

Derya ERBAŞ
Mehmet Ali KOYUNCU

1-Metilsiklopropen Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri¹

Effects of 1-Methylcyclopropene Treatment on the Storage Life and Quality of Angeleno Plum

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Bahçe Bitkileri Bölümü, 32260, Isparta /Türkiye

Sorumlu Yazar: deryabayindir@sdu.edu.tr

¹ Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinin bir kısmından özetlenmiştir.

Alınış (Received): 05.10.2015

Kabul tarihi (Accepted): 11.12.2015

Anahtar Sözcükler:

Angeleno, erik, depolama, MAP, 1-MCP

ÖZET

Çalışma, 1-metilsiklopropen (1-MCP) uygulamasının, Angeleno erik çeşidinde depolama süresi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sert olum döneminde derilen meyveler, hasattan sonra 1 °C'de (meyve iç sıcaklığı 2-3 °C'ye düşünceye kadar yaklaşık 6 saat) tazyikli hava ile ön soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Ön soğutmadan sonra meyveler 2 gruba ayrılmıştır. Birinci grup meyveler hiçbir uygulamaya tabi tutulmazken (kontrol), ikinci grup meyvelere oda sıcaklığında 12 saat süreyle 0.625 ppm dozunda 1-MCP uygulanmıştır. Uygulamadan sonra her iki meyve grubu da modifiye atmosfer poşetlerine yerleştirilerek 0 °C sıcaklıkta ve % 90 ± 5 oransal nem koşullarında 4 ay depolanmıştır. Depolamanın başlangıcında ve aylık periyotlarla soğukta muhafazadan çıkarılan meyve örneklerinde ağırlık kaybı, ŞÇKM, TEA miktarı, meyve sertliği, meyve kabuk rengi, solunum hızı, etilen üretim miktarı ve poşet içi gaz bileşimi ölçümleri ile duyu değerlendirmeler (dış görünüş, tat ve iç kararması) yapılmıştır. Raf ömrü çalışmaları için de aynı analizler yinelenmiştir. 1-MCP+MAP uygulaması hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü süresince etilen üretimi, solunum hızı ve ağırlık kaybını kontrol grubuna oranla önemli ölçüde azaltmıştır. Meyve sertliğinin korunması açısından da 1-MCP+MAP uygulamasının olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak 1-MCP uygulamasının Angeleno erik çeşidinde derim sonrası ömrün uzatılması ve kalitenin korunması açısından etkili olduğu saptanmıştır.

Key Words:

Angeleno, plum, storage, MAP, 1-MCP

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effects of 1-MCP treatment on storage life and quality of plum cv. Angeleno. After optimum harvest, plums were pre-cooled (the internal temperature of fruits reduced to 2-3 °C, within 6 hours) by using forced air cooling at 1 °C temperature. Then plums were divided into two groups. Non-treated first group was used as control group. Second group was treated with 1-MCP (0.625 ppm) at room temperature for 12 h. After treatments, fruits of both groups were placed in modified atmosphere package (polyethylene bags manufactured for plums) and stored at 0 °C and 90 ± 5 % relative humidity for 4 months. Weight loss, soluble solids content, titratable acidity, fruit firmness, fruit skin color, respiration rate, ethylene production, atmospheric composition in MAP and sensorial evaluation (external appearance, taste and internal browning) were performed at harvest date and one month intervals during storage. The same analyses were repeated during the shelf life. 1-MCP+MAP treatment significantly reduced the weight loss, respiration rate and ethylene production, and maintained the fruit firmness of plums better than control group during cold storage and shelf life. In conclusion, 1-MCP was effective to prolong the storage life and maintain the post-harvest quality of Angeleno plums.

GİRİŞ

Erik yetiştiriciliğinde dünyada son on yılda kayda değer bir üretim artışı meydana gelmiştir. Özellikle erik bahçesi kurulurken Japon grubundan yüksek verimli erik çeşitlerinin tercih edilmesi sonucu üretimde artış olduğu düşünülmektedir. Türkiye’de ise son on yılda erik üretimi yaklaşık 100.000 ton artış göstermiş ve 2013 yılında 197.262 dekar alanda toplam 305.393 ton erik üretilmiştir (FAO, 2014). Üretim miktarındaki artışa rağmen eriğin yurtiçi pazarlanmasında ve ihracatında bazı sorunlar bulunmaktadır.

Erik, genel olarak çok çabuk olgunlaşabilen (Khan and Singh, 2009), çabuk bozulabilen ve muhafaza süresi kısa (Özkaya ve ark., 2005; Bal ve Çelik, 2008) olan klimakterik bir meyve türüdür. Özellikle hasat sonrası meyve etinde oluşan yumuşama ve iç kararması raf ömrünü ve muhafaza süresini daha da sınırlandırmaktadır (Menniti et al., 2004). Meyve olgunlaşma süreciyle birlikte oluşan yumuşama, etilen hormonu yoğunluğunun artmasıyla meydana gelmektedir (Khan and Singh, 2007). Bu yumuşamanın önüne geçilebilmesi için etilenin ve etilene bağlı etkilerin mutlaka kontrol altına alınması gerekmektedir (Ergün, 2006). Günümüzde bu etkiler değişik uygulama ve yöntemler kullanılarak kontrol edilmektedir. En yaygın olarak kullanılan yöntem ise bitki dokusunun etilen algılamasını önlemektir. Etilenin algılanmasını önlemek için, ortam sıcaklığını düşürmek, CO₂ konsantrasyonunu yükseltmek, etilen inhibitörleri ve farklı depolama sistemlerini kullanmak gibi yöntemler etkili olmaktadır (Şen ve Türk, 2008).

