

Granny Smith Elma Çeşidinin Depolama Performansı Üzerine Farklı 1-MCP Dozlarının EtkisiDerya ERBAŞ¹, Mehmet Ali KOYUNCU^{1*}

ÖZET: Çalışmada, farklı dozlardaki 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulamalarının Granny Smith elma çeşidinin soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince kalite değişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ticari derim döneminde toplanan elmalar, 3 farklı dozda 1-MCP (325 ppb, 475 ppb ve 625 ppb) uygulamasına tabi tutulmuştur. Bu dozların etkisini net olarak ortaya koymak için keşfinden bu yana ticari olarak kullanılan ve referans uygulama (RU) olarak adlandırılan 1-MCP (SmartfreshTM) dozu ile kontrol uygulaması denemeye dahil edilmiştir. Uygulamalardan sonra elmalar plastik kasalarda normal atmosferde $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ve % 90 ± 5 oransal nem koşullarında 6 ay depolanmıştır. Raf ömrü çalışmaları için elmalar soğukta muhafazadan sonra 7 gün 20°C 'de % 60 ± 5 oransal nem koşullarında bekletilmiştir. RU ve D3 uygulamaları ağırlık kaybının azaltılması, asitlik kaybının sınırlandırılması ve meyve eti sertliğinin korunmasında benzer sonuçlar vermiştir. Etilen üretiminin azaltılması ve solunum hızının baskılanmasında en etkili uygulamalar RU ve D3 uygulamaları olmuştur. Çalışmada tüm 1-MCP uygulamaları kontrole göre kalite kaybını sınırlandırmıştır. Tüm kalite parametreleri dikkate alındığında aynı dozu içeren D3 ve RU oldukça benzer sonuçlar ortaya çıkarmıştır. En iyi sonuçlar RU ve D3 uygulamalarından elde edilmiş ve bu uygulamalara tabi tutulan elmalar 6 ay+7 gün kaliteli olarak muhafaza edilmiştir. Diğer dozların uygulandığı meyveler 5 ay+7 ve kontrol uygulaması ise 4 ay+7 gün depolanabilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elma, depolama, raf ömrü, kalite, 1-Metilsiklopropan

Effect of Different Doses of 1-MCP on the Storage Performance of Apple cv. Granny Smith

ABSTRACT: The aim of this study was to determine the effects of different 1-Methylcyclopropene (1-MCP) doses on the quality changes of apple cv. Granny Smith during cold storage and shelf life. Apples, harvested at commercial harvest stage, were treated with three different 1-MCP doses (325 ppb, 475 ppb and 625 ppb). Reference dose (RD) of 1-MCP (SmartfreshTM), used commercially since its discovery, and control treatments were also used in trials. After treatments, apples were packaged in plastic boxes and stored at $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and 90 ± 5 % relative humidity (RH) for 6 months in normal atmosphere conditions. After cold storage, apples were kept at 20°C and 60 ± 5 % RH during 7 days for shelf life studies. Similar results were obtained from D3 and RD treatments in terms of reducing weight loss, limiting acidity loss and maintaining flesh firmness. D3 and RD treatments were the most effective treatments for suppressing ethylene production and respiration rate of apples. All 1-MCP treatments retarded quality losses of apples compared to control group in both conditions. Reference dose and D3 gave similar and the best results according to all quality parameters. Apples treated with reference dose and D3 could be stored 6 months plus 7 days. Lower dose treated apples and control group could be stored 5 months +7 and 4 months +7 days, respectively.

Keywords: Apple, cold storage, shelf life, quality, 1-Methylcyclopropene

¹ Derya ERBAŞ (Orcid ID: 0000-0001-5675-3907), Mehmet Ali KOYUNCU (Orcid ID: 0000-0003-4449-6709), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali KOYUNCU, e-mail: koyuncu.ma@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 27-07-2020

Kabul tarihi / Accepted: 01-09-2020

GİRİŞ

Elma, ülkemizde uzun yıllardan beri yetiştiriciliği yapılan ılıman iklim meyve türlerinden birisi olup, yetiştiriciliği ülkemizin neredeyse her bölgesinde yapılmaktadır (Koyuncu ve Eren, 2005). Türkiye dünya elma üretiminin (86.142.197 ton) % 4.21'ini (3.625.960 ton) tek başına karşılamaktadır (Anonim, 2020). Ülkemizde ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılan elma çeşitleri Starking Delicious, Golden Delicious, Granny Smith ve Gala'dır. Bu çeşitlerin yanı sıra Pink Lady, Fuji ve Jeromine gibi çeşitlerin de yetiştiriciliği son zamanlarda hızla artmıştır (Batu ve Demirdöven, 2010; Kuzucu ve Aydın, 2014).

Klimakterik meyveler grubunda yer alan elma uzun depolama ömrüne sahip bir meyve türüdür. Ancak elmaların depolama süresinin, meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, meyve asitliği, fizyolojik ve patojen kaynaklı bozukluklardan ileri gelen kayıplara göre belirlendiği bilinmektedir (Karaçalı, 2009). Bütün bu kayıpların ortamdaki etilen varlığı ile doğru orantılı olduğu ve etilen üretiminin bütün klimakterik meyvelerde olduğu gibi elmaların da olgunlaşmasında/yaşlanmasında en önemli faktör olduğu belirtilmiştir (Crouch, 2003).

Gaz halinde doğal bir bitki büyüme düzenleyicisi olan etilenin, klimakterik meyve türlerinde olgunlaşmayı hızlandırdığı ve olgunlaşma hızının ortamdaki etilen konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir (Sakar ve ark., 2014). Bu yüzden etilenin etkilerinin kontrol edilmesi, bahçe ürünlerinde derim sonrası ömrünün uzatılmasında oldukça önemli olmaktadır. Etilenin olgunlaşma üzerine olan etkisinin kontrol edilmesinde, değişik uygulama ve yöntemler bulunmaktadır (Şen ve Türk, 2008). Ürünlerin etilen algılamasını geciktirmede ya da önlemede, ürünleri düşük sıcaklıklarda muhafaza etmek en çok kullanılan yöntemdir. Düşük sıcaklık uygulamalarının yanında derim sonrası 1-Methylcyclopropene (1-MCP) uygulaması da ürünlerin etilen algılamasını geciktirmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Dongfang ve ark., 2003).

1-MCP, ticari olarak tanımlanması ilk olarak Sisler ve Blankeship tarafından yapılmış olup, pek çok meyve ve sebze türünde etilen bloke edici olarak kullanılan gaz formunda sentetik bir bitki gelişim düzenleyicidir (Blankeship ve Dole, 2003). 1-MCP'nin optimum koşullarda etilen reseptörlerine bağlanma oranı etilenden daha yüksektir. Etilen ile karşılaştırıldığında daha düşük konsantrasyonlarda 1-MCP'nin aktif olduğu görülmektedir (Sisler ve Serek, 1997). Etilen inhibitörü olan 1-MCP son yıllarda klimakterik meyve ve sebzelerde üzerinde en fazla çalışılan derim sonrası uygulamalardan biri olmuştur (Bayındır, 2011). 1-MCP'nin klimakterik ürünlerde etilen bloke edici özelliği sayesinde ürünlerin kalitesini ve raf ömrünü uzatmada etkili olduğu bildirilmiştir (Sakalıdaş ve ark., 2009; Sakar ve ark., 2014). Son yıllarda 1-MCP kullanımına yönelik çalışmalar yoğunluk kazanmış ve pratikte de oldukça yaygın kullanım alanı bulmuştur. Kayısı (Moradinezhad ve Jahani, 2019), armut (Kurubaş ve Erkan, 2018), erik (Erbaş ve Koyuncu, 2016), kavun (Sakalıdaş ve ark., 2009), şeftali (Huan ve ark., 2018) ve trabzonhurması (Wang ve ark., 2020) gibi meyvelerde 1-MCP'nin olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Elmalarda da daha önce yürütülmüş çalışmalarda derim sonrası uygulanan 1-MCP'nin ağırlık kaybını azalttığı (Dongfang ve ark., 2003), meyve eti sertliğini ve asitliğini koruduğu (Huber ve ark., 2003), renk değişimini geciktirdiği ve solunum hızını azalttığı (Saftner ve ark., 2003) ve etilen üretimini baskıladığı (Fan ve ark., 1999) rapor edilmiştir. Ancak son yıllarda piyasaya farklı isimlerle sürülen 1-MCP içerikli maddelerin etkisi ile tür ve çeşitlere göre kullanılan dozlarla ilgili hala farklı görüşler ileri sürülmektedir. 1-MCP'nin keşfinden sonra uzun süre telif hakkı nedeni ile piyasada tek başına kullanım hakkı bulan SmartfreshTM'e alternatif ürünler çıktıkça yeni doz denemeleri de gündeme gelmiştir. Çünkü kullanılan ürünlerdeki etkili maddenin (1-MCP) saflığı ile ilgili endişeler oluşmaktadır. Bu durumda uzun süredir elmalar için kullanılan ve en etkili doz olduğu bilinen 625 ppb'lik uygulamanın yeni ürünler için referans alınarak yapılacak denemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bütün bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı, 625 ppb (Smartfresh™)'lük uygulama referans olarak alınarak piyasaya yeni sürülen 1-MCP'nin farklı dozlarının derim sonrası Granny Smith elma çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak MM106 anacı üzerine aşılınmış 15 yaşlı Granny Smith (*Malus × domestica* Borkh) elma çeşidi kullanılmıştır. Meyveler, Isparta ili Aksu ilçesinde ticari olarak yetiştiricilik yapılan, sıra arası 5 m, sıra üzeri 2.5 m dikimi yapılmış, kültürel işlemleri (budama, sulama, gübreleme vb.) düzenli olarak yürütülen bir bahçeden 31.10.2019 tarihinde elle toplanmıştır. Derim tarihinin saptanmasında meyvelerin nişasta miktarı (Üstün, 2018) ve tam çiçeklenmeden sonra geçen gün sayısı (Şensoy ve Bostan, 2019) dikkate alınmıştır. Bahçede tozlayıcı çeşit olarak Golden Delicious kullanılmıştır.

