



Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi

Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.1532889>



Araştırma Makalesi (Research Article)

'Perfect Red' ve 'Malatya' Kayısı Çeşitlerinde Hasat Öncesi Oksalik Asit Uygulamasının Meyve Kalitesi ve Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkisi

Suat Mutcu, Fatma Yıldırım*, Ayşe Vildan Pepe

Bahçe Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 32260, Isparta, Türkiye

Geliş: 13 Ağustos 2024
Received: 13 August 2024

Revizyon: 12 Eylül 2024
Revised: 12 September 2024

Kabul: 16 Eylül 2024
Accepted: 16 September 2024

Özet

Bu çalışmada, oksalik asit (OA) uygulamasının kayısıda meyve kalite ve antioksidan özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bunun için 'Perfect Red' ve 'Malatya' kayısı çeşitlerinin ağaçlarına hasat öncesinde iki kez (16 Mayıs 2023 ve 6 Haziran 2023) 2 mM OA uygulaması yapılmıştır. Ticari hasat döneminde alınan meyve örneklerinde bazı pomolojik ve biyokimyasal özellikler analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, OA uygulamasının meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu ve meyve eti sertlik değerleri üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak OA uygulamasında ortalama meyve ağırlığı (52,78 g) ve meyve eni (46,81 mm) değerleri kontrole (sırasıyla 49,69 g ve 45,10 mm) göre nispeten yüksek saptanmıştır. OA uygulaması 'Perfect Red' çeşidinde meyve kabuk a* değerini kontrole göre önemli derecede artırmıştır. Çalışmada, OA uygulaması kontrole göre meyvelerin ortalama toplam flavonoid içeriğini (%17,61) önemli düzeyde, toplam fenolik ve toplam antioksidan kapasite özelliklerini ise nispeten artırmıştır. Çeşitler arasında önemli fark çıkmış ve 'Perfect Red' çeşidi en iri (57,87 g ve 49,06 mm meyve eni) ve en renkli meyveleri vermiştir. Sonuçta, sürdürülebilir meyve yetiştiriciliğinde, hasat öncesi çevreyle dost OA uygulamaları hasatta kayısı meyvelerinin kalite ve antioksidan özelliklerini iyileştirmede doğal bir yol olabilir.

Anahtar Kelimeler: *Prunus armeniaca L., oksalik asit, hasat öncesi, fenolik, antioksidan.*

The Effect of Pre-Harvest Oxalic Acid Application on Fruit Quality and Antioxidant Properties in 'Perfect Red' and 'Malatya' Apricot Cultivars

Abstract

This study aimed to investigate the effect of oxalic acid (OA) application on fruit quality and antioxidant properties in apricot. For this purpose, 2 mM OA was applied to the trees of 'Perfect Red' and 'Malatya' apricot cultivars twice pre-harvest (16 May 2023 and 6 June 2023). Some pomological and biochemical properties were analyzed in fruit samples taken during the commercial harvest period. According to the results obtained, the effect of OA application on fruit weight, fruit width, fruit length and fruit flesh firmness values was not found to be significant. However, average fruit weight (52.78 g) and fruit width (46.81 mm) values were higher than the control (49.69 g and 45.10 mm, respectively) in OA application. OA application

E-mail: mutcusuat@hotmail.com (ORCID ID: 0009-0005-3865-9147)
aysepepe@isparta.edu.tr (ORCID ID: 0000-0002-4565-8602)

*Corresponding author-E-mail: fatmayildirim@isparta.edu.tr (ORCID ID: 0000-0001-7304-9647)

©2024 Usak University all rights reserved.

significantly increased fruit skin a* value in 'Perfect Red' cultivar compared to the control. In the study, OA application significantly increased the average total flavonoid content (17.61%) of the fruits compared to the control, and relatively increased the total phenolic and total antioxidant capacity properties. There was a significant difference among the cultivars and 'Perfect Red' variety gave the largest (57.87 g and 49.06 mm fruit width) and the most colorful fruits. Ultimately, in sustainable fruit cultivation, environmentally friendly pre-harvest OA practices may be a natural way to improve the quality and antioxidant properties of apricot fruits at harvest.

Keywords: *Prunus armeniaca L.*, oxalic acid, pre-harvest, phenolic, antioxidant.

©2024 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

"Güneşin altın yumurtası" olarak da adlandırılan kayısı (*Prunus armeniaca L.*), sarı-turuncu göz alıcı rengiyle, kadifemsi meyve etiyle, kendine has tat ve aromasıyla her yaşta insanın severek tükettiği bir meyvedir [1]. Dünyada kayısı üretimi 2022 yılında FAOSTAT verilerine göre 558.381 ha alanda 3.863.176 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, hem kayısı üretim alanı hem de üretim miktarı bakımından dünyada ilk sırada gelmektedir ve 2022 yılında 134.879 ha alanda 846.606 ton kayısı üretimi gerçekleştirmiştir. İkinci sırada Özbekistan (536.544 ton) yer almakta olup bu ülkeyi İran (323.019 ton) ve İtalya (272.990 ton) izlemektedir [2].