Etilen reseptörlerinin çalışmasını engelleyen veya sınırlandıran maddelerin keşfi 1980 yıllarının başında Sisler ve Blankeship tarafından yapılmıştır (Blankeship and Dole, 2003). Bu maddelerden Ag⁺, 2,5-NBD (2,5-Norbornadiene), trans-cyclooctane, DACP (diazosiklopentadien), AVG (Aminoetoksi-vinilglisin) ve 1-MCP (1-Metilsiklopropan) günümüzde ticari ve bilimsel amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu maddeler etilen sentezini engelleyerek, etilen hareketine bağlı biyokimyasal olayların gecikmesine ya da ortadan kalkmasına neden olmaktadır. 1-MCP; standart sıcaklık ve basınçta, molekül ağırlığı 54 ve formülü C₄H₆ olan bir gazdır. 1-MCP, bitkiye uygulandığında, etilen alıcılarına bağlanarak, etilenin bu bölgeye bağlanmasını engellemekte ve bu nedenle etilenle ilişkili biyokimyasal tepkimelerin hızını yavaşlatmaktadır (Watkins, 2006). 1-MCP’in alıcı ile uyuşması, etileninkinden yaklaşık 10 kat daha fazladır ve etilen ile karşılaştırıldığında çok düşük konsantrasyonlarda aktiftir (Blankeship and Dole, 2003). 1-MCP özellikle klimakterik meyvelerde etilen üretimini ve etilenin

olumsuz etkilerini baskılaması nedeniyle bu etkileri birçok tür ve çeşitte, çok sayıda araştırmacı tarafından yoğun olarak çalışılmaktadır (Çalhan ve ark., 2013). Fakat yapılan çalışmaların çeşit bazında ve farklı uygulamalarla çeşitlendirerek sayısının artırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, son zamanlarda Türkiye’de ve Isparta yöresinde yoğun olarak yetiştirilmeye başlanan, depolamaya uygun, iri ve koyu rengi ile albenisi yüksek olan Angeleno erik çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada, derim sonrası 1-MCP uygulamasının Angeleno erik çeşidinin modifiye atmosfer (MA) koşullarında depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Meyve materyali

Çalışmada meyve materyali olarak geç dönemde olgunlaşan Angeleno erik çeşidi kullanılmıştır. Meyveler Isparta’da bulunan, *Prunus cerasifera* L. anacına aşılanmış, 8 yaşlı ve 4 × 4 m ara ile tesis edilmiş kapama erik bahçesinden temin edilmiştir.

Hasat, depolama koşulu ve 1-MCP Uygulaması

Sert olum döneminde hasat edilen meyveler, 1 °C sıcaklık % 80-90 oransal nem koşullarında meyve iç sıcaklığı 2-3 °C’ye düşünceye kadar ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Araziden gelen meyvelerin yüksek sıcaklıkta olması (1-MCP uygulama sıcaklığı olan 20 °C’den) meyvelerin 1-MCP uygulamasından önce soğutulması ihtiyacını doğurmuştur (Martinez-Romero et al. 2003; Valero et al., 2003). Ön soğutmadan sonra meyveler, iki gruba ayrılmış, ilk grup meyveler hiçbir uygulamaya tabi tutulmayarak kontrol olarak alınmıştır. İkinci grup meyvelere ise oda sıcaklığında, 12 saat 0.625 ppm dozunda 1-MCP uygulanmıştır. Uygulama özel olarak üretilmiş gaz sızdırmaz polietilen torbalar kullanılarak yapılmıştır. Torbanın içerisine kasalar yerleştirilmiş ve kasaların ortasına karıştırıcı düzenek yerleştirilmiştir. 1-MCP’nin kapsül halindeki formülasyonu su içerisine eklendikten sonra torba sıkıca kapatılmış ve karıştırıcı düzenek çalıştırılmıştır. Uygulama bittikten sonra torba açılarak havalandırılmıştır. 1-MCP uygulanmış ve uygulanmamış meyveler erikler için üretilmiş modifiye atmosfer oluşturan, özel bir firmadan temin edilen polietilen (LPDE) poşetlere yerleştirildikten sonra 0 °C sıcaklıkta ve % 90 ± 5 oransal nem koşullarında depolanmıştır. 4 aylık muhafaza süresince 1’er ay aralıklarla depolardan çıkartılan meyve örneklerine aşağıdaki analizler yapılmıştır. Ayrıca raf ömrü çalışmaları için de her analiz periyodu sonunda meyveler 2 gün 20 °C ve % 60 ± 5

oransal nem koşullarında bekletilmiş ve aynı analizler yinelenmiştir.

Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler aşağıdaki formülle hesaplanarak % olarak değerlendirilmiştir.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}] \times 100 \quad (1)$$

Meyve sertliği

Japon grubu Eriklerde özellikle su kaybının çok fazla olmadığı muhafaza koşullarında meyve sertliği (kabuklu olarak) ölçümleri yapılabilmektedir (Serrano et al., 2003; Chen and Zhu, 2011). Ölçümlerde tekstür cihazı (Lloyd Instruments LF Plus) ve Nexygen programı kullanılmıştır. 50 N'luk LoadCell ile 100 mm dk⁻¹'lık değişmez bir hızda inen 5.1 mm çapındaki silindirik uç (Luo et al., 2009), meyveye 10 mm batırılmıştır. Elde edilen maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden meyve sertliği değeri olarak kullanılmıştır.

Suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TEA)

SÇKM, meyve suyunda dijital refraktometre (Atago Pocket PAL-1, Japan) ile belirlenmiş ve sonuçlar % olarak verilmiştir. TEA ise hazırlanan meyve suyu mikropipet ile her tekerrür için 10 mL'lik 2 paralel alınarak pH metre (WTW Inolab Marka) ile pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile dijital büret (Digitrate-Isolab) yardımıyla titre edilmiştir. Sonuçlar harcanan baz üzerinden malik asit cinsinden hesaplanmış ve g 100 mL⁻¹ olarak verilmiştir.

Solunum hızı ve etilen üretim miktarı

Depolama boyunca belirtilen aralıklarla depodan çıkarılan meyveler 4 L hacmindeki kavanozlara yaklaşık 750-800 g meyve olacak şekilde tartılıp 20 °C'de 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra kavanozlardan gaz sızdırmaz enjektör yardımıyla gaz örneği alınıp Gaz Kromatografisi (Agilent GC-6890N) cihazına verilmiştir. Solunum hızı ve etilen üretim miktarı ölçümü her bir kavanozdan alınan tek bir gaz örneğinde aynı anda yapılmıştır. Sonuçlar solunum hızı için mL CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ ve etilen üretim miktarı içinde µL kg⁻¹ s⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

Modifiye atmosfer poşet içi gaz bileşimi

Gaz analizörü (Systec Instrument Gaspac) ile her analiz döneminde depodan çıkarılan poşetlerde yapılmıştır. Cihazın iğneli ucu poşet içerisine batırılarak, poşetlerdeki CO₂ ve O₂ seviyeleri % olarak belirlenmiştir.

Meyve kabuk rengi

Meyve kabuk rengi ölçümlerinde renk cihazı (Minolta CR-300) kullanılmıştır. Renk ölçümünden önce cihazın kalibrasyonu kalibrasyon plakası ile yapılmıştır. Ölçümler sonucu meyve kabuk rengi CIE L* a* b* cinsinden belirlenmiş ve aşağıdaki formüllere göre hue açısı (h°) ve kroma (C*) olarak değerlendirilmiştir.

$$h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

Duyusal değerlendirmeler

Eriklerin dış görünüşü 1-9 skalasına (1-3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi), tat değerleri 1 - 5 skalasına (1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi) ve iç kararması değerleri de 0 - 4 skalasına (0: yok, 1: çok az, 2: az, 3: orta, 4: şiddetli) göre değerlendirilmiştir.

İstatistiksel analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve elde edilen sonuçlar SPSS v.18.0. istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalara ilişkin farklılıkların belirlenmesinde Tukey's testi kullanılmıştır (p<0.05).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Ağırlık kaybı

Ürünlerin muhafaza süresini kısıtlayan en önemli faktörlerden biri olan ağırlık kaybı (%) depolama süresine paralel olarak bütün uygulamalarda artmıştır. Fakat bu artışların soğukta muhafaza süresince, MAP içindeki oransal nem miktarının yüksek olması ve nem kaybını engellemesi nedeniyle poşet içindeki meyvelerde nispeten düşük kaldığı söylenebilir (Çizelge 1). Nitekim Veraverbeke et al. (2003), ortamdaki nem miktarının ürün su kaybı üzerine önemli bir etkisinin olduğunu vurgulamışlardır. Benzer sonuçlar Özer ve ark., (1999) tarafından da rapor edilmiştir. Soğukta muhafaza sonunda ağırlık kayıpları kontrol grubunda %3.83 ve 1-MCP+MAP kombinasyonunda %3.28 olurken, raf ömrü sonunda bu değerler %9.08 (kontrol) ve %7.87 (1-MCP+MAP) olarak bulunmuştur (Çizelge 1, 2). Raf ömrü denemesinde ağırlık kaybının fazla olmasını, ortamın yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem değerine bağlı olarak ürünün daha fazla su kaybına dayandırabiliriz. Serrano et al. (2003) ve Martinez-Romero et al. (2003), çalışmalarında benzer bulgular elde etmişlerdir. Her iki koşulda da meyvelerin ağırlık kayıpları kontrole

göre daha düşük seviyelerde kalmıştır (Çizelge 1, 2). 1-MCP uygulamasının tek başına ya da MAP ile boyunca hem de depolama sonrasında azalttığı farklı çalışmalarda bildirilmiştir (Martinez-Romero et al., 2003; Valero et al., 2003; Manganaris et al., 2008).