1-MCP Uygulamaları

Derimden hemen sonra laboratuvara getirilen meyvelerden çeşide özgü zemin rengini almamış, mekanik zarara uğramış, herhangi bir fungal veya bakteriyel bulaşması olanlar seçilerek deneme dışı bırakılmıştır. Soğukta muhafazaya uygun meyveler, uygulamalar için 5 gruba ayrılmış ve plastik kasalara (365 × 528 × 310 mm) yerleştirilmiştir. Kasalar her uygulama için ayrı ayrı metal gaz sızdırmaz kabinlere (1 m³'lük hacimli) yerleştirilmiştir.

1. K (Kontrol): Hiçbir uygulama yapılmaksızın $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 24 h kabin içerisinde bekletilmiştir.
2. RU (Referans uygulama): Elmalara keşfinden günümüze kadar ticari olarak uygulanan 625 ppb'lik 1-MCP (Smartfresh™) dozu $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
3. D1: Elmalara 325 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3), $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
4. D2: Elmalara 475 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3), $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
5. D3: Elmalara 625 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3), $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.

Denemede RU ve D3'ün aynı doz (625 ppb) içermesinin nedeni piyasaya yeni sürülen 1-MCP ürünlerinin uzun yıllardan beri kullanılan ve etkinliği bilinen RU ile kıyaslanabilmesidir. Diğer dozlar (D1 ve D2) daha düşük seviyede seçilerek aynı etkiyi gösterip göstermeyeceği incelenmiştir.

Kabin içerisindeki havanın daha iyi karıştırılabilmesi için uygulama süresince (24 h) kabinlerin içerisinde küçük fanlar çalıştırılmıştır. Uygulama süresi ve sıcaklığı Yıldırım Kardeşin ve ark. (2012)'na göre seçilmiştir. Uygulama süresi sonunda havalandırılan kabinlerden alınan meyveler, $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de % 90 ± 5 oransal nemde 6 ay boyunca normal atmosfer koşullarında (NA) muhafaza edilmiştir. Raf ömrü çalışmaları için meyveler soğukta muhafaza sonunda (her ay) 20°C 'de % 60 ± 5 oransal nem koşullarında 7 gün bekletilmiştir. Uygulamaların meyve kalitesi ve depolama süresi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla depolama başlangıcında ve aylık periyotlarla ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, nişasta indeksi, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, meyve kabuk rengi [L^* , kroma (C^*) ve hue açısı (h°)], etilen üretim miktarı ve solunum hızı ölçümleri ile duyu analizler (dış görünüş ve tat) yapılmıştır. Bütün analizler raf ömrü çalışmaları için tekrarlanmıştır.

Ağırlık Kaybı ve Meyve Eti Sertliği

Ağırlık kaybının belirlenmesi için deneme başlangıcında her tekerrür için 10 adet meyve tartılarak etiketlenmiştir. Her ay soğukta muhafazadan alınan bu meyveler tek tek tartılarak ağırlık kayıpları belirlenmiş ve tekrar soğuk odalara yerleştirilmiştir. Raf ömrü çalışmalarında ise raf ömrü başlangıcında

tartılarak etiketlenen meyveler raf ömrü sonunda tekrar tartılarak ağırlık kayıpları hesaplanmıştır. Belirlenen ağırlık kayıpları % olarak hesaplanmıştır.

Meyve eti sertliği tekstür cihazı (Lloyd, LF-Plus) ile meyvenin ekvatorial bölgesinden yapılmıştır. 1 KN'luk load cell ile 100 mm dk⁻¹ değişmez hızda 11.1 mm çapındaki silindirik uç meyveye meyve kabuğu (1 cm²'lik alan) uzaklaştırılarak batırılmış (10 mm) ve elde edilen maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden meyve eti sertliği olarak değerlendirilmiştir.

SÇKM ve Titre Edilebilir Asitlik

SÇKM miktarını belirlemek amacı ile meyveler katı meyve sıkacağı yardımıyla sıkılmıştır. Elde edilen meyve suyunda SÇKM değeri digital refraktometre (Atago, Pal-1) ile % olarak belirlenmiştir. SÇKM analizleri için hazırlanan meyve suyundan mikropipet ile her tekerrür için 10 mL'lik meyve suyu 2 paralel olacak şekilde alınarak pH metre (WTW Inolab) ile pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile dijital büret yardımıyla titre edilmiştir. Sonuçlar harcanan baz üzerinden malik asit cinsinden hesaplanmış ve % olarak verilmiştir.

Renk Özellikleri (L*, kroma ve hue açısı)

Meyvelerin ekvator bölgesinden meyve kabuğunda meydana gelen renk değişimleri, renk cihazı (Minolta, CR 300) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçların değerlendirilmesinde Commission Internationale l'Eclairage (CIE) L* ile a* ve b* değerlerine göre hesaplanan hue açısı (h°) ve kroma (C*) değerleri kullanılmıştır (McGuire, 1992). Renk cihazı, ölçümlerden önce kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir.

Etilen Üretimi ve Solunum Hızı

Depolama boyunca aylık aralıklarla soğuk odadan çıkartılan meyveler 4 L'lik gaz sızdırmaz cam kavanozlara yaklaşık 750-800 g olacak şekilde tartılarak ağzı sıkıca kapatılmıştır. Meyveler oda koşullarında (20 ± 1°C) 1-1.5 s bekletilmiş ve bu süre sonunda kavanozlardan gaz kaçırmaz plastik şırınga ile 15-20 mL hava alınarak doğrudan gaz kromatografisine (Agilent, GC-6890N) enjekte edilmiştir (Jiang ve Joyce, 2002). Tek gaz örneğinde hem etilen üretim miktarı hem de solunum hızı tespit edilmiştir. Gaz kromatografisinden elde edilen sonuçlar hesaplanarak etilen üretim miktarı µL C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹ ve solunum hızı mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹ olarak verilmiştir.

Nişasta İndeksi ve Duyusal Değerlendirme

Nişasta indeksi için elmalar ekvatorial bölgeden 2 eşit parçaya bölünmüş ve % 0.5'lik iyotlu potasyum iyodür (IKI) çözeltilisine 1 dk süre ile daldırılmıştır (Karaçalı, 2009). Daldırıldıktan sonra yaklaşık 5 dakika içerisinde nişasta içeren bölge koyu mavi renge boyanmış ve Blanpied ve Silsby (1992)'nin hazırlamış olduğu 1-10 aralığındaki skalaya göre (1: % 100 nişasta, 10: % 0 nişasta) değerlendirilmiştir.

