

## Modifiye atmosferde muhafazanın ‘Canernar-1’ narlarının antioksidan aktivitesi ve derim sonrası fizyolojisi üzerine etkileri

### The effects of modified atmosphere packaging on the antioxidant activity and postharvest physiology of ‘Canernar-1’ pomegranates

Nurten SELÇUK, Mustafa ERKAN

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 07059, Antalya, Türkiye

Sorumlu yazar (Corresponding author): M. Erkan, e-posta (e-mail): erkan@akdeniz.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Alınış tarihi 4 Eylül 2013 Düzeltilme tarihi 1 Eylül 2013 Kabul tarihi 7 Kasım 2013</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Nar <i>Punica granatum</i> L. Depolama Modifiye atmosfer Antioksidan aktivite Kalite</p>	<p>Bu çalışmada, modifiye atmosferde muhafazanın ‘Canernar-1’ narlarının antioksidan aktivitesi ve derim sonrası fizyolojisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, optimal derim zamanında derilen narlar kontrol meyveleri dışında iki farklı modifiye atmosfer ortamında (MAP1 ve MAP2), 6 °C sıcaklık ve % 90-92 oransal nemde 210 gün süreyle depolanmışlardır. Değişik muhafaza ortamlarından 30 gün aralıklarla alınan meyve örneklerinde, muhafaza periyodu süresince çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler (modifiye atmosfer torbaları içerisindeki CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> miktarlarındaki değişimler, ağırlık kaybı, meyve kabuk rengi, titre edilebilir asit, suda çözünebilir kuru madde, toplam antosiyanin, toplam fenolik bileşikler, antioksidan aktivitesi, dış görünüş, çürük meyve miktarı ve çürük meyve indeksi) yapılarak meyvelerin depolama süresince kalitelerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Modifiye atmosferde depolama narların ağırlık kayıplarını, kalite kayıplarını (dış görünüş) ve çürük meyve miktarını azaltmada, titre edilebilir asit miktarı, meyve kabuk rengi ve antioksidan aktivitesinin korunmasında oldukça etkili olmuştur. MA ortamında depolanan narlar 6 °C sıcaklık ve % 90-92 oransal nemde 210 gün süreyle kalitelerinden fazla bir şey kaybetmeden başarıyla depolanmışlardır.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received 4 September 2013 Received in revised form 1 October 2013 Accepted 7 November 2013</p> <p><b>Keywords:</b> Pomegranate <i>Punica granatum</i> L. Storage Modified atmosphere Antioxidant activity Quality</p>	<p>In this research, the effects of different modified atmosphere packaging on the antioxidant activity and postharvest physiology of ‘Canernar-1’ pomegranates were investigated. Pomegranates were harvested at the commercial harvest stage and packed in two different types of modified atmosphere packaging (MAP1 and MAP2). Packed and unpacked (control) fruits were stored at 6°C and 90-95% relative humidity for 210 days. During the storage period, various physical and chemical analyses (CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> levels inside the MA bags, weight loss, skin color, total titratable acidity, total soluble solids, total anthocyanins, total phenolics, antioxidant activity, visual appearance, decayed fruit number and decayed fruit index) were performed on the fruit samples taken from the cold storage rooms at 30 days intervals. Storing of pomegranates in both MAP’s created a favorable environment around the fruits and weight loss was lower at these treatments. Besides weight losses and decayed fruit number both modified atmosphere packages were found quite effective in maintaining the amount of titratable acidity, skin color and antioxidant activity of the pomegranates. Under these conditions, Canernar-1 types of pomegranates can be store up to 210 days with minimal quality losses.</p>

## 1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde nar üretiminde ve ticaretinde özellikle son 10 yılda hızlı bir artış meydana gelmiştir. Nar üretimi ve ticaretindeki bu artış, hem çeşit hem de üretim miktarında yaşanmaktadır. Nar konusunda yapılan bilimsel çalışmalarda, nar meyvesinin insan sağlığı üzerine kalp koruyucu, damar tıkanıklıklarını ve damar sertliğini azaltıcı ve tansiyonu düşürücü etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur (Aviram ve ark. 2004). Ayrıca, nar meyvesinin cilt kanserine ve

bağırsak kanserine karşı koruyucu etkisinin olduğu da saptanmıştır (Seeram ve ark. 2005). Nar doğal bir antibiyotik olup, virüs ve mikroorganizma öldürücü etkisi de vardır. Tüm bu özellikler nar suyunda bulunan birçok polifenol bileşikleriyle ilişkilidir (Gil ve ark. 2000; Noda ve ark. 2002). Diğer yandan, nar meyvesinin çekirdeği ve yenilebilir kısmı asitler, şekerler, pektinler, askorbik asit, vitaminler, polisakkaritler, polifenoller, aminoasitler, fitoöstrojenler, polifenolik flavanoidler ve

mineraller yönünden de oldukça zengindir (Melgarejo ve ark. 2000; Li ve ark. 2006). Narın insan sağlığı ve beslenmesi üzerine olan bu özelliklerinin belirlenmesi, üretim ve tüketiminin artmasında önemli bir paya sahiptir.

Nar, adi depo koşullarında belirli bir süre muhafaza edilebilmesine karşın, meyve albenisindeki kayıplar ile özellikle ağırlık kayıpları ve çürük meyve miktarındaki artışlar, bu meyvenin pazar değerini olumsuz yönde etkilemektedir. Narların derimden sonra kalitelerinden fazla bir şey kaybetmeden belirli sürede depolanması ancak soğukta muhafaza ile mümkün olabilmektedir (Onur ve ark. 1995). Nar meyveleri 5-6 °C'nin altındaki sıcaklıklarda 2 aydan daha uzun bir süre depolandığında özellikle meyveyi odacıklara ayıran zar kısımlarında üşüme zararı meydana gelmektedir (Elyatem ve Kader 1984). Düşük sıcaklık derecelerinde muhafaza süresinin uzamasıyla birlikte, bu zarar danelere kadar ulaşmakta ve meyvenin hem iç hem de dış kalitesi düşmektedir. Diğer yandan, narlarda su kaybı sonucunda meyve kabuğunda sertleşme, kahverengimsi renk ve danelerdeki kahverengileşme depolama sırasında oluşan en önemli sorunların başında gelmektedir. Nar kabuğu, kalın görünmesine rağmen, su buharının hareketine izin veren minik açıklıklara sahip olduğu için su kaybına karşı oldukça hassastır. Nar meyvesinin muhafazasında bu olumsuzlukları azaltmak için kontrollü atmosfer (KA), modifiye atmosfer (MA), aralıklarla ısıtma (Artés ve ark. 2000a,b), streç film ve kaplama (Nanda ve ark. 2001) gibi çeşitli derim sonrası yöntemleri denenmiştir.