Çizelge 1. 4 ay 0° C 'de depolanan Angeleno erik çeşidinin kalite özelliklerindeki (ağırlık kaybı, sertlik, solunum hızı, etilen üretim miktarı, tat, dış görünüş, iç kararması, meyve kabuk rengi (L*, C*, h°), suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asit miktarı (TEA) değişimleri

Table 1. The changes of the quality attributes (weight loss, fruit firmness, respiration rate, ethylene production, taste, external appearance, internal browning, skin color (L*, C*, h°), soluble solids contents and titratable acidity) of Angeleno plums stored for 4 months at 0° C

Uygulamalar	Depolama süresi (ay)	Ağırlık kaybı (%)	Meyve sertliği (N)	Solunum hızı (mLCO ₂ kg ⁻¹ .s ⁻¹)	Etilen üretimi (µL kg ⁻¹ .s ⁻¹)	Tat (1-5 skalası)	Dış görünüş (1-9 skalası)	İç kararması (0-4 skalası)	L*	Kroma (C*)	Hue değeri (h°)	SÇKM (%)	TEA (g 100 mL ⁻¹)
MAP (kontrol)	0	-	35.68a	5.92	0.03	5.00	9.00a	0.00d	27.48	11.05	21.16	13.43	1.87a
	1	1.00	34.54a	6.27	0.21	4.89	8.94a	0.00d	26.24	9.65	26.06	13.97	1.75ab
	2	2.09	34.14a	6.74	0.63	4.28	7.67b	1.00c	26.84	9.38	16.26	14.40	1.60bc
	3	2.84	29.63b	7.28	1.28	2.39	4.83c	2.33ab	26.23	9.99	21.55	15.42	1.48cd
	4	3.83	19.16d	6.77	1.12	1.39	2.94d	2.83a	26.61	9.28	20.99	15.58	0.85e
1-MCP+MAP	0	-	35.68a	5.92	0.03	5.00	9.00a	0.00d	27.48	11.05	21.16	13.43	1.87a
	1	0.81	35.33a	5.79	0.17	5.00	9.00a	0.00d	26.33	10.42	24.24	13.78	1.79ab
	2	1.54	34.23a	6.06	0.57	4.56	7.94b	0.00d	26.65	9.70	15.57	14.20	1.67a-c
	3	2.43	30.49b	6.02	0.87	3.17	7.00b	2.17b	26.23	9.11	21.01	14.55	1.33d
	4	3.28	24.16c	5.88	0.84	1.67	4.61c	2.50ab	26.16	9.03	23.62	15.47	1.00e
Depolama süresi (D)	*	**	öd	**	**	**	**	**	öd	*	*	**	**
Uygulama (U)	öd	*	öd	*	**	**	**	**	öd	öd	öd	öd	öd
U × D	öd	*	öd	öd	öd	**	**	**	öd	öd	öd	öd	*

*, % 5 önemli, **, % 1 önemli, öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p < 0.05).

Dış görünüş 1 - 9 skalası; 1- 3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi. Tat değerleri 1 - 5 skalası; 1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi. İç kararması değerleri 0 - 4 skalası: 0: yok, 1: çok az, 2: az, 3: orta, 4: şiddetli.

Çizelge 2. Soğukta muhafazadan sonra 2 gün raf ömrü koşullarında bekletilen Angeleno erik çeşidinin kalite özelliklerindeki (ağırlık kaybı, sertlik, solunum hızı, etilen üretim miktarı, tat, dış görünüş, iç kararması, meyve kabuk rengi (L*, C*, h°), suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asit miktarı (TEA)) değişimleri

Table 2. The changes of the quality attributes (weight loss, fruit firmness, respiration rate, ethylene production, taste, external appearance, internal browning, skin color (L*, C*, h°), soluble solids contents and titratable acidity) of Angeleno plums stored at shelf life for 2 days after cold storage.

Uygulamalar	Depolama süresi (ay)	Ağırlık kaybı (%)	Meyve sertliği (N)	Solunum hızı (mL CO ₂ kg ⁻¹ .s ⁻¹)	Etilen üretimi (µL kg ⁻¹ s ⁻¹)	Tat (1-5 skalası)	Dış görünüş (1-9 skalası)	İç kararması (0-4 skalası)	L*	Kroma (C*)	Hue değeri (h°)	SÇKM (%)	TEA (g 100 mL ⁻¹)
MAP (kontrol)	1	1.81	31.26	7.07	0.78	4.56	8.78	0.00	27.28	7.50	41.08	14.20	1.71a
	2	3.21	31.08	7.66	1.33	3.72	6.95	1.50	27.35	6.69	22.56	14.90	1.49b
	3	5.69	23.88	7.98	3.07	2.17	4.44	2.33	27.54	5.88	25.43	15.63	1.19c
	4	9.08	14.62	7.95	2.28	1.28	2.83	3.17	26.97	6.69	28.65	15.55	0.72e
1-MCP+MAP	1	1.45	33.79	6.33	0.62	4.83	8.83	0.00	26.56	7.47	30.98	14.07	1.67a
	2	2.63	32.38	7.06	0.98	4.00	7.39	1.00	27.03	7.53	22.52	14.80	1.57ab
	3	4.31	24.95	6.45	1.88	3.06	5.22	2.33	28.29	6.88	29.51	15.28	1.09cd
	4	7.87	16.57	6.32	1.28	1.17	3.28	2.83	26.73	7.26	30.45	15.72	1.04d
Depolama süresi (D)	**	**	öd	**	**	**	**	**	öd	öd	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	**	**	**	*	**	*	öd	öd	öd	öd	**
U × D	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	**