Türkiye'de en çok kayısı üreten illerin arasında başta Malatya (303.756 ton) olmak üzere Mersin (164.391 ton), Hatay (56.797 ton), Kahramanmaraş (53.992 ton), Iğdır (40.844 ton), Elazığ (29.186 ton) ve Isparta (29.117 ton) gelmektedir [3]. Isparta'da yetiştirilen önemli kayısı çeşitleri 'Roksana', 'Aprikoz', 'Orange Ruby' ve 'Perfect Red'dir. Bölgede Haziran ayının ikinci haftası hasat edilen turfanda kayısılar sofralık olarak değerlendirilmektedir [4].

Meyve yetiştiriciliğinde karlılık ve sürdürülebilirlik, pazarlanabilir ürün miktarına bağlıdır. Pazarlanabilirlik ise meyve kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Meyve kalite özellikleri arasında; irilik, şekil, albeni, meyve kabuk rengi, sertlik, hasarsız olma, sululuk, gevreklik, lezzet, asit içeriği, şeker içeriği, antioksidan özellikleri, mineral ve vitamin içeriği vb. gelmektedir. Bunlar içerisinde meyve iriliği, albeni ve ayırt edici tat/lezzet ön plana çıkan ilk üç özelliktir. Kayısı meyvesinin kalitesi meyve iriliği, kabuk rengi, şeker ve asit içeriği gibi parametrelerle ön plana çıkmaktadır [5]. Ayrıca son zamanlarda meyvelerin antioksidan özellikleri de tüketici tercihlerinde önem kazanmaya başlamıştır. Antioksidanlar (örn: flavonoidler) hücrede savunma bileşikleri olup serbest oksijen radikallerinin aktivitelerini inaktif hale getirerek, zararlı etkilerini ortadan kaldırırlar [6,7,8]. Meyvelerde antioksidan özellik gösteren bileşiklerin başında C vitamini, fenolik asitler, flavonoidler ve karotenoidler gelmektedir [9].

Son zamanlarda meyve kalitesini arttırmak için çevreye güvenli olarak kabul edilen oksalik asit (OA) uygulamaları dikkati çekmektedir. OA, bitki kökenli organik asitlerden biridir. Doğada sodyum tuzu halinde birçok bitkinin hücre öz suyunda bulunur (bezelye, domates, kabak, kuzukulağı, patates, ravent, ıspanak vb.). OA, bitkilerde çevresel streslere tepki ve dayanıklılık gibi birçok önemli fizyolojik olaylarda yer almaktadır [10,11]. OA ile ilgili yapılan çalışmaların daha çok hasat sonrası uygulamalara yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmalarda, OA'nin olgunlaşmayı ve yaşlanmayı geciktirme, hastalıkları kontrol etme, enzimatik esmerleşmeyi engelleme ve üşüme zararını hafifletmedeki çeşitli etkileri ortaya konulmuştur [10,12,13,14,15,16]. Hasat zamanında meyve kalitesini arttırmak için OA'nin hasat öncesi uygulamaları da yakın dönemde ilgi görmeye başlamıştır. Hasat öncesi OA uygulamaları kirazda [10], erikte [15], narda [17], kayısıda [18,19,20,21], kivide [22],

armutta [23], maviyemişte [24], çilekte [25] ve limonda [26] incelenmiştir. Az sayıdaki hasat öncesi OA uygulama çalışmalarında bile meyve kalitesi üzerine pozitif etki yaptığı [18,21] özellikle OA uygulamalarının meyvelerin antioksidan içeriklerini artırdığı bildirilmektedir [18,25]. Ancak bu çalışmalar oldukça yetersizdir ve bu konuda daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Yapılan bu çalışmada, 'Perfect Red' ve 'Malatya' kayısı çeşitlerinde hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının hasat döneminde meyve kalite ve antioksidan özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca sürdürülebilir meyve yetiştiriciliğinde, insan sağlığı ve çevreyle dost bileşiklerin kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlanması da hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma, 2023 yılında, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ), Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (TARUM)'ne ait meyve koleksiyon bahçesinde yürütülmüştür. Denemede sağlıklı ve homojen gelişen yedi yaşındaki 'Perfect Red/Myrobolan 29C' ve 'Malatya/Çöğür' kayısı çeşitlerinin ağaçları yer almıştır. Deneme 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 1 ağaç yer alacak şekilde kurulmuştur.

