

1-MCP Jeneratörleri ile Modifiye Atmosfer Paketlemenin 'Laetitia' Erik Çeşidinde Depolama Kalitesi Üzerine Etkileri

Burak Erdem Algül^{1*}

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Aydın, Türkiye

* burakerdem@adu.edu.tr (Sorumlu Yazar)

Özet

Bu çalışma, 'Laetitia' erik çeşidinde modifiye atmosfer paketleme (MAP) ve MAP ile kombine edilen, gaz formunda 1-metilsiklopropan (1-MCP) salınımı sağlayan yeni nesil jeneratör uygulamalarının (Sticker ve Sheet) meyve kalitesi ve muhafazası üzerine etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla farklı uygulamalar yapılan meyveler 0±0.5 °C'de sıcaklık ve %85-90 bağıl nemde 90 gün depolanmıştır. Çalışmada ağırlık kaybı (%), meyve eti sertliği (N), suda çözünür kuru madde (ŞÇKM-%), titre edilebilir asitlik (TA-%), meyve kabuk ve et rengi (L*, C*, h°) ile fizyolojik bozukluklar muhafazanın 0, 20, 50 ve 90. günlerinde belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca MAP ve MAP + 1-MCP uygulamalarının meyve ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını ve meyve eti sertliğini kontrol grubuna kıyasla daha iyi koruduğunu göstermiştir. MAP + 1-MCP Sticker/Sheet uygulamaları, meyve eti sertlik değerleri açısından en etkili yöntem olmuştur. MAP + 1-MCP Sticker uygulaması TA korunmasında daha iyi bulunmuştur. MAP + 1-MCP uygulamaları, özellikle Sheet formu, meyve eti renk doygunluğunu (C*) daha iyi korurken, hue açısı değerinde (h°) daha belirgin bir düşüş göstermiştir. Meyve eti kararması açısından ise uygulamalar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Elde edilen sonuçlar, MAP ile kombine edilen 1-MCP jeneratörlerinin, özellikle sticker formunun, eriklerde (Laetitia) kalite kaybını azaltarak ticari uygulamalar için etkili bir yöntem olabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Muhafaza, 1-metilsiklopropan, MAP, meyve kalitesi, renk değişimi

Effects of 1-MCP Generators and Modified Atmosphere Packaging on the Storage Quality of 'Laetitia' Plums

Abstract

This study was carried out to evaluate the effects of modified atmosphere packaging (MAP) and MAP combined with novel 1-methylcyclopropane (1-MCP) release generators (Sticker and Sheet types) on the postharvest quality and storage performance of 'Laetitia' plum fruits. Fruits were stored for 90 days at 0 ± 0.5 °C and 85-90% relative humidity. Weight loss (%), flesh firmness (N), soluble solids content (SSC, %), titratable acidity (TA, %), skin and flesh color (L*, C*, h°), and physiological disorders were evaluated at 0, 20, 50, and 90 days of storage. MAP and MAP + 1-MCP treatments significantly reduced fruit weight loss and maintained higher firmness compared to the control group. Among treatments, MAP + 1-MCP Sticker and Sheet applications were the most effective in preserving fruit firmness. The MAP + 1-MCP Sticker treatment maintained titratable acidity slightly better than the other treatments. "MAP + 1-MCP applications, particularly the Sheet form, better preserved flesh color saturation (C*) but resulted in a more pronounced decrease in hue values. No significant differences were observed among treatments in terms of flesh browning. The results suggest that combining MAP with 1-MCP generators, especially in Sticker form, can effectively reduce postharvest quality loss and represents a promising approach for the commercial storage of plums.

Keywords: Storage, 1-methylcyclopropane, modified atmosphere packaging, fruit quality, color change

Giriş

Erik (*Prunus salicina* L.), taze tüketim ve işlenmiş ürünlerde yaygın olarak kullanılan bir meyve türüdür. Olgunlaşma sürecinin hızlı olması nedeniyle, erikler depolama ve pazarlama aşamalarında kalite kayıplarına, renk değişimlerine ve yumuşamaya yatkındır (Khan ve Singh, 2009). Ayrıca hasat sonrası süreçte meydana gelen yumuşama ve meyve eti kararması eriklerin raf ömrünü ciddi şekilde sınırlayan başlıca faktörlerdir (Menniti vd., 2004). Meyve eti kararması, 0 °C'ye yakın sıcaklıklarda depolamadan kaynaklanan bir soğuk zararıdır (Argenta vd., 2011). Bu zarara, lipidlerin peroksidasyonuna ve antioksidan sistemlerin etkinliğinin azalmasına neden olan oksidatif bir süreç sebep olur ve sonuçta hücresel hasar meydana gelir (Singh ve Singh, 2013). Bu hasarlar genellikle iç et renginin kahverengileşmesi şeklinde kendini gösterir (Argenta vd., 2011; Hendges vd., 2013). Meyve eti kararması düşük

sıcaklığın neden olduğu bir fizyolojik bozukluk olmasına rağmen (Singh vd., 2009; Singh ve Singh, 2013) etilenin varlığı bu bozukluğun şiddetini arttırabilir (Corrêa vd., 2011).

Etilen hormonu olgunlaşmayı hızlandırıcı etki göstermesiyle özellikle klimakterik meyvelerde kritik öneme sahiptir. Etilenin artışıyla beraber etki zinciri içinde meyve etinde yumuşama ve yapısal çözümler görülür (Khan ve Singh, 2009). Bu etkiyi kontrol altına almak amacıyla, 1-metilsiklopropan (1-MCP) gibi etilen inhibitörleri kullanılmaktadır. 1-MCP düşük konsantrasyonlarda bile etkili olarak etilen reseptörlerine bağlanır ve etilenin etkilerini bloke ederek etilenle ilişkili fizyolojik değişimlerin hızını yavaşlatır (Blankenship ve Dole, 2003). Eriklerde yapılan çalışmalarda 1-MCP uygulamaları, meyve etinin yumuşamasını geciktirmiş, kabuk rengindeki değişimleri azaltmış ve iç kararmayı sınırlandırmıştır (Argenta vd., 2003; Martínez-

Romero vd., 2003; Bae vd., 2011; Erbaş ve Koyuncu, 2016; Stanger vd., 2017; Uysal vd., 2020).

