmuştur ($p<0,05$). İkinci hasatta meyvelere verilen dış görünüş puanları (8,70) ilk hasattaki puanlardan (7,10) daha yüksek olmuştur (Şekil 3). Kontrol meyveleri (7,74), 1-MCP uygulanan meyvelerden (8,05) daha düşük puanlar almıştır. Raf ömrü süresince soğukta muhafazadaki sonuçlara benzer şekilde ikinci hasattaki örneklerle verilen ortalama



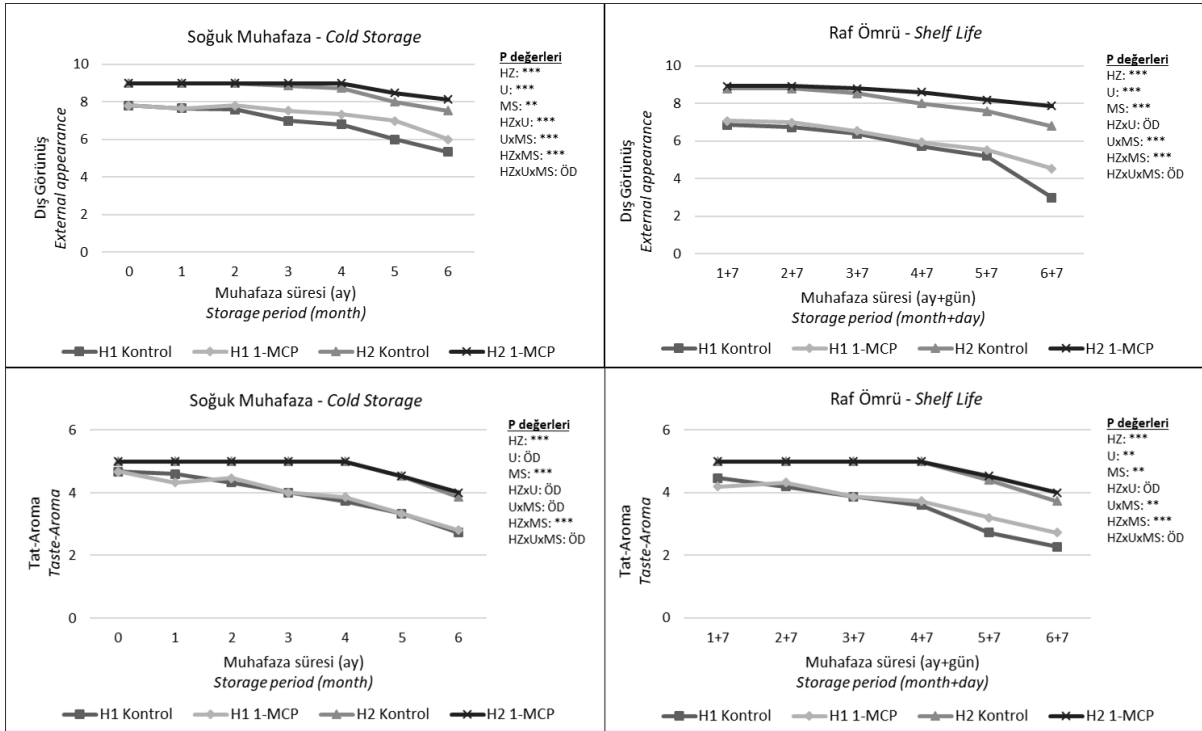
Şekil 1. Scarlet Spur elma çeşidinde hasat zamanı ve 1-MCP uygulamasının NA koşullarında soğukta muhafaza ve raf ömrü koşullarında yüzeysel kabuk yanıklığına etkisi. HZ: Hasat zamanı, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, ÖD: Önemli değil. P değerleri: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001

Figure 1. Effect of harvest time and 1-MCP treatment on superficial scald during cold storage under NA and shelf-life in Scarlet Spur apple. HZ: Harvest time, U: Application, MS: Storage time, ÖD: Not important. P values: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001



Şekil 2. Scarlet Spur elma çeşidinde farklı atmosfer bileşimlerinin soğuk muhafaza ve raf ömrü koşullarında yüzeysel kabuk yanıklığına etkisi. HZ: Hasat zamanı, AB: Atmosfer bileşimi, MS: Muhafaza süresi, ÖD: Önemli değil. K1: %3 O₂ + %4 CO₂, K2: %1 O₂ + %3 CO₂, K3: %0,5 O₂ + %1 CO₂. P değerleri: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001