Modifiye atmosferde (MA) muhafaza tekniği, farklı gaz geçirgenliğine sahip plastik film veya torbalar kullanılarak kapalı şartlarda ürünlerin solunumları sonucu ortamdaki O<sub>2</sub>'nin azalması ve CO<sub>2</sub>'in yükselmesi ve bu şekilde ürünleri çevreleyen atmosfer bileşiminin değiştirilmesi esasına dayanmaktadır. Taze veya dilimlenmiş meyve ve sebzelerde, minimal işlem görmüş ürünlerde MA' de muhafaza kalite kayıplarını azaltmakta ve ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Gil ve ark. 1996; Lee ve ark. 1995; Artés ve ark. 2000a,b). MA'de muhafaza yönteminin en yaygın uygulandığı ürünler meyve ve sebzelerdir. Bu tür ürünlerin düşük O<sub>2</sub> ve yüksek CO<sub>2</sub> içeren atmosfer bileşimlerinde depolanmasıyla solunum hızları ve etilen üretimleri yavaşlamaktadır. Bunun sonucunda; olgunlaşma gecikmekte, şeker ve asitlerin tüketilmesi sınırlandırılmaktadır. Diğer yandan, MA'de muhafazada solunuma bağlı olarak gelişen nem ve ısı oluşumu azaltmakta, klorofil parçalanması ve enzimatik esmerleşmeler engellenmektedir (Üçüncü 2007). Bu çalışmada, 'Canernar-1' narlarının muhafaza süresi, meyve kalitesi ve antioksidan aktivitesi üzerine modifiye atmosferde muhafazanın etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2007-2008 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Derim Sonrası Fizyolojisi Laboratuvarı ve soğuk hava depolarında yürütülmüştür. Çalışmada, deneme materyali olarak, Antalya il sınırları içerisindeki bir üreticinin bahçesinden sağlanan 'Canernar-1' nar tipine ait meyveler kullanılmıştır. 'Canernar-1' narları orta mevsimde olgunlaşan mayhoş bir tiptir. Meyve ağırlığı ortalama 400-450 g ve kabuk rengi sarı zemin üzerine kırmızıdır. Daneleri kırmızıdır. Ortalama asit değeri %1.24 olup, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı %18 civarındadır.

Optimal derim zamanında (irilik, renk ve asitlik durumlarına bakılarak) usulüne uygun olarak derilen meyveler aynı gün

laboratuara taşınmıştır ve 13-15 °C sıcaklıkta ön soğutma amacı ile bir gece bekletilmiştir. Çeşide özgü irilik ve boyda olan sağlam meyveler denemede kullanılmak üzere seçilmiştir. Meyveler ileride ortaya çıkabilecek mantarsal bozulmalara karşı 25°C'de % 0.9'luk Prokloraz (*N-propyl-N-[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]imidazole-1-carboxamide*) çözeltilisine 10 saniye süreyle daldırılmış ve kurumaya bırakılmıştır. Meyveler daha sonra muhafaza amacıyla 3 gruba ayrılmıştır. Birinci grup meyveler, Xtend marka (Patent No: 6190710, StePac A.Ş., Antalya) modifiye atmosferli torbalar (MAP1) içerisinde, ikinci grup meyveler ZOEpac marka (Serpak A.Ş., Antalya) modifiye atmosferli torbalar (MAP2) içerisinde ve üçüncü grup meyveler kontrol grubu olarak muhafazaya alınmışlardır.

Ambalajlanan meyveler plastik kasalara yerleştirilip, 6°C (±0.5) sıcaklık ve % 90-92 (±0.5) oransal nem içeren soğuk hava deposunda 210 gün süre ile muhafazaya alınmışlardır. Muhafaza ortamından 30 gün aralıklarla alınan meyve örneklerinde muhafaza süresince, MA torbalarının içindeki % CO<sub>2</sub> ve % O<sub>2</sub> miktarındaki değişimler, ağırlık kaybı, meyve kabuk rengi, titre edilebilir asit, suda çözünebilir kuru madde, toplam antosiyanin, toplam fenolik bileşiklerin miktarı, antioksidan aktivitesi, dış görünüş, çürük meyve miktarı ve çürük meyve indeksi belirlenmiştir.

