

Kiraz (*Prunus avium* L.)’da Hasat Sonrası Melatonin Uygulamasının Depolamada Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi

Emine KÜÇÜKER^{1*}, Erdal AĞLAR², Kenan ÇELİK³, Ceyda KIZGIN ÖZCENGİZ⁴, Ferhat OĞURLU⁴

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

²Van Yüzcü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, TÜRKİYE

³T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Bahçe Bitkileri Araştırmaları Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE

⁴T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Araştırmaları Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 04.05.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04.11.2023

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0002-4198-6262 orcid.org/0000-0002-4199-5716 orcid.org/0000-0002-5780-6342 orcid.org/0000-0002-5308-2607

orcid.org/0000-0002-6185-0397

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: emine.kucuker@siirt.edu.tr

Öz: Hassas bir meyve yapısına sahip olan kiraz (*Prunus avium* L.)’ın depolama ve raf ömrü süresi kısadır. Bu problemin çözümüne katkı sunmak için yapılmış bu çalışmada, kirazda hasat sonrası farklı dozlarda melatonin uygulamasının [0.00 (kontrol), 0.01, 0.10 ve 1.00 mM] depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerine etkisi belirlenmiştir. Bitkisel materyal olarak 2005 yılında MaxMa 60 anacı üzerine aşıllı Lapins kiraz çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden hasat edilen meyveler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, depolama süresi ile birlikte artış gösteren ağırlık kaybı melatonin uygulanmış meyvelerde daha düşük olduğu ve uygulama dozuna bağlı olarak farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Melatonin uygulaması depolamada meyve eti sertliğinin korunmasında etkili olmuştur. Depolama süresince 0.01 mM melatonin uygulanmış meyvelerde et sertliği daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresince renk değerlerinde önemli değişiklikler meydana geldiği, renk değişimi üzerine melatonin uygulamasının etkili olduğu ve bu etkinin doza bağlı olarak değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Kiraz meyvelerinde suda çözünür kuru madde miktarı değerleri muhafaza süresince doğrusal olarak azalmıştır. Melatonin ile muamele edilmiş meyvelerde azalma daha düşük değerler kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Depolama süresince tüm organik asitlerde konsantrasyonun muhafaza edilmesinde melatonin uygulamasının etkili olduğu, ancak konsantrasyona bağlı olarak olumlu ve olumsuz etkilerinin olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çalışmada depolamada meyve eti sertliğinin korunmasında ve ağırlık kaybının azaltılmasında melatoninin kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Organik asit, ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, meyve rengi

The Effect of Post-Harvest Melatonin Application on Fruit Quality at Cold Storage in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.)

Abstract: This study aimed to contribute to the solution of the short storage and shelf life of sweet cherry (*Prunus avium* L.), which has a delicate fruit structure. The effect of post-harvest melatonin application at different doses [0.00 (control), 0.01, 0.10, and 1.00 mM] on fruit quality characteristics and biochemical content during storage was determined. Fruits harvested from trees of the Lapins cherry variety grafted onto MaxMa 60 rootstock, established in an orchard in 2005, were used as the plant material. The research findings revealed that the weight loss, which increased with storage time, was lower in melatonin-treated fruits, and differences occurred depending on the application dose. Melatonin application was effective in preserving fruit firmness during storage. Fruits treated with 0.01 mM melatonin exhibited higher flesh firmness during storage. Significant changes in color values occurred during storage, and it was determined that melatonin application had an

effect on color changes, which varied depending on the dose. The soluble solid content values in cherry fruits decreased linearly throughout the storage period, but the decrease was lower in melatonin-treated fruits. The titratable acidity values decreased in all applications during storage, with the lowest values obtained from the control group. Melatonin application was effective in maintaining the concentration of organic acids during storage, but it had both positive and negative effects depending on the concentration. In conclusion, this study demonstrated that melatonin can be used to preserve fruit firmness and reduce weight loss during storage.