1-MCP'nin klasik uygulama formları dışında, son yıllarda yeni 1-MCP jeneratör teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojiler arasında, meyve ambalajı içerisine yerleştirilen ve gaz halinde 1-MCP salımı yapan 1-MCP sticker (etiket) ve 1-MCP sheet (kumaş) formları bulunmaktadır. Bu sistemler, özellikle uygulama kolaylığı ve daha küçük ölçekte uygulanabilirliği açısından avantaj taşımaktadır. Bu tip 1-MCP jeneratörleri uygulama aşamasında küçük miktarlarda su spreylemesi ile hızlıca aktif hale geçebilmekte ve MAP, plastik şaleler ve karton kutular gibi materyaller içerisine yerleştirilerek, pratikte ürün muhafazasında kullanılmaya başlanmıştır. Yeni bir teknoloji olan bu tip 1-MCP jeneratörlerinin erik muhafazası üzerine etkinliklerini ortaya koyan bir çalışma mevcut değildir.

MAP, ambalaj içindeki gaz bileşimini değiştirerek solunum hızını düşürür ve nem kaybını azaltarak olgunlaşmayı geciktirir (Kader, 2002). MAP uygulamalarında uygun nem ve gaz geçirgenliğine sahip ambalajlar seçilmelidir. Ambalaj materyalinin ve gaz geçirgenlik özelliklerinin uygun seçilmemesi durumunda ambalaj içi CO₂ veya etilen birikimi ile nem dengesinin bozulması gibi koşullar, eriğin iç kararması ve diğer fizyolojik bozukluklarını tetikleyebilir (Candan vd., 2008). Birçok çalışmada MAP ile 1-MCP uygulamalarının birlikte kullanılmasının, tek başına MAP veya 1-MCP'ye kıyasla eriklerin depolama kalitesini (sertlik, ağırlık kaybı, renk değişimi ve etilen/solunum düzeyleri) daha iyi koruduğu bildirilmiştir. Nitekim Erkan ve Eski (2012) Japon eriklerinin depolanmasında MAP+1-MCP kombinasyonunun yumuşamayı, ağırlık kaybını ve renk değişimini azalttığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Martínez-Romero vd. (2003), Erbaş ve Koyuncu (2016) ve Uysal vd. (2020) çalışmalarında 1-MCP uygulamasının eriklerde depolama süresince olumlu etkilerinin olduğunu doğrulamıştır.

Bu çalışmada, 'Laetitia' eriklerinde 90 günlük depolama süresince MAP ve MAP ile kombine edilebilen yeni bir teknoloji olan sticker ve sheet formundaki 1-MCP jeneratörlerinin meyve kalitesi üzerindeki etkileri belirlenmiş ve bu uygulamaların pratik kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Meyvelerin temini ve deneme kurulumu

Araştırmada Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi koleksiyon bahçesinde yetişen 12 yaşlı 'Laetitia' erik çeşidine ait ağaçlardan hasat edilen meyveler kullanılmıştır. Meyvelerin hasat işlemleri meyve üst rengi ve meyve eti sertliği esas alınarak sert olgun dönemde yapılmış (23 Temmuz 2024) ve hızlıca Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü fizyoloji

laboratuvarına getirilmiştir. Sonraki aşamada meyveler bir örnek olarak seçilmiş, bereleşmiş, kurtlu, çok ufak meyveler ayıklanarak deneme dışı bırakılmıştır.

Seçim sonrasında meyveler dört gruba ayrılmış ve ön soğutması yapılmıştır. Birinci grubu hiç uygulama yapılmayan kontrol meyveleri oluşturmuş ve bu meyvelerin kasalar içerisinde açıkta depolanmıştır. İkinci grup meyveler ise sadece MAP (Aypek-LifePack®) içerisinde muhafaza edilmiştir. Üçüncü ve dördüncü uygulamalar ise MAP ile kombine edilen etiket (Sticker) ve kumaş (Sheet) 1-MCP uygulamaları olmuştur (Lytone Enterprise, Inc. Taiwan). 1-MCP Sticker uygulaması MAP'ların içerisine yapıştirılarak, 1-MCP Sheet uygulaması ise MAP'ların içerisine yerleştirilerek yapılmış, 1-MCP'nin aktive olup gaz haline geçebilmesi için bu 1-MCP jeneratörlerinin üzerine az miktarda su spreylemesi yapılmış ve sonrasında MA poşetlerinin ağız kapatılmıştır. Sonrasında tüm gruplar 0±0.5°C sıcaklık ve %85-90 nem koşullarında 90 gün süre ile depolanmıştır. Çalışmanın başlangıcında ve depolamanın 20., 50. ve 90. günlerinde örnekleme yapılarak meyve kalite analizleri yapılmıştır.

Yöntem

Meyve ağırlık kaybı (%)

Ağırlık kayıplarını belirlemek üzere her tekerrürde yer alan meyvelerin hasat günü başlangıç ve sonrasında 20. 50. ve 90. gün analiz dönemlerindeki ağırlıkları alınmıştır. Depolama süresince meydana gelen ağırlık kaybı miktarı başlangıç ağırlığının yüzdesi (%) olarak hesaplanmıştır.