MA torbaları içerisindeki % CO<sub>2</sub> bileşimleri, CO<sub>2</sub> gaz analiz cihazı (Bühler CO<sub>2</sub> analizör IR Analysator typ-3000) ile, % O<sub>2</sub> bileşimleri ise O<sub>2</sub> gaz analiz cihazı (Servomex Oxygen analyser 570 A Inj.) ile belirlenmiştir. Ağırlık kaybı için; meyveler 0.01 g'a duyarlı dijital bir terazi ile tartılmış ve sonuçlar başlangıç ağırlığı dikkate alınarak % olarak hesaplanmıştır. Meyve kabuk rengi; meyvenin ekvator bölgesi üzerinde 3 ayrı noktada kromometre (CR 200, Minolta, Ramsey, NJ, USA) ile L\*, a\*, b\* cinsinden ölçülmüştür. Sonuçların değerlendirilmesinde a\* ve b\* değerlerinden hesap yoluyla elde edilen Chroma (C\*) ve hue (h°) açısı değerleri kullanılmıştır. Titre edilebilir asit miktarının (TEA) belirlenmesi için 2 ml meyve suyu 0.1 N NaOH çözeltisi ve bir pH metre yardımıyla 8.1'e kadar titre edilmiş ve değerler % sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı; dijital refraktometre (Model No REF121, Atago, China) kullanılarak (°Brix) ölçülmüştür. Toplam antosiyanin, toplam fenolik bileşikler ve bu maddelerin antioksidan aktiviteleri Zheng ve ark. (2007) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Toplam antosiyanin miktarı Fuleki ve Francis (1968) tarafından geliştirilen pH farklılığı metoduna göre saptanmıştır ve mg siyanidin-3-glukozid (Cyn-3-glu) 100 g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak hesaplanmıştır (Gil ve ark. 2000). Toplam fenolik bileşiklerin kolorimetrik olarak tayininde Spanos ve Wrolstad (1990) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kurve yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak hesaplanmıştır. Antioksidan aktivite tayini Gadow ve ark. (1997) tarafından kullanılan DPPH radikalinin inhibisyonuna dayanan yöntemle yapılmıştır. DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden ekstrakt konsantrasyonu olarak tanımlanan EC<sub>50</sub> değeri ise 5 farklı konsantrasyonda hazırlanan ekstraktlara karşı çizilen DPPH radikalinin % inhibisyon oranından elde edilen doğru denkleminde mg mg<sup>-1</sup> DPPH taze ağırlık olarak hesaplanmıştır. Ayrıca aynı yöntemle Trolox standardının da EC<sub>50</sub> değeri hesaplanmıştır (Katalinic ve ark. 2006). Dış görünüş; 1-5 skalası kullanılarak belirlenmiştir. Bu skalada, 1 = pazarlanamaz, 2 = pazarlanabilir, 3 = iyi, 4 = çok iyi ve 5 = mükemmel değerlerini almıştır. Muhafaza sırasında ortaya çıkan çürük meyve miktarı % olarak hesaplanmıştır.

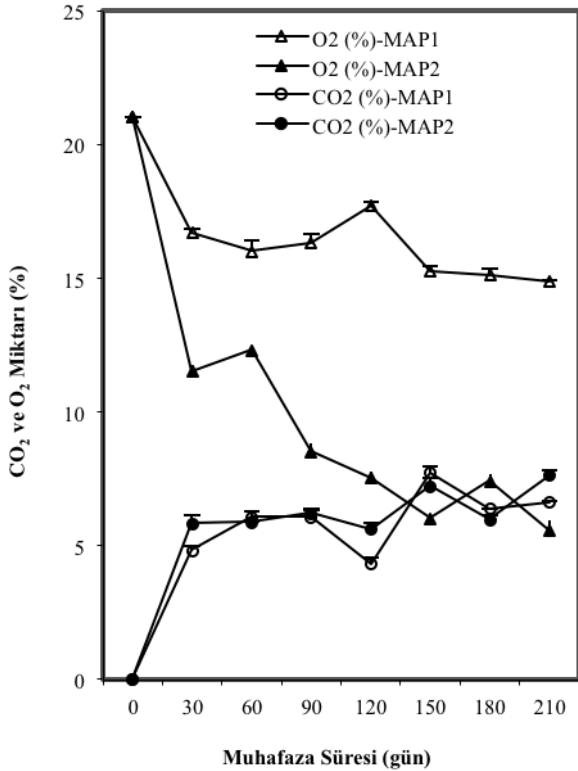
Çürük meyve indeksinin belirlenmesinde; 1-5 skalası kullanılmıştır. Bu skalada, 1 = çürük yok; 2 = % 25; 3 = % 50; 4 = % 75 meyvenin yüzeyinde çürümeye var, 5 = % 100 meyvenin tamamı çürümüş olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 meyve olacak şekilde tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. İstatistiksel analizler, SAS paket programında yapılmıştır ve ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ( $P \leq 0.05$ ) kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Modifiye atmosfer ortamında CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> konsantrasyonları

Muhafaza periyodu süresince MA ortamlarındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında artış, O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında ise azalma gözlenmiştir (Şekil 1). MAP1 ortamında depolanan narların CO<sub>2</sub> miktarları muhafaza periyodunun başlangıcında %0.03 iken, 210. günü sonunda %6.60'a kadar yükselmiştir. Aynı süre sonunda MAP2 ortamında depolanan narların CO<sub>2</sub> miktarları ise %7.60 olarak ölçülmüştür. Narların O<sub>2</sub> miktarları muhafaza periyodunun başlangıcında %21.00 iken, muhafaza boyunca sürekli azalarak 210 günlük muhafaza periyodu sonunda MAP1 ortamında %14.90'a, MAP2 ortamında ise %5.6'ya kadar düşmüştür. CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artış ve O<sub>2</sub> konsantrasyonundaki azalma hem solunumu hem de metabolik aktiviteyi azaltmıştır.



Şekil 1. Muhafaza süresince MAP ortamında CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki değişimler.

Figure 1. Changes CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations inside MAP during storage.

#### 3.2. Ağırlık kaybı

Narların ağırlık kayıpları üzerine paketlenme uygulamaları, muhafaza süreleri ve uygulama × muhafaza süresi interaksyonu

önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 1). Paketleme uygulamaları açısından, en düşük ağırlık kaybı ortalaması MAP2 (%0.95) ortamında depolanan narlarda, en yüksek ağırlık kaybı ise kontrol meyvelerinde (%17.26) saptanmıştır. Denemede, muhafaza süresinin uzamasına paralel olarak narların ağırlık kayıplarında artışlar saptanmıştır. Muhafazanın 30. günü sonunda saptanan ağırlık kaybı ortalaması %3.09 iken, 210. günü sonunda bu değer %12.02 olarak belirlenmiştir. 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda en yüksek ağırlık kaybı %25.92 ile kontrol grubu meyvelerinde, en düşük ağırlık kaybı ise %1.53 ile MAP2 ortamında depolanan narlarda saptanmıştır (Çizelge 1). Nar muhafazası konusunda yapılan birçok çalışmada, muhafaza süresi uzadıkça özellikle kontrol meyvelerinde ağırlık kaybının önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir (Elyatem ve Kader 1984; Onur ve ark. 1995; Artès ve ark. 2000a,b). Bizim çalışmamızda da kontrol meyvelerinde MA ortamında depolananlara göre daha yüksek oranlarda ağırlık kaybı saptanmıştır. Nar klimakterik göstermeyen bir meyve olup, derimden sonra asıl ağırlık kaybı meyve kabuğundan meydana gelmektedir (Kader ve ark. 1984). Bizim çalışmamızda da narlarda saptanan ağırlık kayıpları özellikle kabuktan meydana gelmiş olup, kontrol meyvelerinin kabukları muhafaza sonunda sularını kaybederek kuru ve susuz bir görünüm kazanmışlardır.

#### 3.3. Meyve kabuk rengi

MAP uygulamaları ve muhafaza sürelerinin narların kabuk renginin L\* değerleri üzerine etkileri önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 1). 210 gün süreyle depolanan narlarda en düşük L\* değerleri kontrol grubu meyvelerinde, en yüksek L\* değerleri ise MAP1 ve MAP2 uygulamalarında saptanmıştır. Başka bir ifade ile muhafaza periyodu sonunda her üç uygulamada da meyve kabuklarının parlaklık değerleri azalmıştır. MAP1 ve MAP2 uygulaması yapılan narların L\* değerleri, kontrol grubu meyvelerine göre daha iyi korunmuştur. Çalışmamızda, muhafaza süresinin uzaması L\* değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Derim zamanında narların L\* değeri 46.44 iken, 210. günü sonunda ise bu değer 41.40'a kadar düşmüştür (Çizelge 1). Onur ve ark. (1995) ile Laribi ve ark. (2012) da depolama süresince L\* değerlerinde düşüşler meydana geldiğini ve MAP uygulamalarının L\* değerinin korunmasında oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Soğukta muhafaza edilen narların kabuk rengine ait C\* değerleri üzerine farklı paketlenme uygulamaları ve muhafaza sürelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 1). 210 gün süreyle depolanan narlarda en düşük C\* değerleri kontrol grubu meyvelerinde (30.35), en yüksek C\* değerleri ise MAP2 ve MAP1 uygulamalarında (32.06 ve 30.78) saptanmıştır. Muhafaza periyodu süresince MAP2 ve MAP1 ortamında depolanan narların C\* değerleri, kontrol grubu meyvelerine göre daha iyi korunmuştur. Çalışmada, muhafaza süresinin uzaması C\* değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Derim zamanında narların C\* değeri 40.45 iken, 90. gününde 33.06 ve 210. günü sonunda ise bu değer 31.06'ya kadar düşmüştür. (Çizelge 2). C\* değerinin azalması, muhafaza periyodu sonunda tüm uygulamalarda meyve kabuklarının canlılık değerlerinin azaldığını ifade etmektedir. D'Aquino ve ark. (2010) muhafaza periyodu süresince narların C\* değerlerinin azaldığını ve en düşük C\* değerlerinin kontrol grubu meyvelerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Kabuk renginin h<sup>o</sup> açısı değerleri üzerine muhafaza sürelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ )

**Çizelge 1.** MAP uygulamaları ve muhafaza sürelerinin narların ağırlık kayıpları,  $L^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  açısı değerleri üzerine etkileri.

**Table 1.** Effects of MAP treatments and storage time on weight loss,  $L^*$ ,  $C^*$  and  $h^\circ$  values of pomegranates.

		Muhafaza Süresi (gün)								
Uygulamalar		0	30	60	90	120	150	180	210	Ort (Uyg.)
Ağırlık kaybı (%)	Kontrol	-	7.14 h	10.49 f	14.98 e	18.20 d	20.75 c	23.32 b	25.92 a	17.26 a <sup>z</sup>
	MAP1	-	1.70 lm	2.59 kl	3.88 jk	5.02 ij	6.11 hi	7.36 gh	8.61 g	5.04 b
	MAP2	-	0.42 m	0.58 m	0.77 m	0.96 m	1.12 lm	1.30 lm	1.53 lm	0.95 c
Ort. (Muh. Sür)			3.09 g	4.55 f	6.54 e	8.06 d	9.33 c	10.66 b	12.02 a	
$L^*$	Kontrol	46.44	42.85	42.38	42.21	42.06	40.73	39.51	38.85	41.88 b
	MAP1	46.44	45.47	45.26	44.19	44.22	43.79	42.78	42.48	44.33 a
	MAP2	46.44	44.76	44.61	44.39	44.11	43.90	43.15	42.87	44.28 a
Ort. (Muh. Sür)		46.44 a	44.36 b	44.08 b	43.60 bc	43.47 bc	42.81 c	41.81 d	41.40 d	
$C^*$	Kontrol	40.45	35.49	33.21	31.89	31.15	31.02	30.71	30.35	33.03 b
	MAP1	40.45	36.31	35.60	32.79	32.15	31.52	31.18	30.78	33.85 b
	MAP2	40.45	37.81	36.53	34.50	33.25	32.82	32.79	32.06	35.03 a
Ort. (Muh. Sür)		40.45 a	36.53 b	35.12 b	33.06 c	32.18 cd	31.79 cd	31.56 cd	31.06 d	
$h^\circ$	Kontrol	29.06	29.63	29.87	30.12	30.89	31.46	32.50	33.34	30.86
	MAP1	29.06	30.25	30.58	30.89	31.14	32.62	34.16	34.85	32.24
	MAP2	29.06	30.13	30.54	30.73	31.31	32.35	33.89	34.48	31.61
Ort. (Muh. Sür)		29.06 d	30.00 cd	30.33 cd	30.58 cd	31.11 bcd	32.14 abc	33.52 ab	34.23 a	

