

Hasat sonrası 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious Elma Çeşidinde Depolama ve Raf Ömrü Üzerine Olan Etkisi

Atakan GÜNEYLİ¹, Cemile Ebru ONURSAL², Tuba SEÇMEN²; Seda SEVİNÇ ÜZÜMCÜ¹

¹Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir/ISPARTA

²Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ANTALYA

*atakangnyl@gmail.com (sorumlu yazar)

Özet

Optimum zamanda hasat edilen meyvelere 10°C sıcaklıkta 24 saat süreyle farklı dozlarda 1-MCP uygulamaları [Kontrol; 156,25 ppb; 312,5 ppb; 625 ppb] yapılmıştır. Meyve örnekleri normal atmosfer (NA) depolarda 0±0.50 C sıcaklık ve %90±5 oransal nem koşullarında, 120 gün süreyle depolanmışlardır. Soğuk depodan 1 ay aralıklarla çıkartılan meyvelerde ağırlık kaybı, meyve kabuk rengi, sertlik, suda çözünabilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik, solunum oranı ve etilen üretimi analizleri yapılmıştır. Uygulamaların raf ömrü üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla soğuk depodan çıkarılan meyveler 7 gün 20°C sıcaklık ve %60±5 oransal nemde bekletildikten sonra ve aynı kalite analizleri yapılmıştır. 1-MCP uygulamaları depolama süresince ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, meyve rengi, meyvenin etilen üretim miktarı, meyvenin solunum hızı üzerine etkili olmuştur. Genel olarak, sonuçlar 1-MCP'nin depolama sırasında elma kalitesini koruma da önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Starking Delicious, Elma, 1-Methylcyclopropene, Muhafaza, Mahaan

Effects of Postharvest 1-MCP treatment on Cold Storage and Shelf Life Quality of Starking Delicious Cultivar

Abstract

Fruits were harvested at optimum maturity stage and exposed to different doses [control; 156.25 ppb; 312.5 ppb; 625 ppb] of 1-MCP for 24 h 10°C. After treatments fruit samples were stored at 0 °C and 90±5 % relative humidity for 120 days. During the storage period monthly taken fruit samples were analyzed for fruit quality parameters, which are: weight loss, fruit skin colour, firmness, total soluble solid, titratable acidity, respiration rate and ethylene production. To determine the effects of treatments on shelf life fruit samples held for 7 days at 20° C and the same analyses were conducted. 1-MCP applications were effected on weight loss, fruit texture, fruit color, ethylene production, respiration rate fruit during storage. Overall, the results indicate that 1-MCP has a significant effect for maintaining apple quality during storage.

Keywords: Starking Delicious, Apple, 1-Methylcyclopropene, Postharvest, Mahaan

1. Giriş

Elma, klimakterik özellik gösteren ve uzun depolama ömrüne sahip bir meyve türüdür. Genellikle çeşitlere göre değişmekle birlikte normal atmosferli (NA) soğuk hava depolarında 4-6 ay depolanabilmektedir. Yazlık ve orta mevsim çeşitlerinin depo dayanım süreleri geçici çeşitlere göre daha kısa sürelidir. Elmalarda depolama süresi, meyve eti sertliği, meyve ağırlık kaybı, meyve asitliği, fizyolojik bozulmalar ve patojenik hastalıklardan kaynaklı kayıplar gibi kriterler tarafından belirlenmektedir.

1-Methylcyclopropene (1-MCP) son yıllarda geliştirilmiş, birçok meyve, sebze ve süs bitkisinde hasat sonrasında yaygın bir şekilde kullanılan bir maddedir. 1-MCP birçok üründe olgunlaşma, yaşlanma (senesens) ve dökülmeyi (absisyon) geciktirir, etilen üretimini, solunumu, renk değişim-

klilerini ve yumuşamayı azaltır (Watkins, 2006). Bu etkileri ürünlerde etileni engelleyerek sağlamaktadır. 1-MCP etilen benzeri bir madde olup ürünlerde etilen reseptörlerine geri dönüşsüz bir şekilde bağlanarak etilenin bağlanmasını engellemekte, böylece etilenin etkisinin ortaya çıkmasını engellemektedir (Sisler ve Serek, 1997; Blankenship ve Dole, 2003). 1-MCP'nin etkisi uygulama konsantrasyonuna, uygulama sıcaklığına, uygulama süresine, tür ve çeşide, gelişme dönemine, hasattan uygulamaya kadar geçen süreye bağlı olarak değişmektedir. Aynı zamanda soğuk hava deposundan çıktıktan sonra son tüketiciye gelinceye kadar ki süreçte de meyvelerin kalitelerini (sertlik, gevreklik, sululuk vb.) daha uzun süre koruyarak raf ömrü süresini uzatmaktadır (Çalhan ve ark., 2013).

1-MCP özellikle klimakterik ürünlerde klimakterik olmayan ürünlere göre daha etkili sonuçlar ortaya

koymaktadır. Dünyada 1-MCP'nin en fazla kullanıldığı ürünlerin başında elma gelmekte olup, armut, muz, kivi, kayısı, avokado, Trabzon hurması, ananas, domates gibi meyve-sebzelerin yanında süs bitkilerinde de yaygınca kullanılmaktadır (Watkins, 2006). Elmada dünyanın birçok ülkesinde farklı formülasyonlarda ruhsat alınarak hasat sonrasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada da 1-MCP etkili maddeli MAHAAN VP ticari isimli maddenin farklı dozlarının Starking Delicious elma çeşidinin NA depolama sırasında kalite kriterleri üzerine etkilerinin incelenmesi ve referans (SmartFresh TM) ve kontrol uygulamasıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERİYAL VE METOT

2.1. Bitki Materyali

Çalışmada, bitki materyali olarak "Starking Delicious" elma çeşidi meyveleri kullanılmıştır. Meyveler Eğirdir / Isparta bölgesinde MM106 anacı üzerine aşı 10-11 yaşa sahip starking elma çeşidi olan üretici bahçesinden temin edilmiştir. Doğru hasat zamanını belirlemek için gelişme süresi, meyve eti sertliği, meyvenin renklenme durumu, meyvedeki nişastanın parçalanma durumu dikkate alınarak derim gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan meyveler homojen büyüklükte, çeşide özgü zemin rengini almış, mekanik zarara uğramamış, herhangi bir fungal veya bakteriyel bulaşma olmayan meyvelerden seçilmiştir.