Meyve eti sertliği (N)

Meyve eti sertliğini belirlemek üzere, meyveler ekvator bölgesinden eşit 2 aralıkta meyve kabuğu soyulmuştur. Meyve eti sertliği ölçümleri 8 mm çaplı uç kullanılarak dijital pen penetrometresi (Lutron FG-5100) ile ölçülmüştür.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM)

Meyvelerden alınan dilimler katı meyve sıkacağı yardımıyla sıkılmış ve elde edilen meyve suyu filtre kağıdından süzülerek, dijital refraktometre (HI96801, HANNA, Italy) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Karaçalı, 2016).

Titre edilebilir asitlik miktarı (TA)

Meyvelerden elde edilen meyve suyu örneklerinden 10 mL alınmış ve üzerine 30 mL saf su eklenerek, pH 8.1 oluncaya kadar, 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile titrasyon işlemi yapılmıştır. Harcanan miktar üzerinden hesaplama yapılmış ve sonuçlar % malik asit olarak ifade edilmiştir (Karaçalı, 2016).

Meyvelerde kabuk ve et rengi ölçümleri

Meyvelerde renk ölçümleri kromometre cihazı (Minolta CR-200 Minolta Camera Co, LTD Ramsey, NJ) ile yapılmıştır. Sonuçlar parlaklık (L*), kroma (C*) ve hue açısı (h°) değerleri cinsinden belirlenmiştir. Meyvelerin C* ve h° değerleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{(a^*^2 + b^*^2)}, \quad h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$$

Fizyolojik bozukluklar

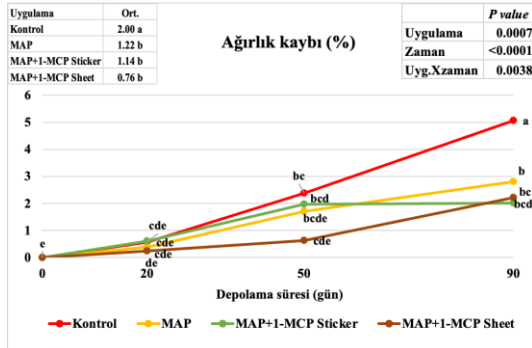
Analiz dönemlerinde meyve kabuğu ve eti incelenerek belirlenen bozukluklar incelenmiş ve tespit edilen bozulmalar yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

İstatistiksel analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre her uygulama 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmadan elde edilen veriler IBM® SPSS® Statistics 19 (IBM, NY, USA) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile ($p < 0.05$) belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

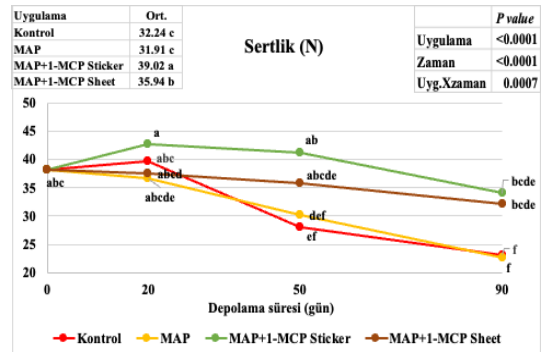
Depolama sürecinde erik meyvelerinin ağırlık kaybı (%) değerleri uygulama ve uygulama x zaman etkisi açısından önemli ($p < 0.05$) farklılıklar göstermiştir (Şekil 1).



Şekil 1. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri
Figure 1. Effects of different treatments on weight loss (%) of the 'Laetitia' plum during storage.

Depolamanın 50. gününde kontrol meyvelerinin ağırlık kaybı (%2.38) diğer uygulamalara göre daha yüksek olmasına rağmen tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Depolamanın 90. gününde kontrol, MAP, MAP+1-MCP Sticker, 1-MCP Sheet uygulamalarında meydana gelen ağırlık kaybı sırası ile %5.06, %1.70, %1.96 ve %0.63 olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda kontrol meyvelerindeki ağırlık kaybı diğer uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek

bulunurken; MAP, MAP +1-MCP Sticker ve MAP +1-MCP Sheet uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Şekil 1). Çalışmamızla benzer şekilde Uysal vd. (2020) 'Black Diamond' erik çeşidinde MAP ve MAP + 1-MCP uygulamalarının kontrol grubuna göre meyve ağırlık kaybını azalttığını ancak 1-MCP uygulaması ile MAP'ın kombine edilmesinin ağırlık kaybı miktarının önlenmesi üzerine önemli bir katkıda bulunmadığını belirtmiştir. Farklı erik çeşitlerinde yapılan çalışmalarda ise MA ambalajlamanın veya 1-MCP ile birlikte uygulanmasının ağırlık kaybını belirgin şekilde azalttığı saptanmıştır (Manganaris vd., 2008; Kaynaş vd., 2010; Erkan ve Eski, 2012; Erbaş ve Koyuncu, 2016). Çalışmalarda elde edilen bu farklı sonuçlara; kullanılan farklı MA ambalajlarının ve erik çeşitlerinin neden olabileceği düşünülmektedir. Erikte meyve eti sertliği oldukça önemli bir kalite parametresidir. Depolama süresi uzadıkça istenmeyen düzeylerde meyve yumuşaması görülebilmektedir. Depolamanın 20. gününde kontrol meyveleri ve uygulama yapılmış meyveler arasında meyve eti sertliği açısından bir fark belirlenmemiştir. Buna karşılık depolamanın 50. gününde MAP+1-MCP Sticker uygulaması yapılmış meyvelerin kontrol ve MAP uygulaması yapılmış meyvelere göre daha yüksek ($p < 0.05$) meyve eti sertliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda ise MAP+1-MCP Sticker ve MAP +1-MCP Sheet uygulamaları meyve eti sertliğini korumada kontrol ve MAP uygulamalarına göre çok daha başarılı bulunmuştur. Depolama süresince uygulamaların ortalama sertlik değerleri ele alındığında MAP+1-MCP Sticker uygulanan meyvelerde diğer uygulamalara göre önemli derecede ($p < 0.05$) daha yüksek meyve eti sertlik değeri (39.02 N) ölçülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri

Figure 2. "Effects of different treatments on flesh firmness (N) of the 'Laetitia' plum during storage.