<sup>z</sup> Satır ve sütunlarda Duncan testine göre  $P \leq 0.05$  düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Within rows and column means followed by different letters are significantly different at the  $P \leq 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

bulunmuştur (Çizelge 1). Muhafaza süresinin uzaması narların  $h^\circ$  açısı değerlerinin artmasına neden olmuştur.  $h^\circ$  açısı değerindeki azalma, rengin kırmızıya yaklaştığını,  $h^\circ$  açısı değerindeki artış ise rengin kırmızıdan sarıya doğru değiştiğini ifade etmektedir. Muhafaza periyodunun başlangıcında narların kabuk rengi daha koyu kırmızı iken, muhafaza periyodu sonunda kırmızısı-sarı olmuştur. Denememizden elde edilen sonuçlar Palou ve ark. (2007) ile Laribi ve ark. (2012) 'nın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

#### 3.4. Titre edilebilir asit miktarı (TEA)

Farklı paketleme uygulamalarının meyvelerin TEA miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \geq 0.05$ ) bulunmazken, farklı muhafaza sürelerinin etkileri ise önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 2). Paketleme uygulamaları arasında en yüksek TEA miktarı, MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan meyvelerde, en düşük TEA miktarı ise kontrol grubu meyvelerinde saptanmıştır. Narlarda muhafaza süresinin uzamasına paralel olarak TEA miktarları azalmıştır. Meyvelerin derim zamanında %1.24 olan TEA miktarları, 210 gün süren muhafaza sonunda ise %0.60'a kadar düşmüştür (Çizelge 2). Muhafazanın başlangıcından itibaren TEA miktarlarındaki azalma, nar muhafazası konusunda çalışan diğer araştırmacılar

(Onur ve ark. 1995; Artès ve ark. 2000a; Nanda ve ark. 2001) tarafından da bildirilmektedir. Narlarda yeme kalitesinin belirlenmesinde asit seviyeleri önemli bir kriterdir. Bu nedenle muhafaza süresince asit kaybının korunması oldukça önemlidir.

#### 3.5. Suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM)

Meyvelerde tadı oluşturan en önemli faktörlerden birisi de SÇKM/asit oranıdır. Depolama sırasında SÇKM miktarının aşırı azalması tadı olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle, TEA miktarında olduğu gibi muhafaza süresince SÇKM miktarının korunması da son derece önemlidir. Narların SÇKM miktarları muhafaza periyodunun ilk 30 gününde artmış, 60. günden itibaren ise azalmaya başlamıştır. 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda en yüksek SÇKM miktarı kontrol meyvelerinde (%15.97) saptanmıştır (Çizelge 2). MAP uygulamalarının narların SÇKM miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \geq 0.05$ ) bulunmamıştır. Narlarda en yüksek SÇKM miktarı %17.17 ile kontrol grubu meyvelerinde saptanmıştır. Muhafaza sürelerinin SÇKM miktarları üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur. Muhafaza süresi uzadıkça narların SÇKM miktarları azalmıştır. Narların derim zamanında %17.59 olan SÇKM miktarları, 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda

**Çizelge 2.** MAP uygulamaları ve muhafaza sürelerinin narların titre edilebilir asit ve suda çözünabilir kuru madde miktarları üzerine etkileri

**Table 2.** Effects of MAP treatments and storage time on total titratable acidity and total soluble solids content of pomegranates

		Muhafaza Süresi (gün)								
Uygulamalar		0	30	60	90	120	150	180	210	Ort (Uyg.)
TEA (%sitrik asit)	Kontrol	1.24	1.21	1.13	0.93	0.89	0.87	0.58	0.57	0.93
	MAP1	1.24	1.26	1.12	0.99	0.90	0.89	0.68	0.62	0.96
	MAP2	1.24	1.18	1.13	0.97	0.91	0.94	0.63	0.62	0.95
Ort. (Muh. Sür)		1.24 a	1.22 a	1.13 a	0.96 b	0.90 b	0.90 b	0.63 c	0.60 c <sup>z</sup>	
SÇKM (%)	Kontrol	17.59	17.92	17.78	17.55	17.37	17.15	16.07	15.97	17.17
	MAP1	17.59	17.89	17.47	17.34	17.23	16.23	16.13	15.10	16.87
	MAP2	17.59	17.70	17.56	17.27	17.05	17.03	16.30	15.50	17.00
Ort. (Muh. Sür)		17.59 a	17.84 a	17.60 a	17.39 ab	17.22 ab	16.81 bc	16.17 cd	15.52 d	

<sup>z</sup> Satır ve sütunlarda Duncan testine göre  $P \leq 0.05$  düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Within rows and column means followed by different letters are significantly different at the  $P \leq 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

TEA: Titre edilebilir asit.

SÇKM: Suda çözünabilir kuru madde.

TTA: Total titratable acidity.

TSS: Total soluble solids.



%15.52 olarak saptanmıştır (Çizelge 2). Nar klimakterik göstermeyen bir meyvedir (Kader ve ark. 1984) ve çok düşük bir solunum oranına sahiptir. Nar meyvesinde olgunlaşma derimden önce ağaç üzerinde gerçekleşmektedir. Derimden sonra ise nar meyvesi olgunlaşmaya devam etmez ve muhafaza süresince yeme kalitesi azalmaya başlar (Elyatem ve Kader 1984). Daha önceki birçok çalışmada, nar meyvesinde muhafaza periyodu süresince SÇKM miktarının azaldığı ve kontrol meyvelerinin, MA'de depolananlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Onur ve ark. 1995; Artès ve ark. 2000a; Nanda ve ark. 2001; Bayram ve ark. 2009; D'Aquino ve ark. 2010).