2.2. Uygulama ve Depolama

Hasat edildikten sonra homojen büyüklükte meyveler seçilerek depolama öncesinde bazı hasat sonrası uygulamalar yapılmıştır. Söz konusu uygulamalar;

Kontrol grubu (1-MCP uygulaması yapılmamış grup)

625 ppb (0,042g/m³) dozda 1-Methylcyclopropene (%3,3 1-MCP) SmartFreshTM (Referans)

156,25 ppb (0,03125 g/3m³) dozda 1-Methylcyclopropene (%3,3 1-MCP) MAHAAN VP

312,5 ppb (0,0625 g/3m³) dozda 1-Methylcyclopropene (%3,3 1-MCP) MAHAAN VP

625 ppb (0,125 g/3m³) dozda 1-Methylcyclopropene (%3,3 1-MCP) MAHAAN VP

Uygulamalar; 3 m³ hacminde gaz sızdırmaz kabinde toz formundaki uygulama materyali, saf su ve kabin içindeki hava karıştırıcı fan yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Uygulama 24 saat süreyle 10°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Referans uygulaması için ticari olarak 1-MCP (SmartFreshTM) uygulaması yapılmış olan meyve örnekleri temin edilip çalışmada kullanılmıştır.

Depoya getirilen örneklerden hemen başlangıç analizleri yapılmıştır. Söz konusu uygulamalara tabi tutulan meyveler, herhangi bir uygulama yapılmamış elmalarla (kontrol) birlikte 0±0,5oC arası sıcaklık ve %90±5 oransal nem koşullarında plastik kasalarda 120 gün süreyle depolanmışlardır. Analizler ise 1 ay arayla depodan çıkartılan meyve örneklerinde yapılmıştır. Her depolama süresi sonunda meyveler 20°C sıcaklık ve %60±5 nispi nem koşullarında 7 gün raf ömrüne tabi tutulmuşlardır. Depolama ve raf ömrü çalışması Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Hasat Sonrası Fizyolojisi Bölümü Depo ve Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2.3. Metot

2.3.1. Meyve Ağırlık Kaybı (%)

Meyvelerde ağırlık kaybı ölçümleri için her uygulamadan (10X4) 40 adet meyve seçilerek ölçümleri 0.01 g hassasiyetli dijital tartı cihazı (SBA 51 Scales Ins., Almanya) kullanılmıştır. Her depolama süresi sonundaki ağırlık değeri, söz konusu meyvenin başlangıç ağırlık değerine göre kümülatif olarak (%)olarak saptanmıştır.

Muhafaza dönemindeki ağırlık kaybı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

Ağırlık kaybı (%) = ((Başlangıç ağırlığı - Son ağırlık) X 100) / Başlangıç ağırlığı

Raf ömrü çalışması için ağırlık kaybı aşağıdaki formüle göre hesap edilmiştir:

Ağırlık kaybı (%)= (((Raf başı ağırlık - Raf sonu ağırlık) X 100) / Raf başı ağırlık) + her uygulamanın her dönemi için Ortalama Muhafaza Ağırlık kaybı (%)

2.3.2. Meyve Eti Sertliği (N)

Meyve eti sertliği (MES) meyvenin her iki yananın orta yerinden (ekvatorial bölgeden) kabuk soyularak, 11.1 mm çapında uç kullanılarak, 10 mm derinliğe kadar ucun 10 cm/dk hızla batırılmasıyla ölçülmüştür. Ölçümde tekstür analiz cihazı (Güss FTA Type GS14 Fruit-Texture Analyser Model, Strand, Güney Afrika) kullanılmıştır.

2.3.3. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (SÇKM) (%), Titre Edilebilir Asitlik (TEA) Miktarı (g/100 mL) ve pH

Her tekerrürdeki meyvelerin katı meyve sıcaklığı yardımıyla meyve suyu çıkartıldıktan sonra SÇKM dijital refraktometre, otomatik titratör yardımıyla meyvenin hem TEA değeri hem de PH değeri ölçülmüştür. PH ve TEA ölçümü için meyve suyundan 5 mL alınarak üzerine saf su eklenerek 50 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 0,1 N sodyum hidroksit ile titre edilerek pH 8,1 oluncaya kadar eklenen sodyum hidroksit miktarı bulunmuştur.

Harcanan sodyum hidroksit miktarı ise formül yardımıyla hesaplanarak malik asit olarak g/100 mL cinsinden bulunmuştur (Karaçalı 2009).

2.3.4. Meyve kabuk rengi (L*, a*, b*, C* ve h°)

Meyvelerde renk ölçümleri her uygulamadan 40 adet meyve seçilerek Minolta CR-400 (Konika Minolta Inc., Japonya) kromometre cihazı kullanılmıştır. Ayrıca raf ömrü çalışması başında ve sonunda da meyvelerdeki renk değişimleri incelenmiştir. Ölçümler, meyvenin bir yönüne yapılandırılan etiket yardımıyla sürekli olarak bu etiketin hemen altından ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Rengin değerlendirilmesinde parlaklık (L*), kırmızı- yeşil (a*) ve sarı-mavi (b*), hue açısı (h°) ve kroma (C*) değerleri kullanılmıştır.

2.3.5. Etilen üretimi ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$) ve Solunum Hızı ($\text{mL CO}_2/\text{kg.h}$):

Başlangıçta ve her dönem depolamadan çıkartılan meyvelerden her uygulamadan 4 tekerrürlü, yaklaşık 1 kg (4-5 meyve) alınarak 5 L'lik kavanozlara konularak gaz kaçırılmayacak şekilde kapatılmıştır. 24 saat 20°C'de bekletildikten sonra kapakta bulunan delikten örnek gaz alınarak gaz kromatografisinde okuma yapılmıştır. Solunum hızı ve etilen üretim miktarı ölçümü her bir kavanozdan alınan tek bir gaz örneğinde aynı anda yapılmıştır. Agilent marka GC-7890A gaz kromatografisi kullanılmıştır. Fırın, TCD ve FID detektörlerinin sıcaklıkları sırasıyla 40 (izotermal), 250 ve 250°C'dir. Etilen üretimi ppm olarak alınmış ve formül-üze edilerek $\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$ 'e çevrilmiştir. Solunum hızı % olarak alınmış ve Saltveit (2008)'e göre formül-üze edilerek $\text{mL CO}_2/\text{kg.h}$ 'e çevrilmiştir.

2.3.6. Kabuk Yanıklığı

Elmalarda fizyolojik bir bozukluk olan ve superficial scald olarak da isimlendirilen kabuk yanıklığı özellikle Granny Smith elma çeşidi olmak üzere Starking Delicious ve diğer çeşitlerde de görülüp meyvelerin pazar değerini düşürmektedir. Meyvelerdeki kabuk yanıklığı her analiz döneminde incelenen elmalarda kabuk yanıklığı durumu Jung ve Watkins (2008) ile Zanella (2003)'e göre yapılmıştır.