Çalışmada, OA'in 2 mM konsantrasyonu içerisine yayıcı yapıştırıcı olarak %1'lik Tween 20 ilave edilerek çeşme suyu ile hazırlanmış ve ağaçlara bir sırt pompası yardımıyla püskürtülmüştür. Kontrol uygulamada ise sadece çeşme suyu+%1'lik Tween 20 uygulanmıştır. Uygulamalar meyve büyüme ve gelişmesinin iki farklı döneminde (1. Çekirdek sertleşmesi döneminde [16 Mayıs 2023] ve 2. Hasattan bir hafta önce [6 Haziran 2023]) tekrarlanarak iki kez uygulanmıştır.

Meyve örnekleri ticari olarak hasat edildikleri dönemde (sert olum dönemi) alınmış ve pomolojik analizler tesadüfen seçilen 30 adet meyvede yürütülmüştür. Biyokimyasal analizler için meyve örnekleri -20°C'de saklanmıştır. Alınan meyve örneklerinde pomolojik analizler olarak meyve ağırlığı, meyve boyu ve meyve çapı, meyve kabuk rengi ve meyve eti sertliği belirlenmiştir. Meyvede kabuk rengi meyvelerin en kırmızı yerinden CR-400 Minolta (Japan) marka renk ölçer ile ölçülmüştür. Meyve eti sertliği el penetrometresi (uç çapı 11 mm) ile gerçekleştirilmiştir. Meyve suyunda; suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) el refraktometresi; titre edilebilir asitlik (TEA) pH 8,1 oluncaya kadar 1N NaOH ile digital büret ile titre edilerek ve pH dijital pH metre yardımıyla ölçülmüştür [27]. Toplam fenolik madde, Singleton ve Rossi [28]'nin belirttiği Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak belirlenmiştir. Toplam flavonoid içeriği, Sincan ve ark. [29]'na göre tespit edilmiştir. Toplam antioksidan kapasitesi (DPPH) (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), Kumaran ve Karunakaran [30] tarafından uygulanan yöntemle göre saptanmıştır.

Elde edilen veriler MİNİTAB paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testine ($P \leq 0,05$) göre belirlenmiş ve farklı harfler yardımı ile gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. OA Uygulamasının Meyve Ağırlığı, Meyve Eni, Meyve Boyu ve Meyve Eti Sertliği Üzerine Etkisi

Çalışmada, 2 mM OA uygulamasının meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu ile meyve eti sertliği üzerine etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının 'Perfect Red' ve 'Malatya' kayısı çeşitlerinde meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu ile meyve eti sertliği üzerine etkisi

Özellikler	Çeşit	Kontrol	2 mM OA	Ortalama
Meyve ağırlığı (g)	Perfect Red	55,87 ab*	59,87 a	57,87 A**
	Malatya	43,50 b	45,69 b	44,60 B
	Ortalama	49,69	52,78	
Meyve eni (mm)	Perfect Red	48,02 ab*	50,09 a	49,06 A**
	Malatya	42,18 b	43,52 b	42,85 B
	Ortalama	45,10	46,81	
Meyve boyu (mm)	Perfect Red	51,00	49,73	50,37
	Malatya	50,27	50,64	50,45
	Ortalama	50,64	50,19	
Meyve eti sertliği (kg-kuvvet)	Perfect Red	2,20	1,90	2,05
	Malatya	2,11	1,92	2,02
	Ortalama	2,16	1,91	

*Aynı satır ve sütunda farklı küçük harflerle gösterilen çeşit×uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde fark vardır.

**Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

Çalışmada, meyve ağırlığı ve meyve eni bakımından çeşit×uygulama interaksyon faktörü istatistik anlamda önemli çıkmıştır (Çizelge 1). Buna göre 'Perfect Red' çeşidinin 2 mM OA uygulaması en yüksek meyve ağırlığı (59,87 g) ve meyve eni (50,09 mm) değerlerini sağlamıştır. Uygulama ortalamaları arasında ise önemli fark görülmemiştir. Meyve boyu incelendiğinde çeşit, uygulama ve çeşit×uygulama interaksyon faktörleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 1).

