

SCARLET SPUR ELMA ÇEŞİDİNİN HASAT SONRASI KALİTESİNE HASAT ZAMANI VE 1-MCP UYGULAMASININ ETKİLERİ

Cemile Ebru ONURSAL^{1*}, Mehmet Ali KOYUNCU²

¹Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID:0000-0003-1201-4576

²Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta; ORCID:0000-0003-4449-6709
Geliş Tarihi / Received: 15.03.2022 Kabul Tarihi / Accepted: 24.09.2022

ÖZ

Isparta/Eğirdir koşullarında yetiştirilen Scarlet Spur elma çeşidi meyveleri tam çiçeklenmeden 139 ve 150 gün sonra olmak üzere iki farklı olgunluk aşamasında hasat edilmiştir. Hasattan sonra meyvelerin yarısına 625 ppb dozunda 12 saat süreyle 1-MCP uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapılan meyveler ve kontrol meyveleri normal atmosfer (NA) koşullarında 0°C sıcaklık ve %90±5 oransal nemde 6 ay süreyle depolanmıştır. Raf ömrü çalışmaları için elmalar soğukta muhafazadan sonra 20°C sıcaklık ve %60±5 oransal nem koşullarında 7 gün bekletilmiştir. Soğukta depolanan ve raf ömrü koşullarında bekletilen meyvelerde belirli aralıklarla çeşitli kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Hasat olgunluğu elmanın hasat sonrası dönemde kalitesini etkilemiştir. Depolama ve raf ömrü sürecinde ilk hasattaki meyvelerde daha fazla ağırlık kaybı meydana gelmiştir. 1-MCP uygulaması her iki olgunluk aşamasında etilen üretimi ve solunum hızını baskılayarak meyve kalitesini kontrole göre daha iyi korumuştur. Tam çiçeklenmeden 150 gün sonra hasat edilerek 1-MCP uygulanan Scarlet Spur elma çeşidi meyvelerinin 6 ay süreyle başarılı bir şekilde depolanabildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Depolama, elma, 1-MCP, kalite, hasat zamanı

INFLUENCES OF HARVEST TIME AND 1-MCP APPLICATION ON POSTHARVEST QUALITY OF SCARLET SPUR APPLE

ABSTRACT

The fruits of Scarlet Spur apple variety grown in Isparta/Eğirdir were harvested in two different maturity periods, 139 and 150 days after full bloom. After harvest, 1-MCP was applied to half of the fruits at a dose of 625 ppb for 12 hours. Treated and control fruits were stored under normal atmosphere (NA) condition at 0°C and 90±5% relative humidity for six months. For shelf life studies, apples were kept at 20°C and 60±5% relative humidity for 7 days after cold storage. Some chemical and physical analyses were performed in fruits stored at cold room and kept at shelf life conditions. Harvest maturity affected the post-harvest quality of apple. Weight losses of fruits obtained from first harvest were higher compared to second harvest during cold storage and shelf life period. 1-MCP application preserved fruit quality better than control by suppressing ethylene production and respiration rate at both maturity periods. It was observed that the fruits of Scarlet Spur apple variety, which were harvested 150 days after full bloom and applied 1-MCP, could be stored successfully for 6 months.

Keywords: Storage, apple, 1-MCP, quality, harvest date

GİRİŞ

Hasat ve depolama sırasındaki kalite, ürünlerin toplama ve işleme sırasındaki meyve olgunluk aşamasından büyük ölçüde etkilenir. Erken ve geç yapılan hasat depolama ve pazarlama sürecinde oluşan kayıpların artmasına neden olmaktadır [14, 20]. Elma gibi klimakterik meyvelerde hasattan sonraki süreçte kalite, hasat öncesi faktörlerle yakından ilişkilidir ve bu faktörlerden en önemlisi meyvelerin hasat sırasındaki olgunluğudur [4, 19, 25]. Hasat olgunluğu, lezzet gelişimini, hasat sonrası

olgunlaşmayı ve meyvenin işlenmesini etkileyen kritik bir faktördür [24]. Yapılan çalışmalar, hasat tarihlerinin şekerler, organik asitler, fenolik maddeler ve askorbik asit içeriklerinin biyokimyasal dönüşümlerini etkilediğini göstermiştir [39, 51]. Bununla birlikte meyve olgunlaşması, meyvelerin hastalıklara karşı duyarlılığını belirleyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Farklı dönemlerde hasat edilen elmalarda yapılan çalışmalarda, depolama sırasında ticari olgunluktaki elmaların daha olgun dönemde hasat edilen elmalara göre

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

Penicillium expansum'a daha az duyarlı olduğunu göstermiştir [8, 44].

Tüm klimakterik meyvelerde olduğu gibi elmalarda da hasattan sonra olgunlaşma süreci devam eder [50] ve olgunlaşma, meyvenin genel kalitesindeki değişikliklerden sorumlu önemli bir fitohormon olan etilen üretimiyle ilişkilidir [5]. Elmada hasattan sonra depolama süresince kalitenin daha uzun süre korunması için meyvelerin solunum hızının yükselişe geçmeden önceki aşamada klimakterik minimuma yakın olduğu dönemde hasat edilmesi gerekmektedir [28, 57]. Hasat zamanı ile etilen üretim hızı arasındaki korelasyonlar çeşide bağlı olarak değişmektedir [53]. Elmalarda depolama sırasında etilen üretiminin baskılanması için ticari olarak 1-MCP uygulaması yapılabilmektedir. 1-MCP, etilen reseptörlerine bağlanarak etileni bloke eden gaz halindeki bir siklik olefindir [2, 27, 40]. 1-MCP'nin elmalar üzerindeki etkisi, çeşit, hasat olgunluğu, depolama koşulları, uygulama sıcaklığı ve süresi, hasat ve uygulama zamanı arasında geçen süre, uygulama ile depolama arasındaki süre gibi faktörlere göre değişiklik gösterebilmektedir [18, 52, 55]. Soğuk hava depolarında kolay bir şekilde uygulanabilmesi ve kalitenin korunmasında etkili bir yöntem olması nedeniyle 1-MCP uygulamalarının farklı iklim koşullarında çeşit bazında denemelerinin yapılması ve pratiğe aktarılması hasat sonrası kayıpların azaltılması bakımından önemlidir.