Elmaların tat değerlendirmesi için 1-5 skalası (1 = çok kötü, 2 = kötü, 3 = orta, 4 = iyi, 5 = çok iyi) ve dış görünüş değerlendirmesi için 1-9 skalası (1-3 = pazarlanamaz, 5 = pazarlanabilir, 7 = iyi, 9 = çok iyi) kullanılmıştır. Değerlendirmeler flüoresan ışık altında ve kokusuz bir ortamda 7 kişilik panelist grubu tarafından ve her tekerrürde 10 adet meyve kullanılarak yapılmıştır (Erbaş ve ark., 2015).

Depolama boyunca elmalarda meydana gelen çürümelerin ve fizyolojik bozulmaların tespit edilmesinde her dönem soğuk odalardan ve raf ömrü sonunda oda koşullarından çıkartılan bütün meyveler dikkate alınarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirmeler

Deneme 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Minitab-16 paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ($p < 0.05$) uygulanarak belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı

Farklı dozlarda uygulanan 1-MCP'nin soğukta depolama ve raf ömrü süresince ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Soğukta muhafaza boyunca ağırlık kayıpları düzenli olarak artmıştır. Gerek RU gerekse 1-MCP'nin bütün dozları kontrol uygulamasına göre ağırlık kaybının azaltılmasında etkili olmuştur. Bu etki soğukta depolamada 4. aydan itibaren bariz olmaya başlarken, raf ömrü denemelerinde ilk ayda görünür olmaya başlamış ve depolama sonuna kadar sürmüştür. Ortalama veriler dikkate alındığında soğukta depolama sırasında, ağırlık kaybının azaltılmasında en etkili uygulama % 1.32'lik değerle D3 olmuş ve bunu oldukça yakın bir sonuçla (% 1.38) RU takip etmiştir. Benzer değişim raf ömrü sürecinde de görülmüş ve bu değerler sırasıyla % 2.52 (D3) ve % 2.59 (RU) olarak saptanmıştır. Her ne kadar ortalama değerler bakımından kontrol örneklerinde elmaların pazarlanmasında problem yaratmayacak oranda (% 1.95, % 3.54) sonuçlar elde edilse de, oda koşullarında 5. aydan sonra % 5'lik ağırlık kayıplarının (% 5.58) üzerine çıkılması önemlidir (Çizelge 2). Çünkü çeşide göre değişmekle beraber % 5'in üzerindeki ağırlık kayıpları elmada pazarlama sırasında fark edilebilir düzeyde buruşmalara neden olabilmektedir. Granny Smith çeşidi kabuk yapısı itibari ile buruşmanın en az gözlemlenebileceği çeşitler arasında sayılabilir. 1-MCP'nin kontrole göre depolama sırasında elmalarda ağırlık kayıplarını sınırlandırması önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir. Nitekim Yıldırım Kardeşin ve ark. (2012), Gago ve ark. (2015) ve Çalhan ve ark. (2016) 1-MCP uygulamalarının elmalarda hem soğukta depolama hem de raf ömrü çalışmalarında ağırlık kaybını bariz şekilde azalttığını bildirmişlerdir. 1-MCP'nin bu etkiyi elmalarda hem olgunlaşmayla ilişkili fizyolojik olayları hem de doğrudan meyvedeki doku sertliğini koruyarak etkili olduğu bilinmektedir. 1-MCP uygulaması elmalardaki etilen biyosentezi üzerinden solunumu baskılayarak su kaybını azaltmaktadır. Öte yandan bu uygulama olgunlaşma sürecinde meyve kabuğu ve etinde bulunan hücrelerin yapısını (bütünlüğünü) koruyarak ürün ile ortam arasındaki su buharı geçişini sınırlandırmaktadır. Nitekim 1-MCP'nin elmalarda etilen sentezi üzerinden solunum hızını baskılayarak ve doku bütünlüğünü koruyarak da meyve etinde meydana gelen yumuşamayı geciktirdiği rapor edilmiştir (Jung ve Watkins, 2011; Tatsuki ve ark., 2011; Bulens ve ark., 2012; Poyesh ve ark., 2017; Karagiannis ve ark., 2018).

Meyve Eti Sertliği

Çizelge 1 ve 2'de farklı dozlardaki 1-MCP uygulamalarının soğukta depolama ve raf ömrü süresince elmaların meyve eti sertliği (N) üzerine olan etkileri gösterilmiştir. Uygulamalar, muhafaza süresi ve muhafaza süresi \times uygulama interaksyonunun etkisi istatistik olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Uzayan muhafaza süresine paralel olarak tüm uygulamalarda meyve eti sertliği azalmıştır. Ancak kontrol uygulamasıyla diğer uygulamalar arasındaki farklılaşma hem soğukta hem de oda koşullarında denemenin ilk aylarında görülmeye başlanmıştır. Ağırlık kaybında olduğu gibi her iki ortamda da meyve eti sertliğinde en az değişim D3 uygulamasında olurken, bunu RU takip etmiştir. Yine ağırlık kaybına benzer şekilde en az meyve eti sertliği kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Bu

sonuçlar yukarıda yorumlandığı gibi ağırlık kaybı ile meyve eti sertliği arasındaki kuvvetli ilişkiyi ortaya koymaktadır. Yani beklendiği gibi meyve dokuları daha sert kalan elmalarda ağırlık kaybı da daha düşük seviyede olmuştur. En iyi sonuç D3 uygulamasından alınırken, azalan dozlarda (475 ppb ve 325 ppb), doz ile meyve sertliği değerleri arasında doğrusal bir ilişki saptanmamıştır. Dolayısıyla elmalar için oldukça önemli bir kalite kriteri olan meyve eti sertliğinin 625 ppb değerinden daha düşük dozlarda istendiği gibi korunamadığı söylenebilir. 1-MCP'nin meyve eti sertliği üzerine olumlu etkisinin daha çok hücre duvarı ve orta lamelin yapısını etkileyen enzimler üzerinden olduğu düşünülmektedir. Nitekim Both ve ark. (2018) elmalarda β -galaktosidaz (β -Gal), α -L-arabinofuranosidaz (α -L-Af) ve pektat liyaz gibi hücre duvarı yapısını etkileyen enzimlerin aktivitelerinin 1-MCP uygulamasıyla yavaşlatılarak meyve eti sertlik kaybının geciktirileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Wei ve ark. (2010), elmalarda hücre duvarı yapısını etkileyen enzimlerin meyve yumuşamasında önemli bir rol oynadığını rapor etmişlerdir. Bu enzimlerden β -Gal ve α -L-Af özellikle meyvede olgunlaşma ve yumuşama başladığında, elmanın depolanma süre ve kalitesi üzerine poligalakturonaz (PG) ve pektin metil esteraz (PME)'dan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. 1-MCP'nin meyve eti sertliği üzerine etkisiyle ilgili olarak önceki yıllarda elmalarda yürütülen çalışma (DeEll ve ark., 2002; Jung ve Watkins, 2011; Kuzucu ve Aydın, 2014; Weber ve ark., 2017; Kim ve ark., 2018) sonuçlarıyla araştırma bulgularımız büyük benzerlik göstermektedir.

Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

SÇKM değerleri tüm uygulamalarda soğukta depolama süresince genel olarak artış eğilimi göstermiştir. Bu artış raf ömrü sürecinde beklendiği gibi kısmen daha yüksek olmuştur. Bu durum oda koşullarında yüksek sıcaklığa bağlı olarak olgunlaşmanın hızlanması ve nişastanın suda çözünebilir şeker formuna dönüşümünün ivme kazanmasıyla açıklanabilir. Nitekim her iki koşulda da depolama süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunurken, uygulamaların etkisi sadece raf ömrü sürecinde önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Altı aylık depolama sonunda hem soğukta depolama hem de raf ömrü denemelerinde SÇKM değeri kontrol örneklerinde daha yüksek (% 12.43 ve % 13.10) bulunmuştur. Kontrol örneklerinde hem olgunlaşmanın hızlı hem de su kaybının yüksek olması (Çizelge 1 ve 2) bu sonuçları desteklemektedir. Aslında 1-MCP uygulanmamış örneklerde yüksek solunum hızına bağlı olarak SÇKM'nin kullanımı da söz konusudur. Zaten ortalama değerlerin (% 12.07 ve % 12.22) uygulama yapılan örneklere çok yakın olması ya da bazılarında kısmen düşük olması bu durumu doğrulamaktadır. Yani kontrol örneklerinde olgunlaşma ve su kaybına bağlı olarak oransal olarak yükselen SÇKM değerleri, diğer taraftan artan solunumla kullanılarak bir ölçüde dengelenmektedir. Bu durum önceki yıllarda yürütülen araştırma sonuçlarıyla uyum içerisindedir (Rupasinghe ve ark., 2005; Kuzucu ve Aydın, 2014; Çalhan ve ark., 2016). Çizelge 1 ve 2'de görüldüğü gibi depolama sonunda (6. ay) her iki ortamda da en düşük SÇKM değerleri RU ve D3 uygulamalarından elde edilmiş ve düşük dozlarda kısmen artmıştır. Aslında 1-MCP etilen üzerinden elmalarda olgunlaşmayı net bir şekilde etkilerken, soğukta depolama sırasında onun SÇKM üzerine etkisinin önemsiz çıkması SÇKM'nin diğer faktörlerden de (su kaybı ve solunum hızı) etkilenmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde Rupasinghe ve ark. (2000) ile DeEll ve ark. (2002) 1-MCP'nin elmalarda soğukta depolama sırasında olgunlaşmayı doğrudan geciktirdiğini ancak SÇKM üzerine etkisinin istatistik olarak önemsiz olduğunu kaydetmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı 1-MCP dozlarının soğukta depolama boyunca Granny Smith elma çeşidinin ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, suda çözümlü kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, etilen üretim miktarı, solunum hızı ve meyve kabuk rengi (L*, C* ve h°) üzerine etkileri

MS (ay)	U	AK	MES	SÇKM	TEA	EÜM	SH	Meyve kabuk rengi		
								L*	C*	h°
0	-		96.51a	11.40c	0.64b-f	5.29c	5.39	62.50	48.65b-e	117.03
1	K	0.38mn	93.40ab	11.57bc	0.56h-m	76.51b	27.00	62.32	47.40e	116.89
	RU	0.35n	93.71ab	12.00a-c	0.60e-k	0.21c	18.86	62.17	47.02e	115.97
	D1	0.38mn	93.11ab	11.63bc	0.57g-m	0.31c	20.39	62.53	47.43e	116.43
	D2	0.44l-n	91.81a-c	12.60a-c	0.65b-f	0.36c	18.03	63.91	47.99b-e	116.96
	D3	0.33n	92.64a-c	11.60bc	0.67a-d	0.18c	16.15	63.10	47.38e	117.06
2	K	0.81j-m	82.03d-f	12.50a-c	0.56h-m	85.32ab	24.62	62.58	48.80b-e	116.31
	RU	0.77k-n	87.64a-e	12.47a-c	0.62d-h	0.35c	20.83	62.17	49.62a-e	116.58
	D1	0.77k-n	89.50a-d	11.67bc	0.59e-l	0.45c	21.87	63.01	48.66b-e	112.05
	D2	0.85j-l	86.62b-e	12.07a-c	0.61d-i	0.32c	19.78	64.70	49.02a-e	116.08
	D3	0.68l-n	94.14ab	12.67ab	0.65b-f	0.33c	17.4	63.97	48.93b-e	116.34
3	K	1.43g-1	71.13g-1	12.23a-c	0.64b-f	95.77a	25.11	61.97	46.91e	115.79
	RU	1.21-k	87.61a-e	12.07a-c	0.66a-e	0.18c	19.26	63.32	47.99b-e	116.70
	D1	1.37h1	86.30b-e	12.99a	0.58f-m	0.34c	20.93	63.85	47.51de	115.68
	D2	1.47g-1	87.68a-e	12.93a	0.59f-l	0.33c	20.42	63.79	48.38b-e	115.78
	D3	1.24j	89.38a-d	11.80a-c	0.60e-k	0.31c	17.96	65.09	47.73c-e	116.20
4	K	1.72f-h	68.45h1	11.90a-c	0.47n	78.72b	35.81	60.77	47.42e	113.90
	RU	1.45g-1	88.91a-d	12.23a-c	0.64b-f	0.27c	20.01	63.33	52.19a	115.37
	D1	1.62g-1	86.98b-e	12.20a-c	0.51mn	0.31c	22.68	63.28	50.94a-c	114.30
	D2	1.59g-1	87.51a-e	12.23a-c	0.60e-k	0.31c	25.35	62.53	51.11ab	114.47
	D3	1.44g-1	87.04b-e	12.77ab	0.53j-n	0.24c	24.28	64.79	50.71a-d	114.86
5	K	2.95b	66.69i	12.47a-c	0.54i-n	75.12b	32.44	63.39	47.54de	114.20
	RU	2.14d-f	86.57b-e	12.33a-c	0.62d-h	0.38c	22.43	64.44	48.20b-e	116.55
	D1	2.32c-e	84.05c-f	12.43a-c	0.52l-n	0.46c	25.16	63.76	47.72c-e	116.69
	D2	2.18de	79.73e-g	12.33a-c	0.59e-l	0.49c	26.08	62.92	47.93b-e	115.60
	D3	1.87e-g	86.91b-e	12.57a-c	0.61d-i	0.40c	23.11	64.85	48.05b-e	116.53
6	K	4.42a	63.88i	12.43a-c	0.52l-n	75.73b	31.15	61.20	47.02e	114.12
	RU	2.36cd	84.44c-f	12.33a-c	0.61d-i	0.37c	20.81	63.88	47.53de	117.57
	D1	3.00b	76.69f-h	12.40a-c	0.53i-m	0.54c	24.48	62.12	47.07e	115.03
	D2	2.64bc	75.88f-h	12.37a-c	0.54i-m	0.56c	24.83	60.82	47.89b-e	114.56
	D3	2.37cd	80.99d-f	12.33a-c	0.60e-k	0.43c	22.42	63.60	49.72a-e	115.80
U ort.	K	1.95a	77.44c	12.07	0.56c	70.35a	25.93a	62.10b	47.68b	115.46bc
	RU	1.38c	89.34ab	12.12	0.63a	1.01b	18.23b	63.12ab	48.74a	116.54a
	D1	1.58b	87.59ab	12.10	0.56c	1.10b	20.13b	63.01ab	48.28ab	115.32c
	D2	1.53b	86.53b	12.28	0.60b	1.09b	19.98b	63.02ab	48.71a	115.78a-c
	D3	1.32c	89.66a	12.16	0.61b	1.03b	18.10b	63.99a	48.74a	116.26ab
MS ort.	0	-	96.51a	11.40c	0.64a	5.29b	5.39c	62.50bc	48.65bc	117.03a
	1	0.38f	92.93b	11.88b	0.61b	15.51a	20.09b	62.81a-c	47.44d	116.66ab
	2	0.78e	87.99c	12.28ab	0.61b	17.35a	20.90b	63.29a-c	49.01b	115.47a-c
	3	1.34d	84.42d	12.40a	0.61b	19.39a	20.74b	63.60a	47.70cd	116.03a-c
	4	1.56c	83.78de	12.27ab	0.55c	15.97a	25.63a	62.94a-c	50.47a	114.58c
	5	2.29b	80.79e	12.43a	0.58c	15.37a	25.84a	63.87a	47.89cd	115.91a-c
	6	2.96a	76.37f	12.37a	0.56c	15.53a	24.74a	62.32c	47.85cd	115.42bc
P	MS	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	U	**	**	ÖD	**	**	**	**	**	*
	MS ×U	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	*	ÖD

AK: Ağırlık kaybı (%), MES: Meyve eti sertliği (N), SÇKM: Suda çözümlü kuru madde (%), TEA: Titre edilebilir asitlik (%), EÜM: Etilen üretim miktarı ($\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), SH: Solunum hızı ($\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), C*: Kroma, h°: Hue açısı, MS: Muhafaza süresi, U: Uygulamalar, Ort: Ortalamalar, ÖD: Önemli değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Titre Edilebilir Asitlik Miktarı