Kabuk Yanıklığı Skalası; 0 = %0, 1 = %1-10, 2 = %11-25, 3 = %26-75, 4 = %76-100

2.3.7. İstatistiksel Analizler

Çalışma, uygulama dozları ve muhafaza süresi olmak üzere 2 faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her tekerrürde 10 adet elma meyvesi kullanılmıştır. Çalışma bulguları, JMP7 istatistik paket programında varyans analizine tabi tutularak LSD çoklu karşılaştırma testiyle $p < 0,05$, $0,01$, $0,001$ düzeylerinde değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ağırlık Kaybı (%)

Depolama süresi boyunca meyvelerde sürekli bir ağırlık kaybı meydana gelmiştir (Çizelge 1). Elmalarda 4 aylık soğuk muhafaza sonunda %1,70-2,55 arasında ağırlık kaybı olduğu görülmektedir. Meyvelerin depolanması sırasında bünyelerinde bulunan suyun, ürünün solunumu sırasında ürün yüzeyinden özellikle lentsellerden meydana gelen su buharı şeklinde kaybolması buna neden olmaktadır. Birçok çalışmada ürünlerin depolanması sırasında su kaybı sonucu ağırlık kaybı meydana geldiği bildirilmiştir (Karaçalı, 2009; Çalhan ve ark., 2012). Ağırlık kaybını engellemede SmartFresh™ ve 625ppb MAHAAN VP uygulamaları etkili olmuştur. 1-MCP uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine olumlu etkiye bulunduğu dair benzer bulgular daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Özipek ve Köksal, 2012; Kaynaş ve ark., 2012). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama = 0,145 ve LSD dönem = 0,130).

Muhafaza süresinin sonrasında 7 günlük raf ömrü çalışmasında da ağırlık kaybı artışları devam etmiştir. Dönem sonunda meyvelerdeki ağırlık kaybı miktarları %3,14-3,97 seviyelerine ulaşmıştır. Raf ömrü çalışması sırasında soğuk muhafazaya göre daha fazla ağırlık artışı meydana gelmiştir (Çizelge 2). Meyvelerin raf koşullarında hem daha yüksek sıcaklığa hem de daha düşük nispi nem ortamına maruz kalması hızlı ağırlık kaybı artışına sebep olmuştur. Dönem ilerledikçe ağırlık kaybı artmıştır. Ağırlık kaybını Smart-Fresh™ ve MAHAAN VP aynı uygulamaları benzer etkiyi göstermiştir. Kontrol grubu her iki uygulamaya göre daha düşük seviyelerde kalmıştır. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılık $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 0,075).

3.2. Meyve Eti Sertliği (N)

Elmalarda meyve eti sertliğinin muhafaza süresi boyunca korunması önemli kalite parametrelerinden biridir. Meyvelerde NA koşullarında muhafaza süresi uzadıkça meyve eti sertliğinde düşüş meydana gelir. Bu düşüşte meyvenin olgunluğunun ilerlemesiyle hücrelerin birbirlerine olan bağlılığı azalmakta, meyve dokusunun gevrekliği düşmektedir. Çalışmada da benzer şekilde muhafaza süresi uzadıkça meyve eti sertliğinde azalma meydana gelmiştir (Çizelge 3). 75,37 N olan hasat zamanındaki meyvelerin sertlik değerleri soğuk muhafazanın sonunda 69,04-59,50 N değerlerine düşmüştür. SmartFresh™ ve MAHAAN VP uygulamaları ise Kontrol grubuna göre meyve eti

Çizelge 1. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

Table 1. Effects of 3.3% 1-MCP in different doses on weight loss (%) of Starking Delicious apple variety during storage

	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	0,77	1,49	1,80	2,55	1,65A
SmartFresh™	0,51	1,14	1,40	1,70	1,19B
156,25 ppb Mahaan VP	0,84	1,60	1,89	2,35	1,67A
312,5 ppb Mahaan VP	0,83	1,55	1,87	2,26	1,63A
625 ppb Mahaan VP	0,72	1,19	1,54	1,93	1,34B
Ortalama	0,73D	1,39C	1,70B	2,16A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 2. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü süresince ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

Table 2. Effects of 3.3% 1-MCP in different doses on weight loss (%) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	0,87	1,52	2,61	3,12	3,97	2,42A
SmartFresh™	0,73	1,22	2,33	2,48	3,14	1,98D
156,25 ppb Mahaan VP	0,94	1,71	2,57	3,03	3,53	2,35AB
312,5 ppb Mahaan VP	0,79	1,55	2,50	3,07	3,49	2,28BC
625 ppb Mahaan VP	0,91	1,53	2,46	2,96	3,44	2,26C
Ortalama	0,85E	1,50D	2,49C	2,93B	3,52A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

sertliğinin korunmasında daha etkili sonuçlar alınmıştır. Meyvelerin raf ömrü sürecinde meyve eti sertlik değerinin korunmasında 1-MCP'nin etkinliği önceki çalışmalarla benzer sonuçlar alınmıştır (Karaşahin ve ark., 2008; Çalhan ve ark., 2013). Bu çalışmada da her iki 1-MCP uygulamasın-

tiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,461).

3.3. Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarı (%)

Çizelge 3. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri

Table 3. Effects of 3.3% 1-MCP in different doses on fruit flesh firmness (N) of Starking Delicious apple variety during storage

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	75,37	70,65	65,41	59,14	61,20	66,35C
SmartFresh™	75,37	68,94	69,14	68,14	65,69	69,46A
156,25 ppb Mahaan VP	75,37	69,62	69,62	63,87	59,50	67,60B
312,5 ppb Mahaan VP	75,37	69,81	68,51	68,07	68,71	70,09A
625 ppb Mahaan VP	75,37	70,88	68,58	67,58	69,04	70,29A
Ortalama	75,37A	69,98B	68,25C	65,36D	64,83D	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

dan benzer sonuçlar alınmıştır. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,124).

1-MCP uygulamalarının en önemli etkilerinden birisi de soğuk muhafaza sonrası raf ömründe meyve eti sertlik değerlerini korunmasıdır. Çalışma sonucunda da 1-MCP ile Kontrol grubu uygulamaları arasında ciddi sertlik farkları ortaya çıkmıştır (Çizelge 4). 625 ppb MAHAAN VP uygulaması meyve eti sertliğini korumada daha etkili bulunmuştur. 1-MCP uygulamaları meyvelerin raf ömrü sürecinde meyve eti sertlik değerinin korunmasında ki etkinliği önceki çalışmalarda da belirtilmiştir (Eren ve ark., 2008; Ekinci ve ark., 2012;). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,124).

Meyvelerin SÇKM miktarı depolama süresi boyunca önce artmış daha sonra depolama sonlarına doğru kısmen bir azalış meydana gelmiştir (Çizelge 5). SÇKM miktarındaki artış meyvenin bünyesinde bulunan nişastanın şekerlere dönüşmeye devam etmesi ve meyvenin içerdiği su miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Dönem sonuna doğru azalışta da meyvenin hayatını devam ettirmek için solunum sırasında bünyesindeki şekerleri de kullanmaya başlaması etkili olmaktadır. Elde ettiğimiz bulgular daha önceki yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir (Karaşahin ve ark., 2008). İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmazken, dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,124).