Isparta ili Eğirdir ilçesi Türkiye'nin en önemli elma üretim bölgesidir. Scarlet Spur çeşidi erken renklenmesiyle ön plana çıkan ve bu bölgede yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan bir elma çeşididir. Bölgede bu çeşit için hasat döneminin belirlenmesinde büyük ölçüde kabuktaki kırmızı renklenme yüzdesi dikkate alınmaktadır. Erken ve yoğun renklenen kabuğa sahip çeşitlerde görsel kabuk rengi değerlendirmesi tek başına meyvenin olgunluk aşamasını doğru gösteren bir kriter değildir ve hasat sonrası dönemde bozuklukların gelişmesi ve kalite kayıplarının artarak depolama ömrünün azalması gibi sonuçlar ortaya çıkabilmektedir [4, 33].

Bu çalışmada bölgede genel olarak ticari hasadın başladığı dönemde ve optimum hasat zamanı tespiti ön çalışma sonucu dikkate alınarak belirlenen dönemde olmak üzere iki farklı hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının depolama boyunca meyve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada materyal olarak Scarlet Spur elma çeşidi kullanılmıştır. Meyveler Isparta/Eğirdir'de MM106 anacı üzerine aşıllı ağaçların bulunduğu ticari

bir elma bahçesinden temin edilmiştir. Ağaçlara meyve büyüme ve gelişme döneminde standart kültürel uygulamalar yapılmıştır. Meyveler, bölgede genel olarak hasadın başladığı ve optimum hasat zamanının belirlenmesi amacıyla yapılan ön çalışma sonucu dikkate alınarak belirlenen tarihlerde olmak üzere tam çiçeklenme tarihinden 139 ve 150 gün sonra iki dönemde hasat edilmiştir. Hasatlardan sonra meyveler iki gruba ayrılmış, birinci grup meyvelere hiçbir uygulama yapılmazken ikinci grup 20°C'de 12 saat süre ile 625 ppb konsantrasyonunda 1-MCP uygulamasına tabi tutulmuştur. 1-MCP için SmartFresh™ ticari adıyla satılan %0.14'lük 1-MCP içeren toz formülasyon kullanılmıştır. Kontrol meyveleri ve 1-MCP uygulanan meyveler 0°C'de %90±5 oransal nem koşullarında 6 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Muhafaza sırasında depodan birer ay aralıklarla alınan meyve örneklerinde; ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, solunum hızı, etilen üretim miktarı, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TEA) ölçümleri yapılmıştır. Her analiz döneminde alınan örneklerin bir kısmı raf koşullarında (20°C sıcaklık ve %65-70 oransal nem) 7 gün süreyle bekletildikten sonra kalite analizleri tekrarlanmıştır.

Meyvenin solunum hızı ve etilen üretim miktarı ölçümü için; yaklaşık 1 kg örnek 5 kg'lık kavanozlara konularak gaz kaçırmayacak şekilde kapatılıp 24 saat süreyle 20°C'de bekletilmiştir. Kavanoz içerisinden 10 mL gaz örneği alınarak Agilent marka GC-7890A model gaz kromatografisinde okuma yapılmıştır. Solunum hızı mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹, etilen üretimi ise µL C₂H₄/kg s birimleriyle ifade edilmiştir.

Meyve eti sertliği meyvenin ekvatorial bölgesinin her iki yüzeyinden kabuk soyularak, GÜSS marka (FTA Type GS14) tekstür analiz cihazı ile 11 mm çaplı silindirik ucun meyveye 10 mm derinliğe kadar 10 cm/dk hızla batırılmasıyla ölçülmüştür. Elde edilen verilerden maksimum yük sonuçları kullanılmış olup, Newton (N) birimiyle ifade edilmiştir.

SÇKM miktarı meyve suyunun dijital refraktometre (HANNA) ile % olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. TEA ölçümü için, meyve suyundan 5 mL alınıp, 50 mL'ye saf su ile tamamlanarak örnekler otomatik titratör (Mettler Toledo T50) ile pH 8.1'e gelene kadar 0.1N NaOH ile titre edilmiştir. TEA malik asit cinsinden % olarak belirlenmiştir.

Meyvelerde soğuk muhafaza ve raf ömrü süresince oluşan ağırlık kayıpları 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile ölçülmüş ve yüzde olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Ağırlık Kaybı (%) = [(Başlangıç Ağırlığı – Dönem Ağırlığı) / Başlangıç Ağırlığı] × 100]

BULGULAR VE TARTIŞMA

Muhafaza süresince solunum hızı değerlerinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 1). İkinci hasat zamanında meyvelerdeki ortalama solunum hızı değerleri (9.30 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ilk hasada (10.54 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) göre düşük bulunmuştur. 1-MCP uygulaması kontrol uygulamasına göre solunum hızını her iki hasat döneminde de daha iyi baskılamıştır (8.06 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹, 11.78 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹). Ortalama en düşük solunum hızı değeri (7.20 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ikinci hasatta 1-MCP uygulanan meyvelerden elde edilmiştir. Muhafaza süresince ortalama en yüksek solunum hızı değeri (12.16 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ise ilk hasattaki kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Raf ömrü çalışmasında ilk hasatta ölçülen solunum hızı değeri (14.60 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ikinci hasattan (12.49 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) daha yüksek

olarak belirlenmiştir. 1-MCP uygulaması solunum hızını kontrol uygulamasına göre daha iyi baskılamıştır. Raf ömrü süresince 1-MCP uygulamasında ölçülen solunum hızı değeri (8.76 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) kontrol uygulamasından elde edilen değere (18.32 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) göre daha düşük bulunmuştur. Aktif hücre bölünmesi döneminde enerji ihtiyacından dolayı genç meyvelerde solunum hızı yüksektir. Hücre bölünme hızı meyve gelişim dönemi ilerledikçe azalır ve bunun sonucu olarak solunum hızında da düşüş görülür [21, 45]. Bu nedenle ilk hasattaki meyvelerde solunum hızı daha yüksek olmuştur. Genel olarak, 1-MCP solunum hızını azaltır veya solunumdaki artışı geciktirir [6]. Elmalarda yapılan bazı çalışmalarda [9, 13, 17, 30, 59] benzer şekilde 1-MCP uygulaması solunum hızının daha düşük kalmasını sağlamıştır.