Farklı 1-MCP dozlarının elmalarda depolama boyunca TEA miktarı üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Bütün uygulamalarda zamana bağlı olarak asitlik değerleri düzenli olarak azalmış, ancak RU ve D3 uygulamalarında değişim oldukça sınırlı kalmıştır. Depolama sonunda RU ve D3 uygulamalarında asitlik değerleri sırasıyla % 0.61 ve % 0.60 olurken, bunları azalan dozlara bağlı olarak D2 (% 0.54), D1 (% 0.53) ve kontrol (% 0.52) örnekleri izlemiştir. Raf ömrü sürecinde de uygulama dozları ile meyve asitlik değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki gözlenmiş ve aynı sırayla bu değerler % 0.57 (RU), % 0.54 (D3), % 0.51 (D2), % 0.49 (D1) ve % 0.46 (K) olmuştur (Çizelge 2). Görüldüğü gibi meyve asitliğinin korunması bakımından en iyi sonucu RU ve D3 uygulamalarının vermesi 625 ppb'lik dozun en iyi seçenek olduğunu göstermekte olup, daha düşük dozlardan istenen sonuç alınamamıştır. Elmalarda tüketicinin aradığı temel kalite kriterlerinden birisi olan meyve asitliğinin korunmasında 1-MCP bariz şekilde etkili olmuştur. Bu olumlu etkinin yine solunum hızı üzerinden gerçekleştiği düşünülmektedir. 1-MCP ile azalan solunum hızına bağlı olarak meyvede daha az organik asit tüketilmiştir. Benzer şekilde 1-MCP uygulanmış elmalarda depolama süresince meyve asitliğinin kontrol örneklerine kıyasla daha iyi korunduğu rapor edilmiştir (Tatsuki ve ark., 2011; Karagiannis ve ark., 2018; Kim ve ark., 2018).

Etilen Üretimi ve Solunum Hızı

Çizelge 1 ve 2'de görüldüğü gibi 1-MCP uygulamaları depolama boyunca meyvedeki etilen üretimini baskımlarken, solunum hızını da kontrole göre bariz bir şekilde yavaşlatmıştır. Hem uygulamaların hem de depolama süresinin bu değişimler üzerine etkisi önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Klimakterik meyvelerde derim sonrası dönemde metabolik aktivitenin takibinde meyve solunum hızı kullanılmaktadır. Elmanın da dahil olduğu bu meyve türlerinde solunum hızı, meyvenin içsel etilen üretimi ya da dışarıdan uygulanan etilenden doğrusal olarak etkilenmektedir (Türk ve ark., 2017). Her iki depolama koşulunda da meyve etilen üretimini ve solunum hızını 1-MCP uygulamaları dikkate değer oranda azaltmıştır. Önceki parametrelerde olduğu gibi RU ve D3 en iyi uygulamalar olmuş ve birbirlerine oldukça yakın değerler vermişlerdir. Bunları kontrole kıyasla oldukça iyi sonuçlar veren D2 ve D1 uygulamaları takip etmiştir. 1-MCP'nin elmalarda derim sonrası dönemde olgunlaşmayla ilgili fizyolojik olayları etilen üzerinden baskıladığı, kontrole göre yaklaşık 70 kat azalttığı etilen üretim miktarından anlaşılabilir (Çizelge 1 ve 2). Klimakterik meyvelerde olgunlaşmanın göstergesi olan solunum klimakteriği eğrisinin görünür bir şekilde oluşması için meyvede içsel etilen miktarının belirli bir seviyeye ulaşması gerekmektedir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi 1-MCP uygulanmış elmalar oda koşuluna çıkartıldıktan 7 gün sonra etilen üretim hızı kontrol kadar olmasa da tekrar artmıştır. Bu durum artan ortam sıcaklığına bağlı olarak 1-MCP'nin etkinliğinin azaldığını göstermektedir. Nitekim Both ve ark. (2018) 1-MCP'nin soğuk koşullarda ve O₂'nin düşük CO₂'in yüksek olduğu kontrollü şartlarda etilen üretimi ve buna bağlı olarak solunum hızını daha iyi baskıladığını bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, istenilen yönde değiştirilen gaz bileşimlerinden (düşük O₂, yüksek CO₂) faydalanılarak, 1-MCP uygulanmış elmaların normal atmosfere kıyasla kısmen yüksek sıcaklıklarda (0.5-1 °C) benzer kalitede depolanabileceğini rapor etmişlerdir. Öte yandan Bulens ve ark. (2012) özellikle geç derilmiş ve 1-MCP uygulanmış elmalarda, raf ömrü denemeleri için oda koşullarına kaldırıldıktan bir hafta sonra kontrol kadar olmasa da meyvelerin tekrar etilen üretim yeteneğini kazandıklarını belirtmişlerdir. Bu bulgu oda koşullarına aktardığımız meyvelerde etilen üretiminin tekrar arttığı sonucuyla örtüşmektedir.

Çizelge 2. Farklı 1-MCP dozlarının raf ömrü sürecinde Granny Smith elma çeşidinin ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, suda çözünür kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, etilen üretim miktarı, solunum hızı ve meyve kabuk rengi (L*, C* ve h°) üzerine etkileri