Çizelge 4. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü süresince meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri

Table 4. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on fruit flesh firmness (N) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	67,02	63,11	59,20	53,15	53,34	59,17D
SmartFresh™	71,41	67,44	69,52	68,18	67,61	68,83BC
156,25 ppb Mahaan VP	75,35	74,69	65,76	61,71	59,99	67,50C
312,5 ppb Mahaan VP	74,99	67,84	68,27	71,30	65,96	69,67AB
625 ppb Mahaan VP	71,41	70,35	71,03	72,11	68,97	70,78A
Ortalama	72,04A	68,69B	66,76C	65,29D	63,17E	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

Çizelge 5. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince SÇKM (%) üzerine etkileri

Table 5. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on TSS (%) of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	10,23	10,38	11,43	11,45	11,43	10,98
SmartFresh™	10,23	11,35	11,55	11,43	10,73	11,06
156,25 ppb Mahaan VP	10,23	10,85	11,38	11,40	10,88	10,95
312,5 ppb Mahaan VP	10,23	11,28	11,23	11,90	11,30	11,19
625 ppb Mahaan VP	10,23	10,63	12,28	11,75	11,23	11,22
Ortalama	10,23C	10,90B	11,57A	11,59A	11,11B	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

Çizelge 6. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında SÇKM (%) üzerine etkileri

Table 6. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on TSS (%) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	11,70	11,23	10,85	11,50	12,00	11,46A
SmartFresh™	11,03	11,95	11,83	11,05	11,78	11,53A
156,25 ppb Mahaan VP	9,03	10,18	11,43	11,33	11,25	10,64B
312,5 ppb Mahaan VP	10,50	12,05	11,43	11,68	11,53	11,44A
625 ppb Mahaan VP	10,10	11,25	11,80	11,65	11,70	11,30A
Ortalama	10,47C	11,33B	11,47AB	11,44AB	11,65A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 0,275).

Raf ömrü çalışması sırasında meyvelerin SÇKM miktarları sürekli bir artış göstermiştir. En düşük SÇKM 156,25ppb uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 6). Diğer uygulamalar benzer sonuçlar vermiştir. Sakalıdaş (2014)'de Deveci armudunda yaptığı çalışmada raf ömrü süresince meyve suyu SÇKM değerinin arttığını gözlemlemiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 0,228).

3.4. Titre Edilebilir Asitlik Miktarı (g/100mL)

Meyvelerde SÇKM oranıyla birlikte tat oluşumunun temel faktörlerinden bir tanesi titre edilebilir asitlik (TEA). Elmalarda organik asitlerden en fazla bulunan malik asittir (Karaçalı, 2009). TEA muhafaza süresince önce artış daha sonra bir

azalma göstermiştir (Çizelge 7). Çalışma sonunda en düşük TEA değeri Kontrol grubundan elde edilirken, en yüksek ortalama TEA değeri 312,5 ppb uygulamasından alınmıştır. SmartFresh™ ve 625 ppb MAHAAN VP uygulamaları istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almışlardır. 1-MCP uygulamalarının elmalarda asitliği muhafaza süresince koruduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Çalhan ve ark., 2012; Fan ve Mattheis, 1999). İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ ve dönemler arasındaki farklılıklar $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 0,008).

Raf ömrü süresince meyvelerde TEA miktarı muhafaza çalışmasına benzer şekilde seyretmiş, önce artmış sonra azalmıştır (Çizelge 8). TEA muhafaza süresi sonlarına doğru azalmıştır. 1-MCP uygulamaları TEA'nın korunmasında etkili olmuş; elde edilen veriler daha önceki çalışmalarla uyumluluk

Çizelge 7. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince TEA (g/100mL) üzerine etkileri

Table 7. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on titratable acidity (g/100mL) of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	0,202	0,208	0,192	0,180	0,209	0,198C
SmartFresh™	0,202	0,191	0,231	0,230	0,200	0,211B
156,25 ppb Mahaan VP	0,202	0,219	0,229	0,211	0,208	0,214AB
312,5 ppb Mahaan VP	0,202	0,242	0,220	0,228	0,216	0,221A
625 ppb Mahaan VP	0,202	0,221	0,214	0,186	0,211	0,207B
Ortalama	0,202C	0,216AB	0,217A	0,207C	0,209BC	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 8. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında TEA (g/100mL) üzerine etkileri

Table 8. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on titratable acidity (g/100mL) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	0,191	0,214	0,195	0,177	0,175	0,190C
SmartFresh™	0,199	0,225	0,211	0,208	0,202	0,209B
156,25 ppb Mahaan VP	0,227	0,251	0,207	0,203	0,213	0,220A
312,5 ppb Mahaan VP	0,207	0,231	0,251	0,225	0,191	0,221A
625 ppb Mahaan VP	0,214	0,230	0,232	0,214	0,204	0,219AB
Ortalama	0,208C	0,230A	0,219B	0,205CD	0,197D	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 9. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince pH değeri üzerine etkileri

Table 9. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on PH value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	3,663	3,711	3,602	3,662	3,668	3,661
SmartFresh™	3,663	3,721	3,622	3,644	3,678	3,665
156,25 ppb Mahaan VP	3,663	3,711	3,625	3,550	3,762	3,662
312,5 ppb Mahaan VP	3,663	3,694	3,660	3,603	3,712	3,666
625 ppb Mahaan VP	3,663	3,700	3,687	3,663	3,730	3,689
Ortalama	3,663A	3,707A	3,639A	3,624B	3,710A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

göstermiştir (Eren ve ark., 2008). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 0,010).

3.5. pH Değeri

Meyve suyundaki pH miktarı muhafaza süresince dalgalanma göstermiştir (Çizelge 9). Uygulamalar arasında istatistiki olarak bir fark bulunmazken, dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 0,723).

Raf çalışmasında da meyve suyundaki pH değeri bakımından elde edilen bulgular dönemsel analizlerle benzerlik göstermektedir. pH değeri muhafaza süresince dalgalanma göstermiştir (Çizelge 10). Son dönemde pH değeri önemli miktarda düşüş göstermiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmazken, dönemler

arasındaki farklılıklar p<0,0001, düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 0,145).