Çizelge 1. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince solunum hızı (mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) değişimi üzerine etkisi

Table 1. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on respiration rate (mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)							Ortalamlar / Means			P değerleri / P values		
		0	1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ			
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	8.59	10.21	10.93	13.12	14.40	14.61	13.23	12.16 a	Kontrol	10.54 A	HZ	***	
	1-MCP	8.59	8.05	8.34	8.45	9.26	10.25	9.56	8.93 c			U	***	
	Ort. HZ×MS	8.59 ghi	9.13 fg	9.64 ef	10.79 cd	11.83 ab	12.43 a	11.40 bc				11.78 A	MS	***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	6.47	9.47	10.23	11.26	13.08	15.22	14.03	11.39 b	1-MCP	9.30 B B	HZ×U	**	
	1-MCP	6.47	6.37	6.16	6.53	7.79	8.68	8.42	7.20 d			8.06 B	U×MS	***
	Ort. HZ×MS	6.47 j	7.92 i	8.20 hi	8.90 fgh	10.43 de	11.95 ab	11.23 bcd					HZ×MS	*
Ort. MS	7.53 E	8.52 D	8.92 D	9.84 C	11.13 B	12.19 A	11.31 B					HZ×U×MS	ÖD	
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay+gün) / Storage Period (months+days)						Ortalamlar / Means			P değerleri / P values			
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ				
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	16.99	20.73	19.53	19.68	20.59	20.99	19.75 a	Kontrol	14.60 A	HZ	***		
	1-MCP	9.32	9.86	8.72	8.87	9.97	9.95	9.45 c			U	***		
	Ort. HZ×MS	13.15	15.30	14.12	14.27	15.28	15.47				18.32 A	MS	***	
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	13.66	17.63	17.78	17.26	17.28	17.74	16.89 b	1-MCP	12.49 B	HZ×U	**		
	1-MCP	7.77	8.80	7.56	7.80	8.19	8.37	8.08 d			8.76 B	U×MS	***	
	Ort. HZ×MS	10.71	13.22	12.67	12.53	12.74	13.06					HZ×MS	ÖD	
Ort. MS	11.93 C	14.26 A	13.40 B	13.40 B	14.01 AB	14.26 A					HZ×U×MS	ÖD		

HZ: Hasat zamanı, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD:>0.05, *<0.05-0.01, **<0.01-0.001, ***<0.0001

Soğuk muhafaza süresince hasat zamanlarının etilen üretimi üzerine etkisi istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Çizelge 2). 1-MCP uygulaması ortalama 0.93 µL kg⁻¹s⁻¹ etilen üretim değeri verirken, kontrol grubundan elde edilen ortalama etilen üretim değeri ise 23.41 µL kg⁻¹s⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi sonunda ölçülen etilen üretim değeri (24.10 µL kg⁻¹s⁻¹) başlangıca göre (0.31 µL kg⁻¹s⁻¹) yüksek olmuştur. Meyve örneklerinde raf ömrü sürecinde ölçülen etilen üretim değerleri incelendiğinde, muhafaza süresi ilerledikçe etilen üretim miktarlarının arttığı görülmektedir. İlk hasatta elde edilen etilen üretim

değeri (26.42 µL kg⁻¹s⁻¹) ikinci hasatta ölçülen değere (23.74 µL kg⁻¹s⁻¹) göre istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte daha yüksek olmuştur. 1-MCP uygulaması ortalama 3.51 µL kg⁻¹s⁻¹ değerle kontrol grubuna göre (46.65 µL kg⁻¹s⁻¹) etilen üretimini daha iyi baskılamıştır. Etilen, klimakterik meyvelerde olgunlaşmayı başlatan ve düzenleyen hormondur [7]. Hasat zamanı ile etilen üretim hızı arasındaki korelasyonlar çeşide bağlı olarak değişmektedir [53]. 1-MCP meyve dokularında bulunan etilen reseptörlerine kalıcı şekilde bağlanarak etilenin fizyolojik etkisini önler [42]. Reseptörlere bağlanmasının yanı sıra yapılan çalışmalar 1-

MCP'nin ACS ve ACO enzim aktivitelerini de sınırlandırarak etilen üretimini baskıladığını göstermiştir [7]. Elmalarda depolama sırasında etilen üretiminin baskılanması için yapılan 1-MCP

uygulamasının etkinliği büyük ölçüde hasattaki meyvenin olgunluk aşamasına bağlıdır. Optimum aşamada hasat edilen ve işlem gören elmalarda kalite uzun süre korunabilmektedir [26].

Çizelge 2. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince etilen üretimi ($\mu\text{L kg}^{-1}\text{s}^{-1}$) değişimi üzerine etkisi

Table 2. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on ethylene production ($\mu\text{L kg}^{-1}\text{s}^{-1}$) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)							Ortalamalar / Means			P değerleri / P values	
		0	1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ	HZ	ÖD
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	0.33	5.85	13.00	18.02	31.30	55.25	48.75	24.64	Kontrol	12.84	HZ	ÖD
	1-MCP	0.33	0.36	0.38	0.43	1.14	2.06	2.62	1.04	23.41 A		U	***
	Ort. HZ×MS	0.33	3.11	6.69	9.22	16.22	28.65	25.68				MS	***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	0.28	3.54	9.03	15.77	30.04	54.04	42.62	22.19	1-MCP	11.50	HZ×U	ÖD
	1-MCP	0.28	0.38	0.38	0.49	0.63	1.15	2.40	0.81	0.93 B		U×MS	***
	Ort. HZ×MS	0.28	1.96	4.71	8.13	15.33	27.59	22.51				HZ×MS	ÖD
Ort. MS		0.31 F	2.53 F	5.70 E	8.67 D	15.78 C	28.12 A	24.10 B				HZ×U×MS	ÖD
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay+gün) / Storage Period (months+days)							Ortalamalar / Means			P değerleri / P values	
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ	HZ	ÖD	
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	16.19	37.79	46.94	53.57	66.51	73.30	49.05	Kontrol	26.42	HZ	ÖD	
	1-MCP	1.80	1.03	0.21	3.11	6.27	10.31	3.79	46.65 A		U	***	
	Ort. HZ×MS	8.99	19.41	23.58	28.34	36.39	41.81					MS	***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	27.45	30.52	35.08	41.97	58.10	72.35	44.25	1-MCP	23.74	HZ×U	ÖD	
	1-MCP	1.67	1.26	1.39	2.31	6.29	6.51	3.24	3.51 B		U×MS	***	
	Ort. HZ×MS	14.56	15.89	18.24	22.14	32.20	39.43					HZ×MS	ÖD
Ort. MS		11.77E	17.65D	20.91CD	25.24C	34.29B	40.62A					HZ×U×MS	ÖD