Keywords: Organik acid, weight loss, fruit firmness, fruit color

1. Giriş

Kiraz (*Prunus avium* L.), pazara erken sunulabilmesi ve yüksek kalitesiyle tüketicilerin beğenisini kazanan değerli meyve türlerinden biridir. Türkiye, uygun iklim ve toprak yapısıyla kiraz üretimi için avantajlı bir konumdadır. Dünya kiraz üretiminde ilk sırada yer alan Türkiye, 2.609.000 ton olan dünya kiraz üretiminin 664.224 tonluk kısmını karşılamaktadır (Anonymous, 2023). Ancak, kirazın hasat mevsiminin kısa ve meyve dokusunun hassas olması nedeniyle pazarda kalma süresi birkaç hafta ile sınırlı kalmaktadır. Kiraz, hızlı bir şekilde yumuşayabilen ve mekanik yaralanmalara karşı hassas olan bir meyvedir. Bu özellikleri nedeniyle kirazda % 15'e kadar kayıplar yaşanmakta ve mantar enfeksiyonlarına da kolaylıkla maruz kalabilmektedir (Clayton ve ark., 2003). Bu nedenle kirazların kaliteli bir şekilde saklanması ve uzun süre taze kalması için özel önlemler alınması gereklidir. Hasat öncesi uygulamalar (Einhorn ve ark., 2013; Gimenez ve ark., 2014; Martinez-Esplá ve ark., 2014; Valverde ve ark., 2015) ve hasat sonrası yöntemler sayesinde kirazların olgunlaşması yavaşlatılarak (Petracek ve ark., 2002; Valero ve ark., 2011; Valero ve ark., 2014; Xu ve ark., 2020) raf ömrü uzatılabilir.

Bitkilerde tohum (Liu ve ark., 2018), kök (Wang ve ark., 2018) ve meyve gelişimi (Wang ve ark., 2016), olgunlaşma (Sun ve ark., 2015), yaşlanma (Li ve ark., 2019), biyotik ve abiyotik stress (Cao ve ark., 2018; Li ve ark., 2019) gibi birçok fizyolojik aktivitelere katkıda bulunan melatonin, hasat sonrası meyvenin hastalıklara karşı direncini ve üşüme toleransını artırarak (Gao ve ark., 2018; Li ve ark., 2019; Liu ve ark., 2020) raf ömrünün uzatılması ve kalitenin korunması içinde kullanılmaktadır. Hasat önu melatonin uygulaması meyvede sakkaroz, doğal antioksidanlar, fenolikler, aroma bileşikleri, polifenoller gibi bazı faydalı maddelerin içeriğini ve meyve kalitesini artırmak için kullanılırken (Cao ve ark., 2016; Verde ve ark., 2019; Xu ve ark., 2018; Liu ve ark., 2019; Zheng ve ark., 2019; Xia ve ark., 2020), hasat sonrası uygulamalarda da meyvede kalitenin korunarak raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda hasat sonrası melatonin

uygulamasının; mango (Liu ve ark., 2020; Rastegar ve ark., 2020), portakal (Ma ve ark., 2021) şeftali (Gao ve ark., 2018), muz (Li ve ark., 2019), armut (Liu ve ark., 2019), nar (Jannatizadeh, 2019), erik (Bal, 2019) ve kivi (Hu ve ark., 2018) gibi meyve türlerinde hasat sonrası depolamada yaşlanmayı geciktirdiği, üşüme zararına karşı direnci ve hastalıklara dayanımı artırarak meyve kalitesini koruduğu bildirilmiştir. Kirazda ise melatonin uygulaması ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, kiraz (*P. avium* L.)'da farklı melatonin dozlarının depolama süresince meyve kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel materyal

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak; 2005 yılında Diyarbakır ilinde yer alan GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi (GAPUTAEM) bahçesinde MaxMa 60 anacı üzerine aşılı Lapins kiraz çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden 2021 yılında hasat edilen meyveler kullanılmıştır. Bahçedeki ağaçlar, kuzey-güney doğrultusunda 5 metre sıra aralığı ve 5 metre sıra üzeri mesafede dikilmiş ve modifiye lider sistemine göre terbiye edilmiştir. Budama ve diğer kültürel işlemler (ilaçlama, gübreleme vb.) düzenli olarak yapılmıştır. Sulama ihtiyacı, tarla kapasitesi nem içeriği baz alınarak damla sulama sistemi kullanılarak takip edilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, 3 blok ve her bir blokta 3 ağaç olacak şekilde toplamda 9 ağaç kullanılmıştır. Her bir ağaçtan rastgele seçilen 450 g meyve, toplamda 4 kg sağlıklı ve kusursuz meyve elde edilmiş ve soğuk zincirle GAPUTAEM Hasat Sonu Laboratuvarı'na taşınmıştır. Hasat edilen meyvelerden 400 gramı hasat dönemi analiz ve ölçümler için kullanılmıştır. Geriye kalan 3600 g meyve, dört farklı melatonin uygulaması (kontrol, 0.01, 0.10 ve 1.00 mM) olarak planlanmış ve her uygulama için 900 g meyve olacak şekilde gruplara ayrılmıştır. Melatonin uygulamasını içeren üç gruba ait meyveler, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış olan melatonin çözeltisi içine 15 dakika daldırılmıştır. Her