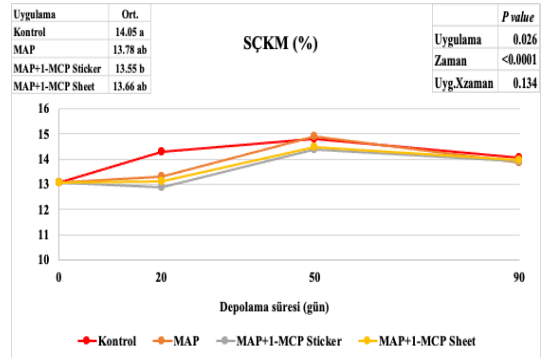
Bahçe ürünlerinin muhafazasında MAP kullanımı ürün kalitesinin korunması açısından birçok fayda

sağlamaktadır. Ancak bunun için her ürüne özgü doğru gaz ve nem geçirgenliğine sahip ambalajlar seçilmelidir (Algül vd., 2016). Stanger (2017) 'Laetitia' erik çeşidinde MAP seçimine göre depolama süresince meyve eti sertliğinin değişiklik gösterebileceğini belirtmiştir. Eriklerin ürettiği içsel etilen, hücre duvarı bileşenlerinin bozulması ve meyve eti sertliğinin kaybıyla ilişkili enzim aktivitesini düzenler (Dong vd., 2002). Bu nedenle, 1-MCP daha düşük etilen üretimi sağlayarak erikteki meyve meyve eti sertliğinin kaybının azalmasına katkı sağlamaktadır (Argenta vd., 2011). Çalışmamızda meyvelerin etilen üretim miktarı ölçülemediği olmasına rağmen her iki tip 1-MCP uygulamasında da meyvelerin daha sert olmasını, bu uygulamaların meyvelerdeki etilen sentezini azaltmış/baskılamış olmasıyla açıklayabiliriz. Benzer şekilde Melo vd. (2021) 'Laetitia' erik çeşidinde tek başına MAP kullanımını ile meyve eti sertliğini koruma açısından kontrol grubuna göre önemli bir fark belirleyemez iken 1-MCP + MAP kombinasyonu ile meyve eti sertliğinin çok daha başarılı bir şekilde korunduğunu ifade etmiştir. Uysal vd. (2020) 'Black Diamond', Erbaş ve Koyuncu (2016) ise 'Angeleno' erik çeşitlerinde 1-MCP + MAP uygulamasının tek başına MAP kullanımına göre meyve eti sertliğini daha başarılı bir şekilde koruduğunu belirtmişlerdir.

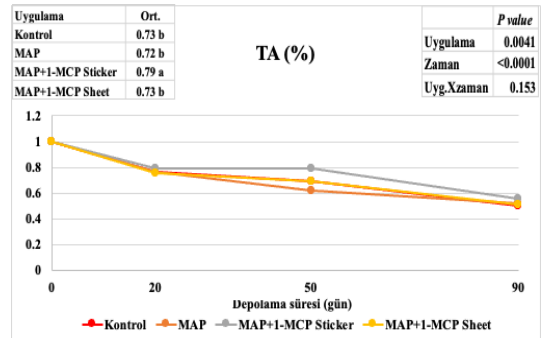
Taze meyvelerin soğukta muhafazası sırasında SÇKM miktarında belirli bir artış meydana gelebilmektedir. Bu artışa, su kaybı sonucunda şekerlerin meyve suyunda oransal olarak artması veya şekerlerin mutlak artışının sebep olabileceği bildirilmiştir (Özdemir vd., 2006; Erbaş ve Koyuncu, 2016). Çalışmamızda da 'Laetitia' erik çeşidinde 50. gününe kadar tüm uygulamalarda genellikle artış göstermiştir. Bu artış kontrol meyvelerinde daha belirgin olmuş ancak uygulama X zaman interaksyonu istatistiksel olarak önemli ($p>0.05$) olmamıştır. Depolama süresi boyunca uygulamaların SÇKM değerlerinin ortalamaları dikkate alındığında ise MAP+1-MCP Sticker uygulaması yapılmış meyveler kontrol grubu meyvelere göre önemli düzeyde daha düşük SÇKM değerlerine sahip olmuştur (Şekil 3). Melo (2021), çalışmamıza benzer şekilde 'Laetitia' erik çeşidinde MAP+1-MCP uygulanmış meyvelerde SÇKM miktarının daha düşük olduğunu belirtmiştir. Candan vd. (2006)'de 'Black Amber' erik çeşidinde 1-MCP uygulanmış meyvelerde raf ömrü sonunda kontrol meyvelerine göre daha düşük SÇKM değerlerinin ölçüldüğünü belirtmesine karşın, farklı çalışmalarda 1-MCP uygulamasının 'Laetitia' erik çeşidinde SÇKM içerikleri üzerine bir etkisi olmadığı da belirtilmiştir (Argenta vd., 2011; Corrêa vd., 2011; De martin vd., 2018). Farklı çalışmaların SÇKM üzerindeki bu farklı etkilerinin, çeşit ve hasat

olgunluğundaki değişikliklerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Erik meyvelerinin titre edilebilir asitlik (TA) miktarı meyve kalitesini ortaya koyan diğer önemli bir parametredir ve depolama süresince asitlik kaybının korunması önemlidir. Depolamanın başından 90. gün sonuna kadar tüm uygulamalara ait meyvelerin TA miktarları beklendiği gibi düşüş göstermiştir. Ancak, MAP+1-MCP Sticker uygulaması yapılmış meyvelerde özellikle depolamanın 20. günü ve 50. günü arasında TA başarılı bir şekilde korunmuştur. Depolama süresince uygulama ortalamaları dikkate alındığında ise, MAP+1-MCP Sticker uygulaması yapılmış meyvelerde kontrol, MAP ve MAP+1-MCP Sheet uygulamalarına göre önemli derecede ($p<0.05$) daha yüksek TA miktarı belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca SÇKM (%) üzerine etkileri
Figure 3. "Effects of different treatments on SSC (%) of the 'Laetitia' plum during storage