HZ: Hasat zamanı, U:Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD:>0.05, *:<0.05-0.01, **:<0.01-0.001, ***:<0.0001

Muhafaza süresince ilk hasatta ikinci hasada göre daha yüksek sertlik değerleri (67.15 N-62.55 N) elde edilmiştir (Çizelge 3). 1-MCP uygulaması kontrole göre sertliği (67.99 N-61.71 N) daha iyi korumuştur. Bununla birlikte ikinci hasattaki 1-MCP uygulamasından ilk hasattaki kontrol uygulamasına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Muhafaza süresince meyve eti sertlik değerinde azalma gözlenmiştir. Raf ömrü süresince meyve eti sertliği değişimi incelendiğinde, ilk hasat döneminde elde edilen meyve eti sertlik değerinin (62.00 N), ikinci hasatta ölçülen değerden (58.42 N) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu meyvelerinin sertlik değerleri ortalama 50.63 N iken, 1-MCP uygulanan meyvelerde yapılan ölçümlerde elde edilen değer (69.80 N) kontrole göre daha yüksek olmuştur. Raf ömrü sürecinde de soğuk muhafazaya benzer şekilde ilk hasattaki ortalama sertlik değerleri daha yüksek olsa da 1-MCP uygulaması ile ikinci hasatta, ilk hasattaki kontrol meyvelerinden daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. Başlangıçta ortalama 61.77 N olan sertlik değeri zaman ilerledikçe düşüşe geçmiş ve muhafaza süresinin bitimini takiben raf ömrü sonunda 58.12 N değerlerine gerilemiştir. Meyvenin olgunlaşmaya bağlı yumuşaması esas olarak hücre duvarı bozulmasının bir sonucu olarak meydana gelir ve değişen seviyelerde yapısal proteinler ve

fenoliklere sahip hemiselüloz ve pektin ağları tarafından tutulan sert selüloz mikrofibrillerinden oluşan orta lamel ve birincil hücre duvarlarının parçalanmasıyla ilişkilidir [34]. Etilen klimakterik meyvelerin olgunlaşması sırasında, genlerin transkripsiyonel düzenlenmesi ve hücre duvarı metabolizması ile bağlantılı enzimlerin aktivitesini etkileyerek [41] hücre duvarının parçalanmasında ve dolayısıyla meyve yumuşamasında merkezi bir rol oynamaktadır [46]. 1-MCP uygulaması elmalarda etilen üretimini baskılayarak yumuşamayı geciktirmektedir [11, 30, 31, 32, 36, 37].

Hasat zamanı, uygulama ve muhafaza süresinin TEA değişimi üzerine etkilerinin önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Birinci hasatta elde edilen ortalama TEA değeri %0.33 iken, ikinci hasatta bu değer ortalama %0.32 olarak belirlenmiştir. Kontrol uygulamasından elde edilen TEA değeri (%0.31), 1-MCP uygulamasından elde edilen değere (%0.34) göre daha düşük olmuştur. Muhafaza süresinin başında ortalama %0.37 olan TEA değerinin süre ilerledikçe azaldığı ve altıncı ayın sonunda ortalama %0.26 değerine kadar düştüğü belirlenmiştir. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte raf ömrü sırasında elde edilen TEA değerlerinde azalış meydana gelmiştir. Ortalama TEA değeri %0.34'den %0.23'e düşmüştür. TEA

değerlerini 1-MCP uygulaması (%0.31) kontrol uygulamasına göre (%0.26) daha iyi korumuştur. Organik asitler solunumun substratları olduğundan, solunum sırasında tüketilmeleri nedeniyle seviyeleri tipik olarak olgunlaşma sırasında azalır [1, 10]. Scarlet Spur elma çeşidinde diğer elma çeşitlerinde olduğu gibi hakim organik asit malik asittir ve genellikle muhafaza süresince malik asit miktarı

azalmaktadır [20]. Optimum hasattaki 1-MCP uygulamasından erken hasattaki kontrole göre daha yüksek ortalama TEA değeri elde edilmiştir. TEA üzerine 1-MCP'nin etkisi ürüne göre değişmekle [6] birlikte, 1-MCP elmalarda TEA kaybını organik asit metabolizmasının düzenlenmesine katkıda bulunarak [29] geciktirmektedir [3, 10, 22, 43, 56, 58].

Çizelge 3. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince meyve eti sertliği (N) değişimi üzerine etkisi

Table 3. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on fruit flesh firmness (N) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)							Ortalamalar / Means			P değerleri		
		0	1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ	P values		
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	73.94	72.37	69.77	65.86	57.51	53.05	49.42	63.13 b	Kontrol	67.15	HZ	***	
	1-MCP	73.94	75.08	74.43	71.42	67.87	67.15	68.27	71.17 a			U	***	
	Ort. HZ×MS	73.94	73.72	72.10	68.64	62.69	60.10	58.85				61.71 B	A	MS
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	69.99	70.24	65.54	60.83	57.37	49.98	48.12	60.29 c	1-MCP	62.55	HZ×U	**	
	1-MCP	69.99	67.97	67.59	65.53	61.65	61.34	59.61	64.81 b			U×MS	***	
	Ort. HZ×MS	69.99	69.10	66.56	63.18	59.51	55.66	53.86				67.99 A	B	HZ×MS
Ort. MS		71.96 A	71.41 AB	69.33 B	65.91 C	61.10 D	57.88 E	56.35 E				HZ×U×MS	ÖD	
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay+gün) / Storage Period (months+days)							Ortalamalar / Means			P değerleri		
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ	P values			
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	53.29	52.07	57.92	55.21	49.36	50.82	53.11c	Kontrol	62.00	HZ	***		
	1-MCP	71.69	72.48	70.56	70.39	70.82	69.38	70.89a			50.63 B	A	U	***
	Ort. HZ×MS	62.49	62.28	64.24	62.80	60.09	60.10							MS
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	51.63	44.56	51.26	50.31	43.19	44.97	47.65d	1-MCP	58.42	HZ×U	*		
	1-MCP	71.79	69.74	71.41	66.75	66.59	67.30	68.93b			69.80 A	B	U×MS	**
	Ort. HZ×MS	61.71	57.15	61.34	58.53	54.89	56.13							HZ×MS
Ort. MS		61.77 AB	59.71 CD	62.76 A	60.67 BC	58.22 D	58.12 D					HZ×U×MS	ÖD	