uygulama için hasat sonrası farklı dönemlerde (7, 14 ve 21 gün) yapılacak analiz ve ölçümlerde kullanılmak üzere 900'er gramlık muameleli meyveler elde edilmiştir. Her bir analiz dönemi için muameleli meyveler 300 gramdan oluşan 3 tekerrüre bölünerek her tekerrür ayrı bir plastik kap içerisine konularak 0 °C sıcaklığa ve % 90 oransal neme sahip depoda 21 gün depolanmıştır. Depolamanın 7., 14. ve 21. günlerinde yeterli sayıda meyve örnekleri alınarak aşağıdaki ölçüm ve analizler yapılmıştır.

2.2.1. Ağırlık kaybı

Depolama öncesi her tekerrürde bulunan meyvelerin ağırlıkları (W_i) 0.01 g hassasiyette dijital terazi (Radwag, Polonya) ile belirlenmiştir. Daha sonra depolamanın 7., 14. ve 21. gününde son ağırlıklar (W_f) belirlenerek meyvede meydana gelen ağırlık kaybı, her ölçüm periyodu başındaki ağırlık baz alınarak Eşitlik 1 ile yüzde olarak hesaplanmıştır (Ozturk ve ark., 2021).

$$WL = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

2.2.2. Meyve eti sertliği ve meyve rengi

Meyve eti sertliğini belirlemek için her tekerrürden beş meyve kullanılmıştır. Meyve kabuğu, meyvenin ekvatorial kısmı boyunca iki farklı noktadan (yanaklarda) kesilerek meyve eti sertliği, 6 mm uçlu bir dijital penetrometre (PCE-FM200, Spain) kullanılarak belirlenmiş ve Newton (N) olarak ifade edilmiştir (Ozturk ve ark., 2021).

Meyvelerin kabuk rengi CIE (The Commission de International de l'Eclairage) L^* , a^* ve b^* renk uzayı ölçütleri kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümleri, 10 meyvenin ekvatorial kısmının zit kutuplarından belirlenen noktalardan Minolta marka CR-400 renk ölçer cihazı ile yapılmıştır.

2.2.3. Suda çözülebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TEA)

Çalışmada, 10 adet meyve kullanılarak hazırlanan meyve suyu örneği, blenderden geçirilip tülbentten sıkılarak elde edilmiştir. Elde edilen meyve suyundan yeterli miktarda alınarak, dijital refraktometre (PAL-1, Atago, ABD) kullanılarak SÇKM değeri ölçülmüştür. Titrasyon yöntemi ile asit düzeyini belirlemek için, örnekten 10 mL alınıp 10 mL saf su ile seyreltilmiş; daha sonra, 0.1 mol L^{-1} (N) sodyum hidroksit (NaOH) kullanılarak pH değeri 8.1'e kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı, malik asit biriminde (g malik asit 100 mL⁻¹) ifade edilmiştir (Ozturk ve ark., 2021).

2.2.4. Organik asitler

Meyvelerden organik asitlerin ekstraksiyonu, Bevilacqua ve Califano (1989) tarafından bildirilen yöntemin modifiye edilmesi ile yapılmıştır. Santrifüj tüplerine 10 gram örnek alınarak, 10 mL 0.009 N H₂SO₄ çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler, 1 saat boyunca karıştırıldıktan sonra 15 dakika boyunca 14.000 rpm'de santrifüj edilip, santrifüj tüplerindeki süpernatant, önce filtre kağıdından süzülmesi; daha sonra, 0.45 µm membran filtre ve SEP-PAK C18 kartuşundan geçirilmiştir. Son olarak, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (High-Performance Liquid Chromatography, HPLC) (Almanya, Agilent HPLC 1100 Serisi G 1322 A) cihazına enjekte edilmiş ve uygun kolon (300 mm x 7.8 mm, Aminex HPX-87 H) üzerinde ayrıştırılmıştır. Mobil faz olarak 0.009 N H₂SO₄ çözeltisi kullanılarak, organik asitlerin belirlenmesi 214 ve 280 nm dalga boylarında gerçekleştirilmiştir (Ozturk ve ark., 2021).