3.6. Etilen Üretim Miktarı (µL C2H2/kg.h)

Elma, yüksek etilen üreten bahçe ürünleri arasında yer alan klimakterik bir meyve türüdür (Karaçalı, 2009). Elmalarda etilen üretimindeki artış klimakterium ile başlamaktadır. Elmalarda genellikle optimum hasat zamanı klimakteriel yükseliş öncesindeki hasat olumu zamanına rast gelmektedir. Hasattan sonra muhafaza süresinde de solunum hızındaki artışla birlikte etilen üretiminde artış meydana gelir. Etilenin bitki metabolizmasında otokatalitik etkisinden dolayı da dokuda üretilmeye başlanan etilen kendi üretim miktarını arttırarak zincirleme reaksiyon şeklinde gerçekleşir. 1-MCP ise etilen üretimini baskılayarak otokatalitik etkisinin ortaya çıkmasını geciktirmektedir. Dolayısıyla 1-MCP

Çizelge 10. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında pH değeri üzerine etkileri

Table 10. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on PH value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	3,795	3,600	3,451	3,811	1,896	3,311
SmartFresh™	3,812	3,605	3,483	3,693	1,865	3,292
156,25 ppb Mahaan VP	3,722	3,567	3,511	3,728	1,831	3,272
312,5 ppb Mahaan VP	3,697	3,581	3,489	3,707	1,842	3,263
625 ppb Mahaan VP	3,720	3,581	3,478	3,680	1,858	3,263
Ortalama	3,749A	3,587AB	3,482B	3,724A	1,858C	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 11. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince etilen üretim ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$) üzerine etkileri

Table 11. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on ethylene production ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$) of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	1,39	33,04	52,99	64,46	244,51	79,28A
SmartFresh™	1,39	2,71	5,07	4,99	51,71	13,17C
156,25 ppb Mahaan VP	1,39	6,10	17,27	26,13	159,86	42,15B
312,5 ppb Mahaan VP	1,39	3,41	1,61	2,03	27,44	7,18CD
625 ppb Mahaan VP	1,39	0,29	0,42	2,07	7,94	2,42D
Ortalama	1,39D	9,11CD	15,47BC	19,93B	98,29A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 12. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında etilen üretim ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$) üzerine etkileri

Table 12. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on ethylene production ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	17,91	66,76	80,61	88,64	236,84	98,15A
SmartFresh™	0,29	3,94	10,86	22,45	145,47	36,60C
156,25 ppb Mahaan VP	0,17	8,07	34,71	57,21	241,08	68,25B
312,5 ppb Mahaan VP	0,30	11,26	3,95	8,80	117,07	28,28C
625 ppb Mahaan VP	0,26	0,19	0,55	6,09	20,09	5,44D
Ortalama	3,79D	18,04C	26,14BC	36,64B	152,11A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

uygulanan elmalarda etilen üretimi oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır.

Yapılan çalışmada da Kontrol grubunda etilen üretimi muhafaza süresince artmıştır (Çizelge 11). Buna karşın 312,5 ppb ve 625 ppb MAHAAN VP uygulamalarındaki meyvelerde ise etilen üretimi oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. 1-MCP'nin elmalarda etilen üretimini baskıladığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Çalhan ve ark., 2013; Watkins ve ark., 2000; Watkins, 2006; Fan ve Mattheis, 2001). 1-MCP'nin etilen üretimini baskılanması elmalarda olgunlaşmanın yavaşlatılması ve kalitenin daha uzun süre korunmasına katkı sağlamıştır. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 10,125).

Çalışmanın raf ömrü sürecinde de meyvelerdeki etilen üretimi, 1-MCP uygulamaları tarafından

baskılanmıştır (Çizelge 12). Dönem ilerledikçe etilen üretiminde artış görülmüştür. En düşük etilen üretim miktarı 625 ppb MAHAAN VP uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan çalışma daha önceki çalışmalarla benzerlik içinde olduğu görülmüştür (Sakalbaş ve ark., 2012). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 12,476).

3.7. Meyve Solunum Hızı ($\text{mL CO}_2/\text{kg.h}$)

Meyvelerin solunum hızları muhafaza süresince önce azalan sonra artan şekilde değişim göstermiştir. Kontrol grubunda en yüksek solunum değeri elde edilirken en düşük değer 625 ppb MAHAAN VP uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 13). Genel olarak 1-MCP uygulamaları solunumu baskılamışlardır. 1-MCP uygulaması etilen üretimini baskılayarak meyvelerde solunum hızını baskılamaktadır (Watkins, 2006). Böylece

Çizelge 13. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince solunum hızı (mL CO₂/kg.h) üzerine etkileri

Table 13. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on respiration rate (mL CO₂/kg.h) of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	9,85	14,34	10,64	10,23	31,15	15,24A
SmartFresh™	9,85	11,93	9,14	5,73	20,88	11,51BC
156,25 ppb Mahaan VP	9,85	10,34	9,06	7,18	24,14	12,11B
312,5 ppb Mahaan VP	9,85	9,58	7,70	4,18	19,71	10,20CD
625 ppb Mahaan VP	9,85	8,72	7,31	5,65	13,94	9,09D
Ortalama	9,85BC	10,98B	8,77C	6,59D	21,96A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 14. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında solunum hızı (mL CO₂/kg.h) üzerine etkileri

Table 14. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on respiration rate (mL CO₂/kg.h) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	12,26	13,49	13,27	12,96	31,53	16,70A
SmartFresh™	5,49	6,71	8,02	8,36	23,79	10,48C
156,25 ppb Mahaan VP	7,35	6,61	9,17	9,80	29,27	12,44BC
312,5 ppb Mahaan VP	9,15	7,37	6,57	7,09	23,12	10,66C
625 ppb Mahaan VP	6,98	6,25	5,54	7,82	13,41	8,00D
Ortalama	8,24C	8,09C	8,52C	9,20B	24,22A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 15. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince L* değeri üzerine etkileri

Table 15. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on L* value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	39,79	39,23	39,76	38,05	36,56	38,68CD
SmartFresh™	41,50	40,01	41,46	39,86	38,21	40,21AB
156,25 ppb Mahaan VP	39,94	39,30	40,79	38,89	38,72	39,53BC
312,5 ppb Mahaan VP	41,92	41,94	42,49	40,31	39,38	41,21A
625 ppb Mahaan VP	38,04	37,72	38,58	37,11	36,00	37,49D
Ortalama	40,24A	39,64AB	40,62A	38,85BC	37,78C	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

meyvelerin düşük solunum hızı göstermesi daha uzun süre depolanabileceğini göstermektedir. Yaptığımız çalışma daha önceki çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Çalhan ve ark., 2012). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,655).

Raf ömrü sırasında da solunum hızı sürekli artış göstermiştir. Kontrol grubu en yüksek değeri verirken, 625 ppb MAHAAN VP uygulamasından en düşük solunum hızı değeri alınmıştır (Çizelge 14). 1-MCP uygulamaları Kontrol grubuna göre solunum hızını baskılamışlardır. Raf ömrü çalışmasında benzer bulguları Erbaş ve Koyuncu (2016)'da elde etmişlerdir. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar

p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 1,796).