Figure 2. Effect of different atmospheric compositions on superficial scald in Scarlet Spur apple during cold storage and shelf life. HZ: Harvest time, AB: Atmospheric composition, MS: Storage time, ÖD: Not important. K1: 3% O₂ + 4% CO₂, K2: 1% O₂ + 3% CO₂, K3: 0,5% O₂ + 1% CO₂. P values: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001



Şekil 3. Scarlet Spur elma çeşidinde hasat zamanı ve 1-MCP uygulamasının NA koşullarında soğuk muhafaza ve raf ömrü süresince dış görünüş ve tat-aroma üzerine etkisi. HZ: Hasat zamanı, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, ÖD: Önemli değil. P değerleri: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001

Figure 3. Effect of harvest time and 1-MCP treatment on external appearance and taste-aroma during cold storage under NA and shelf life in Scarlet Spur apple. HZ: Harvest time, U: Application, MS: Storage time, ÖD: Not important. P values: ÖD:>0,05, *:<0,05, **:<0,01, ***:<0,0001

dış görünüş puanları (8,32) ilk hasatta verilen puanlardan (5,88) daha yüksek olmuştur. 1-MCP uygulaması meyvelerin dış görünüş puanlarını olumlu yönde artırarak bu gruptaki örneklerin kontrol grubuna göre daha fazla puan almasını sağlamıştır. Soğuk muhafaza ve raf ömrü süresince meyvelerin aldığı dış görünüş puanları zamanın ilerlemesine paralel olarak azalmıştır.

Hasat zamanı ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde muhafaza süresince tat-aroma üzerine etkisi incelendiğinde, ilk hasattaki tat-aroma puanlarının (3,92) ikinci hasattaki puanlara (4,78) göre düşük kaldığı görülmüştür (Şekil 3). Muhafaza süresi uzadıkça tat-aroma puanlarında azalma olmuş, başlangıçta ortalama 4,83 olan değer süreç sonunda ortalama 3,35 değerine gerilemiştir. Raf ömrü sürecinde de benzer şekilde birinci hasattaki tat-aroma puanları (3,60) ikinci hasat puanlarına (4,72) göre düşük kalmıştır. 1-MCP uygulaması yapılan elmalar (4,22) kontrol

grubuna (4,11) göre daha yüksek tat-aroma puanları almıştır. Muhafaza süresinin başında ortalama 4,67 olan tat-aroma puanı sürecin sonunda ortalama 3,18 puana düşmüştür.

Kontrollü Atmosfer Depolama Çalışmalarına İlişkin Bulgular

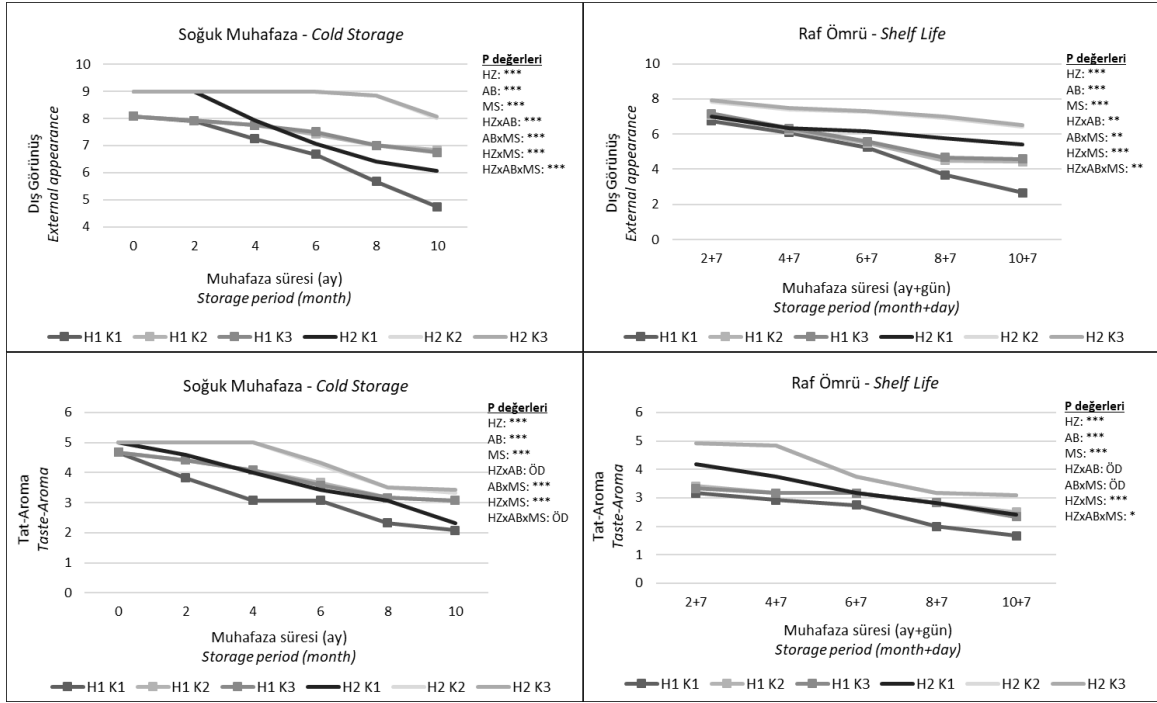
Scarlet Spur elma çeşidinde KA koşullarında yapılan çalışmada hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü sürecinde atmosfer bileşimleri, hasat zamanı ve muhafaza süresi faktörlerinin hem ayrı ayrı hem de interaksyonlarının muhafaza süresince kabuk yanıklığı miktarını ve şiddetini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Şekil 2). Soğukta muhafaza sırasında ilk 4 ayda kabuk yanıklığı gözlenmezken, 6. aydan sonra kabuk yanıklığı miktarında artış gözlenmeye başlanmıştır. İlk hasattaki yüzeysel kabuk yanıklığı miktarı ikinci hasattan daha yüksek bulunmuştur. 6. aydan itibaren kabuk yanıklığı gözlenen %3 O₂ + %4 CO₂