2.2.5. İstatistiksel analiz

Araştırma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre oluşturulmuştur. Verilerin normal dağılıma sahip olduğunu kontrol etmek için Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmış ve varyansların homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiş ve varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Muameleler arasındaki farkın önem düzeyi Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SAS programı (ABD, 9.1 versiyon) ile gerçekleştirilmiş ve sonuçların yorumlanmasında $\alpha = \% 5$ önem düzeyi kullanılmıştır.

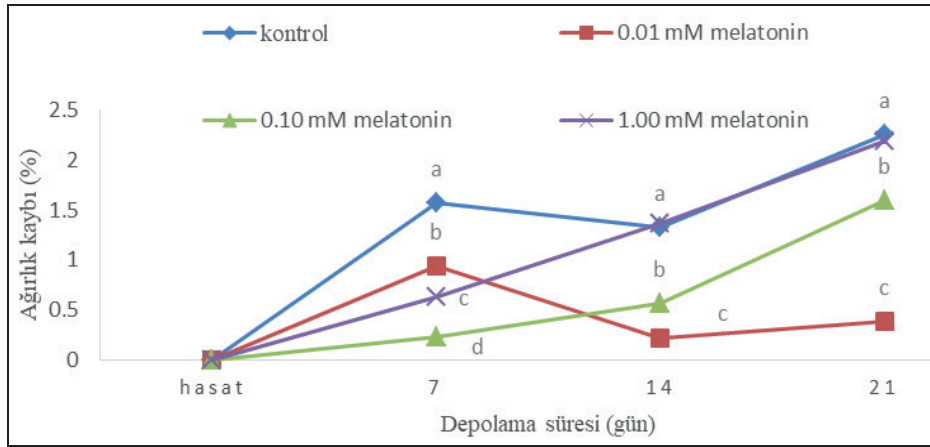
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ağırlık kaybı

Meyvede suyun transpirasyon yoluyla buharlaşması sonucu meydana gelen (Kader ve Yahia, 2011) ve depolama süresi ile orantılı olarak artarak (Candır ve ark., 2018; Rasouli ve ark., 2019; Byeon ve Lee, 2020; Ozturk ve ark., 2021) önemli ekonomik zararlara neden olan ağırlık kaybı (Sandhya, 2010); hücre duvarının bozulmasını geciktiren (Zhai ve ark., 2018; Wang ve ark., 2019) ve meyvede solunum düşüklüğüne neden olan, spermidin, melatonin ve putresin gibi poliaminlerin (Onik ve ark., 2020; Rastegar ve ark., 2020) kullanımı ile azaltılabilir. Çalışmada kontrol grubu meyvelerde, melatonin ile muamele edilen meyvelere göre tüm zamanlarda ağırlık kaybı daha yüksek olmuştur. Depolamanın 7. gününde 0.1 mM melatonin muamelesinde ağırlık

kaybı en düşük değerde iken, depolamanın 14. ve 21. gününde 0.01 mM melatonin uygulaması en düşük ağırlık kaybı değerlerine sahip olmuştur (Şekil 1). Ben-Yehoshua ve Rodov (2002), hasattan sonra meyvelerde % 3-10 arasında bir ağırlık kaybının meydana gelebileceğini, Lownds ve ark. (1993), bu ağırlık kaybının transpirasyon ve solunum sonucunda meyvede meydana gelen meyvenin kütükula ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişebilen su kaybından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca Kablan ve ark. (2008), solunum döngüsünde karbon atomundaki kaybın ağırlık kaybına yol açabileceğini bildirmişlerdir.

Poliaminler etilen biyosentezini inhibe ederek veya metabolizma hızlarını azaltarak solunumu azaltabilir ve bu da ağırlık kaybında önemli bir azalmaya yol açar (Champa ve ark., 2014). Gao ve ark. (2016) ve Wang ve ark. (2019) melatonin uygulaması ile kirazda ağırlık kaybının azaltıldığı ve etkinin uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Melatonin ile muamele edilmiş meyvelerdeki daha düşük ağırlık kaybı hem hücre bütünlüğünün hem de dokuların geçirgenliğinin stabilizasyonu ve konsolidasyonuna bağlanabilir (Champa ve ark., 2014).