3.8. Meyve Zemin Rengi

Meyvelerin kabuk renkleri muhafaza boyunca aynı meyvelerden ölçüm yapılarak elde edilmiştir. Rengin değerlendirilmesinde L*, a*, b*, C* ve h° değerleri kullanılmıştır.

3.8.1. L* değeri

L* değeri kabuğun parlaklığını ifade etmekte olup, değerlerin yükselmesi parlaklığın artışı anlamına gelmektedir. L* değeri muhafaza süresince bir miktar azalmıştır. Özellikle 3. ve 4. aylarda bu azalış belirginleşmiştir (Çizelge 15). Daha önce eriklerde yapılan 1-MCP çalışmasında dönem ilerledikçe L* değerinde azalmalar olduğu görülmüştür (Erbaş ve Koyuncu 2016). En yüksek L* değeri 312,5 ppb uygulamasından elde edilirken,

Çizelge 16. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında L* değeri üzerine etkileri

Table 16. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on L* value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	37,47	38,29	42,61	41,11	37,30	39,36C
SmartFresh™	40,53	39,05	42,10	43,47	39,90	41,01AB
156,25 ppb Mahaan VP	42,04	41,94	37,20	39,97	37,37	39,71BC
312,5 ppb Mahaan VP	40,63	42,83	43,61	41,40	37,52	41,20A
625 ppb Mahaan VP	39,45	36,65	40,04	43,57	42,07	40,35B
Ortalama	40,02BC	39,75BC	41,11AB	41,90A	38,83C	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 17. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince a* değeri üzerine etkileri

Table 17. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on a* value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	25,24	27,00	25,68	27,24	27,75	26,58C
SmartFresh™	24,19	26,55	25,87	28,69	31,59	27,38C
156,25 ppb Mahaan VP	24,58	26,04	26,33	30,75	31,67	27,87B
312,5 ppb Mahaan VP	24,69	25,81	26,23	29,96	30,70	27,48BC
625 ppb Mahaan VP	24,79	26,94	27,94	31,37	33,55	28,92A
Ortalama	24,70D	26,47C	26,41C	29,60B	31,05A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 18. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında a* değeri üzerine etkileri

Table 18. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on a* value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	27,14	25,80	25,03	25,47	25,95	25,88
SmartFresh™	23,72	24,59	24,48	26,18	27,86	25,37
156,25 ppb Mahaan VP	23,64	23,46	28,16	30,13	27,57	26,59
312,5 ppb Mahaan VP	26,13	23,97	26,76	27,53	27,96	26,47
625 ppb Mahaan VP	26,92	25,92	28,57	27,68	29,38	27,69
Ortalama	25,51C	24,75C	26,60B	27,40B	27,75A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

en düşük L* değeri kontrol ve 625 ppb uygulamasından alınmıştır. İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve LSD dönem = 1,280).

Raf ömrü süresinde ise L* değeri muhafaza süresince önce artan sonra azalan bir değişim göstermiştir (Çizelge 16). Daha önce Granny Smith elma çeşidinde yapılan çalışmada dönem ilerledikçe raf ömrü süresince L* değerinin azaldığını tespit etmişlerdir (Akbudak ve ark. 2009). 1-MCP uygulamaları parlaklığın korunmasında etkili olmuşlardır. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar p<0,0001 ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 1,5504).

3.8.2. a* değeri

a* değeri kırmızılığı (+) ve yeşilliği (-) ifade etmektedir. a* değeri dönem ilerledikçe artış göstermiş olup meyvede kırmızılık artmıştır (Çizelge 17). MAHAAN VP uygulamaları meyvenin kırmızı renk değerinin artmasında etkili olmuştur. Golden elmasında yapılan çalışmada 1-MCP uygulamaları a* renk değerini muhafaza etmişlerdir (Yıldırım ve ark. 2012). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 0,9125).

Raf ömrü çalışması sırasında ise a* değeri bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır (Çizelge 18). Dönem ilerledikçe a* değeri artış göstermiş meyvenin kırmızı rengi değeri artmıştır. İstatistiksel olarak dönemler arasındaki farklılıklar p<0,0001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 1,1345).

Çizelge 19 Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince b* değeri üzerine etkileri

Table 19. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on b* value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	17,19	18,19	17,65	19,51	20,00	18,51B
SmartFresh™	16,83	19,00	18,49	20,29	22,21	19,37AB
156,25 ppb Mahaan VP	17,87	18,46	18,85	21,73	23,31	20,04A
312,5 ppb Mahaan VP	17,98	18,15	18,88	21,51	22,80	19,86A
625 ppb Mahaan VP	16,00	17,24	17,80	19,71	21,59	18,47B
Ortalama	17,17D	18,21C	18,34C	20,55B	21,98A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 20. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında b* değeri üzerine etkileri

Table 20. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on b* value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	16,88	16,20	20,12	18,50	17,05	17,75
SmartFresh™	17,30	15,99	18,76	20,36	18,43	18,17
156,25 ppb Mahaan VP	20,07	17,60	16,57	18,67	16,76	17,93
312,5 ppb Mahaan VP	18,78	19,92	19,86	19,13	17,56	19,05
625 ppb Mahaan VP	19,13	15,72	18,97	19,65	20,93	18,88
Ortalama	18,43A	17,09B	18,86A	19,26A	18,15AB	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 21. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince C* değeri üzerine etkileri

Table 21. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on C* value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	30,69	32,68	31,34	33,86	34,59	32,63B
SmartFresh™	29,75	32,91	32,11	35,40	38,90	33,81A
156,25 ppb Mahaan VP	30,74	32,08	32,66	37,93	39,80	34,64A
312,5 ppb Mahaan VP	30,73	31,71	32,49	37,12	38,51	34,11A
625 ppb Mahaan VP	29,69	32,13	33,30	37,20	40,09	34,48A
Ortalama	30,32D	32,30C	32,38C	36,30B	38,38A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

3.8.3. b* değeri

b* değeri sarılığı (+) ve maviliği (-) ifade etmektedir. b* değeri muhafaza süresince artış göstermiştir (Çizelge 19). 1-MCP uygulamaları muhafaza süresince b* değeri üzerine farklı etkilerde bulunmuşlardır. 156,25 ppb ve 312,5 ppb uygulamaları en yüksek b* değerini verirken, 625 ppb ve Kontrol grubu en düşük b* değerlerini vermişlerdir. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar p<0,0001 ve dönemler arasındaki farklılıklar p<0,001 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 0,9103).

b* değeri bakımından muhafaza süreleri arasında istatistiksel olarak farklılık çıkmıştır (Çizelge 20). Muhafaza süresince b* değerinde dalgalanma oluşmuştur. Soğuk muhafazaya benzer şekilde b* renk değerlerinin raf ömrü süresince başlangıç

değerlerinde belirgin farklılıklar meydana gelmemiştir. İstatistiksel olarak dönemler arasındaki farklılıklar p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 1,1151).