HZ: Hasat zamanı, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD:>0.05, *:<0.05-0.01, **:<0.01-0.001, ***:<0.0001

Çizelge 4. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince TEA (%) değişimi üzerine etkisi

Table 4. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on titratable acidity (%) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)							Ortalamalar / Means			P değerleri	
		0	1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ	P values	
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	0.38	0.35	0.34	0.31	0.29	0.27	0.23	0.31	Kontrol	0.33 A	HZ	*
	1-MCP	0.38	0.36	0.35	0.35	0.34	0.32	0.30	0.34			U	***
	Ort. HZ×MS	0.38	0.36	0.34	0.33	0.32	0.29	0.26				0.31 B	
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	0.36	0.35	0.32	0.31	0.28	0.25	0.22	0.30	1-MCP	0.32 B	HZ×U	ÖD
	1-MCP	0.36	0.35	0.35	0.35	0.33	0.32	0.30	0.34			U×MS	***
	Ort. HZ×MS	0.36	0.35	0.34	0.33	0.30	0.28	0.26				0.34 A	
Ort. MS		0.37 A	0.35 B	0.34 C	0.33 D	0.31 E	0.29 F	0.26 G				HZ×U×MS	ÖD
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay+gün) / Storage Period (months+days)							Ortalamalar / Means			P değerleri	
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ	P values		
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	0.35	0.29	0.29	0.26	0.22	0.19	0.27 c	Kontrol	0.28	HZ	ÖD	
	1-MCP	0.34	0.34	0.32	0.28	0.28	0.27	0.31 b			0.26 B	U	***
	Ort. HZ×MS	0.34a	0.32bc	0.30c	0.27de	0.25ef	0.23g						
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	0.32	0.30	0.29	0.25	0.20	0.19	0.26 c	1-MCP	0.28	HZ×U	*	
	1-MCP	0.35	0.34	0.34	0.30	0.30	0.28	0.32 a			0.31 A	U×MS	***
	Ort. HZ×MS	0.33ab	0.32bc	0.31bc	0.27d	0.25efg	0.23fg						
Ort. MS		0.34A	0.32B	0.31B	0.27C	0.25D	0.23E					HZ×U×MS	ÖD

HZ: Hasat zamanı, U:Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD:>0.05, *:<0.05-0.01, **:<0.01-0.001, ***:<0.0001

Soğuk muhafaza süresince SÇKM değerleri incelendiğinde, ikinci hasattaki SÇKM değerinin (%15.10) ilk hasada (%13.83) göre daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 5). Muhafaza süresince SÇKM değerlerinde dalgalanma meydana gelmiş, bununla birlikte muhafaza süresi sonunda başlangıç değerlerine göre SÇKM miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Muhafaza süresinin başında ortalama %11.75 olan SÇKM değeri altı ayın sonunda ortalama %15.53'e yükselmiştir. Scarlet Spur elma çeşidinde raf ömrü süresince SÇKM miktarlarında dalgalanma olduğu gözlenmiştir. İkinci hasatta elde edilen SÇKM miktarları ortalama %15.33 olarak ölçülmüş ve ilk hasattan elde edilen SÇKM değerine

göre (%14.50) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Klimakterik bir meyve olan elmada olgunlaşma hasattan sonra da devam eder ve nişastanın parçalanarak şekere dönüşmesi sonucu SÇKM miktarında artış meydana gelir [20, 38]. NA koşullarında 1-MCP uygulamasının SÇKM miktarı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. 1-MCP uygulamasının elmalardaki SÇKM miktarı üzerine etkileri incelendiğinde, uygulama yapılan meyvelerde yapılmayan meyvelere göre SÇKM miktarının aynı, daha az veya daha fazla olduğu sonuçları ortaya konmuştur. Bu duruma, 1-MCP uygulamasına elma çeşitlerinin gösterdiği tepkilerdeki farklılıklar neden olabilmektedir [49].

Çizelge 5. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince SÇKM (%) değişimi üzerine etkisi

Table 5. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on soluble solid contents (%) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)							Ortalamalar / Means			P değerleri / P values	
		0	1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ		
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	10.93	12.40	13.60	15.57	14.80	14.93	15.00	13.89	Kontrol	13.83 B	HZ	***
	1-MCP	10.93	12.10	13.40	15.30	14.60	14.97	15.03	13.76	14.50		U	ÖD
	Ort. HZ×MS	10.93 h	12.25 g	13.50 f	15.43 bc	14.70 de	14.95 cd	15.02 cd				MS	***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	12.57	14.50	15.43	15.70	15.83	15.80	15.93	15.11	1-MCP	15.10 A	HZ×U	ÖD
	1-MCP	12.57	14.23	15.97	15.67	15.40	15.73	16.13	15.10	14.43		U×MS	ÖD
	Ort. HZ×MS	12.57 g	14.37 e	15.70 ab	15.68 ab	15.62 ab	15.77 ab	16.03 a				HZ×MS	***
Ort. MS		11.75 E	13.3 D	14.60 C	15.56 A	15.16 B	15.36 AB	15.53 A				HZ×U×MS	ÖD
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay+gün) / Storage Period (months+days)							Ortalamalar / Means			P değerleri / P values	
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ			
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	14.67d-g	14.57d-g	14.63d-g	13.97g	14.27fg	14.30fg	14.40	Kontrol	14.50 B	HZ	***	
	1-MCP	13.97g	14.40efg	15.30b-f	14.37efg	15.50a-e	14.10g	14.61	14.86		U	ÖD	
	Ort. HZ×MS	14.32	14.48	14.97	14.17	14.88	14.20				MS	*	
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	14.77c-g	16.47a	15.70a-d	14.47efg	14.70c-g	15.83abc	15.32	1-MCP	15.33 A	HZ×U	ÖD	
	1-MCP	15.70a-d	16.10ab	13.73g	14.40efg	16.40ab	15.70a-d	15.70	14.97		U×MS	*	
	Ort. HZ×MS	15.23	16.28	14.72	14.43	15.55	15.77				HZ×MS	**	
Ort. MS		14.76 BC	15.38 A	14.84 ABC	14.30 C	15.22 AB	14.98 AB				HZ×U×MS	*	