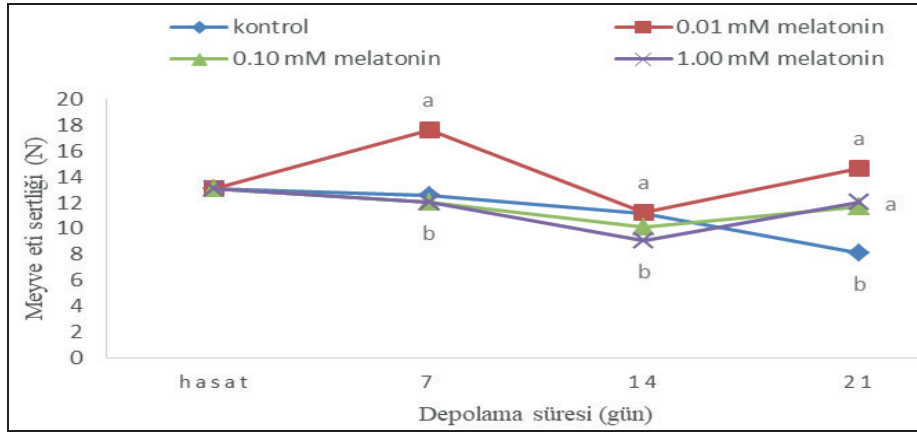


Şekil 1. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince ağırlık kaybı üzerine etkisi
Figure 1. The effect of different doses of melatonin applications on weight loss during storage

3.2. Meyve eti sertliği ve meyve rengi

Olgunlaşma ile birlikte artan meyve yumuşaması; hücre duvarı yapısının kaybına yol açan pektin matrisi içindeki yapısal değişiklikler sonucu meydana gelen (Posé ve ark., 2015), meyvenin hasat sonrası ömrünün ve pazarlama sürecini etkileyen önemli bir problemidir. Pozitif yüklü olan poliaminler, hücre duvarındaki pektik maddelerin karboksil (COOH) grubuna çapraz bağlanarak hücre duvarlarını güçlendirir ve duvar sertliğini sağlayarak depolama sırasında yumuşama oranını azaltır (Valero ve ark., 2002). Meyve eti sertliği muhafazanın 7. gününde yalnızca 0.01 mM melatonin uygulaması ile artış gösterirken, muhafazanın 14. gününde tüm uygulamalarda doğrusal bir azalış sergilemiştir (Şekil 2). Meyve eti sertliği muhafaza süresince azalma eğilimi göstermesi beklenen bir parametredir. Bal ve ark. (2022), kiraz meyvesine melatonin uygulaması yaptıkları çalışmada, farklı depolama dönemlerinde melatonin dozlarına göre sertlikte artış ve azalışlar meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Yine Bal (2019), erik meyvelerine melatonin uygulaması yaptığı çalışmada

muhafazanın 10-20. gününde 10 µmol melatonin uygulaması ile meyve eti sertliğinin kısmen arttığını, takip eden dönemde düştüğünü bildirmiştir. Mevcut çalışmada muhafaza süresinin sonunda meyve eti sertliği melatonin uygulaması ile 14. güne göre artış gösterirken, kontrol uygulaması ile önemli oranda düşük sonuçlar vermiştir (Şekil 2). Melatonin uygulaması depolama sonunda meyve eti sertliğinin korunmasında etkili olmuştur. Nitekim; meyvede solunumu yavaşlatma mekanizmasına sahip olan melatonin (Gao ve ark., 2016) uygulaması ile mango (Rastegar ve ark., 2020), şeftali (Cao ve ark., 2018) ve çilekte (Liu ve ark., 2018) meyve yumuşamasının geciktirildiği bildirilmiştir. Yine Shang ve ark. (2021), maviyemiş meyvelerinde melatonin uygulaması yaptıkları çalışmada, muhafazanın 7. ve 14. günlerinde kontrol uygulaması ve 0.25 mM melatonin uygulaması benzer sonuçlar verirken, muhafazanın ilerleyen dönemlerinde melatonin uygulamalarının kontrole göre önemli oranda meyve eti sertliğini koruduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 2. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince meyve eti sertliği üzerine etkisi
Figure 2. The effect of different doses of melatonin applications on fruit firmness during storage