içeren depoda, kabuk yanıklığı miktarı %2,50 olmuştur. Diğer iki ortam bileşiminde ise daha düşük miktarlarda (%1 O₂ + %3 CO₂ ortamında: %0,42; %0,5 O₂ + %1 CO₂ ortamında: %0,28) kabuk yanıklığı tespit edilmiştir. Raf ömrü süresince soğukta muhafazaya benzer şekilde ilk 4 ayda kabuk yanıklığı gözlenmemiştir. 6. ayda raf ömrü süreci sonunda sadece ilk hasatta %3 O₂ + %4 CO₂ içeren depoda kabuk yanıklığı gözlenmiştir. 8. ve 10. ayların raf ömrü süreci sonunda ilk hasattaki kabuk yanıklığı miktarı artış göstermiştir. İkinci hasatta ise sadece %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşimindeki ortamda kabuk yanıklığı gözlenirken, diğer iki ortam bileşiminde kabuk yanıklığı oluşmamıştır. Çalışmada 1. hasatta %4,96 2. hasatta ise %0,48 kabuk yanıklığı miktarı tespit edilmiştir. Ortalama olarak en yüksek kabuk yanıklığı miktarı (%5,39) %3 O₂ + %4 CO₂ gaz bileşimine sahip kabinden elde edilmiştir. Diğer iki ortam bileşimi birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile kabuk yanıklığı şiddetinde de artış gözlenmiştir. İlk hasattaki kabuk yanıklığı şiddeti değerinin (0,37) ikinci hasattaki değere (0,03) göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ortalama en yüksek kabuk yanıklığı şiddeti değeri (0,47) %3 O₂ + %4 CO₂ içeren depodan elde edilmiştir. %1 O₂ + %3 CO₂ ve %0,5 O₂ + %1 CO₂ ortam bileşimlerinde ise çok düşük miktarlarda (0,07 ve 0,06) kabuk yanıklığı şiddeti gözlenmiş ve bu iki ortam istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir. Raf ömrü süresince yüzeysel kabuk yanıklığı şiddeti değerleri incelendiğinde; %3 O₂ + %4 CO₂ içeren depoda ilk hasatta 6. ve 2. hasatta 8. ayda gözlenen kabuk yanıklığı şiddeti raf ömrü sonuna doğru artış göstermiştir. Çalışmada ilk hasatta ortalama 0,6, ikinci hasatta ise 0,07 değerlerinde kabuk yanıklığı şiddeti gözlenmiştir. Raf ömrü süresince ortalama en yüksek kabuk yanıklığı şiddeti değeri (0,73) %4 CO₂ + %3 O₂ içeren atmosfer bileşimindeki ortamdan elde edilmiştir. %1 O₂ + %3 CO₂ ve %0,5 O₂ + %1 CO₂ ortam bileşimlerinde gözlenen kabuk yanıklığı şiddeti değerleri (0,17-0,19) istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir.