Meyve iriliği önemli kalite parametrelerinden olup, tüketiciler daha çok iri meyveleri tercih etmektedirler. Hücre genişliğini artırma eğilimde olan çeşitli organik asitler bitki büyüme elikatörü olarak bildirilmektedir [18]. Bu çalışmada, doğal bir organik asit olan OA uygulamasının meyve iriliğinin ölçütleri olan meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu özellikleri üzerine etkisi istatistik anlamda önemli görülmemiştir. Bununla birlikte özellikle meyve ağırlığı ve meyve eni bakımından 2 mM OA uygulamasında nispeten yüksek değerler saptanmıştır. OA'in meyve ağırlığını ve boyutlarını artırdığı bazı çalışmalarda da bildirilmiştir. Nitekim, Ahmed ve ark. [18], kayısıda OA uygulamalarının (0,5 mM, 1 mM ve 2 mM) meyve ağırlığını ve meyve boyutlarını artırdığını; Martinez ve ark. [10], kirazda 2 mM OA'in meyve ağırlığını ve iriliğini olumlu etkilediğini; Kurucu [19], 'Aprikoz' kayısı çeşidinde 2 mM OA uygulamasının, 'Roxana' çeşidinde ise 4 mM OA uygulamasının meyve ağırlığını, meyve eni ve meyve boyunu artırdığını rapor etmişlerdir. Yine Yıldırım ve ark. [21] 'Perfect Red' kayısı çeşidinde 1 mM OA uygulamasının meyve ağırlığını ve boyunu olumlu şekilde etkilediğini, meyve enini ise önemli derecede artırdığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada meyve ağırlığı ve meyve eni bakımından genotip etkisi ortaya çıkmış ve 'Perfect Red' çeşidi daha iri meyvelere sahip olmuştur. 'Perfect Red' çeşidi iri meyveli bir çeşit olup 50-55 g meyve ağırlığına sahiptir. Benzer sonuçlar Yıldırım ve ark. [21] tarafından da belirlenmiştir. Meyve iriliği genotip, çevre koşulları, kültürel işlemler ve hasat dönemine göre değişmektedir [27,31].

Ürünün hasat zamanındaki meyve eti sertliği hasat sonrası dayanımını etkileyen önemli kalite kriterlerinden biridir. Aynı zamanda meyve eti sertliği olgunlaşma ile yakından ilişkilidir [27]. Bu çalışmada, meyve eti sertliği bakımından çeşit, uygulama ve çeşit×uygulama interaksiyon faktörleri istatistiki açıdan önemli çıkmamıştır (Çizelge 1). Buna karşın OA uygulamasının kirazda [10] ve kayısıda [21] meyve eti sertliğini artırdığı rapor edilmiştir. OA uygulamasıyla meyvenin yumuşamasının geciktirilmesi poligalakturonaz (PG) ve pektin metilesteraz (PME) aktivitelerinin azalmasıyla; yani pektinin çözünmesinin/bozunmasının gecikmesiyle ilişkilendirilmektedir [10,32].

3.2. OA Uygulamasının Meyve Kabuk Rengi Üzerine Etkisi

Çalışmada, 2 mM OA uygulamasının meyve kabuk renk özellikleri (L*, a* ve b*) üzerine etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının ‘Perfect Red’ ve ‘Malatya’ kayısı çeşitlerinde meyve kabuk özellikleri (L*, a* ve b*) üzerine etkisi

Özellikler	Çeşit	Kontrol	2 mM OA	Ortalama
L*	Perfect Red	43,68 b*	44,61 b	44,14 B***
	Malatya	57,69 a	58,24 a	57,96 A
	Ortalama	50,68	51,43	
a*	Perfect Red	13,57 b*	22,42 a	17,99 A***
	Malatya	-3,03 c	-2,98 c	-3,00 B
	Ortalama	5,26 B**	9,72 A	
b*	Perfect Red	28,88 b*	28,07 b	28,48 B***
	Malatya	41,40 a	40,06 a	40,73 A
	Ortalama	35,14	34,07	

*Aynı satır ve sütunda farklı küçük harflerle gösterilen çeşit×uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde fark vardır.

** Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

***Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

Meyve kabuk L*, a* ve b* değerleri incelendiğinde, çeşit×uygulama kombinasyonları arasında istatistik anlamda önemli farklar çıkmıştır (Çizelge 2). Buna göre ölçülen en yüksek L* değeri ‘Malatya’ çeşidinin 2 mM OA uygulamasında (58,24), en yüksek b* değeri ise ‘Malatya’ çeşidinin kontrol uygulamasında (41,40) ölçülmüştür. Çalışmada, en yüksek a* değeri ‘Perfect Red’ çeşidinin 2 mM OA uygulamasında (22,42) ölçülürken, en düşük değer ise ‘Malatya’ çeşidinin kontrol uygulamasında (-3,03) belirlenmiştir. a* değeri bakımından uygulama ortalamaları arasında da önemli fark çıkmış ve 2 mM OA uygulaması (9,72) a* değerini kontrol uygulamaya (5,26) göre önemli derecede artırmıştır.