Meyvede renk değişimi klorofilin parçalanmasından kaynaklanmakta olup, olgunlaşma ilerledikçe klorofil bozulmasıyla renk değişimi artmaktadır (Knee, 1972). Çalışmada depolama süresince renk değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Depolama süresi ile orantılı olarak renk değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolamada renk değişimi üzerine melatonin uygulaması etkili olmuş ve bu etkinin doza bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Depolama sonunda L değeri bakımından en yüksek değerler kontrol ve 0.01 mM uygulamaları ile kaydedilirken, 0.10 ve 1.00 mM uygulamaları arasında her hangibir fark oluşmamış ve en düşük değerler bu iki uygulama ile elde edilmiştir. Bununla birlikte kontrol, 0.01

ve 1.00 mM melatonin uygulamaları arasında da fark önemsiz bulunmuştur. Depolama sonunda en yüksek a değeri 0.01 ve 0.10 mM melatonin uygulanmış meyvelerden elde edilirken, kontrol ve 1.00 mM uygulamaları arasında fark saptanmamıştır. Depolama sonunda; b değeri bakımından en düşük değerler kontrol uygulamasında kaydedilirken, diğer 3 uygulama arasında fark oluşmamıştır (Tablo 1). Nitekim; melatonin, spermidin ve putresin gibi poliaminler meyvelerde sertlik, lezzet, acılık ve renk gibi kalite özellikleri ve antioksidan kapasitesini arttıran ve bitkinin savunma mekanizmasına katkı sunan ikincil metabolitler olan polifenollerin (Sreekumar ve ark., 2014) seviyesini artırarak meyve kalitesini muhafaza etmek için kullanıldığı bildirilmiştir (Wang ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020).

Tablo 1. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince meyve rengi (L*, a ve b) değerlerine etkisi

Table 1. The effect of different doses of melatonin applications on fruit color (L*, a and b) during storage

Renk değerleri	Melatonin uygulaması (mM)	Depolama süresi (gün) ¹			
		Hasat	7	14	21
L*	0.00 (kontrol)		36.17 a	31.98 a	27.43 a
	0.01	38.21	36.46 a	32.09 a	28.69 a
	0.10		32.08 b	28.94 b	23.73 b
	1.00		33.75 ab	29.92 b	23.31 b
a*	0.00 (kontrol)		26.75 a	13.61 a	8.63 b
	0.01	28.79	27.49 a	14.09 a	11.15 a
	0.10		18.24 b	13.53 a	11.89 a
	1.00		24.50 a	24.21 a	9.07 b
b*	0.00 (kontrol)		5.77 a	2.40 b	-1.63 b
	0.01	7.74	5.75 a	3.45 b	2.52 a
	0.10		4.17 a	1.48 b	2.07 a
	1.00		5.06 a	6.62 a	2.03 a

¹: Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında fark yoktur (p<0.05)