KA koşullarında yapılan çalışmada meyvelerin dış görünüş ve tat-aroma değerleri üzerine hem

soğukta muhafaza hem de raf ömrü koşullarında hasat zamanı, atmosfer bileşimi ve muhafaza süresi faktörlerinin etkili olduğu görülmüştür (Şekil 4). Çalışmada soğukta muhafaza ve raf koşullarında depolama süresi ilerledikçe dış görünüş ve tat-aroma değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Soğukta depolama süresi sonuna gelindiğinde ilk hasattan alınan ve %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşiminde muhafaza edilen örnekler dışında tüm uygulamalardaki meyvelerin pazarlanabilir özellikte olduğu belirlenmiştir. İlk hasattaki meyve örneklerinin soğukta muhafaza süresince ortalama dış görünüş puanları (ortalama 7,24) ikinci hasattaki puanlardan (ortalama 8,40) daha düşük olmuştur. Dış görünüş üzerine %1 O₂ + %3 CO₂ ve %0,5 O₂ + %1 CO₂ içeren ortamların etkileri benzer bulunurken, %3 O₂ + %4 CO₂ içeren depoda muhafaza edilen örnekler dış görünüş bakımından diğer ortamlara göre daha düşük puanlar almıştır. İlk hasattan alınan örneklerde tüm koşullarda 8 ay soğukta depolamayı takiben raf ömrü sonunda meyveler pazarlanabilir değerlerin altında puan alırken, ikinci hasattaki meyvelerin 10 aylık muhafaza sonrası raf ömrü sonunda bile pazarlanabilir durumda olduğu belirlenmiştir. Soğukta muhafazaya benzer şekilde raf ömrü sürecinde de %1 O₂ + %3 CO₂ ve %0,5 O₂ + %1 CO₂ içeren ortamların etkileri dış görünüş değerlerini benzer şekilde etkilemiştir. %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşimindeki meyve örnekleri ise daha düşük dış görünüş puanları almıştır. Çalışmada soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecindeki tat-aroma değerleri incelendiğinde ikinci hasattaki ortalama tat-aroma değerlerinin (4,15-3,72) ilk hasattaki değerlerden (3,62-2,83) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşimindeki meyve örnekleri tat-aroma üzerine diğer bileşimlere göre daha düşük (3,46) değerler almıştır. Diğer iki atmosfer bileşimlerinin tat-aroma üzerine hem soğukta muhafaza hem de raf koşullarında benzer etki yaptıkları belirlenmiştir. Raf ömrü sürecinde de soğukta muhafazaya benzer şekilde %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşimindeki meyve örnekleri daha düşük tat-aroma değerleri almıştır.



Şekil 4. Scarlet Spur elma çeşidinde farklı atmosfer bileşimlerinin soğuk muhafaza ve raf ömrü koşullarında meyvelerin dış görünüş ve tat-aroması üzerine etkisi. HZ: Hasat zamanı, AB: Atmosfer bileşimi, MS: Muhafaza süresi, ÖD: Önemli değil. K1: %3 O₂ + %4 CO₂, K2: %1 O₂ + %3 CO₂, K3: %0,5 O₂ + %1 CO₂. P değerleri: ÖD:>0,05, *: <0,05, **: <0,01, ***:<0,0001

Figure 4. Effect of different atmospheric compositions on fruit external appearance and taste-aroma during cold storage and shelf life in Scarlet Spur apple. HZ: Harvest time, AB: Atmospheric composition, MS: Storage time, ÖD: Not important. K1: 3% O₂ + 4% CO₂, K2: 1% O₂ + 3% CO₂, K3: 0.5% O₂ + 1% CO₂. P values: OD:>0,05, *: <0,05, **: <0,01, ***:<0,0001