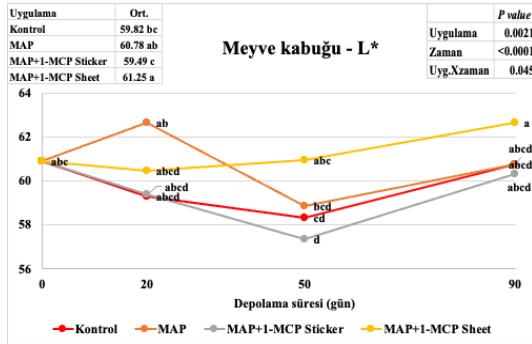


Şekil 4. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca TA miktarı (%) üzerine etkileri
Figure 4. "Effects of different treatments on TA (%) of the 'Laetitia' plum during storage

Erbaş ve Koyuncu (2016) 'Angeleno' erik çeşidinde MAP+1-MCP uygulamasının sadece MAP uygulamasına göre TA miktarını korumada soğukta depolama aşamasında bir etkisi olmadığını belirtirken, raf ömrü koşullarında MAP+1-MCP

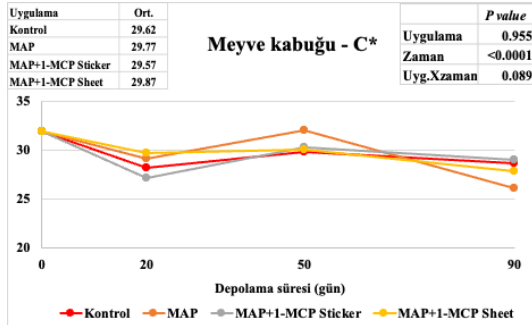
uygulanmasının sadece MAP uygulamasına göre daha başarılı olduğunu belirtmiştir. Farklı çalışmalarda ise, 1-MCP uygulamasının 'Laetitia' (Argenta vd., 2003), 'Autumn Giant' ve 'Black Beauty' (Erkan ve Eski, 2012) erik çeşitlerinde TA kaybindaki azalışları yavaşlattığı rapor edilmiştir.

MAP ve 1-MCP uygulamalarının meyve kabuğu rengi L* değeri üzerindeki etkileri Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve kabuğu L* değişimi üzerine etkileri

Figure 5. Effects of different treatments on the fruit skin L* of the 'Laetitia' plum during storage



Şekil 6. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve kabuğu C* değişimi üzerine etkileri

Figure 6. Effects of different treatments on the fruit skin C* of the 'Laetitia' plum during storage

Uygulama, depolama süresi ve bunların etkileşimini istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). MAP+1-MCP Sheet uygulaması, depolama boyunca en yüksek L* değerini koruyarak kabuk renginde daha açık ve parlak bir görünüm sağlamıştır. Depolama sonunda bu grup en yüksek L* değerine sahip olmuştur, bu da meyve yüzeyinin daha az koyulaşma gösterdiğini ortaya koymaktadır. MAP'ta depolanan meyvelerde 20. gün itibarıyla L* değerlerinde kısa süreli bir artış görülmüş ancak 50. günde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Depolama sonunda ise değer yeniden artarak kontrol ve diğer uygulamalarla

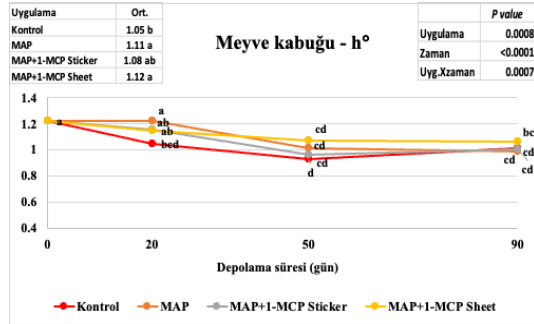
benzer seviyeye ulaşmıştır. Kontrol grubu ve MAP+1-MCP Sticker uygulaması, özellikle 50. günde en düşük L* değerlerine sahip olmuştur, bu da meyve kabuk renginin koyulaştığını düşündürmektedir. Velardo-Micharet, (2017) 1-MCP uygulamasının 'Songold' erik çeşidinde olgunluğu yavaşlatması ile beraber L* değerini de koruduğunu belirtmiştir. Erbaş ve Koyuncu, (2016) ise MAP+1-MCP uygulamasının MAP uygulamasına göre meyve kabuğu L* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir.

'Laetitia' eriklerinde meyve kabuğunun C* değerleri uygulamalar arasında farklılık göstermemiş, ancak depolama süresi boyunca istatistiksel açıdan önemli değişimler ortaya çıkmıştır (Şekil 6). Tüm uygulamaların C* değerlerinde 20. günde belirgin bir düşüş görülmüş, ardından 50. günde kısmi bir artış yaşanmış ve 90. gün sonunda ise C* değerleri tekrar azalma eğilimi göstermiştir. Bu sonuç, depolama süresince meyve kabuğu renginin doygunluğunun kademeli olarak azaldığını, yani meyve renginin daha mat hale geldiğini göstermektedir. 1-MCP uygulamalarının meyve kabuğu rengi üzerine etkileri meyve çeşidi ve uygulama zamanına göre değişkenlik gösterebilmektedir. 1-MCP uygulaması 'Angeleno' erik çeşidinde meyve kabuğu C* değerinde önemli bir etkide bulunmaz iken 'Royal Zee', 'Linda Rosa' ve 'Friar' çeşitlerinde kontrol meyvelerine göre daha iyi koruduğu belirtilmiştir (Candan vd., 2011). Erbaş ve Koyuncu, (2016) ise araştırmamızla benzer bir şekilde MAP+1-MCP uygulamasının MAP uygulamasına göre meyve kabuğunun C* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirlemiştir.