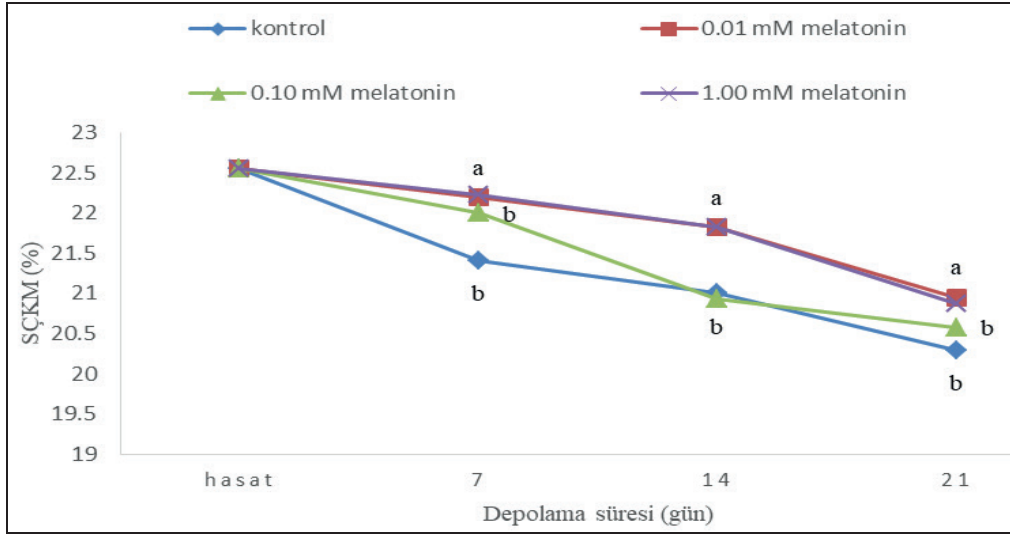
3.3. SÇKM ve TEA

Meyvede önemli hasat kriterleri olan SÇKM ve TEA meyvenin depolanma süresini belirleyen önemli kalite özellikleridir (Mahto ve Das, 2013).

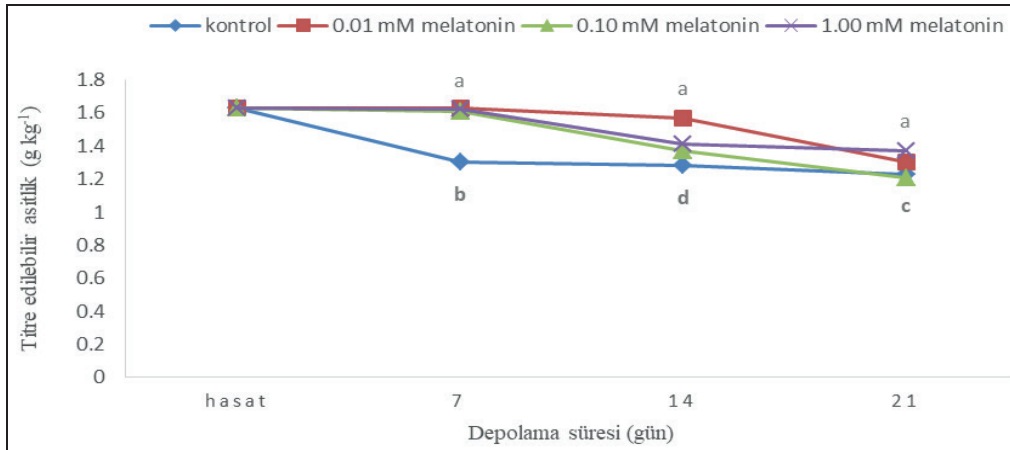
Hasat sonrası depolama sırasında, asit metabolizması nişastayı ve asidi şekere çevirerek TEA'nın azalmasına ve SÇKM'nin artmasına neden olmaktadır (Duan ve ark., 2011). Melatonin

uygulaması, meyvede bozulma süreçlerini engelleyebilir ve bu da olgunlaşma aşamasında meyvede kimyasal değişikliklerin gecikmesine neden olabilir (Jongsri ve ark., 2017). Kiraz meyvelerinde SÇKM değerleri muhafaza süresince doğrusal olarak azalmış; ancak, melatonin ile muamele edilmiş meyvelerde depolama boyunca daha yavaş bir azalma meydana gelmiştir. Depolama süresince 0.01 ve 1.00 mM melatonin uygulamaları ile kontrol uygulaması arasında önemli farklılıklar ($p < 0.05$) meydana gelirken, 0.1 mM melatonin uygulanmış meyveler ile kontrol meyveleri benzer SÇKM değerlerine sahip olmuştur (Şekil 3). Çalışmada, TEA değerleri muhafaza süresince tüm uygulamalarda azalırken, melatonin uygulamaları ile kontrol uygulamasına göre korunmuş ve tüm analiz dönemlerinde en düşük değerler kontrol uygulamasında

saptanmıştır. Muhafazanın 7. gününde melatonin uygulamaları arasında fark benzer çıkarken, 14. günde en yüksek TEA içeriği 0.01 mM melatonin uygulamasında saptanmış; bunu, 1.00 ve 0.10 mM melatonin uygulamaları takip etmiştir. Muhafaza sonunda, en yüksek TEA içeriği 1.00 mM melatonin uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4). Poliamin uygulamaları, meyvede solunum oranını (Perez Vincente ve ark., 2002; Valero ve ark., 2002) ve etilen üretimini (Barman ve ark., 2011) azaltarak meyvede olgunlaşmayla ilgili değişiklikleri engelleyip SÇKM'nin artışına engel olabilir (Champa ve ark., 2014). Yapılan bazı çalışmalarda depolama süresince, melatonin uygulamalarının muz (Hu ve ark., 2017), armut (Liu ve ark., 2019) ve şeftali (Cao ve ark., 2018) gibi meyve türlerinde olgunlaşma ve yaşlanma belirtilerini geciktirdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince SÇKM içeriğine etkisi
Figure 3. The effect of different doses of melatonin applications on water-soluble dry matter content during storage