3.8.4. C* değeri

C* değeri rengin yoğunluğunu (intensity) ifade etmektedir. C* değeri bakımından uygulamalar arasında ve muhafaza süreleri arasında istatistiksel olarak farklılık çıkmıştır (Çizelge 21). Genel olarak muhafaza süresi boyunca C* değerinde artış meydana gelmiştir. Muhafaza süresince Kontrol grubu meyvelerinde C* değeri 1-MCP uygulamalarına göre daha düşük elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda 1-MCP uygulanan meyvelerin C* renk değeri kontrole göre daha yüksek bulunmuştur (Doğan ve ark. 2017). İstatistiksel olarak uygulamalar ve dönemler arasındaki farklılıklar

Çizelge 22. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında C* değeri üzerine etkileri

Table 22. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on C* value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	32,04	30,54	32,56	31,67	31,12	31,59B
SmartFresh™	29,70	29,42	31,29	33,52	33,53	31,49B
156,25 ppb Mahaan VP	31,15	29,50	32,70	35,50	32,33	32,24AB
312,5 ppb Mahaan VP	32,41	31,95	33,48	33,82	33,11	32,95A
625 ppb Mahaan VP	33,21	30,37	34,35	30,03	36,13	32,82A
Ortalama	31,70B	30,36C	32,88A	32,91A	33,24A	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

Çizelge 23. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince h° değeri üzerine etkileri

Table 23. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on h° value of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	34,14	33,81	34,41	35,97	36,00	34,86A
SmartFresh™	35,01	35,74	35,60	35,21	35,18	35,35A
156,25 ppb Mahaan VP	36,10	35,22	35,61	35,28	36,58	35,76A
312,5 ppb Mahaan VP	35,97	34,99	35,78	35,87	37,07	35,93A
625 ppb Mahaan VP	32,29	32,05	31,85	31,60	32,30	32,02B
Ortalama	34,70	34,36	34,65	34,79	35,42	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

Çizelge 24. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında h° değeri üzerine etkileri

Table 24. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on h° value of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	31,73	31,95	38,95	36,17	33,51	34,46
SmartFresh™	36,16	32,95	37,32	37,84	33,36	35,53
156,25 ppb Mahaan VP	40,37	36,72	30,16	31,68	30,92	33,97
312,5 ppb Mahaan VP	35,71	40,28	36,38	34,62	31,95	35,79
625 ppb Mahaan VP	35,07	32,79	33,50	42,42	35,60	35,88
Ortalama	35,81A	34,54A	35,26A	36,55A	33,07B	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir ($p < 0,05$).

$p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 0,8507).

C* değeri bakımından muhafaza süreleri ve uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık çıkmıştır (Çizelge 22). C* renk değerinin raf ömrü süresince dalgalanma görülmüştür. En yüksek C* değeri 312,5 ppb ve 625 ppb MAHAAN VP uygulamalarından elde edilmiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar $p < 0,05$ ve dönemler arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama ve dönem = 1,0641).

3.8.5. h° değeri

Meyvelerden ölçülen h° değerleri 32-35 değerler arasında yer almış olup bu değer de genelde kırmızıdan turuncuya doğru olan renkleri ifade etmektedir. Uygulama ortalamaları arasında h°

değeri açısından istatistiki olarak farklılık bulunmuştur (Çizelge 23). En düşük h° değeri 625 ppb MAHAAN VP uygulamasından elde edilmiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD uygulama = 1,6705).

h° değeri raf ömrü çalışması sırasında uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık ortaya çıkmamıştır (Çizelge 24). h° değeri raf ömrü çalışmasında muhafaza süresince ilk aylarda benzer olurken son ayda azalmıştır. İstatistiksel olarak dönemler arasındaki farklılıklar $p < 0,0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (LSD dönem = 2,1910).

3.9. Kabuk Yanıklığı

Kabuk yanıklığı fizyolojik bir bozukluktur. Çeşit, hasat öncesi hava koşulları, olgunluk, meyve iriliği,

Çizelge 25. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde muhafaza süresince kabuk yanıklığı (Superficial Scald) üzerine etkileri

Table 25. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses superficial scald (%) of Starking Delicious apple variety during the storage period

	Başlangıç	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	Ortalama
Kontrol Grubu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,05
SmartFresh™	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
156,25 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
312,5 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
625 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortalama	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

Çizelge 26. Farklı dozlarda %3,3 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde raf ömrü sırasında kabuk yanıklığı (Superficial Scald) üzerine etkileri

Table 26. Effects of 3.3% 1-MCP applications at different doses on superficial scald (%) of Starking Delicious apple variety during shelf life

	Başlangıç	1.Ay+7gün	2.Ay+7gün	3.Ay+7gün	4.Ay+7gün	Ortalama
Kontrol Grubu	0,00	0,00	0,00	0,44	1,25	0,34
SmartFresh™	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
156,25 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,13
312,5 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
625 ppb Mahaan VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortalama	0,00	0,00	0,00	0,09	0,38	

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında oluşan farklar önemsizdir (p<0,05).

depolama koşulları gibi faktörler bu bozukluğun ortaya çıkmasında etkindir. Yapılan çalışmada MAHAAN VP uygulamaları kabuk yanıklığını muhafaza süresince etkili olduğu görülmüştür. 1-MCP uygulamalarında muhafaza süresince kabuk yanıklığı hiç görülmemiştir (Çizelge 25). Daha önce yapılan çalışmalarda da 1-MCP kabuk yanıklığını baskılamıştır (Moggia ve ark. 2010). Kontrol grubu meyvelerinde ise 4. aydan itibaren kabuk yanıklığına rastlanmıştır. Genellikle kabuk yanıklığı depolamanın 3. ayına kadar karşılaşılmamaktadır (Karaçalı 2009).

Raf ömrü çalışmasında da kabuk yanıklığının görülmesi dönemsel analizlerle benzer sonuçlar elde edilmiştir. 156,25 ppb uygulamasında 4. ayda, Kontrol grubu meyvelerinde ise 3. ayda kabuk yanıklığı görülmeye başlamıştır (Çizelge 26).

4. SONUÇ

Starking Delicious elma çeşidinin NA'da 4 aylık muhafaza süresi boyunca kalite kayıpları meydana gelmiştir. Soğuk muhafaza sırasında meydana gelen bu kalite kayıpları raf ömrü sonunda daha da belirgin hale gelmiştir.