### 3.6. Toplam antosiyanin miktarı

Narlarda, farklı paketleme uygulamaları ve muhafaza sürelerinin toplam antosiyanin miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 3). Narların toplam antosiyanin miktarlarında muhafaza periyodunun 90. günü sonuna kadar az miktarlarda artışlar meydana gelmiştir. Bu artış kontrol grubu meyvelerinde daha belirgin olarak gerçekleşmiştir. Daha sonraki dönemlerde ise narların toplam antosiyanin miktarları düzenli olarak azalmıştır. Farklı ambalaj uygulamalarının narların toplam antosiyanin miktarları üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek antosiyanin miktarı kontrol meyvelerinde 28.54 mg Cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> olup, bu uygulamayı 23.13 ve 22.96 mg Cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> antosiyanin ile MAP2 ve MAP1 uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3). MAP ortamında depolanan narların toplam antosiyanin miktarlarının kontrol meyvelerine göre daha düşük olmasının nedeni, depolama sırasında MAP ortamında solunum sonucu artan CO<sub>2</sub> seviyesinin oldukça yüksek değerlere ulaşması ve bunun sonucu antosiyanin biyosentezini engellemesinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Holcroft ve ark. 1998). Farklı muhafaza sürelerinin narların toplam antosiyanin miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur. Narların toplam antosiyanin miktarları muhafaza periyodunun 90. günü sonuna kadar az miktarlarda artmıştır. Daha sonraki dönemlerde ise azalmıştır (Çizelge 3). Nar (Kulkarni ve ark. 2005; D'Aquino ve ark. 2010) ve çilek (Erkan ve ark. 2008) konularında çalışan araştırmacılar da depolama sırasında antosiyanin miktarında bir artış

olabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda, narların toplam antosiyanin miktarlarındaki artış, antosiyanin biyosentezinin derimden sonra devam etmesinden kaynaklanmış olabilir.

### 3.7. Toplam fenolik bileşiklerin miktarı

Narlarda, farklı paketleme uygulamaları ve muhafaza sürelerinin toplam fenolik bileşik miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 3). Narların toplam fenolik bileşik miktarları kontrol meyvelerinde genel olarak muhafaza periyodu süresince dalgalanmalar göstermiştir. Buna karşın, MAP ortamında depolanan narlarda ise muhafaza periyodunun 90. günü sonuna kadar az miktarlarda artışlar meydana gelmiştir. Daha sonraki dönemlerde ise narların fenolik bileşik miktarları azalmıştır (Çizelge 3). Farklı ambalaj uygulamalarının narların fenolik bileşik miktarları üzerine etkileri incelendiğinde ise, en yüksek fenolik bileşik miktarı kontrol grubunda 315.0 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bu uygulamayı 297.3 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> ve 293.4 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> ile MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan meyveler izlemiştir (Çizelge 3). Farklı muhafaza sürelerinin narların toplam fenolik bileşik miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur. Denemenin ilk 90 günü süresince narların fenolik bileşik miktarları artarken, daha sonraki dönemlerde azalmıştır. Denememizden elde edilen sonuçlar D'Aquino ve ark. (2010) çalışmaları ile uyum içindedir.

### 3.8. Antioksidan aktivite

Farklı ambalaj uygulamaları ve muhafaza sürelerine göre narlarda saptanan DPPH radikalinin %50'sinin inhibisyonu için gerekli madde konsantrasyonu olarak tanımlanan EC<sub>50</sub> değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda narların EC<sub>50</sub> değerlerinde çok fazla bir değişkenlik gözlenmemiştir. Narların derim zamanında 50.28 mg mg<sup>-1</sup> DPPH olan EC<sub>50</sub> değerleri, 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda MAP1 ortamında depolanan meyvelerde 50.61 mg mg<sup>-1</sup> DPPH olmuştur. Kontrol ve MAP2 ortamında depolanan narların EC<sub>50</sub> değerleri ise başlangıç değerinin biraz altına düşerek 47.00 ve 47.44 mg mg<sup>-1</sup> DPPH olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** MAP uygulamaları ve muhafaza sürelerinin narların toplam antosiyanin, toplam fenolik bileşik miktarları ve antioksidan aktivitesi üzerine etkileri.

**Table 3.** Effects of MAP treatments and storage time on total anthocyanins, total phenolics content and antioxidant activity of pomegranates.

		Muhafaza Süresi (gün)								
Uygulamalar		0	30	60	90	120	150	180	210	Ort (Uyg.)
Toplam antosiyanin (mg Cyn-3-glu 100 g <sup>-1</sup> )	Kontrol	14.67	25.62	27.61	35.22	34.79	30.20	30.14	30.03	28.54 a <sup>2</sup>
	MAP1	14.67	19.89	20.72	33.28	29.15	23.11	22.82	20.03	22.96 b
	MAP2	14.67	22.77	23.21	27.31	25.62	25.31	25.09	21.02	23.13 b
Ort. (Muh. Sür)		14.67 d	22.76 c	23.85 c	31.94 a	29.85 ab	26.21 bc	26.02 c	23.70 c	
Toplam Fenolik Bileşikler (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )	Kontrol	255.8	329.9	307.7	323.9	345.4	329.5	314.6	313.4	315.0 a
	MAP1	255.8	292.1	310.6	333.8	299.7	300.0	297.5	288.9	297.3 b
	MAP2	255.8	286.4	304.0	316.8	307.1	303.8	287.9	285.6	293.4 b
Ort. (Muh. Sür)		255.8 c	302.8 ab	307.4 ab	324.8 a	317.4 ab	311.1 ab	300.0 ab	296.0 b	
EC <sub>50</sub> değeri* (mg mg <sup>-1</sup> DPPH)	Kontrol	50.28	45.73	51.49	44.19	48.48	47.44	50.47	47.00	48.13
	MAP1	50.28	50.25	48.98	45.00	51.73	50.64	49.41	50.61	49.61
	MAP2	50.28	50.87	49.25	48.82	50.27	52.04	49.41	47.44	49.80
Ort. (Muh. Sür)		50.28	48.95	49.9	46.00	50.16	50.04	49.76	48.35	

<sup>2</sup> Satır ve sütunlarda Duncan testine göre  $P \leq 0.05$  düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Within rows and column means followed by different letters are significantly different at the  $P \leq 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

\* Trolox EC<sub>50</sub> değeri 0.12±0.01 mg mg<sup>-1</sup> DPPH olarak belirlenmiştir.