Kayısıda meyve kabuk rengi tüketici tercihlerinde önemli kalite kriterlerinden birini oluşturmaktadır [1]. Çalışmada, çeşitler bazında 2 mM OA uygulamasının meyve kabuk renklerinden parlaklığı ifade eden L* ve mavilik (+) ve sarılığı (-) ifade eden b* değeri üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 2). Benzer şekilde Yıldırım ve ark. [20], ‘Perfect Red’ çeşidinde 1 mM OA uygulamasının meyve kabuk L* ve b* renk değerleri üzerine önemli fark saptamamışlardır. Yine Yıldırım ve Erol [32], ‘Alyanak’ kayısı çeşidinde 1 mM, 2 mM ve 3 mM OA uygulamalarının kontrole göre L* değerini önemli derecede etkilemediğini, ancak 2 mM ve 3 mM OA uygulamalarının kontrole göre b* değerini önemli derecede düşürdüğünü bildirmişlerdir. Kurucu [27] ise ‘Aprikoz’

çeşidinde OA uygulamalarının L* ve b* değerlerini düşürdüğünü bildirirken, 'Roksana' çeşidinde genelde artırdığını rapor etmiştir. Bu çalışmada, meyve kabuk kırmızılık (+) ve yeşilliği (-) ifade eden a* değeri bakımından 2 mM OA uygulaması çeşit×uygulama interaksiyonu, uygulama ve çeşit faktörleri üzerine önemli derecede etki etmiştir (Çizelge 2). Buna göre 'Perfect Red' çeşidinde OA uygulaması a* değerini önemli derecede (%65,0) artırmıştır. Martinez ve ark. [14] erikte 2 mM OA uygulamalarının meyve renk tonundaki kayıpları geciktirdiğini rapor etmişlerdir. Yine Martinez ve ark. [16] kirazda OA uygulamasının meyve rengini artırdığını bildirmişlerdir. Kurucu [19]'da 'Roxana' kayısı çeşidinde 2 mM ve 8 mM OA uygulamalarının meyve kabuk a* değerini artırdığını, 1 mM OA uygulamasının ise a* değerini düşürdüğünü bildirmiştir. Ayrıca Kurucu [19] 'Aprikoz' ve Yıldırım ve Erol [20] 'Alyanak' kayısı çeşitlerinde OA uygulamalarının a* değerini düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Çeşitler arasında L* a* ve b* değerleri bakımından önemli fark ortaya çıkmış ve 'Perfect Red' çeşidi (17,99) en yüksek a* değeri sağlarken, 'Malatya' çeşidi en yüksek L* ve b* değerlerini (sırasıyla 57,96 ve 40,73) sağlamıştır. Kurucu [19] da meyve kabuk rengi bakımından kayısı çeşitleri arasında farklı sonuçlar elde etmiştir.

3.3. OA Uygulamasının Meyve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışmada, 2 mM OA uygulamasının meyve suyu SÇKM, TEA ve pH değeri üzerine etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının 'Perfect Red' ve 'Malatya' kayısı çeşitlerinde SÇKM, pH ve TEA üzerine etkisi

Özellikler	Çeşit	Kontrol	2 mM OA	Ortalama
SÇKM (%)	Perfect Red	10,20	10,77	10,48
	Malatya	10,65	11,27	10,96
	Ortalama	10,43	11,01	
TEA(%)	Perfect Red	0,87	0,85	0,86
	Malatya	1,08	1,25	1,17
	Ortalama	0,98	1,05	
pH	Perfect Red	3,59 b*	3,62 b	3,61 B**
	Malatya	3,81 a	3,76 a	3,79 A
	Ortalama	3,70	3,69	

*Aynı satır ve sütunda farklı küçük harflerle gösterilen çeşit×uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde fark vardır.

** Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

Meyve suyunda SÇKM ve TEA içeriği incelendiğinde, çeşit, uygulama ve çeşit×uygulama interaksiyon faktörleri istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 3). Meyve suyu pH değeri incelendiğinde, çeşit×uygulama interaksiyon faktörü istatistik anlamda önemli bulunmuştur. Buna göre en yüksek pH değeri 'Malatya' çeşidinin kontrol uygulamasında (3,81) ölçülmüştür. Uygulama ortalamaları arasındaki fark ise önemsiz kalmıştır.

SÇKM ve TEA içeriği meyve tat ve olgunluğunu, belirleyen önemli kalite parametreleridir. Özellikle SÇKM meyvelerin yeme olumuna geldiğinde alabileceği tat derecesini göstermesi bakımından önemlidir. Kayısı dahil birçok meyvede SÇKM içeriğinin genelde %10'unun üzerinde olması istenir. Genellikle olgunluk arttıkça SÇKM içeriği artarken, TEA ise azalma eğilimi gösterir [27]. Bu çalışmada, meyve suyunda SÇKM, TEA ve pH içeriği üzerine 2 mM