Kırmızı-mor kabuk rengine sahip çeşitlerde, h° değerinin 0'a yaklaşması, meyvede kırmızı renk gelişiminin arttığını göstermektedir. Depolama süresince h° değerlerinde genel bir azalma eğilimi gözlenmiş, bu da kabuk renginin giderek daha kırmızı tonlara kaydığını, yani olgunlaşmanın ilerlediğini göstermektedir (Şekil 7).

Özellikle 50. günde kontrol grubunda en düşük h° değeri (0.87°) kaydedilmiş ve bu da kontrol meyvelerinde renk değişiminin diğer uygulamalara göre daha hızlı olduğunu düşündürmektedir. 1-MCP uygulamalarının erik meyvelerinin yaşlanmasını geciktirmesi, MA paketlemenin ise su kaybını sınırlandırmasının bir sonucu olarak meyve rengi daha başarılı bir şekilde korunabilmektedir (Algül vd., 2016; Uysal vd., 2020). Çalışmada 90. gün sonunda uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık görülmemesine rağmen, depolama süresince uygulama ortalamaları dikkate alındığında MAP ve MAP + 1-MCP Sheet uygulamaları önemli düzeyde daha yüksek h° değerlerine sahip olmuştur. Bu durum, 'Laetitia' eriklerinde depolama süresince kabuk renginin olgunlaşmaya paralel olarak sarıdan kırmızıya

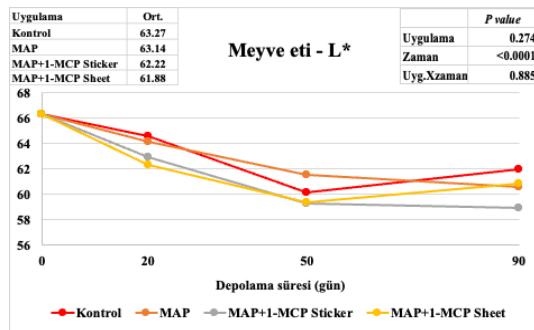
kaydığını, MAP ve 1-MCP Sheet kombinasyonunun bu süreci yavaşlatarak meyve renginin daha uzun süre korunmasını sağladığını göstermektedir.



Şekil 7. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve kabuğu h° değişimi üzerine etkileri

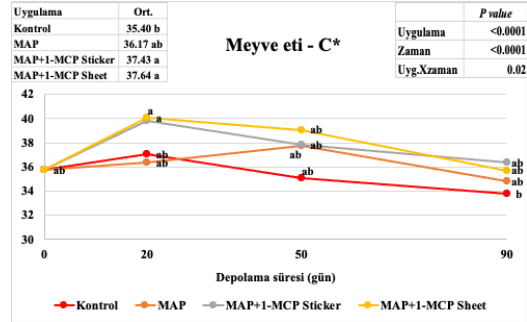
Figure 7. Effects of different treatments on the fruit skin hue (h°) of the 'Laetitia' plum during storage

De Martin vd. (2018), 1-MCP uygulamasının 'Laetitia' erik çeşidinde meyve kabuğu h° değerini koruduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu bulgular, daha önce erik, şeftali ve avokado gibi klimakterik meyvelerde 1-MCP uygulamasının renk değişimini geciktirdiğini rapor eden çalışmalarla da (Watkins, 2006; Ortiz vd., 2011; Doğan vd., 2017) uyumludur. 'Laetitia' erik çeşidinde meyve eti L* değerleri, 90 günlük depolama boyunca tüm uygulamalarda azalış göstermiştir. L* değerleri, zamanla düşerek meyve etinde koyulaşma eğilimini ortaya koymuş ve uygulamalar arasında bu açıdan önemli ($p>0.05$) bir farklılık belirlenmemiştir (Şekil 8). Meyve etindeki renk değişimi depolama sırasında pigment dönüşümleri ve fenolik oksidasyonla ilişkilidir. Uygulamaların etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olması, 1-MCP formlarının ve MAP uygulamasının meyve eti renginin parlaklığı üzerinde belirgin bir katkı sağlamadığını göstermiştir.



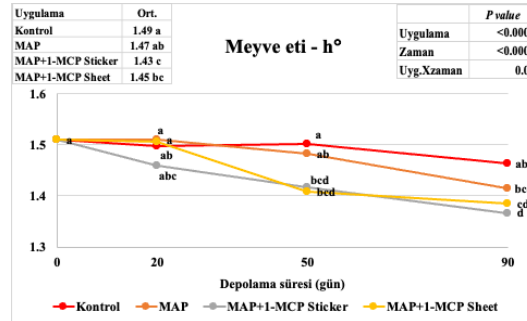
Şekil 8. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve eti L* değişimi üzerine etkileri

Figure 8. Effects of different treatments on the fruit flesh L* of the 'Laetitia' plum during storage



Şekil 9. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve eti C* değişimi üzerine etkileri

Figure 9. Effects of different treatments on the fruit flesh C* of the 'Laetitia' plum during storage