Uygulamalar açısından değerlendirildiğinde ise özellikle 1-MCP uygulamalarından kalite kayıplarının önlenmesinde oldukça etkili sonuçlar alınmıştır. NA'da 4 aylık soğuk muhafaza sırasında 1-MCP dozlarının meyve eti sertliğinin korunmasında, etilen üretiminin baskılanmasında, solunum hızının azaltılmasında, a* değerini

korumada ve TEA korunmasındaki etkileri daha net ortaya çıkmıştır. Çalışma sonunda, farklı dozlarda hazırlanmış olan 1-MCP içeren MAHAAN VP meyve kalite kriterleri üzerine olan etkilerinin, daha önceden yapılmış olan 1-MCP çalışmaları sonuçlarına benzer olarak etki göstermiştir.

Çalışmada uygulanan 1-MCP'nin 625 ppb (0,125 g/3m³) dozunun, Starking Delicious elma çeşidinin NA'da 4 aylık soğuk muhafazası ve onu takiben 1 haftalık raf ömrü çalışmasında incelenen kriterler bakımından istatistiki olarak kalitenin korunmasında en etkili uygulama olduğu belirlenmiştir. 625 ppb (0,125 g/3m³) dozu ağırlık kaybının, titre edilebilir asitlik değerinin, etilen üretiminin, meyvenin solunum hızının baskılanmasında; meyve renk değerlerinin değişmesini muhafaza etmesi bakımından diğer dozlar olan 156,25 ppb (0,03125 g/3m³) ve 312,5 ppb (0,0625 g/3m³) dozlarından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; 625 ppb (0,125 g/3m³) doz uygulaması incelenen birçok kriter bakımından SmartFresh™ uygulamasıyla ya benzer ya da daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Dolayısıyla 625 ppb (0,125 g/3m³) deneme sonucunda önerilen 1-MCP uygulama dozu olmuştur.

Kaynaklar

Akbudak B, Özer MH, Ertürk U, Çavuşoğlu S, 2009. Response of 1-Methylcyclopropene treated "Granny Smith" apple fruit to air and controlled

- atmosphere storage conditions. *Journal of Food Quality* 32(1): 18-33.
- Blankenship SM, Dole JM, 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*, Vol., 28:1-25.
- Çalhan Ö, Eren İ, Onursal CE, Güneyli A, 2012. Granny Smith Elma Çeşidinin Dinamik Kontrollü Atmosferde (DKA) Depolanması. *Bahçe Bilimi Yayın no: 3, V. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, İzmir, sayfa: 145-152.
- Çalhan Ö, Eren İ, Onursal CE, Güneyli A, Emre M, Öztürk FP, 2013. Antalya (Korkuteli-Elmalı) Bölgesinde Elmalara 1-MCP (SmartFresh™) Uygulamaları ve Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6 (1):21-25.
- Doğan A, Kurubaş MS, Erkan M, 2017. Farklı dozlarda 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulamalarının "Hass" avokado çeşidinin depolanması üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences* 30(2): 71-78.
- Ekici N, Kaynaş K, Sakaldaş M, Gündoğdu MA, Öndeş A, 2012. Granny Smith elma çeşidinde hasat sonrası 1-methylcyclopropene protabs uygulamalarının depolama süresince kaliteye olan etkileri. *Bahçe Bilimi Yayın no: 3, V. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, İzmir, sayfa: 267-272.
- 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.
- Eren İ, Pektaş M, Özongun Ş, 2008. Granny Smith elma çeşidinde 1-MCP uygulamasının raf ömrü üzerine etkisi. *Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*. S: 339-344.
- Eren İ, Çalhan Ö, 2011. Hasat ve hasat sonrası teknolojileri. In: *Elma Kültürü* (ed- Akgül, H. Kaçal, E., Öztürk, F.P., Özongun, Ş., Atasay, A. Öztürk, G.). *Meyvecilik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü yayın No:37*.
- Fan X, Mattheis JP, Blankenship S, 1999. Development of superficial scald, coreflush, and peel greasiness is reduced by MCP. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3063-3068.
- Fan X, Mattheis JP, 2001. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology* 23(2): 143-151.
- FAO 2016. fasostat3.fao.org erişim tarihi 21.03.2016 ve 15:08
- Jung SK, Watkins CB, 2008. Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology*, 50, 45-52.
- Karaçalı İ, 2009. Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması. *Ege Üniv. Zir. Fak. Yayın no: 494*, İzmir.
- Karşahin (Yıldırım) I, Erkan M, Pekmezci M, Şahin G, Selçuk N, 2008. Farklı 1-Methylcyclopropene (1-MCP) dozlarının 'Granny Smith' elma çeşidinde derim sonrası fizyolojisi üzerine etkileri. *Bahçe ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*. S:345-353.
- Kaynaş K, Ekici N, Sakaldaş M, Rodoplu N, 2012. Fuji Zhen Aztec Elma Çeşidinde Hasat Sonrası 1-Methylcyclopropan Protabs Uygulamalarının Depolama Süresince Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri. *Bahçe Bilimi Yayın no: 3, V. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, İzmir, sayfa: 55-61.
- Moggia C, Moya-Leon MA, Pereira M, Teri JA, Lobus GA, 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.
- Özipek ve Köksal, 2012. Ankara koşullarında yetiştirilen Cooper 900 ve Gloster elma çeşitlerinin muhafaza üzerine 1-Methylcyclopropene uygulamalarının etkisi. *Bahçe Bilimi Yayın no: 3, V. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, İzmir, sayfa: 71-80.
- Sakaldaş M, 2014. Çanakkale yöresinde yetiştirilen "Deveci" armut çeşidinde hasat sonrası 1-Methylcyclopropene uygulamalarının depolama süresince kaliteye olan etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(1): 109-116.
- Sakaldaş M, Gündoğdu MA, Yalav F, Kaynaş K, 2012. Santa Maria armut çeşidinde hasat sonrası 1-Methylcyclopropene protabs uygulamalarının depolama süresince bazı kalite özelliklerine etkileri. *Bahçe Bilimi yayın no: 3 s: 259-266*.
- Saltveit ME, 2009. Measuring respiration. <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-20.pdf>.
- Sisler EC, Serek M, 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- TÜİK 2016. biruni.tuik.gov.tr erişim tarihi 21.03.2016 ve 15:00
- Yıldırım I, Erkan M, Şahin G, 2012. 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulaması ile "Golden Delicious" elmalarının derim sonrası kalitelerinin

korunması. Bahçe Bilimi. Yayın no: 3 sayfa: 273-279.

Watkins CB, 2006. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) based Technologies for storage ve shelf life extension Int. J. Postharvest Technology ve Innovation, Vol. 1, No. 1, 2006 p:62-68.

Watkins CB, Bowe JH, Walker VJ, 2000. Responses of early, mid, and late season apple cultivars to postharvest application of 1-MCP under air and controlled atmosphere conditions. Postharvest Biol. Tech. 19, 17-32.

Zanella A, 2003. Control of apple superficial scald and ripening a comparison between 1-MCP and diphenylamine postharvest treatments. Initial low oxygen stress and ultra uow oxygen storage. Postharvest Biol. And technol. 27; 69-78.