HZ: Hasat zamanı, U:Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD: >0.05, *<0.05-0.01, **<0.01-0.001, ***<0.0001

İlk hasattaki meyvelerde meydana gelen ortalama ağırlık kaybı (%2.39) ikinci hasattan daha yüksek bulunmuştur (%2.21). 1-MCP uygulaması ağırlık kaybını (%2.04) kontrol uygulamasına göre (%2.57) daha iyi baskılamıştır. Ağırlık kaybı muhafaza süresinin ilerlemesine paralel olarak artış göstermiştir (Çizelge 6). Muhafazanın birinci ayı sonunda ölçülen ağırlık kaybı miktarı %0.91 olarak belirlenmiş ve bu değer muhafaza süresince artarak altıncı ayın sonunda %4.05'e ulaşmıştır. Muhafaza süresince ortalama en yüksek ağırlık kaybı (%2.64) ilk hasatta kontrol meyvelerinde gözlenirken, ortalama en düşük ağırlık kaybı değeri (%1.94) ikinci hasatta 1-MCP uygulanan meyvelerden elde edilmiştir. Raf ömrü koşullarında kontrol uygulamasında ölçülen ortalama ağırlık kayıpları (%3.82), 1-MCP uygulamasından (%3.05) daha yüksek bulunmuştur. Muhafaza

süresinin ilerlemesine paralel olarak raf ömrü sonunda ağırlık kayıpları artış göstermiştir. Soğukta depolama ve raf ömrü sürecinde meydana gelen ağırlık kayıpları solunum sırasında dokulardan suyun uzaklaşmasına bağlı olarak artmaktadır [12]. Dolayısıyla ürünlerin ağırlık kaybını solunum hızı etkilemektedir. Çalışmada ilk hasatta meydana gelen ağırlık kayıplarının daha fazla olduğu gözlenmiştir. Klimakteriumdan önce elmalarda solunum hızı giderek azaldığından ilk hasattaki meyvelerde ölçülen solunum hızları ikinci hasada göre daha yüksek olmuştur. Bu nedenle ilk hasattaki solunum hızının daha yüksek olmasına bağlı olarak daha fazla ağırlık kaybının meydana geldiği söylenebilir. Bununla birlikte erken hasat edilen meyvelerde kutikula ve lentisel gelişmesi yeterli olmadığından bu meyvelerde su kaybı daha hızlı olabilmektedir [21].

Çalışmada 1-MCP uygulamasının ağırlık kaybını kontrole göre azalttığı belirlenmiştir. Klimakterik meyvelerde su kaybı olgunlaşmanın hızlanması ile ilişkilidir [54]. 1-MCP'nin su kaybı üzerine etkisi solunum hızı ve ürün metabolizmasını daha iyi

baskılamasından kaynaklanmaktadır [16, 48]. 1-MCP uygulamasının elmalarda ağırlık kaybı üzerine benzer etkisi yapılan diğer çalışmalarda da bildirilmiştir [13, 15, 17, 23, 35, 47, 59].

Çizelge 6. Hasat zamanının ve 1-MCP uygulamasının Scarlet Spur elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince meydana gelen ağırlık kayıpları (%) üzerine etkisi

Table 6. The effect of harvest time and 1-MCP treatment on weight loss (%) of Scarlet Spur apple variety during cold storage and shelf life

HZ	U	Muhafaza Süresi (ay) / Storage Period (months)						Ortalamlar / Means			P değerleri / P values	
		1	2	3	4	5	6	HZ × U	U	HZ		
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	1.26	1.48	2.15	2.90	3.66	4.40	2.64	Kontrol	2.39 A	HZ	***
	1-MCP	0.69	1.17	1.75	2.30	3.03	3.94	2.15	2.57 A		U	***
	Ort. HZ×MS	0.98	1.32	1.95	2.60	3.34	4.17				MS	***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	1.08	1.35	2.05	2.75	3.48	4.21	2.49	1-MCP	2.21 B	HZ×U	ÖD
	1-MCP	0.61	0.99	1.56	2.07	2.78	3.65	1.94	2.04 B		U×MS	*
	Ort. HZ×MS	0.85	1.17	1.80	2.41	3.13	3.93				HZ×MS	ÖD
Ort. MS		0.91 F	1.25 E	1.88 D	2.51 C	3.24 B	4.05 A			HZ×U×MS	ÖD	
HZ	U	Muhafaza Süresi (ay + gün) / Storage Period (months+days)						Ortalamlar / Means			P değerleri / P values	
		1+7	2+7	3+7	4+7	5+7	6+7	HZ × U	U	HZ		
1. Hasat Harvest 1	Kontrol	1.98	2.66	3.38	4.13	5.12	6.12	3.90	Kontrol	3.53 A	HZ	**
	1-MCP	1.43	2.05	2.71	3.28	4.16	5.33	3.16	3.82 A		U	***
	Ort. HZ×MS	0.73	1.71	2.36	3.05	3.70	4.64					***
2. Hasat Harvest 2	Kontrol	1.84	2.52	3.25	4.02	4.94	5.85	3.74	1-MCP	3.34 B	HZ×U	ÖD
	1-MCP	1.20	1.94	2.53	3.03	3.93	5.07	2.95	3.05 B		U×MS	ÖD
	Ort. HZ×MS	0.67	1.52	2.23	2.89	3.53	4.43				HZ×MS	ÖD
Ort. MS		1.61 A	2.29 B	2.97 C	3.62 D	4.53 E	5.59 F			HZ×U×MS	ÖD	

HZ: Hasat zamanı, U:Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort.: Ortalama, ÖD: Önemli değil