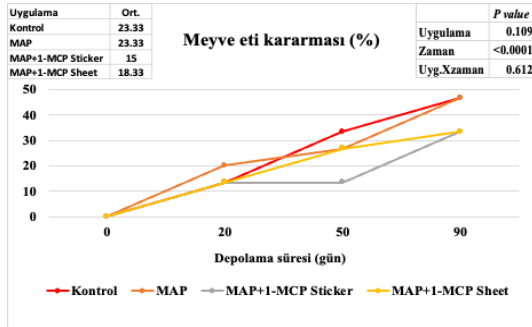
Şekil 10. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve eti h°değişimi üzerine etkileri

Figure 10. Effects of different treatments on the fruit flesh hue (h°) of the 'Laetitia' plum during storage

Meyve etinin C* değeri 20. güne kadar artış gösterirken, daha sonra azalmıştır (Şekil 9). Bir başka ifade ile meyve eti renginin canlılığını yitirdiği görülmüştür. En yüksek ortalama C* değerleri, MAP + 1-MCP Sheet (37.64) ve MAP + 1-MCP Sticker (37.43) uygulamalarında elde edilmiştir. Bu durum, 1-MCP'nin etilen inhibitörü olarak pigment stabilitesini arttırdığı ile açıklanmaktadır (Blankenship ve Dole, 2003; Watkins, 2006;). Sonuç olarak, MCP içeren uygulamalar meyve eti renginin canlılığını daha uzun süre koruyabilmiştir. Çalışmada tüm uygulamalarda depolama süresince meyve eti h° değerleri zamanla azalmış, bu da meyve etinin daha kırmızıya dönüştüğünü göstermektedir (Şekil 10). 1-MCP uygulamalarının h° değerini sabit tutması beklenirken, bu çalışmada özellikle MAP + 1-MCP uygulamalarında h° değerinin daha fazla düştüğü ve meyve etinin daha kırmızı tonlara yöneldiğini göstermiştir. Bu durum, 'Laetitia' çeşidinde renk değişiminin üzerine yalnızca etilen

kontrollü olmadığını, antosiyanin gibi pigmentlerin sentezinin 1-MCP tarafından baskılanmamış olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, MAP ortamının etkisiyle bu değişimlerin hızlanmış olabileceği de düşünülmektedir. Nitekim Watkins (2006), 1-MCP'nin, meyvelerde renk değişimini tamamen durdurmadığını; etkisinin, pigment sentez yollarına ve meyve türüne göre farklılık gösterdiğini belirtmiştir.

Çalışmamızda depolama süresince tüm uygulamalarda meyve eti kararması artan düzeylerde görülmüş ancak uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli ($p>0.05$) bir farklılık görülmemiştir (Şekil 11). Çalışmamızla farklı olarak De Martin, (2018) ve Melo, (2021) 1-MCP uygulamalarının 'Laetitia' erik çeşidinde meyve eti kararmasını azalttığını belirtmişlerdir. Melo, (2021) çalışmasında MAP içerisinde depolanan 'Laetitia' eriklerinde meyve eti kararmasının %100 değerine kadar ulaşabileceğini belirtmiştir. Aynı çalışmada 1-MCP uygulanmış 'Laetitia' eriklerinde 0 °C'de 25 gün + 20 °C'de 4 gün koşullarında %30 oranında meyve eti kararmasının meydana geldiğini belirtmiştir. Bu durum çalışmamızda tüm uygulamalarda görülen meyve eti kararmasının 'Laetitia' erik çeşidinin bu bozukluğa hassas olmasında kaynaklandığını düşündürmüştür.



Şekil 11. 'Laetitia' erik çeşidinde farklı uygulamaların depolama boyunca meyve eti kararması (%) üzerine etkileri

Figure 11. Effects of different treatments on the fruit flesh browning (%) of the 'Laetitia' plum during storage.

Sonuç

'Laetitia' eriklerinde farklı depolama uygulamaları (kontrol, MAP, MAP+1-MCP Sticker ve MAP+1-MCP Sheet) meyve kalitesi üzerine belirgin etkiler göstermiştir. Kontrol grubu, depolama sonunda en yüksek ağırlık ve sertlik kaybı sergilerken, MAP+1-MCP Sticker ve MAP+1-MCP Sheet uygulamaları, ağırlık kaybını sınırlanmış, meyve eti sertliğini, TA miktarını daha iyi korumuş ve meyve kabuk renginde daha parlak ve açık bir görünüm sağlamıştır. Ayrıca, SÇKM miktarı MAP+1-MCP Sticker uygulamasında kontrol grubuna göre daha

dengeli seyretmiş ve meyve kalitesinin korunmasına katkı sağlamıştır. Meyve eti kararması üzerine önemli bir etki görülmemesine karşın, 1-MCP (Sticker-Sheet) ve MAP kombinasyonlarının eriklerin hasat sonrası kalitesini korumada pratikte kullanılabilecek etkili bir strateji olabileceği görülmüştür.

Kaynaklar

Algül BE, Alkan G, Ertan E, 2016. 'Black Diamond' Erik Çeşidinde Glisin Betain Uygulamasının Muhafaza Süresine Etkileri. Meyve Bilimi Dergisi Özel sayı 1: 1-6.

Argenta LC, Krammes JG, Megguer CA, Amarante CVT, Mattheis J, 2003. Ripening and Quality of 'Laetitia' Plums Following Harvest and Cold Storage as Affected by Inhibition of Ethylene Action. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38: 1139-1148.

Argenta LC, Amarante CVT, Shirayama D, Scolaro AM, Ayub R, 2011. Controle do Escurecimento Interno de Ameixas Durante o Armazenamento Pelo Manejo do Ponto de Colheita e do Etileno. Revista Brasileira de Fruticultura 33: 376-385.

Bae R, Lee J, Lee S, 2011. Improvement of Postharvest Fruit Quality in 'Formosa' Plums (*Prunus salicina*) After Treatment with 1-Methylcyclopropene During Storage. Korean Journal of Horticultural Science and Technology 29(6): 592-599.