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kabuk yanıklığı elmalarda meyve etinde çok az veya hiç fiziksel zarar olmaksızın meyvenin ekzokarpında kahverengi veya siyah lekelerle neden olan önemli bir fizyolojik bozukluktur. Kabuk yanıklığının nedeni α -farnesenin meyve kabuğunda birikmesi ve oksidasyona uğrayarak oluşturduğu konjuge trienoller (CTol) ve 6-metil-5-hepten-2-one (MHO)'ın hücre zarını bozarak polifenoloksidaz aracılığıyla esmerleşme ve hipodermal hücre katmanlarında nekroz gelişimine neden olmasıdır (Mdutshwa ve ark., 2018). Kabuk dokusundaki α -farnesen üretimi, meyve ve depo atmosferindeki etilen seviyelerinden etkilenmekle birlikte kabuk yanıklığına duyarlılık çeşit, olgunluk, depolama sıcaklığı ve atmosferik etilen seviyelerine göre değişir (Huelin ve Coggiola 1970; Rupasinghe ve ark., 2000a; Watkins ve ark., 2000). Hasat sırasındaki meyve olgunluğu ve iklim koşulları kabuk yanıklığı duyarlılığını belirleyen

önemli hasat öncesi faktörlerdir (Tsantili ve ark., 2007). Preklimakterik aşamada α -farnesen konsantrasyonları önemsizdir, olgunlaşma sırasında etilen konsantrasyonları arttıkça artar (Lurie ve Watkins, 2012). Çalışmalar α -farnesen sentezi için etilen üretiminin gerekli olduğunu göstermiştir (Moggia ve ark., 2010). 1-MCP uygulaması ile etilen üretimi inhibisyonunun meyve kabuğunda α -farnesen birikimini engellediği, böylece oksidasyon ürünlerinin oluşumunu sınırladığı yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Tsantili ve ark., 2007). Benzer şekilde KA koşullarında da, etilen üretiminin baskılanmasıyla α -farnesen birikiminin ve dolayısıyla CTol ve MHO oluşumunun azalmasıyla kabuk yanıklığı gelişiminin azaltılabildiği düşünülmektedir (Lurie ve Watkins, 2012). Bazı elma çeşitlerinde yapılan çalışmalar bu araştırmada elde edilen bulgulara benzer şekilde düşük oksijen içeren depolama ortamlarının kabuk yanıklığını azaltmada etkili olduğunu göstermiştir

(Zanella ve ark., 2005; DeLong ve ark., 2007; Lurie ve Watkins, 2012; Torres ve Hernández, 2015; Tran ve ark., 2015; Thewes ve ark., 2015; Wright ve ark., 2015; Mditshwa ve ark., 2017a, b).

1-MCP uygulaması dış görünüşe genel olarak olumlu etki yapmıştır. Bununla birlikte tat-aroma bakımından bu meyveler ilk hasatta kontrole göre daha düşük puanlar almıştır. Ancak bu olumsuzluk depolanmanın ikinci ayından itibaren ortadan kalkmıştır. KA koşullarında %1 O₂ + %3 CO₂ ve %0,5 O₂ + %1 CO₂ içeren ortam koşullarındaki meyvelerin %3 O₂ + %4 CO₂ içeren atmosfer bileşimindeki meyve örneklerine göre daha yüksek puanlar aldığı gözlenmiştir. İlk hasattaki meyvelerin daha düşük duyusal puan değerlerine sahip olması meyvelerdeki renk ve aroma maddelerinin ikinci hasada göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. 1-MCP uygulaması ve düşük O₂ içeren ortam koşulları ürünlerdeki olgunlaşma hızını yavaşlatarak kalite özelliklerinin daha uzun süre korunmasını ve meyvelerin duyusal olarak daha iyi puanlar almasını sağlamıştır. 1-MCP uygulanan elmalarda kontrole göre elma kabuk rengi ve tekstürel özelliklerin daha iyi korunduğu (Lee ve ark., 2017), yumuşama ve asitlik kaybının geciktirilmesiyle duyusal kalite puanlarının arttığı (Pre-Aymard ve ark., 2005), uzun süre soğuk depolamadan sonra bile meyvelerin daha sulu ve daha belirgin bir renge sahip olduğu ve duyusal kalitelerinde önemli bir değişikliğin olmadığı (Juhneveca ve ark., 2013) bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde DKA ve UDO gibi daha düşük O₂ içeren ortam koşullarının

bazı elma çeşitlerinde meyve kalitesini daha uzun süre koruyarak duyusal kalite özellikleri üzerine olumlu etki yaptığı değişik çalışmalarda ortaya konmuştur (Konopacka ve Plochanski, 2004; Aubert ve ark., 2015; Mditshwa ve ark., 2018; Radenkovs ve Juhneveca-Radenkova, 2018).