HZ: Harvest time, U: Treatment, MS: Storage period, Ort.: Mean, ÖD: Non-significant, Kontrol: Control

P değerleri / P values: ÖD:>0.05, *:<0.05-0.01, **:<0.01-0.001, ***:<0.0001

SONUÇ

Çalışma sonucunda Scarlet Spur elma çeşidinde hasat zamanının soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde meyve kalitesinde meydana gelen değişimleri önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Tam çiçeklenmeden 139 gün sonra yapılan ilk hasatta meydana gelen kayıplar 150. güne göre daha fazla olmuştur. 1-MCP uygulamaları, her iki hasat döneminde de genel kalite kriterlerini kontrole göre daha iyi korumuştur. Ancak erken hasatlarda depolama sırasında oluşabilecek fizyolojik bozukluklar dikkate alındığında 1-MCP uygulamasının optimum dönemde derilen elmalara yapılması olası kayıpların azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Çalışmada depolama süresince kalitenin korunmasında en iyi sonuçlar tam çiçeklenmeden 150 gün sonra hasat edilen ve 1-MCP uygulanan meyvelerden elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ackermann, J., Fischer, M. and Amado, R., 1992. Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel).

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40(7):1131-1134.

- Almeida, D.P., Carvalho, R. and Dupille, E., 2016. Efficacy of 1-methylcyclopropene on the mitigation of storage disorders of Rocha pear under normal refrigerated and controlled atmospheres. *Food Science and Technology International*, 22(5):399-409.
- Argenta, L.C., Fan, X. and Mattheis, J.P., 2007. Responses of golden delicious apples to 1-MCP applied in air or water. *Hort. Science*, 42(7):1651-1655.
- Bertone, E., Venturello, A., Leardi, R. and Geobaldo, F., 2012. Prediction of the optimum harvest time of Scarlet apples using DR-UV-Vis and NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 69:15-23.
- Biale, J.B. and Young, R.E., 1981. Respiration and ripening in fruit-retrospect and prospect. *In Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables pp:1-39*. Academic Press.
- Blankenship, S.M. and Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1):1-25.

7. Bulens, I., Van de Poel, B., Hertog, M.L.A.T.M., De Proft, M.P., Geeraerd, A.H. and Nicolai, B.M., 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.
8. Chávez, R.A.S., Peniche, R.Á.M., Medrano, S.A., Muñoz, L.S., Ortíz, M.D.S.C., Espasa, N.T. and Sanchis, R.T., 2014. Effect of maturity stage, ripening time, harvest year and fruit characteristics on the susceptibility to *Penicillium expansum* link of apple genotypes from Queretaro, Mexico. *Scientia Horticulturae*, 180:86-93.
9. Çalhan, Ö., Onursal, C.E., Seçmen, T., Güneyli, A. ve 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.
10. Defilippi, B.G., Dandekar, A.M. and Kader, A.A., 2004. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple (*Malus domestica* Borkh) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(18):5694-5701.
11. DeLong, J.M., Prange, R.K. and Harrison, P.A., 2004. The influence of 1-methylcyclopropene on Cortland and McIntosh apple quality following long-term storage. *Hort. Science*, 39(5):1062-1065.
12. Erbaş, D., Onursal, C.E., Babalık, Z. ve Koyuncu, M.A., 2014. Üzüm muhafazasında salisilik asit kullanımı. *Bahçe Bilimi Dergisi*, 5:22-31.
13. Erbaş, D. ve Koyuncu, M.A., 2020. Granny Smith elma çeşidinin depolama performansı üzerine farklı 1-MCP dozlarının etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4):2301-2314.10.21597/jist.773411.
14. Fellman, J.K., Rudell, D.R., Mattinson, D.S. and Mattheis, J.P., 2003. Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1):39-51.
15. Gago, C.M., Guerreiro, A.C., Miguel, G., Panagopoulos, T., da Silva, M.M. and Antunes, M.D., 2016. Effect of calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on Golden Delicious apple cold storage physiological disorders. *Scientia Horticulturae*, 211, 440-448.
16. Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P.J., Martínez-Romero, D., Serrano, M. and Valero, D., 2007. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit:1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Postharvest Biology and Technology* 43(1):23-27.
17. Güneyli, A., Onursal, C.E., Seçmen, T. ve Üzümcü, S.S., 2019. Hasat sonrası 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde depolama ve raf ömrü üzerine olan etkisi. *Meyve Bilimi*, 6(1):15-28.
18. Jung, S.K. and Watkins, C.B., 2014. Internal ethylene concentrations in apple fruit at harvest affect persistence of inhibition of ethylene production after 1-methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 96:1-6.
19. Kader, A.A., 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae* 485:203-208.
20. Kaplan, A. ve Dündar, Ö., 2018. Niğde ilinde farklı yükseklikte yetiştirilen Scarlet Spur elma çeşidinin muhafaza süresi ve kalite değişimlerinin belirlenmesi. *Alatarım*, 17(2):80-88.
21. Karaçalı, İ., 2009. Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir, Yayın No:494*.
22. Kitemann, D., McCormick, R. and Neuwald, D.A., 2015. Effect of high temperature and 1-MCP application or dynamic controlled atmosphere on energy savings during apple storage. *European Journal of Horticultural Science*, 80(1):33-38.
23. Kolniak-Ostek, J., Oszmiański, J., Rutkowski, K.P. and Wojdyło, A., 2014. Effect of 1-methylcyclopropene postharvest treatment apple and storage on the cloudy juices properties. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2):1166-1174.
24. Kovač, A., Babojelić, M.S., Pavičić, N., Voća, S., Voća, N., Dobričević, N. and Šindrak, Z., 2010. Influence of harvest time and storage duration on Cripps Pink apple cultivar (*Malus domestica* Borkh) quality parameters. *CyTA Journal of Food*, 8(1):1-6.
25. Kviklienė, N., Kviklys, D., Valiuškaitė, A., Viskelis, P., Uselis, N., Lanauskas, J. and Buskiene, L., 2011. Effect of harvest date on fruit maturity, quality and storability of Lodel apples. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 9(3-4):132-135.
26. Lafer G., 2006. Storability and fruit quality of Golden Delicious as affected by harvest date, AVG and 1-MCP treatments. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14(2):203-211.
27. Liguori, G., Farina, V., Corona, O., Mazzaglia, A., Barone, E. and Inglese, P., 2017. Effects of 1-MCP on postharvest quality and internal browning of white-flesh loquat fruit during cold storage. *Fruits*, 72(2):67-73.
28. Little, C.R. and Holmes, R.J., 2000. Storage technology for apples and pears: A guide to production, postharvest treatment and storage of