*, % 5 önemli, **, % 1 önemli, öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p < 0.05).

Dış görünüş 1 - 9 skalası; 1- 3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi. Tat değerleri 1 - 5 skalası; 1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi. İç kararması değerleri 0 - 4 skalası: 0: yok, 1: çok az, 2: az, 3: orta, 4: şiddetli.

Meyve sertliği

Eriklerin depolamasında en önemli sorunlardan biri olan meyve yumuşaması bu çalışmada depolama boyunca artmıştır. Başlangıçta 35.68 N olan sertlik değeri, muhafaza sonunda kontrol grubunda 19.16 N, 1-MCP+MAP kombinasyonunda ise 24.16 N'ye düşmüştür. Uygulama meyveleri her iki depolama koşulunda da kontrol grubuna göre daha sert kalmıştır (Çizelge 1, 2). Khan and Singh (2009) farklı dozlarda 1-MCP uygulayarak 0 ± 1 °C sıcaklıkta depoladıkları Tegan Blue erik çeşidinde, 1-MCP uygulamasının yumuşamayı geciktirdiğini ve muhafaza sonunda uygulama yapılan meyvelerin uygulama yapılmayanlara kıyasla daha sert kaldıklarını vurgulamışlardır. Benzer şekilde, 1-MCP uygulamasının eriklerde yumuşamayı geciktirdiği birçok çalışmada belirtilmiştir (Skog et al., 2001; Martinez-Romero et al., 2003; Menniti et al., 2004). Raf ömrü sonundaki sertlik kaybı soğukta muhafazaya göre fazla olmuştur (Çizelge 2). Bu durum yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarında meyvelerde su kaybının artması ve yükselen sıcaklıkla birlikte solunum hızı, etilen üretimi gibi biyokimyasal olayların hızlanması dolayısıyla yumuşamanın daha hızlı gerçekleşmesi şeklinde açıklanabilir. Menniti et al., 2004 ve Diaz-Mula et al. (2009), eriklerle ilgili yaptıkları çalışmalarında benzer bulgular elde etmişlerdir.

Suda çözünür kuru madde ve titre edilebilir asitlik miktarı

Muhafaza süresince, meyvelerin SÇKM miktarlarında dalgalanmalar olmasına rağmen depolama sonunda başlangıç değerlerine göre artış olmuştur (Çizelge 1, 2). Taze meyvelerin soğukta muhafazası sırasında SÇKM miktarındaki artışın, su kaybı sonucu şekerlerin meyve suyunda oransal olarak artmasına veya şekerlerin mutlak artışına dayandırılabilceği bildirilmiştir (Özdemir ve ark., 2006). 1-MCP uygulanan ve MAP içinde depolanan eriklerde SÇKM değerlerinde ki artış her iki koşulda da kontrole göre kısmen daha düşük olmuştur. (Çizelge 1, 2). Nitekim Watkins et al. (2000), 1-MCP uygulamasının kontrole göre SÇKM miktarını daha iyi koruduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada elde edilen bulgular bu bakımdan da literatür ile uyumlu gözükmektedir.

SÇKM miktarının aksine TEA değerleri depolama süresine paralel olarak azalmıştır. Soğukta muhafaza başlangıcında $1.87 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ olan değer muhafaza sonunda kontrol uygulamasında $0.85 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$, 1-MCP+MAP kombinasyonunda ise $1.00 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ kadar düşmüştür (Çizelge 1). Bu düşüşler meyvelerin olgunlaşmasına ve yaşlanmasına paralel olarak

meyvelerin bünyesinde var olan bazı asitlerin kaybının da azalmasına dayandırılabilir. Benzer sonuçları Crisosto et al. (2004), Valero et al. (2004), Guerra and Casquero (2008) ve Kaynaş ve ark. (2009), çalışmalarında elde etmişlerdir. Uygulama meyvelerinin her iki koşulda da TEA değerleri daha yüksek kalmıştır (Çizelge 1, 2). Bu durumu da 1-MCP ve MAP uygulamasının eriklerin olgunlaşma metabolizmasını yavaşlatmasıyla açıklanabilir.