MS (ay+gün)	U	AK	MES	SÇKM	TEA	EÜM	SH	Meyve kabuk rengi		
								L*	C*	h°
0+7	K	1.05n	95.93a-d	11.80a-c	0.59c-f	72.22	56.80c-f	63.20a-c	47.17b-d	118.01
	RU	1.03n	103.05a	11.93a-c	0.58c-g	61.81	37.31f-h	62.84a-c	47.27b-d	118.25
	D1	0.90n	91.42a-g	12.27a-c	0.62cd	58.43	38.28e-h	63.77ab	44.59d	117.46
	D2	1.02n	95.57a-d	11.57bc	0.56c-ı	65.3	34.73gh	63.64ab	45.80cd	117.96
1+7	D3	0.99n	96.64ab	12.73a-c	0.63bc	65.12	33.84h	61.40bc	47.11b-d	119.06
	K	1.49k-n	85.55b-j	11.87a-c	0.55d-j	91.03	100.29a	64.80ab	46.47b-d	116.90
	RU	1.29mn	90.04b-h	11.43c	0.57c-h	26.87	44.55d-h	63.11a-c	47.05b-d	117.51
	D1	1.37l-n	92.05a-f	12.20a-c	0.56c-ı	95.68	56.58c-f	63.34a-c	47.34b-d	117.86
2+7	D2	1.37l-n	89.84b-h	11.60bc	0.56c-ı	55.10	47.15d-h	63.84ab	48.67a-c	118.00
	D3	1.30l-n	96.53a-c	12.03a-c	0.60c-e	53.60	45.76d-h	62.94a-c	47.63a-d	118.53
	K	2.44h-j	75.11j-n	11.63bc	0.53e-j	50.46	73.49bc	63.87ab	48.24a-c	115.28
	RU	2.16i-m	89.16b-ı	11.67bc	0.55d-j	29.38	45.98d-h	63.78ab	49.21a-c	117.42
3+7	D1	2.11j-m	94.08a-e	12.37a-c	0.56c-ı	30.09	42.32d-h	65.76ab	49.17a-c	116.62
	D2	2.20h-l	80.86f-l	12.13a-c	0.50g-j	14.01	47.01d-h	63.71ab	47.61a-d	116.23
	D3	2.07j-m	93.69a-e	12.24a-c	0.58c-g	19.67	46.01d-h	66.21ab	48.41a-c	115.90
	K	2.86g-j	69.10l-p	12.17a-c	0.46j	91.95	89.98ab	63.27a-c	47.42a-d	118.62
4+7	RU	2.38h-k	82.53e-k	12.10a-c	0.52e-j	66.45	55.07c-f	65.64ab	49.07a-c	112.75
	D1	2.64g-j	80.38f-l	12.37a-c	0.50f-j	60.97	51.15d-h	65.08ab	48.43a-c	116.04
	D2	2.72g-j	84.68c-j	12.10a-c	0.57c-h	69.29	58.80cd	63.79ab	49.01a-c	116.41
	D3	2.38h-k	87.31b-ı	12.73a-c	0.47ij	59.78	56.86c-f	64.65ab	49.49ab	113.80
5+7	K	3.47e-g	63.55n-p	12.23a-c	0.53e-j	29.78	90.64ab	62.68a-c	50.73a	111.04
	RU	2.61g-j	85.63b-j	12.83ab	0.57c-h	18.99	55.71c-f	65.24ab	48.82a-c	115.47
	D1	3.05f-ı	90.74b-g	13.07a	0.52e-j	33.22	55.34c-f	62.13a-c	49.60ab	115.28
	D2	3.09f-h	80.17g-m	12.07a-c	0.59c-f	20.81	54.12c-g	62.75a-c	48.31a-c	115.51
6+7	D3	2.65g-j	84.64d-j	12.17a-c	0.60c-e	10.39	55.49c-f	65.73ab	48.46a-c	115.69
	K	5.58b	61.57op	12.77ab	0.52e-j	58.76	89.09ab	58.06c	47.82a-c	112.47
	RU	4.18c-e	78.54h-m	12.40a-c	0.58c-g	26.68	53.47d-h	64.03ab	48.93a-c	115.13
	D1	4.77b-d	74.35j-n	12.60a-c	0.52e-j	34.74	55.50c-f	64.37ab	47.28b-d	115.06
MS ort.	D2	4.40cd	77.31ı-m	12.73a-c	0.56c-ı	35.25	57.23c-e	64.23ab	48.16a-c	114.78
	D3	3.92d-f	77.90ı-m	12.33a-c	0.59c-f	25.70	54.95c-f	65.30ab	49.80ab	115.80
	K	7.86a	57.73p	13.10a	0.46j	64.80	90.69ab	63.29a-c	46.85b-d	114.54
	RU	4.50cd	72.00k-o	12.37a-c	0.57c-h	23.66	52.94d-h	64.87ab	48.66a-c	115.96
U ort.	D1	5.57b	68.31m-p	12.60a-c	0.49h-j	28.83	54.63c-f	61.82bc	48.99a-c	114.58
	D2	5.04bc	70.88k-o	12.53a-c	0.51f-j	25.46	56.98c-e	64.44ab	48.07a-c	114.74
	D3	4.36c-e	75.39j-n	12.40a-c	0.54d-j	22.58	52.42d-h	64.78ab	47.70a-d	115.42
	K	3.54a	72.65c	12.22ab	0.52c	65.57a	84.43a	62.74	47.81	115.26
MS ort.	RU	2.59cd	85.85ab	12.10b	0.56a	36.26b	49.29b	64.22	48.43	116.07
	D1	2.92b	84.48ab	12.50a	0.54c	48.85ab	50.54b	63.75	47.91	116.13
	D2	2.83bc	82.76b	12.11b	0.55b	40.75b	50.86b	63.77	47.95	116.23
	D3	2.52d	87.44a	12.38ab	0.57a	36.69b	49.33b	64.43	48.37	116.31
MS ort.	0+7	1.00g	96.52a	12.06b-d	0.60a	64.58a	40.19c	62.97d	46.39c	118.15a
	1+7	1.36f	90.80b	11.83d	0.57ab	64.46a	58.87a	63.61cd	47.43bc	117.76a
	2+7	2.20e	86.58c	12.01cd	0.54c	28.72b	50.96b	64.67a-d	48.53ab	116.29ab
	3+7	2.60d	80.80d	12.29a-c	0.50d	69.69a	62.37a	64.49a-c	48.68ab	115.52b
	4+7	2.97c	80.95d	12.47ab	0.56bc	22.64b	62.26a	63.71cd	49.18a	114.60b
	5+7	4.57b	73.93e	12.57a	0.55c	36.32b	62.05a	63.20d	48.40ab	114.65b
	6+7	5.47a	68.86f	12.60a	0.51d	33.06b	61.53a	63.84b-d	48.05b	115.05b
P	MS	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	U	**	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD
	MS×U	**	**	*	**	ÖD	*	**	**	ÖD

AK: Ağırlık kaybı (%), MES: Meyve eti sertliği (N), SÇKM: Suda çözünebilir kuru madde (%), TEA: Titre edilebilir asitlik (%), EÜM: Etilen üretim miktarı ($\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), SH: Solunum hızı ($\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), C*: Kroma, h°: Hue açısı, MS: Muhafaza süresi, U: Uygulamalar, Ort: Ortalamalar, ÖD: Önemli değil, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Meyve Kabuk Rengi

Renkte parlaklığı gösteren L*, canlılığı gösteren C* ve algılanan rengi gösteren h° değerleri, Çizelge 1'den görülebileceği gibi soğukta depolama boyunca RU ve D3 uygulamalarında en yüksek olarak saptanmıştır. Benzer eğilim (h° değeri hariç) raf ömrü sürecinde de görülmüştür (Çizelge 2). 1-MCP dozları azaldıkça genel olarak her iki depolama koşulunda da renk değerleri üzerine uygulamaların etkisi azalmıştır. Tüm renk parametreleri kontrole kıyasla düşük doz 1-MCP uygulamalarında yüksek

bulunmuştur. Bu durum 1-MCP'nin diğer kalite kriterlerinde olduğu gibi meyve kabuk renginin depolama boyunca korunması bakımından doza bağlı olarak etkili olduğunu göstermektedir. Beklendiği gibi oda koşullarında uygulamaların renk değerleri üzerine olan etkilerinin azalması artan sıcaklığa bağlı olarak olgunlaşmanın hızlanmasıyla açıklanabilir. 1-MCP'nin elmalarda kabuk rengi üzerine olumlu etkiler yaptığıyla ilgili bulgular önceki yıllarda yürütülen çalışmalarda da (Yıldırım Kardeşin ve ark., 2012; Gago ve ark., 2015) saptanmıştır. Uygulamaların kabuk rengi üzerine pozitif etkisi 1-MCP'nin meyve olgunlaşmasını geciktirmesiyle açıklanabilir.