- pome fruit in Australia. *Agriculture Victoria, Knoxfield, Australia*
29. Liu, R., Wang, Y., Qin, G. and Tian, S., 2016. Molecular basis of 1-methylcyclopropene regulating organic acid metabolism in apple fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 117:57-63.
 30. Lv, J., Zhang, J., Han, X., Bai, L., Xu, D., Ding, S. and Li, J., 2020. Genome wide identification of superoxide dismutase (SOD) genes and their expression profiles under 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment during ripening of apple fruit. *Scientia Horticulturae*, 271:109471.
 31. Mattheis, J.P., 2008. How 1-methylcyclopropene has altered the Washington State apple industry. *Hort. Science*, 43(1):99-101.
 32. McCormick, R., Neuwald, D.A. and Streif, J., 2012. Commercial apple CA storage temperature regimes with 1-MCP (SmartFresh™): benefits and risks. *Acta Horticulturae*, 934:263-270.
 33. Neri, F., Gualanduzzi, S. and Brigati, S., 2005. Effects of harvest maturity on quality, physiological and pathological disorders during storage of Gala apples. *Acta Horticulturae*, 682: 2069-2076. [10.17660/ActaHortic.2005.682.281](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.281).
 34. Ortiz, A., Graell, J. and Lara, I., 2011. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening Golden Reinders apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. *Food Chemistry*, 128(4):1072-1079.
 35. Özkaya, O. and Dündar, Ö., 2009. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Fuji apple quality during long-term storage. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7:146-148.
 36. Pre-Aymard, C., Weksler, A. and Lurie, S., 2003. Responses of Anna a rapidly ripening summer apple to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 27(2):163-170.
 37. Sakar, E., Ünver, H., Akgül, T.A.Ş. ve Bekir, A.K., 2014. Meyvelerde 1-MCP (1-methylcyclopropene)'nin kullanım olanakları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 18(1):47-54.
 38. Seppä, L., Peltoniemi, A., Tahvonen, R. and Tuorila, H., 2013. Flavour and texture changes in apple cultivars during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2):500-512.
 39. Silva, F.J.P., Fidalgo, F., Gomes, M.H. and Almeida, D.P.F., 2008. Effect of 1-methylcyclopropene and diphenylamine on storage disorders and water-soluble antioxidants of Rocha pear. *Acta Horticulturae*, 800:993-998. [10.17660/ActaHortic.2008.800.135](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.135).
 40. Sisler, E.C. and Serek, M., 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum*, 100(3):577-582.
 41. Storch, T.T., Finatto, T., Pegoraro, C., Dal Cero, J., Laurens, F., Rombaldi, C.V. and Girardi, C.L., 2015. Ethylene-dependent regulation of an α -L-arabinofuranosidase is associated to firmness loss in Gala apples under long term cold storage. *Food chemistry*, 182:111-119.
 42. Tatsuki, M., Endo, A. and Ohkawa, H., 2007. Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1):28-35.
 43. Toivonen, P. and Lu, L., 2005. Studies on elevated temperature, short-term storage of Sunrise summer apples using 1-MCP to maintain quality. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(4):439-466.
 44. Torres, R., Valentines, M.C., Usall, J., Vinas, I. and Larrigaudiere, C., 2003. Possible involvement of hydrogen peroxide in the development of resistance mechanisms in 'Golden Delicious' apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3):235-242.
 45. Tuna Güneş, N. ve Horzum, Ö., 2017. Bahçe ürünlerinde fizyolojik olaylar. *Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması*, s:61-83.
 46. Uluışık, S., 2018. Olgunlaşan meyvede dokuyu düzenleyen moleküler mekanizmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1):49-55.
 47. Üstün, H., 2018. Adı Depo Koşullarında Muhafaza Edilen 'Starkrimson' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinin kaliteleri üzerine modifiye atmosfer ve 1-metilsiklopropen (1-MCP) uygulamalarının etkileri (Yüksek Lisans Tezi). *Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya*.
 48. Valero, D., Martinez-Romero, D., Valverde, J.M., Guillen, F. and Serrano, M., 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4(3):339-348.
 49. Valero, D., Guillén, F., Valverde, J.M., Castillo, S. and Serrano, M., 2016. Recent developments of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on fruit quality attributes. *In Eco-friendly technology for postharvest produce quality (pp:185-201)*. Academic Press.
 50. Vanoli, M. and Buccheri, M., 2012. Overview of the methods for assessing harvest maturity. *Stewart Postharvest Review*, 1:1-11.

51. Veberic, R., Trobec, M., Herbingler, K., Hofer, M., Grill, D. and Stampar, F., 2005. Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10):1687-1694.
52. Watkins, C.B., 2008. Dynamic controlled atmosphere storage-a new technology for the New York storage industry. *New York Fruit Quarterly*, 16(1):23-26.
53. Watkins, C.B., Bowen, J.H. and Walker, V.J., 1989. Assessment of ethylene production by apple cultivars in relation to commercial harvest dates. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17(4):327-331.
54. Watkins, C.B. and Ekman, J.H., 2005. How postharvest technologies affect quality. *Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*, (pp:447-474).
55. Watkins, C.B. and Nock, J.F., 2012. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biology and Technology*, 69:24-31.
56. Watkins, C.B., Nock, J.F. and Whitaker, B.D., 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 19(1):17-32.
57. Yang, S.F. and Oetiker, J.H., 1994. The role of ethylene in fruit ripening. *Postharvest Physiology of Fruits*, 398:167-178.
58. Zanella, A., 2003. Control of apple superficial scald and ripening-a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra-low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1):69-78.
59. Zhang, J., Ma, Y., Dong, C., Terry, L.A., Watkins, C.B., Yu, Z. and Cheng, Z.M.M., 2020. Meta-analysis of the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on climacteric fruit ripening. *Horticulture Research*, 7(1):1-16.