OA uygulamasının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). Benzer şekilde Martinez ve ark. [15], erikte OA uygulamalarının hasat zamanında SÇKM ve TEA üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yıldırım ve Erol [20] ise 'Alyanak' kayısı çeşidinde OA uygulamalarının SÇKM içeriğini azalttığını, TEA içeriğini yükselttiğini ve pH üzerine ise etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Kurucu [19]'da 'Roksana' kayısı çeşidinde 2 mM ve üzerindeki OA uygulamalarının kontrole göre SÇKM içeriğini artırdığını; farklı konsantrasyonlarda OA uygulamalarının ise TEA ve pH üzerine değişken sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Yine araştırmacı 'Aprikoz' kayısı çeşidinde OA uygulamalarının SÇKM, TEA ve pH üzerinde değişken sonuçlar verdiğini rapor etmiştir. Ayrıca Anwar ve ark. [25], çilekte 1 mM ve 3 mM OA uygulamalarının SÇKM içeriğini artırdığını, tüm OA uygulamalarının TEA içeriğini ise negatif etkilediğini bildirmişlerdir. Zhu ve ark. [22]'da kivide, hasat öncesi OA uygulamalarının SÇKM ve pH'yı yükselttiğini rapor etmişlerdir. Literatürde farklı sonuçların bildirilmiş olması çalışmaların farklı tür ve çeşitlerde yapılması ve deneme koşullarının farklı olmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Nitekim SÇKM ve TEA içerikleri iklim ve yetiştirme koşulları (gübreleme vb.) ile yakından ilgilidir [27].

Çalışmada, çeşitler arasında SÇKM ve TEA bakımından önemli fark görülmezken, pH bakımından önemli fark ortaya çıkmış ve 'Malatya' çeşidi (3,79) en yüksek pH değeri sağlamıştır (Çizelge 3).

3.4. OA Uygulamasının Meyve Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışmada, 2 mM OA uygulamasının meyve antioksidan özellikleri (toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan kapasite) üzerine etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının 'Perfect Red' ve 'Malatya' kayısı çeşitlerinde toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam antioksidan kapasite üzerine etkisi

Özellikler	Çeşit	Kontrol	2 mM OA	Ortalama
Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g)	Perfect Red	435,36	463,58	449,47
	Malatya	442,88	452,53	447,70
	Ortalama	439,12	458,06	
Toplam flavonoid madde (mg kateşin/100 g)	Perfect Red	21,83 b*	27,49 a	24,66
	Malatya	21,45 b	23,41 ab	22,42
	Ortalama	21,64 B**	25,45 A	
Toplam antioksidan kapasite (%)	Perfect Red	68,17	85,97	77,07
	Malatya	66,61	75,11	70,86
	Ortalama	67,40	80,54	

*Aynı satır ve sütunda farklı küçük harflerle gösterilen çeşit×uygulama ortalamaları arasında %5 düzeyinde fark vardır.

** Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

Meyvede toplam fenolik ve toplam antioksidan içerikleri incelendiğinde çeşit, uygulama ve çeşit×uygulama interaksyon faktörleri istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır (Çizelge 4). Meyve toplam flavonoid içeriği bakımından çeşit×uygulama interaksyonu istatistik anlamda önemli bulunmuştur. Buna göre en yüksek toplam flavonoid içeriği 'Perfect Red' çeşidinin 2 mM OA uygulamasında (27,49 mg kateşin/100 g) saptanmıştır. Uygulama ortalamaları arasında da önemli fark çıkmış ve 2 mM OA uygulamasında (25,45 mg

kateşin/100 g) kontrole (21,64 mg kateşin/100 g) göre toplam flavonoid içeriği önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde bulunan başlıca antioksidan bileşiklerdir ve özellikle flavonoidler güçlü antioksidan aktivite gösterirler [33]. Bu çalışmada, 2 mM OA uygulamasının toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite üzerine etkisi önemli bulunmama ile birlikte OA uygulamasında nispeten daha yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 4). Buna karşın 2 mM OA toplam flavonoid içeriğini kontrol uygulamaya göre önemli düzeyde (%17,61) artırmıştır. Bu artış 'Perfect Red' çeşidinde daha belirgin olmuştur. Benzer şekilde Yıldırım ve ark. [21], 'Perfect Red' kayısı çeşidinde 1 mM OA uygulamasının toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan kapasiteyi artırdığını saptamışlardır. Yine Martinez ve ark. [10] kirazda, Martinez ve ark. [15] ve Serrano ve ark. [34] erikte, Garcia ve ark. [17] narda, Ahmed ve ark. [18] kayısıda ve Serna ve ark. [26] limonda OA uygulamalarının meyvelerin antioksidan özelliklerini artırdığını veya muhafaza ettiğini rapor etmişlerdir. OA'nin antioksidan özellikleri artırdığı mekanizma henüz tam olarak açıklanamamıştır. Ancak OA'nin *in vitro* lipid peroksidasyonunu baskılayarak ve askorbik asit oksidasyonunu azaltarak etkiye bulunduğu değerlendirilmektedir [17].