Solunum hızı ve etilen üretim miktarı

Eriklerin solunum hızı ve etilen üretim miktarı depolama süresinin artmasıyla birlikte 3. aya kadar artmış, muhafaza sonu olan 4. ayda ise her iki değerde kısmen düşüşler olmuştur. Raf ömrü koşullarında da benzer durum ortaya çıkmış fakat bu değerler artan sıcaklık değeri ile daha yüksek olmuştur (Çizelge 1, 2). Klimakterik meyvelerde olgunlaşmayla beraber solunum hızı ve etilen üretim oranlarının arttığı ve belirli bir maximuma ulaştıktan sonra başlangıca oranla yüksek olmakla beraber tekrar azalma eğilimine girdiği bilinmektedir. Son dönemlerdeki solunum hızı azalması büyük oranda ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacıyla açıklanabilir (Karaçalı, 2009). 1-MCP+MAP uygulamasının solunum hızı üzerine yavaşlatıcı etkisinin olduğu hem soğukta muhafaza hem de raf koşullarında bekletme sırasında görülmüştür (Çizelge 1, 2). Abdi et al. (1998), Gulfruby ve Beauty erik çeşitlerine farklı dozlarda 1-MCP uygulamışlar ve uygulama meyvelerinin kontrol grubuna göre daha düşük solunum hızına sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

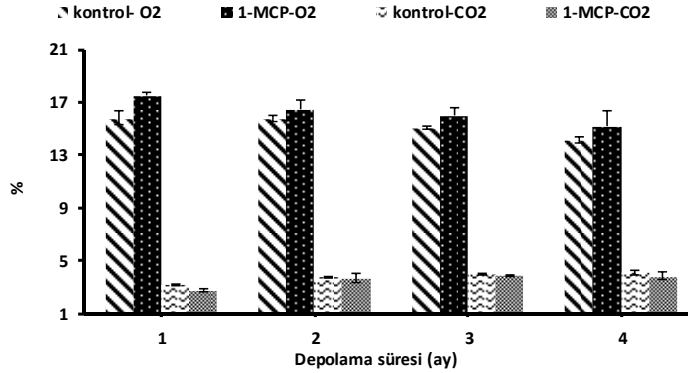
Etilen üretim miktarında da solunum hızına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Soğukta muhafaza sonunda etilen üretimi kontrol grubunda $1.12 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ olurken uygulama yapılan meyvelerde $0.84 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ olarak elde edilmiştir (Çizelge 1). Raf ömrü denemesinde ise bu değerler $2.28 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (kontrol) ve $1.28 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (1-MCP+MAP) olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2). 1-MCP+MAP uygulamasının iki depolama koşulunda da etilen üretimini baskı altına aldığı görülmüştür (Çizelge 1, 2). Birçok araştırmacı 1-MCP uygulamasının MAP koşullarında düşük O_2 ve yüksek CO_2 seviyesine bağlı olarak etilen üretimini baskı altına aldığını vurgulamıştır (Manolopoulou and Mallidis, 1999; Blankenship and Dole, 2003; Khan and Singh, 2009).

Modifiye atmosfer poşet içi gaz bileşimi

Beklenildiği gibi muhafaza süresince poşet içinde O_2 (%) seviyesi giderek azalırken, CO_2 (%) seviyesi artmıştır. Muhafaza sonunda poşet içi gaz bileşimi kontrol grubunda %14.13 O_2 - 4.12 CO_2 olarak bulunurken, uygulama grubunda ise %15.22 O_2 - 3.83 CO_2 olarak

ölçülmüştür (Şekil 1). Eski ve Erkan (2008)'da Black Beauty erik çeşidi ile yaptığı MAP çalışmasında benzer bulgular elde etmişlerdir. Literatür incelendiğinde

sadece MAP'a kıyasla 1-MCP ile MAP'ın kombine kullanımının poşet içerisindeki atmosfer bileşimine olumlu yansıdığı söylenebilir (Khan and Singh, 2008).



Şekil 1. Depolama boyunca MAP içerisindeki oksijen (% O₂) ve karbondioksit (% CO₂) seviyelerindeki değişimler
Figure 1. The changes of oxygen (O₂ %) and carbon dioxide (CO₂ %) levels in MAP during the cold storage

Meyve kabuk rengi

Parlaklığı ifade eden L* değeri depolama süresine paralel olarak genellikle azalmıştır. Soğukta muhafazada bu azalış kontrol grubunda kısmen daha fazla olmuş olsa da 1-MCP-MAP uygulamasının meyve parlaklığı üzerine çok etkisinin olmadığı görülmektedir (Çizelge 1).