\* EC<sub>50</sub> of Trolox was determined as 0.12±0.01 mg mg<sup>-1</sup> DPPH.

### 3.9. Dış görünüş

Meyvelerin dış görünüşü üzerine MA'de paketlenme uygulamalarının ve muhafaza sürelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4). Narlarda 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda kontrol grubu meyveleri pazarlanamaz (1.67) durumda iken, MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan narlar pazarlanabilir (2.33 ve 2.00) kalite sınırlarında kalmıştır. Muhafaza süresinin uzamasına paralel olarak narların dış görünüşlerinde kalite kayıpları ortaya çıkmıştır. Muhafazanın başlangıcında narların dış görünüşü skalaya göre mükemmel (5.00) durumda iken, muhafazanın 210. günü sonunda ise pazarlanabilir (2.00) kalite sınırlarında kalmıştır. Paketleme uygulamaları açısından en fazla kalite kayıpları kontrol meyvelerinde, en az kalite kayıpları ise MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan narlarda saptanmıştır (Çizelge 4). Dış görünüş bakımından kontrol grubu meyveleri muhafaza sonunda 3.88, MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan meyveler ise 4.21 ve 4.17 skala değerine düşmüşlerdir. D'Aquino ve ark. (2010) 'Primosole' nar çeşidinde 12 hafta muhafaza sonunda kontrol meyvelerinin pazarlanabilir limitler içerisinde kaldığını, polyolefinik film sarılan meyvelerinin ise iyi durumda olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.10. Çürük meyve miktarı

MAP uygulamalarının meyvelerin çürük meyve miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \geq 0.05$ ) bulunmazken, farklı muhafaza sürelerinin narların çürük meyve miktarları üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4). 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda narlarda saptanan en yüksek çürük meyve miktarı %16.67 olup, kontrol meyvelerinde ve MAP2 uygulaması yapılan meyvelerde ortaya çıkmıştır. Çalışmada, muhafazanın ilk 180 günü süresince kontrol grubu dahil hiç bir uygulamada çürük meyveye rastlanmazken, 210. günü sonunda çürük meyve miktarı %13.89 olarak tespit edilmiştir. Nar muhafazası konusunda yapılan çalışmalarda (Onur 1995; Bayram 2009) narlar 6 °C sıcaklıkta 6 ay süreyle muhafaza edilebilirken, bizim çalışmamızda 'Canernar-1' narları 7 ay süreyle muhafaza edilebilmiştir. Palou ve ark. (2007) antifungal kimyasal uygulamaların ve kontrollü atmosferde depolamanın

'Wonderful' nar çeşidinde, D'Aquino ve ark. (2010) streç film uygulamalarının, streç film-fludioxonil kombine uygulamalarının 'Primosole' nar çeşidinde çürük meyve miktarını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

### 3.11. Çürük meyve indeksi

MAP uygulamalarının narların çürük meyve indeksi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \geq 0.05$ ) bulunmazken, farklı muhafaza sürelerinin narların çürük meyve indeksi üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4). Meyvelerde 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda en yüksek çürük meyve indeksi MAP2 uygulamasında (3.33) ve kontrol grubu meyvelerinde (3.00), en düşük çürük meyve indeksi ise MAP1 ortamına depolanan narlarda (2.00) saptanmıştır. Muhafaza süresi uzadıkça narların çürük meyve indeksinde artışlar meydana gelmiştir. Muhafazanın 180. gününe kadar hiçbir çürük meyveye rastlanmazken, 210 gün süren muhafaza periyodu sonunda narlarda çürük meyve indeksi 2.78 olarak saptanmıştır (Çizelge 4).

## 4. Sonuç

'Canernar-1' tipi narların MA ortamında muhafaza olanaklarının araştırıldığı bu çalışmada, depolama süresince MA torbaları içerisindeki CO<sub>2</sub> miktarlarında artış, O<sub>2</sub> miktarlarında ise azalma saptanmıştır. Muhafaza periyodu sonunda narların ağırlık kayıplarını azaltma bakımından MAP2 ve MAP1 uygulamaları kontrol uygulamasına göre daha başarılı bulunmuştur. Bu nedenle, narların uzun süreli muhafazasında meyve kalitesinin (dış görünüş), kabuk renginin ( $L^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  açısı değerleri), TEA miktarı ve antioksidan aktivitesinin korunması amacıyla MA'de muhafaza oldukça etkili olmuştur. Çalışmada, muhafazanın 180. günü sonuna kadar hiçbir çürümeye rastlanmamıştır. Narların muhafazası süresince çürük meyve miktarı ve çürük meyve indeksinin düşük olmasında MAP uygulamalarının ve %0.9'luk Prokloraz uygulamasının etkili olduğu düşünülmektedir. MAP1 uygulaması narların çürük meyve miktarını azaltmada MAP2 ve kontrol uygulamalarına göre daha başarılı bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre, muhafaza periyodunun uzamasına paralel

**Çizelge 4.** MAP uygulamaları ve muhafaza sürelerinin narların dış görünüş, çürük meyve miktarı ve çürük meyve indeksi üzerine etkileri.

**Table 4.** Effects of MAP treatments and storage time on visual appearance, decay incidence and decay index of pomegranates.

		Muhafaza Süresi (gün)								
Uygulamalar		0	30	60	90	120	150	180	210	Ort (Uyg.)
Dış Görünüş*	Kontrol	5.00	5.00	4.67	4.33	4.00	3.33	3.00	1.67	3.88 b <sup>z</sup>
	MAP1	5.00	5.00	5.00	4.67	4.00	3.67	3.67	2.33	4.17 a
	MAP2	5.00	5.00	5.00	4.67	4.33	4.00	3.67	2.00	4.21 a
Ort. (Muh. Sür)		5.00 a	5.00 a	4.89 a	4.56 a	4.11 b	3.67 c	3.44 c	2.00 d	
Çürük meyve (%)	Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	2.38
	MAP1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	1.19
	MAP2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	2.38
Ort. (Muh. Sür)		0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	13.89 a	
Çürük meyve İndeksi**	Kontrol	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.29
	MAP1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.14
	MAP2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.33	1.33
Ort. (Muh. Sür)		1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	2.78 a	

<sup>z</sup> Satır ve sütunlarda Duncan testine göre  $P \leq 0.05$  düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Within rows and column means followed by different letters are significantly different at the  $P \leq 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

\* 1 = pazarlanamaz, 2 = pazarlanabilir, 3 = iyi, 4 = çok iyi ve 5 = mükemmel.