Meyve antioksidan özellikleri bakımından çeşitler arasında önemli fark görülmemiş ancak 'Perfect Red' çeşidi daha yüksek toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam antioksidan değerleri sağlamıştır (Çizelge 4). Meyvelerin biyokimyasal içerikleri üzerine genotip, çevresel koşullar, kültürel uygulamalar, olgunluk ve depolama koşulları etkiye bulunmaktadır [27].

Çalışma sonucunda, 'Perfect Red' çeşidinde hasat öncesi 2 mM OA uygulamasının hasatta meyve iriliğini nispeten ve meyve kabuk üst renk kırmızılığını ise önemli derecede artırdığı görülmüştür. Yine hasat öncesi 2 mM OA uygulaması hasatta önemli antioksidan maddelerden olan toplam flavonoid içeriğini önemli ölçüde artırmış, diğer antioksidan özelliklerini (toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite) nispeten iyileştirmiştir. Sonuç olarak, kayısıda hasat döneminde meyve kalitesi ve antioksidan özelliklerin iyileştirilmesi için hasat öncesi OA uygulamaları, özellikle sürdürülebilir tarımda çevreyle dost ve kullanışlı bir araç olarak değerlendirilebilir. Bu konuda tür ve çeşit bazında OA uygulamalarının optimize edilebilmesi için daha çok çalışma yapılmasında fayda görülmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmada etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

Katkı Oranı

Yazarlar eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

1. Hussain SZ, Naseer B, Qadri T, Fatima T, Bhat TA. Apricots (*Prunus armeniaca*) morphology, taxonomy, composition and health benefits, In: Fruits grown in highland regions of the Himalayas, Springer, 2021, Cham. Available from: doi:10.1007/978-3-030-75502-7_7.
2. FAO. FAOSTAT, 2022, [cited 2024 June 30] Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
3. TÜİK. Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2022. [cited 2024 July 01] Available from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
4. Poyraz S. Isparta ilinde kayısı üretiminin ekonomik açıdan irdelenmesi ve geleceği, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 2023.
5. Acarsoy-Bilgin N, Evrenosoğlu Y, Yılmaz KU, Yiğit T, Kokargül R, Türkoğlu A, Boztepe Ö, Kaçar E, Bilen E, Mızırlı A. Melez kayısı popülasyonunun meyve kalite özellikleri ile ilgili genel değerlendirme, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016;53(1):25-34.
6. Çelik C and Karakurt Y. Determination of the effect of salt stress on germination, biochemical and antioxidant enzyme activities in linas safflower seeds, Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 2022;32:682-691. doi:10.29133/yyutbd.1105636.
7. Çakır M, Yıldırım A, Çelik C and Meltem E. Farklı bitki büyüme düzenleyici maddelerin jeromine elma çeşidinde kalite ve biyokimyasal içerikleri üzerine etkisi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 2021;36(3):478. doi:10.7161/omuanajas.936081.
8. Binici S, Pepe AV, Çelik C, Yıldırım F and Yıldırım A. Antalya sera koşullarında yetiştirilen farklı passiflora tür ve genotiplerinin pomolojik ve biyokimyasal içeriklerinin belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2022;19:235-241. doi:10.25308/aduziraat.1131958.
9. Tosun İ and Yüksel S. Üzümsü meyvelerin antioksidan kapasitesi, Gıda, 2003;28(3):305-311.
10. Martínez-Esplá A, Zapata PJ, Valero D, Garcia-Viguera C, Castillo S, Serrano M. Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014;62:3432-3437. doi:10.1021/jf500224g.
11. Zheng X, Tian S. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit, Food Chemistry, 2006;96(4):519-523. doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.049.
12. Wang Q, Qin GZ, Lai TF and Tian SP. Response of jujube fruit to exogenous oxalic acid treatment based on proteomic analysis. Journal of Plant Cell Physiology, 2009;50:230-242. doi:10.1093/pcp/pcn191.
13. Huang H, Jing G, Guod L, Zhanga D, Yanga B, Duana X, Jianga Y. Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage, Postharvest Biology and Technology, 2013;84:22-27. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.04.002.
14. Huang H, Zhu Q, Zhang Z, Yang B, Duan X and Jiang Y. Effect of oxalic acid on antibrowning of banana (*Musa* spp., AAA Group, cv. 'Brazil') fruit during storage, Scientia Horticulturae, 2013;160:208-212. doi:10.1016/j.scienta.2013.05.041.
15. Martínez-Esplá A, Serrano M, Martínez-Romero D, Valero D, Zapata PJ. Oxalic acid preharvest treatment increases antioxidant systems and improves plum quality at harvest and during postharvest storage, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019;99:235-243.