Mevcut çalışma sonucunda Isparta-Eğirdir koşullarında Scarlet Spur elma çeşidi meyvelerinin soğukta ve raf koşullarında depolanması sırasında duyusal kalite özelliklerinin korunması ve kabuk yanıklığı bozukluğunun önlenmesinde meyvelerin tam çiçeklenmeden 150 gün sonra hasat edilmesinin etkili olduğu saptanmıştır. 1-MCP uygulamasına tabi tutulduğunda, meyvelerin NA koşullarında 6 ay süreyle başarılı bir şekilde depolanabildiği ve KA koşullarının genel olarak duyusal kalitenin korunmasında önemli ölçüde etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kalite kriterlerini en iyi koruyan ortam bileşiminin DKA (%0,5 O₂ + %1 CO₂) olduğu ve %1 O₂ + %3 CO₂ ortamının DKA ortamına yakın sonuçlar verdiği ve bu iki ortam koşulunda Scarlet Spur elma çeşidinin 10 ay süreyle duyusal kalite kriterleri bakımından önemli kayıplar vermeden başarılı bir şekilde depolanabileceği ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, doktora tezinin bir parçası olup Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Destekleme Birimi (Proje No: 3258-D2-12) ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (Proje No: BBMB-11-02) tarafından desteklenmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abeles, F.B., P.W. Morgan, and M. E. Saltveit. 1992. Roles and physiological effects of ethylene in plant physiology: dormancy, growth, and development. In *Ethylene in Plant Biology*, (pp. 120–181).
- Almeida, D. P., R. Carvalho, and E. Dupille. 2016. Efficacy of 1-methylcyclopropene on the mitigation of storage disorders of Rocha pear under normal refrigerated and controlled atmospheres. *Food Science and Technology International*, 22(5), 399-409.
- Aubert, C., V. Mathieu-Hurtiger, and P. Vaysse. 2015. Effects of dynamic atmosphere on volatile compounds, polyphenolic content, overall fruit quality, and sensory evaluation of 'Pink Lady®' apples. *Acta Hort.* 1071, 275-280 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.34>
- Balla, B. and I. J. Holb. 2007. Effect of three storage methods on fruit decay and brown rot of apple. *International Journal of Horticultural Science*, 13(3), 55-57.