Blankeship SM, Dole JM, 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. Postharvest Biology and Technology 28: 1-25.

Candan AP, Graell J, Crisosto C, Larrigaudiere C, 2006. Improvement of Storability and Shelf Life of 'Blackamber' Plums Treated with 1-Methylcyclopropene. Food Science and Technology International 12: 437-444.

Candan AP, Graell J, Larrigaudiere C, 2008. Roles of Climacteric Ethylene in the Development of Chilling Injury in Plums. Postharvest Biology and Technology 47, 107-112.

Candan AP, Graell J, Larrigaudiere C, 2011. Postharvest Quality and Chilling Injury of Plums: Benefits of 1-Methylcyclopropene. Spain Journal of Agricultural Research 9 (2), 554-564.

Corrêa TR, Steffens CA, Tanaka H, Amarante CVT, Brackmann A, Anese RO, 2011. Ameixas 'Laetitia' Armazenadas em Atmosferas Controlada e Modificada Ativa com Manejo do Etileno. Revista Brasileira de Fruticultura 33: 723-729.

- De Martin MC, Steffens CA, Pavarin DF, Rodrigues MF, Amarante CVT do, Brackmann A, 2018. Quality Maintenance of 'Laetitia' Plum by Application of 1-Methylcyclopropene, Ethanol Vapor and Heat Treatment. *Comunicata Scientiae* 9 (3): 312-321.
- Doğan A, Kurubaş MS, Erkan M, 2017. Farklı Dozlarda 1-Metilsiklopropen (1-MCP) Uygulamalarının 'Hass' Avokado Çeşidinin Depolanması Üzerine Etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences* 30 (2): 71-78.
- Dong L, Luire S, Zhou H, 2002. Effect of 1-MCP on Ripening of 'Canino' Apricots and 'Royal Zee' Plum. *Postharvest Biology and Technology* 24: 135-145.
- Erbaş D, Koyuncu MA, 2016. 1-Metilsiklopropen Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 53 (1): 43-50.
- Erkan M, Eski H, 2012. Combined Treatment of Modified Atmosphere Packaging and 1-Methylcyclopropene Improves Postharvest Quality of Japanese Plums. *Turkish Journal of Agriculture Forestry* 36: 563-575.
- Hendges MV, Steffens CA, Amarante CVT, Tanaka H, 2013. Amadurecimento e Qualidade de Ameixas 'Laetitia' Tratadas com Acido Salicilico e 1-Metilciclopropeno. *Revista Ceres* 60: 668-674.
- Kader AA, 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3rd Edition, University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, Publication 3311, 535 p.
- Karaçalı İ, 2016. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Yayın No: 494. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Kaynaş K, Sakaldaş M, Yurt M, 2010. The Effects of Different Postharvest Applications and Different Modified Atmosphere Packaging Types on Fruit Quality of "Angeleno" Plums. *Acta Horticulturae* 876: 209-216.
- Khan SK, Singh Z, 2009. 1-MCP Application Suppresses Ethylene Biosynthesis and Retards Fruit Softening During Cold Storage of Tegan Blue Japanese Plum. *Postharvest Biology and Technology* 176: 539-544.
- Manganaris GA, Crisosto CH, Bremer V, Holcroft D, 2008. Novel 1-Methylcyclopropene Immersion Formulation Extends Shelf Life of Advanced Maturity Joanna Red Plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biology and Technology* 47: 429-433.
- Melo JC, Steffens CA, Amarante CVT do, Miqueloto T, Heinzen AS, 2021. Internal Browning Control in 'Laetitia' Plums by Modified Atmosphere, Management of Ethylene and Storage Temperature. *Revista Brasileira de Fruticultura* 43 (3): e-134.
- Menniti AM, Gregori R, Donati I, 2004. 1-Methylcyclopropene Retards Postharvest Softening of Plums. *Postharvest Biology and Technology* 31: 269-275.
- Ortiz A, Graell J, Lara I, 2011. Preharvest calcium sprays and postharvest 1-MCP Treatment Effects on Softening and Cell Wall Degradation in 'Royal Zee' Harvested at Different Maturities. *Postharvest Biology and Technology* 62 (1): 29-37.
- Özdemir AE, Ertürk E, Çelik M, Dilbaz R, 2006. Venüs Nektarin Çeşidinin Soğukta Muhafazası. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 3: 297-304.
- Singh SP, Singh Z, Swinny EE, 2009. Postharvest Nitric Oxide Fumigation Delays Fruit Ripening and Alleviates Chilling Injury During Cold Storage of Japanese Plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biology and Technology* 53: 101-108.
- Singh SP, Singh Z, 2013. Controlled and Modified Atmospheres Influence Chilling Injury, Fruit Quality and Antioxidative System of Japanese Plums (*Prunus salicina* Lindell). *International Journal of Food Science and Technology* 48 (2): 363-374.
- Stanger MC, Steffens CA, Amarante CVT, Brackmann A, Anese RO, 2017. Quality Preservation of 'Laetitia' Plums in Active Modified Atmosphere Storage. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39 (2): e-714.
- Uysal G, Şen F, Eroğul D, 2020. 'Black Diamond' Erik Meyvelerinin Muhafazasında Modifiye Atmosfer ambalajları ve 1-Metilsiklopropen Uygulamalarının Etkilerinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı*: 71-80.
- Velardo-Micharet B, Pintadoa CM, Dupilleb E, Ayuso-Yustec MC, Lozanoa M, Bernalte-García MJ, 2017. Effect of ripening stage, 1-MCP treatment and different temperature regimes on Long Term Storage of 'Songold' Japanese Plum. *Scientia Horticulturae* 214: 233-241.
- Watkins CB, 2006. The Use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Fruits and Vegetables. *Biotechnology Advances* 24(4): 389-409.