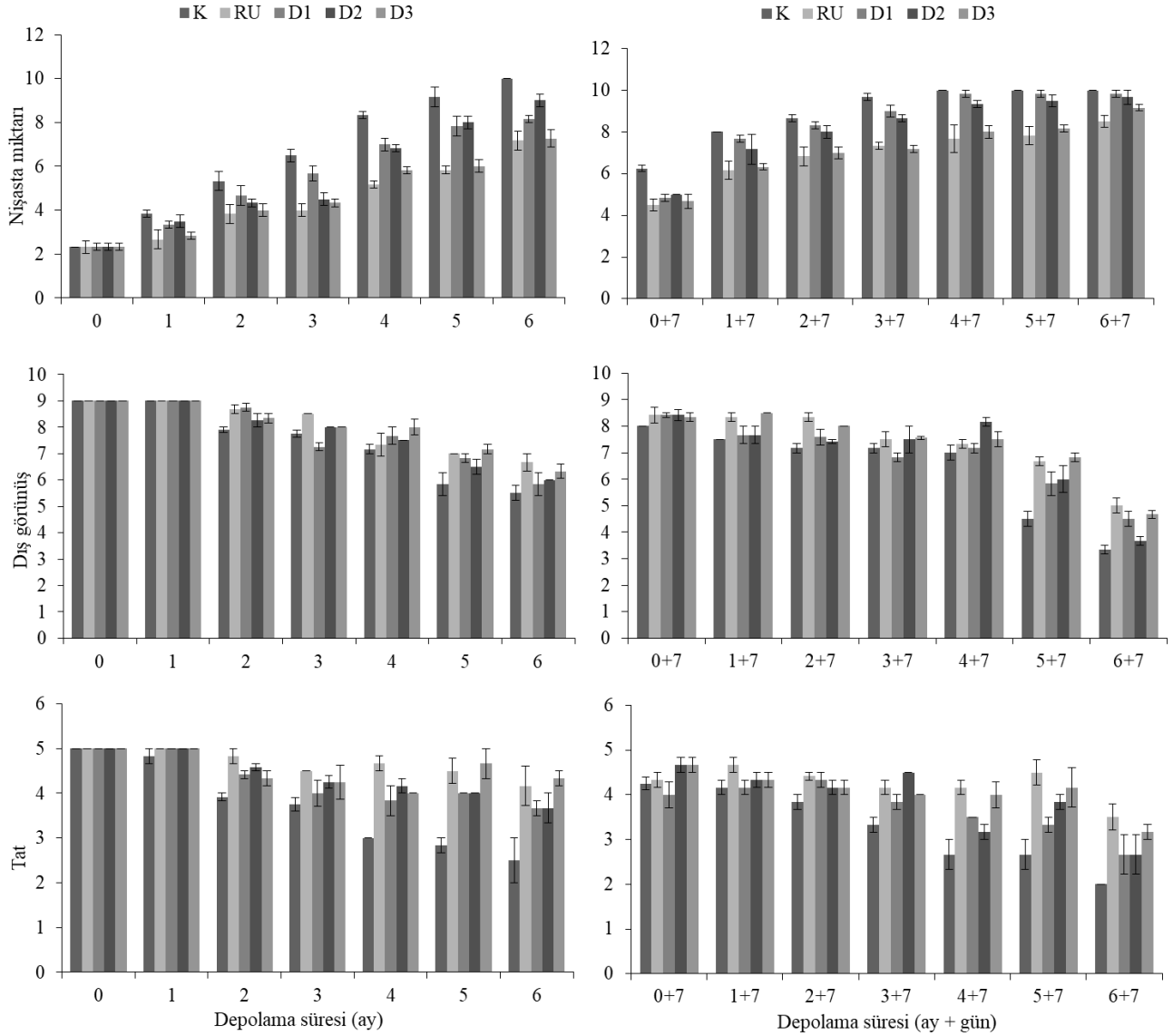
Nişasta Miktarı

Soğukta muhafaza boyunca elmaların nişasta skala değerleri tüm uygulamalarda düzenli olarak artmıştır. Diğer bir deyişle elmaların nişasta içeriği azalmıştır. Altı aylık depolama sonunda dozlarla nişasta içeriği arasında doğrusal bir ilişki görülmüştür. Gerek soğukta depolamada gerekse raf ömrü sürecinde doz miktarı arttıkça meyvedeki nişasta içeriğinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Soğukta depolanan elmalarda RU en yüksek nişasta içeriğine (4.38) sahipken, bunu sırasıyla D3 (4.63), D2 (5.50) ve D1 (5.55) uygulamaları takip etmiştir. Aynı eğilim raf ömrü sürecinde de belirlenmiş olup, skala değerleri sırasıyla 6.98, 7.21, 8.19 ve 8.48 olarak saptanmıştır. Her iki depolama koşulunda da en düşük nişasta değerleri kontrol örneklerinde (6.52 ve 8.94) bulunmuştur (Şekil 1). Hem derim öncesi ağaç üzerinde hem de derim sonrası depoda elmalarda olgunlaşma ile nişasta değerleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu bilinmektedir (Türk ve ark., 2017). Nitekim elmalarda optimum derim tarihinin belirlenmesinde en kararlı sonuç veren kriterlerden birisi belki de en önemlisi nişasta değeridir. Elmalarda derim sonrası dönemde ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak nişasta parçalanarak suda çözünebilir şekerlere dönüşmektedir. Keza mevcut denemede de bu durum net bir şekilde görülmüş olup, kontrol örnekleri soğuk odada 6. ayda tam puan (10 = nişasta hiç yok) alırken, oda koşullarında 4. ayda bu değere ulaşmıştır. Öte yandan 1-MCP uygulamalarının hiçbirinde 10 tam puan görülmemiştir. Bu durum 1-MCP'nin etilen sentezini ve etilenin etkilerini baskılayarak elmalarda net bir şekilde olgunlaşmayı geciktirmesiyle açıklanabilir. Elmalarda olgunlaşma sırasında 1-MCP uygulamasının nişastanın suda çözünebilir şekerlere dönüşümünü yavaşlattığını bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır (Yuan ve Carbaugh, 2007; Nock ve Watkins, 2013; Gago ve ark., 2015; Weber ve ark., 2017; Both ve ark., 2018). Diğer bir deyişle bilindiği kadarıyla elmalarda şu ana kadar bu konuda aksi bir görüş rapor edilmemiştir. Bu görüşler çalışmamızda elde edilen bulgularla uyum içerisindedir.

Duyusal Değerlendirmeler

Panelistlerin dış görünüş ve tat için verdikleri puanlar 1-MCP uygulamaların olumlu etkilerini net bir şekilde göstermekte olup, objektif yöntemlerle belirlenen kalite analizleriyle büyük uyum içerisindedir. Her iki depo koşulunda da yine RU ile D3 uygulaması ön plana çıkmış, bunları D2 ve D1 dozları takip etmiştir. Diğer kalite kriterlerinde olduğu gibi duyuşal değerlendirmelerde de en düşük puanlar kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Soğukta depolama sonunda kontrol ve en düşük 1-MCP dozu (D1) uygulanan elmalar dış görünüşte 6 puanın altında kalırken, diğer uygulamalardan 6 ve üzeri puanlar alınmıştır. Bu dönemde 1-MCP uygulanmış tüm örnekler tadım testinde orta ve iyi puan alırken, kontrol grubu 3 (orta) puanın altında (2.50) kalmıştır. Benzer eğilim raf ömrü sürecinde de görülmüş, kontrol grubu 5+7. günde dış görünüş bakımından pazarlanabilir seviyenin (5 puan) ve tat testinde de orta (3) derecenin altında puanlar almıştır (Şekil 1). 1-MCP'nin elmalarda olgunlaşmayı tetikleyen etilen üretimini baskılayarak şeker ve organik asitler üzerinden tadı ve bazı enzimler üzerinden ürün sertliğini korumada etkili olduğu bilinmektedir. Benzer görüşler önceki yıllarda yürütülen çalışmalarda da rapor edilmiştir (Rupasinghe ve ark., 2000; Wei ve ark., 2010; Both ve ark., 2018).

Depolama boyunca elmalarda herhangi bir çürümeye ve fizyolojik bozukluğa rastlanmamıştır.



Şekil 1. Farklı 1-MCP dozlarının soğukta depolama ve raf ömrü süresince Granny Smith elma çeşidinin nişasta miktarı (1-10 skalası: 1: % 100 nişasta, 10: % 0 nişasta), dış görünüş (1-9 skalası: 1- 3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi) ve (1-5 skalası: 1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi) puanları üzerine etkileri

Hata barları: Ortalamalar \pm standart hata (n = 4)