- Bessemans, N., P. Verboven, B. E. Verlinden, and B. M. Nicolaï. 2016. A novel type of dynamic controlled atmosphere storage based on the respiratory quotient (RQ-DCA). *Postharvest Biology and Technology*, 15, 91-102.
- Bertone, E., A. Venturello, R. Leardi, and F. Geobaldo. 2012. Prediction of the optimum harvest time of Scarlet apples using DR-UV-Vis and NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 69, 15-23.
- Both, V., A. Brackmann, F. R. Thewes, D. de Freitas Ferreira, and R. Wagner. 2014. Effect of storage under extremely low oxygen on the volatile composition of Royal Gala apples. *Food Chemistry*, 156, 50-57.
- Both, V., F. R. Thewes, A. Brackmann, D. de Freitas Ferreira, E. P. Pavanello, and R. Wagner. 2016. Effect of low oxygen conditioning and ultralow oxygen storage on the volatile profile, ethylene production and respiration rate of 'Royal Gala' apples. *Scientia Horticulturae*, 09, 156-164.
- Bozbuğa, F. and L. Pırlak. 2012. Determination of phenological and pomological characteristics of some apple cultivars in Niğde-Turkey ecological conditions. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2(1), 183-187.
- DeEll, J. R., D. P. Murr, M. D. Porteous, and H. V. Rupasinghe. 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 349-353.
- Delaire, M., S. Fatoumata, E. Mehinagic, P. Guillermin, C. Patron, D. Le Meurly, and R. Symoneaux. 2015. Effect of apple growth pattern on fruit textural quality at harvest and after cold storage in cv. Braeburn. *Scientia Horticulturae*, 194, 134-137.
- DeLong, J. M., R. K. Prange, and P. A. Harrison. 2007. Chlorophyll fluorescence-based low-O₂ CA storage of organic Cortland and Delicious apples. *Acta Horticulturae*, 737, 31-37. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.737.3>
- Fan, X., J. P. Mattheis, and S.M. Blankenship. 1999. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3063-3068.
- Fellman, J. K., D. R. Rudell, D. S. Mattinson, and J. P. Mattheis. 2003. Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1), 39-51.
- Gasser, F., T. Eppler, W. Naunheim, S. Gabioud, and A. Bozzi Nising. 2010. Dynamic CA storage of apples: monitoring of the critical oxygen concentration and adjustment of optimum conditions during oxygen reduction. *Acta Horticulturae*, 876, 39-46. [10.17660/ActaHortic.2010.876.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.876.3)
- Huelin, F. E. and I. M. Coggiola. 1970. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V.*—oxidation of α -farnesene and its inhibition by diphenylamine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 21(1), 44-48.
- Juhnevica, K., L. Skudra, M. Skrivele, V. Radenkovs, D. Seglina, and A. Stepanovs. 2013. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on sensory characteristics of apple fruit. *Environmental and Experimental Biology*, 11(2), 99-105.
- Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, 485, 203-208.
- Kovač, A., M. S. Babojelić, N. Pavičić, S. Voća, N. Voća, N. Dobričević, and Z. Šindrak. 2010. Influence of harvest time and storage duration on Cripps Pink apple cultivar (*Malus domestica* Borkh) quality parameters. *CyTA—Journal of Food*, 8(1), 1-6
- Konopacka, D. and W. J. Plocharski. 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 32(2), 205-211.
- Koyuncu, M.A. E. Savran, T. Dilmaçınal, K. Kepenek, R. Cangı, and Ö. Çağatay. 2005. Bazı trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.
- Koyuncu, M.A. 2017. Bahçe Ürünlerinin Depolanması. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması, (pp. 245-291)
- Kviklienė, N., D. Kviklys, A. Valiuškaitė, P. Viskelis, N. Uselis, J. Lanauskas, and L. Buskiene. 2011. Effect of harvest date on fruit maturity, quality and storability of Lodel apples. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3-4), 132-135.
- Lafer G. 2006. Storability and fruit quality of Golden Delicious as affected by harvest date, AVG, and 1-MCP treatments. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14(2): 203-211.
- Lafer, G. 2008. Storability and fruit quality of Braeburn apples as affected by harvest date, 1-MCP treatment and different storage conditions. *Acta Horticulturae*, 796, 179-184. [10.17660/ActaHortic.2008.796.22](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.796.22)
- Lee, J., M. C. Jeong, and K. H. Ku. 2017. Chemical, physical, and sensory properties of 1-MCP-treated Fuji apple (*Malus domestica* Borkh.) fruits after long-term cold storage. *Appl Biol Chem* 60, 363-374. <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0288-6>
- Liguori, G., V. Farina, O. Corona, A. Mazzaglia, E. Barone, and P. Inglese. 2017. Effects of 1-MCP on postharvest quality and internal browning of white-flesh loquat fruit during cold storage. *Fruits*, 72(2), 67-73.
- Lurie, S. and C. B. Watkins. 2012. Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest biology and Technology*, 65, 44-60.