16. Üzümcü SS, Koyuncu MA, Onursal CE, Güneşli A and Erbaş D. Effect of pre-harvest oxalic acid treatment on shelf-life of apricot cv. 'Roxana', Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2020;9(1):73-80.
17. García-Pastor ME, Giménez MJ, Valverde JM, Guillén F, Castillo S, Martínez-Romero D, Serrano M, Valero D, Zapata PJ. Preharvest application of oxalic acid improved pomegranate fruit yield, quality, and bioactive compounds at harvest in a concentration-dependent manner, *Agronomy*, 2020;10:15-22. doi:10.3390/agronomy10101522.
18. Ahmed M, Ullah S, Razzaq K, Rajwana IA, Akhtar G, Naz A, Amin M, Khalid MS, Khalid S. Pre-harvest oxalic acid application improves fruit size at harvest, physico-chemical and sensory attributes of 'red flesh' apricot during fruit ripening, *Journal of Horticultural Science and Technology*, 2021;4:48-55. doi:10.46653/jhst2142048.
19. Kurucu ŞN. Hasat öncesi oksalik asit uygulamalarının aprikoz ve Roxana kayısı çeşitlerinde meyve kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, 2019.
20. Yıldırım F and Erol M. Hasat öncesi oksalik asit uygulamalarının 'Alyanak' kayısı çeşidinde verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri, Proje No: 2019-YL1-0011 Sonuç Raporu, ISUBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Isparta, Türkiye, 2023.
21. Yıldırım F, Binici S, Pepe AV, Çelik C and Yıldırım AN. Zerdali ve Myrobolan 29C anaçlarına aşılı 'Perfect Red' kayısı çeşidinde hasat öncesi oksalik asit uygulamalarının meyve iriliği ve antioksidan özellikleri üzerine etkileri, *Bahçe*, 2023;53(Özel Sayı 1):29-34. doi:10.53471/bahce.1481795.
22. Zhu Y, Yu J, Brecht JK, Jiang T and Zheng X. Pre-harvest application of oxalic acid increases quality and resistance to *Penicillium expansum* in kiwifruit during postharvest storage, *Food Chemistry*, 2016;190:537-543. doi:10.1016/j.foodchem.2015.06.001.
23. Budak MM and Şan B. Hasat öncesi giberellik asit ve oksalik asit uygulamalarının 'Kosiu' ve 'Hakko' Asya armut çeşitlerinde meyve kalitesi üzerine etkileri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2017;12(2):73-80.
24. Retamal-Salgado J, Adaos G, Cedeño-García G, Ospino-Olivella SC, Vergara-Retamales R, López MD, Betancur M. Preharvest applications of oxalic acid and salicylic acid increase fruit firmness and polyphenolic content in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), *Horticulturae*, 2023;9(6):639. doi:10.3390/horticulturae9060639.
25. Anwar R, Gull S, Nafees M, Amin M, Hussain Z, Khan AS, Malik AU. Pre-harvest foliar application of oxalic acid improves strawberry plant growth and fruit quality, *Journal of Horticultural Science and Technology*, 2018;1(1):35-41. doi:10.46653/jhst180101035.
26. Serna-Escolano V, Giménez MJ, Castillo S, Valverde JM, Martínez-Romero D, Guillén F, Serrano M, Valero D, Zapata PJ. Preharvest treatment with oxalic acid improves postharvest storage of lemon fruit by stimulation of the antioxidant system and phenolic content, *Antioxidants*, 2021;10:963.
27. Karaçalı İ. Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 2002.
28. Singleton VL and Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, 1965;16(3):144-158.

29. Sincan T, Yıldırım AN, Çelik C and Bayar B. Starkrimson delicious elma çeşidinde metil jasmonat (MeJA) ve aminoethoksivinilglisin (AVG) uygulamalarının hasat önu dökümü ve meyve kalitesi üzerine etkileri, Ziraat Fakültesi Dergisi. 2020;15(1):41-55.
30. Kumaran A, Karunakaran RJ. Nitric oxide radical scavenging active components from *Phyllanthus emblica* L. *Plant Foods Hum Nutr.* 2006;61:1-5. doi:10.1007/s11130-006-0001-0.
31. Ekmekci M. Bazı hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) genotiplerinde meyvelerinin yenilebilir üç farklı olum döneminde pomolojik ve biyokimyasal özelliklerinin değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, 2023; 88 p.
32. Wu F, Zhang D, Zhang H, Jiang G, Su X, Qu H, Duan X. Physiological and biochemical response of harvested plum fruit to oxalic acid during ripening or shelf-life, *Food Research International*, 2011;44(5):1299-1305.
33. Öğüt S, Karaman A and Karadağ G. Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri, *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 2014;1(1):77-90.
34. Serrano M, Marínez-Esplá A, Giménez MJ, Valero D, Zapata PJ, Guillén F, Castillo S. Preharvest application of oxalic acid improves antioxidant systems in plums, *Acta Hort.* 2018;1194:19-24. doi:10.17660/ActaHortic.2018.1194.4.