C* değeri renkteki canlılığı veya donukluğu belirtmekte, C* değeri arttıkça renk daha net, canlı ve parlak görüldüğü bilinmektedir. Hem soğukta muhafaza da hem de raf ömrü denemelerinde eriklerin C* değerlerinde başlangıç değerlerine göre düşüş olmuştur. Başlangıçta 11.05 olan C* değeri, muhafaza sonunda 9.28 - 9.03 (kontrol, 1-MCP+MAP sırasıyla) olarak kaydedilmiştir. Raf ömrü denemelerinde ise bu değerler 2 günlük oda koşullarında bekletme sonrasında 6.69 ve 7.26 (kontrol, 1-MCP+MAP sırasıyla) olarak ölçülmüştür (Çizelge 1, 2). Raf koşullarında 2 gün içinde C* değerindeki bu radikal düşüşlerin meyvelerdeki iç kararması bozukluğunun (Çizelge 1, 2) ilerlemesiyle meyve etindeki kararmaların dış kabuk zemin renginde matlaşmalara neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hue açısı bir renk dairesi olup kırmızı-mor renkler 0° - 360° arasında açı değerini almakta iken, sarı değeri 90° açı değeri, mavimsi yeşil renkler ise 180°-270° arasında açı değerini almaktadır (McGuire, 1992). Kırmızı-mor kabuk rengine sahip çeşitlerde, h° değerinin 0'a yaklaşması, meyvede kırmızı renk gelişiminin arttığını göstermektedir. Benzer şekilde kroma değeri kırmızı renk gelişimi arttıkça düşmektedir (Rudell et al., 2005). Bu bilgiler dikkate

alındığında çalışma da 1-MCP+MAP uygulamasının meyvelerde renk değişimini geciktirdiğini söylenebilir (Çizelge 1, 2). Kontrol grubunda h° değerinin daha düşük çıkmasını ise olgunlaşmanın daha hızlı olmasına şeklinde açıklanabilir. Hue açısı değerlerinde raf ömrü süresince kararlı bir azalış görülürken (Çizelge 2), soğukta muhafaza boyunca h° değerinde dalgalanmalar görülmüştür (Çizelge 1).

Duyusal değerlendirmeler

Meyvelerde muhafaza süresinin duyusal kaliteyi etkilediğini bilinmektedir (Echeverria et al., 2008). Uygulama meyveleri iç kararması, dış görünüş ve tat bakımından her iki depolama koşulunda da en iyi sonuçları vermiştir (Çizelge 1, 2). Erik muhafazasında en önemli sorunlardan biri olan iç kararmasının şiddeti soğukta muhafaza ve 1-MCP+MAP uygulaması ile azaltılmıştır. Raf ömrü koşullarında ise sıcaklık artışı ile birlikte iç kararması da artmıştır. Benzer şekilde Kaynaş ve ark. (2009), 1-MCP uyguladığı Angeleno erik çeşidinin, kontrole göre iç kararması şiddetinin daha az olduğunu bildirmişlerdir.

Tat bakımından da uygulama meyveleri her iki koşulda da kontrole göre yüksek değerler almıştır (Çizelge 1, 2). Uygulama yapılan meyvelerin kontrol grubuna göre olumlu sonuçlar vermesinin nedeninin 1-MCP+MAP uygulamasının iç kararmasını ve aşırı olgunlaşmayı engellemesi dolayısıyla tat kaybını önlediği şeklinde düşünülmektedir. Nitekim Karaçalı (2009), eriklerde iç kararması ile lezzet kaybının arttığını ifade etmiştir.

Çalışmada kontrol grubu meyveleri dış görünüş değerlendirmesinde hem soğukta muhafazada

hem de raf ömrü koşullarında 1-MCP+MAP kombinasyonuna göre daha düşük puanlar almıştır (Çizelge 1, 2). Bu durum su kaybından kaynaklanan büzüşmelerin fazla olmasına ve olgunlaşmanın daha hızlı ilerlemesine dayandırılabilir. Elde edilen sonuçlara göre 1-MCP-MAP uygulamasının meyvelerin duyuşal özellikleri üzerine olumlu etkilerinin olduğunu söyleyebiliriz.

SONUÇ

Çalışma sonucunda özellikle ağırlık kaybı, etilen üretim miktarı, solunum hızı, meyve sertliği ve duyuşal