\* 1 = very poor; 2 = poor (limit of marketability); 3 = good; 4 = very good; 5 = excellent.

\*\* 1 = çürük yok; 2 = %25; 3 = %50; 4 = %75 meyvenin yüzeyinde çürümeye var ve 5 = %100 meyvenin tamamı çürümüş.

\*\* 1 = no decay; 2 = 25%; 3 = 50%; 4 = 75% of the fruit surface affected, and 5 = 100% entire fruit decayed).

olarak tüm uygulamalarda  $L^*$  ve  $C^*$  değerlerinde, TEA ve SÇKM miktarlarında azalma,  $h^\circ$  açısı değerlerinde ise artışlar saptanmıştır. MAP1 ve MAP2 ortamında depolanan narların, SÇKM miktarı, toplam antosiyanin ve toplam fenolik bileşik miktarları kontrol meyvelerinden daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak, denemeye alınan 'Canernar-1' narları  $6^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.5$ ) sıcaklık, %90-92 ( $\pm 0.5$ ) oransal nem içeren MAP1 ve MAP2 ortamlarında 210 süreyle depolanabilmiştir.

## Kaynaklar

- Artés F, Villaescusa R, Tudela JA (2000a) Modified atmosphere packaging of pomegranate. *Journal of Food Science* 65: 1112-1116.
- Artés F, Tudela JA, Villaescusa R (2000b) Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biology and Technology* 18: 245-251.
- Aviram M, Rosenblat M, Gaitini D (2004) Pomegranate juice consumption for 3 years by patients with carotid artery stenosis reduces common carotid intima-media thickness, blood pressure and LDL oxidation. *Clinical Nutrition* 23: 423-433.
- Bayram E, Dundar O, Ozkaya O (2009) Effect of different packaging types on storage of Hicaznar pomegranate fruits. *Acta Horticulturae* 818: 319-322.
- D'aquino S, Palma A, Schirra M, Continella A, Tribulato E, La Malfa S (2010) Influence of film wrapping and fludioxonil application on quality of pomegranate fruit. *Postharvest Biology and Technology* 55: 121-128.
- Elyatem SM, Kader AA (1984) Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae* 24: 287-298.
- Erkan M, Wang SY, Wang CY (2008) Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 48: 163-171.
- Fuleki T, Francis FJ (1968) Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of Food Science* 33: 78-82.
- Gadow AV, Joubert E, Hansmann CF (1997) Comparison of the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green oolong and black tea. *Food Chemistry* 60: 73-77.
- Gil MI, Artés F, Tomás-Barberán FA (1996) Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigmentation of pomegranate seeds. *Journal of Food Science* 61: 161-164.
- Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA (2000) Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal Agricultural Food Chemistry* 48: 4581-4589.
- Holcroft DM, Gil MI, Kader AA (1998) Effect of carbon dioxide on anthocyanins, phenylalanine ammonia lyase and glucosyltransferase in the arils of stored pomegranates. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123: 136-140.
- Kader AA, Chordas A, Elyatem S (1984) Response of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. *California Agriculture* 14-15.
- Katalinic V, Milos M, Kulisic T, Jukic M (2006) Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chemistry* 94: 550-557.
- Kulkarni AP, Aradhya SM (2005) Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry* 93: 319-324.
- Laribi AI, Palou L, Taberner V, Pérez-Gago MB (2012) Modified Atmosphere Packaging to Extend Cold Storage of Pomegranate cv. 'Mollar de Elche'. <http://www.academia.edu/2500799>. Accessed 15 August 2013.
- Lee L, Arul J, Lencki R, Castaigne F (1995) A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects-part 1. *Packaging Technology Science* 8: 315-331.
- Li Y, Guo C, Yang J, Wei J, Xu J, Cheng S (2006) Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry* 96: 254-260.
- Melgarejo P, Salazar DM, Artés F (2000) Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research and Technology* 211: 185-190.
- Nanda S, Sudhakar RDV, Krishnamurthy S (2001) Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the shelf life and quality of pomegranate fruits cv Ganesh. *Postharvest Biology and Technology* 22: 61-69.
- Noda Y, Kaneyuki T, Mori A, Packer L (2002) Antioxidant activities of pomegranate fruit extract and its anthocyanidins: delphinidin, cyanidin, and pelargonidin. *Journal Agricultural Food Chemistry* 50: 166-71.
- Onur C, Pekmezci M, Tibet H, Erkan M, Gözlekçi Ş (1995) Nar (*Punica granatum* L.) muhafazası üzerinde araştırmalar. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Adana, s. 389-393.
- Palou L, Crisosto CH, Garner D (2007) Combination of postharvest antifungal chemical treatments and controlled atmosphere storage to control gray mold and improve storability of 'Wonderful' pomegranates. *Postharvest Biology and Technology* 43:133-142.
- Seeram NP, Adams LS, Henning SM, Niu Y, Zhang Y, Nair MG, Heber D (2005) In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *Journal of Nutritional Biochemistry* 16: 360-367.
- Spanos GA, Wrolstad RE (1990) Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson Seedless Grape juice. *Journal Agricultural Food Chemistry* 38: 1565-1571.
- Üçüncü M (2007) Gıda ambalajlama teknolojisi. 2. Baskı, Akademik Yayıncılık, İzmir.
- Zheng Y, Wang SY, Wang CY, Zheng W (2007) Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *Lwt* 40: 49-57.