SONUÇ

Tüm kalite parametreleri bakımından 1-MCP uygulamaları kontrole kıyasla Granny Smith elma çeşidinin hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü koşullarında kalitesinin korunmasında daha etkili olmuştur. D3 uygulaması, ağırlık kaybının azaltılması ve meyve eti sertliğinin korunması bakımından en etkili uygulama olmuştur. Depolama süresince D3 ile RU'nun incelenen kalite parametreleri bakımından beklendiği gibi genellikle benzer ve yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak D3 ile aynı dozu (625 ppb) içeren RU (SmartFresh™) belirtilen koşullarda Granny Smith elma çeşidinin muhafazasında en iyi sonucu vermiştir. Bu uygulamalara tabi tutulan meyveler ağırlık kaybı ve duyusal analiz sonuçları dikkate alındığında, belirtilen koşullarda 6 ay soğukta muhafazadan sonra kaliteli olarak 7 gün oda koşullarında muhafaza edilebilmiştir. Diğer dozların (D1 ve D2) uygulandığı meyveler 5 ay+7 gün ve kontrol uygulaması ise ancak 4 ay+7 gün kaliteli olarak depolanabilmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 30.03.2020).
- Batu A, Demirdöven A, 2010. Modifiye Atmosferde Paketleme ve Soğukta Depolamanın Elmanın Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (2): 58-67.
- Bayındır D, 2011. Angeleno Erik Çeşidinin Normal, Modifiye ve Kontrollü Atmosfer Koşullarında Depolanması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez (Basılmış).
- Blankeship SM, Dole JM, 2003. 1-Methylcyclopropane: A Review. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 1-25.
- Blanpied GD, Silsby KJ, 1992. Prediction of Harvest Date Windows for Apples. *Cornell Cooperative Extension Bulletin*, 221: 1-12.
- Both V, Brackmann A, Thewes FR, Weber A, Schultz EE, Ludwig V, 2018. The Influence of Temperature and 1-MCP on Quality Attributes of 'Galaxy' Apples Stored in Controlled Atmosphere and Dynamic Controlled Atmosphere. *Food Packaging and Shelf Life*, 16: 168-177.
- Bulens I, Van de Poel B, Hertog MLATM, De Proft MP, Geeraerd AH, Nicolai BM, 2012. Influence of Harvest Time and 1-MCP Application on Postharvest Ripening and Ethylene Biosynthesis of 'Jonagold' Apple. *Postharvest Biology and Technology*, 72: 11-19.
- Crouch I, 2003. 1-Methylcyclopropene (SmartFresh™) as an Alternative to Modified Atmosphere and Controlled Atmosphere Storage of Apples and Pears. *Acta Horticulturae*, 600: 433-439.
- Çalhan Ö, Onursal CE, Seçmen T, Güneyli A, Eren İ, 2016. Galaxy Gala Elma Çeşidinde Muhafaza Öncesi SencyFresh™ Uygulamasının Depolama Süresince Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 51-59.
- DeEll JR, Murr DP, Porteous MD, Rupasinghe HV, 2002. Influence of Temperature and Duration of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment on Apple Quality. *Postharvest Biology and Technology*, 24 (3): 349-353.
- Dongfang HMA, Shushang W, Ying DX, Aoying W, 2003. Effect of 1-MCP Treatment on Ethylene Production and Quality Retention of 'Delicious' Apples. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (1): 11-14.
- Erbaş D, Koyuncu MA, 2016. 1-metilsiklopropan Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 43-50.
- Erbaş D, Onursal CE, Koyuncu MA, 2015. Derim Sonrası Salisilik Asit Uygulamasının Aprikoz Kayısı Çeşidinin Soğukta Depolanması Üzerine Etkileri. *Meyve Bilimi*, 2 (2): 50-57.
- Fan X, Mattheis JP, 1999. Impact of 1-Methylcyclopropene and Methyljasmonate on Apple Volatile Production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (7): 2847-2853.
- Gago CM, Guerreiro AC, Miguel G, Panagopoulos T, Sánchez C, Antunes MD, 2015. Effect of Harvest Date and 1-MCP (SmartFresh™) Treatment on 'Golden Delicious' Apple Cold Storage Physiological Disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 77-85.
- Huan C, An X, Yu M, Jiang L, Ma R, Tu M, Yu Z, 2018. Effect of Combined Heat and 1-MCP Treatment on the Quality and Antioxidant Level of Peach Fruit during Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 145: 193-202.
- Huber DJ, Jeong J, Mao LC, 2003. Softening of Ripening Fruits in Response to 1-Methylcyclopropene Applications. *Acta Horticulturae*, 628: 193-202.
- Jiang Y, Joyce DC, 2002. 1-Methylcyclopropene Treatment Effects on Intact and Fresh-cut Apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77 (1): 19-21.
- Jung SK, Watkins CB, 2011. Involvement of Ethylene in Browning Development of Controlled Atmosphere-Stored 'Empire' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 59 (3): 219-226.
- Karaçalı İ, 2009. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama. Ege Üniversitesi Yayın No: 494, İzmir-Türkiye.
- Karagiannis E, Michailidis M, Tanou G, Samiotaki M, Karamanolis K, Avramidou E, Ganopoulos I, Madesis P, Molassiotis A, 2018. Ethylene-Dependent and -Independent Superficial Scald Resistance Mechanisms in 'Granny Smith' apple Fruit. *Scientific Reports*, 8 (1): 1-16.

- Kim KO, Yoo J, Lee J, Win NM, Ryu S, Han JS, Jung HY, Choung MG, Kwon YD, Lee DH, Kang IK, 2018. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Polyethylene (PE) Film Liner Treatments on the Fruit Quality of Cold-stored 'Gamhong' Apples. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59 (1): 51-57.
- Koyuncu MA, Eren İ, 2005. Bazı Elma Çeşitlerinin Soğukta Depolanma Koşullarının Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 45-52.
- Kurubaş MS, Erkan M, 2018. Impacts of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Postharvest Quality of 'Ankara' Pears during Long-term Storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (2): 88-96.
- Kuzucu FC, Aydın MN, 2014. 1-Methylcyclopropene Uygulamalarının ve Farklı Depolama Sıcaklıklarının Fuji Kiku Elma Çeşidinin Meyve Kalitesine Etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 101-108.
- McGuire RG, 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.
- Moradinezhad F, Jahani M, 2019. Effect of Potassium Permanganate, 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Losses and Quality of Fresh Apricot cv. Shahroudi. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 2: 39-48.
- Nock JF, Watkins CB, 2013. Repeated Treatment of Apple Fruit with 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Prior to Controlled Atmosphere Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 79: 73-79.
- Poyesh DS, Terada N, Sanada A, Gemma H, Koshio K, 2017. Effect of 1-MCP on Ethylene Regulation and Quality of Apple, Apricot and Asparagus. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 23 (1): 90-102.
- Rupasinghe HPV, Murr DP, DeEll JR, Odumeru J, 2005. Influence of 1-Methylcyclopropene and Natureseal on the Quality of Fresh-cut "Empire" and "Crispin" Apples. *Journal of Food Quality*, 28 (3): 289-307.
- Rupasinghe HPV, Murr DP, Paliyath G, Skog L, 2000. 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.
- Saftner RA, Abbott JA, Conway WS, Barden CL, 2003. Effects of 1-Methylcyclopropene and Heat Treatments on Ripening and Postharvest Decay in Golden Delicious' Apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128 (1): 120-127.
- Sakaldaş M, Kuzucu CÖ, Kaynaş K, 2009. Hasat sonrası 1-Methylcyclopropene Uygulamalarının Farklı Sıcaklık Derecelerinde Depolanan Kavunlarda (*Cucumis melo* L. cv. Dellteks F1) Meyve Kalitesi Üzerine Olan Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 1-9.
- Sakar E, Ünver H, Akgül TAŞ, Bekir AK, 2014. Meyvelerde 1-MCP (1-methylcyclopropene)'nin Kullanım Olanakları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 47-54.
- Sisler, EC, Serek M, 1997. Inhibitors of Ethylene Responses in Plants at the Receptor Level: Recent Developments. *Plant Physiology*, 100 (3): 577-582.
- Şen F, Türk EF, 2008. Bahçe Ürünlerde 1-Metilsiklopropen (1-MCP) Kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45 (3): 221-228.
- Şensoy M, Bostan SZ, 2019. Ulubey ilçesinde (Ordu) MM 106 ve M 9 Anaçları Üzerindeki 'Granny Smith' Elma Çeşidinin İlk Yıllar Verim ve Pomolojik Özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (1): 9-12.
- Tatsuki M, Hayama H, Yoshioka H, Nakamura Y, 2011. Cold Pre-treatment is Effective for 1-MCP Efficacy in 'tsugaru' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 62 (3): 282-287.
- Türk R, Erkan M, Güneş NT, Koyuncu MA, 2017. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması. *Somtaç Yayınları Ders Kitabı No: 1, 542 s, Türkiye.*
- Üstün H, 2018. Adi Depo Koşullarında Muhafaza Edilen 'Starkrimson' ve 'Granny Smith' Elma Çeşitlerinin Kaliteleri Üzerine Modifiye Atmosfer ve 1-Metilsiklopropen (1-MCP) Uygulamalarının Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).*
- Wang H, Chen Y, Lin H, Lin M, Chen Y, Lin Y, 2020. 1-Methylcyclopropene Containing-Papers Suppress the Disassembly of Cell Wall Polysaccharides in Anxi Persimmon Fruit during Storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151: 723-729.

- Weber A, Thewes FR, de Oliveira Anese R, Both V, Pavanello EP, Brackmann A, 2017. Dynamic Controlled Atmosphere (DCA): Interaction between DCA Methods and 1-Methylcyclopropene on 'Fuji Suprema' Apple Quality. *Food Chemistry*, 235: 136-144.
- Wei J, Ma F, Shi S, Qi X, Zhu X, Yuan J, 2010. Changes and Postharvest Regulation of Activity and Gene Expression of Enzymes Related to Cell Wall Degradation in Ripening Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 56 (2): 147-154.
- Yıldırım Kardeşahin I, Erkan M, Şahin G, 2012. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Uygulaması ile 'Golden Delicious' Elmalarının Derim Sonrası Kalitelerinin Korunması. *Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, s: 273-279. İzmir.
- Yuan R, Carbaugh DH, 2007. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on Ethylene Biosynthesis, Preharvest Fruit Drop, Fruit Maturity, and Quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' Apples. *HortScience*, 42 (1): 101-105.