özellikler bakımından 1-MCP+MAP uygulaması kontrol grubuna oranla daha olumlu sonuçlar vermiştir. Çalışmada incelenen kalite parametreleri dikkate alındığında Angeleno erik çeşidi 1-MCP uygulaması ile MAP'ın kombineli olarak kullanılmasıyla 90 gün kadar kaliteli olarak depolanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Fatma Koyuncu'ya ve çalışmaya maddi desteklerinden dolayı SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: 1900-YL-09) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abdi, N., W.B. McGlasson, P. Holford, M. Williams and Y. Mizrahi. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropane. *Israel Journal of Botany*, 14:29-39.
- Bal, E. ve S. Çelik. 2008. Hasat sonrası uygulamalarının Giant erik çeşidinin meyve kalitesi ve soğukta muhafazası üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(2):101-107.
- Balık, S. 2005. Kahramanmaraş'ta dış satıma yönelik Japon Grubu (*Prunus salicina* Lindl) sofralık yeni erik çeşitlerinin yetiştiriciliği üzerine araştırmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 51s, Kahramanmaraş.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropane: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 28:1-25.
- Chen, Z. and C. Zhu. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 61(2011): 117-123.
- Crisosto, H.C., D. Garner, G.M. Crisosto and E. Bowerman. 2004. Increasing Blackamber plum (*Prunus salicina* Lindell) consumer acceptance. *Postharvest Biology and Technology*, 34:237-244.
- Çalhan, Ö., İ. Eren, C.E. Onursal, A. Güneşli, M. Emre and F.P. Öztürk. 2013. Antalya (Korkuteli-Elmalı) bölgesinde elmalara 1-MCP (SmartFresh™) uygulamaları ve etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1):21-25.
- Diaz-Mula, H.M., P.J. Zapata, F. Guillen, D. Martinez-Romero, S. Castillo, M. Serrano and D. Valero. 2009. Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 51:354-363.
- Echeverria, G., J. Graell, I. Lara and M.L. Lopez. 2008. Physicochemical measurements in Mondial Gala apples stored at different atmospheres: Influence on consumer acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 50:135-144.
- Ergün, M. 2006. Etilen hareketini engelleyen inhibitörlerin sebze muhafazasında kullanımı. VI Sebze Tarımı Sempozyumu (19-22 Eylül 2006, Kahramanmaraş), ss. 343-347.
- Eski, H. ve M. Erkan. 2008. Antalya koşullarında üretilen 'Black Beauty' erik çeşidinin modifiye atmosferde (MA) muhafazası. Bahçe Ürünlerinde IV Ulusal Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu (8-11 Ekim 2008, Antalya), s. 362-371.
- FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx> . Erişim: Ekim 2014.
- Guerra, M. and P.A. Casquero. 2008. Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 325-332.
- Karaçalı, İ. 2009. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması (6. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 494, 482 s.
- Kaynaş, K., M. Sakaldaş and U. Yurt. 2009. The effects of different postharvest applications and different modified atmosphere packaging types on Fruit quality of Angeleno plums. *Proceeding of the Tenth International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference*, (4-7 April 2009, Antalya).
- Khan, A.S. and Z. Singh. 2008. 1-Methylcyclopropane application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum during cold storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(2):290-299.
- Khan, S.K. and Z. Singh. 2007. 1-MCP Regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharvest Biology and Technology*, 43:298-306.
- Khan, S.K. and Z. Singh. 2009. 1-MCP Application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during cold storage of Tegan Blue Japanese plum. *Postharvest Biology and Technology*, 176:539-544.
- Luo, Z., J. Xie, T. Xu and L. Zhang. 2009. Delay ripening of Qingnai plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropane. *Plant Science*, 177:705-709.
- Manganaris, G.A., C.H. Crisosto, V. Bremer and D. Holcroft. 2008. Novel 1-methylcyclopropane immersion formulation extends shelf life of advanced maturity Joanna Red plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biology and Technology*, 47:429-433.
- Manolopoulou, H. and C. Mallidis. 1999. Storage and processing of apricots. *Acta Horticulturae*, 488:567-576.
- Martinez-Romero, D., E. Dupille, F. Guillen, J.M. Valverde, M. Serrano and D. Valero. 2003. 1-Methylcyclopropane increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:4680-4686.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
- Menniti, A.M., R. Gregori and I. Donati. 2004. 1-methylcyclopropane retards postharvest softening of plums. *Postharvest Biology and Technology*, 31:269-275.

- Özdemir, A.E., E. Ertürk, M. Çelik ve R. Dilbaz. 2006. Venüs nektarin çeşidinin soğukta muhafazası. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(3):297-304.
- Özer, M.H., A. Eris ve B. Akbudak. 1999. Bazı erik çeşitlerinin modifiye atmosferde (MA) muhafazası üzerine bir araştırma. Türkiye III Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi (14-17 Eylül 1999, Ankara), s. 162-166.
- Özkaya, O., Ö. Dündar ve A. Küden. 2005. Adana koşullarında yetiştirilen Angeleno erik çeşidinin muhafaza performansı. III. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, (6-9 Eylül 2005, Hatay), s. 406-408.
- Rudell, D.R. and J.K. Fellman. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate to Fuji apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting and bitter pit incidence. HortScience, 40(6):1760-1762.
- Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillen and D. Valero. 2003. Effects of exogenous on improving shelf life of four plum cultivars. Postharvest Biology and Technology, 30:259-271.
- Skog, L.C., B.H. Schaefer and P.G. Smith. 2001. 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest storage and ripening. Acta Horticulturae, 553:171-172.
- Şen, F. ve E.F. Türk. 2008. Bahçe ürünlerinde 1-MCP kullanımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 45(3):221-228.
- Valero, D., D. Martinez-Romeo, J.M. Valverde, F. Guillen, S. Castillo and M. Serrano. 2003. Quality improvement and extension of the shelf life by 1-Methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 4:339-348.
- Valero, D., D. Martinez-Romeo, J.M. Valverde, F. Guillen, S. Castillo and M. Serrano. 2004. Could the 1-MCP treatment effectiveness in plum be affected by packaging? Postharvest Biology and Technology, 34:295-303.
- Veraverbeke, E.A., P. Verboven, P.V. Oostveldt and B.M. Nicolai. 2003. Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. mitis (Wallr.)) during storage Part 2. Model Simulations and Practical Applications. Postharvest Biology and Technology, 30:89-97.
- Watkins, C.B., J.F. Nock and B.D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest Biology and Technology, 19:17-32.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnology Advances, 24:389-409.