- Mattè, P., L. Buglia, A. Boschetti, L. Fadanelli, C. Chisté, and F. Zeni. 2005. Ilos + Ulo as a practical technology for apple scald prevention. *Acta Horticulturae*, 682, 1543-1550. [10.17660/ActaHortic.2005.682.205](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.205)
- Mditshwa, A., O. A. Fawole, F. Vries, K. van der Merwe, E. Crouch, and U. L. Opara. 2017a. Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in Granny Smith apples for long distance supply chains. *Postharvest Biology and Technology*, 127, 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.12.009>
- Mditshwa, A., O. A. Fawole, F. Vries, K. van der Merwe, E. Crouch, and U. L. Opara. 2017b. Repeated application of dynamic controlled atmospheres reduced superficial scald incidence in Granny Smith apples. *Scientia Horticulturae*, 220, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.003>
- Mditshwa, A., O. A. Fawole, and U. L. Opara. 2018. Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples - A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.011>
- Moggia, C., M. M. León, M. Pereira, J. A. Yuri, and G. A. Lobos. 2010. Effect of DPA and 1-MCP on chemical compounds related to superficial scald of Granny Smith apples. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1, 178-187.
- Prange, R., J. DeLong, P. Harrison, J. Leyte, S. D. Mclean, J. G. E. Scrutton, and J. J. Cullen. 2007. Method and apparatus for monitoring a condition in chlorophyll containing matter. US Patent 7,199, 376. April 3. 51 PP
- Pre-Aymard, C., E. Fallik, A. Weksler, and S. Lurie. 2005. Sensory analysis and instrumental measurements of "Anna" apples treated with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 135-142. [doi:10.1016/j.postharvbio.2004.12.007](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.007)
- Radenkovs, V., and K. Juhnveica-Radenkova. 2018. Comparison of three storage techniques for post-harvest quality preservation of six commercially available cultivars of apple. *International Journal of Fruit Science*, 18(3), 268-286.
- Rupasinghe, H.P.V., D. P. Murr, G. Palyath, and J. R. Deell. 2000a. Suppression of α -farnesene synthesis in Delicious apples by aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 6: 195-198.
- Rupasinghe, H. P. V., D. P. Murr, G. Paliyath, and L. Skog. 2000b. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in McIntosh and Delicious apples. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(3), 271-276.
- Silva, F. J. P., F. Fidalgo, M. H. Gomes, and D. P. F. Almeida. 2008. Effect of 1-methylcyclopropene and diphenylamine on storage disorders and water-soluble antioxidants of Rocha pear. *Acta Horticulturae*, 800, 993-998. [10.17660/ActaHortic.2008.800.135](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.135)
- Thewes, F. R., V. Both, A. Brackmann, A. Weber, and R. de Oliveira Anese. 2015. Dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen storage on Gala mutants quality maintenance. *Food Chemistry*, 188, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.128>
- Thewes, F. R., A. Brackmann, R. de Oliveira Anese, V. Ludwig, E. E. Schultz, and M. R. P. Berghetti. 2018. 1-methylcyclopropene suppresses anaerobic metabolism in apples stored under dynamic controlled atmosphere monitored by respiratory quotient. *Scientia Horticulturae*, 227, 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.028>
- Thompson, A.K. 2010. *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. (2.edition). CABI, ISBN:978 1 84593 646 4, UK
- Torres, C. A. and O. Hernández. 2015. Superficial scald assessment on Granny Smith apples stored under dynamic controlled atmosphere in commercial operations in Chile. *Acta Horticulturae*, 1079, 421-428.
- Tsantili, E., N. E. Gapper, J. A. Arquiza, B. D. Whitaker, and C. B. Watkins. 2007. Ethylene and α -farnesene metabolism in green and red skin of three apple cultivars in response to 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment. *Journal Of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5267-5276.
- Tran, D. T., B. E. Verlinden, M. Hertog, and B. M. Nicolai. 2015. Monitoring of extremely low oxygen control atmosphere storage of Greenstar apples using chlorophyll fluorescence. *Scientia Horticulturae*, 184, 18-22.
- Vanoli, M., M. Grassi, P. Eccher Zerbini, and A. Rizzolo. 2010. Fluorescence, conjugated trienes, α -farnesene and storage disorders in Abbé Fétel' pears cooled with different speeds and treated with 1-MCP. *Acta Horticulturae*, 858, 191-197 DOI: [10.17660/ActaHortic.2010.858.25](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.858.25)
- Veberic, R., M. Trobec, K. Herbinger, M. Hofer, D. Grill, and F. Stampar. 2005. Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10), 1687-1694.
- Veltman, R. H., J. A. Verschoor, and J. H. R. van Dugteren. 2003. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv. Elstar): Optimal quality through storage based on product response. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1), 79-86. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00186-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00186-2)

- Watkins, C. B., J. F. Nock, and B. D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and technology*, 19(1), 17-32.
- Watkins, C. B., S. K. Jung, F. Razafimbelo, and J. F. Nock. 2007. Issues with commercialization of 1-methylcyclopropene (1-mcp) for apples, *Advances In Plant Ethylene Research: Proceedings of the 7th International Symposium On The Plant Hormone Ethylene*, 417-422.
- Watkins, C. B. 2008. Dynamic controlled atmosphere storage—a new technology for the New York storage industry. *New York Fruit Quarterly*, 16(1), 23-26.
- Wright, A. H., J. M. DeLong, A. H. L. A. N. Gunawardena, and R. K. Prange. 2012. Dynamic controlled atmosphere (DCA): Does fluorescence reflect physiology in storage? *Postharvest Biology and Technology*, 64(1), 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.09.015>
- Wright, A. H., J. M. DeLong, J. Arul, and R. K. Prange. 2015. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus x domestica* Borkh) storage - A review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90, 1-13.
- Zanella, A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening—a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1), 69-78.
- Zanella, A., P. Cazzanelli, A. Panarese, M. Coser, C. Chistè, and F. Zeni. 2005. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. *Acta Horticulturae*, 682, 1535-1542. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.204>
- Zanella, A., P. Cazzanelli, and O. Rossi. 2008. Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by the means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in apple. *Acta Horticulturae*, 796, 77-82. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.796.7>