Şekil 4. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince TEA içeriğine etkisi
Figure 4. The effect of different doses of melatonin applications on titratable acidity during storage

3.4. Organik asitler

Çalışmada kirazda miktar bakımından en fazla malik asit bulunurken, bunu sitrik, tartarik, oksalik ve süksinik asit takip etmiştir (Tablo 2). Besinlerin sindirimini sağlayan ve kan dolaşımını uyaran ve meyve türlerine bağlı olarak türü ve içeriği değişiklik gösterebilen organik asitler önemli meyve kalite parametreleridir ve olgunluk artıka azalmaktadırlar (Kıralan ve Gündoğdu, 2021). Olgunlaşma periyodu ile orantılı olarak asitlik oranında meydana gelen azalma doğal bir karakteristik özelliştir (Patel ve ark., 2019). Çalışmamızda, meyve olgunluğunun artması ile birlikte, doğal olarak organik asit miktarında azalmalar meydana gelmiştir. Depolama süresince tüm organik asitlerde konsantrasyonun muhafaza edilmesinde melatonin uygulamasının etkili olduğu, ancak konsantrasyona bağlı olarak olumlu ve olumsuz etkilerinin olduğu görülmüştür. Depolama sonu dikkate alındığında malik asit bakımından en yüksek değerler 0.01 mM melatonin uygulanmış meyvelerde kaydedilirken,

0.10 ve kontrol uygulamaları arasında fark oluşmazken, en düşük değerler 1.00 mM uygulaması ile elde edilmiştir. Depolama sonunda sitrik asit bakımından tüm uygulamalar arasında önemli farklılıklar oluşurken, en yüksek değer 0.10 mM melatonin uygulanmış meyvelerde en düşük değer ise kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. Depolama sonunda tartarik asit bakımından en yüksek değerler 0.10 mM Melatonin uygulanmış meyvelerde ölçülürken, diğer 3 uygulama arasında fark oluşmamıştır. Çalışmada, 0.01 ve 0.10 mM melatonin uygulanmış meyveler depolama sonunda daha yüksek süksinik ve oksalik asit içeriğine sahip olup, diğer iki uygulama ile daha düşük değerler elde edilmiştir (Tablo 2). Solunum için gerekli başlıca substratlardan olan organik asitlerin miktarı solunum oranı artıka azalır. Meyvede etilen üretimini engelleyerek ve solunum oranını düşürerek olgunlaşmayı yavaşlatmak amacıyla uygulanan poliamin ve salisilik asit gibi hormon benzeri uygulamalar meyvede organik asit miktarında meydana gelen azalmayı yavaşlatabilir (Patel ve ark., 2019).

Tablo 2. Farklı dozda melatonin uygulamalarının depolama süresince organik asit değerlerine etkisi

Table 2. The effect of different doses of melatonin applications on organic acidity during storage

Organik asit (mg 100g ⁻¹)	Melatonin uygulaması (mM)	Depolama süresi (gün)*			
		Hasat	7	14	21
Malik asit	0.00 (kontrol)		1183.50 c	1143.88 b	983.85 b
	0.01	2765.06	1336.63 b	2181.78 a	1750.89 a
	0.10		2411.51 a	1179.22 b	959.23 b
	1.00		896.01 d	889.71 c	792.14 c
Sitrik asit	0.00 (kontrol)		17.45 c	16.38 d	15.41 d
	0.01	48.99	30.60 a	26.34 b	24.46 b
	0.10		30.10 a	28.74 a	27.74 a
	1.00		25.93 b	24.94 c	22.47 c
Tartarik asit	0.00 (kontrol)		8.69 c	7.94 c	6.68 b
	0.01	13.38	9.59 b	8.02 c	7.03 b
	0.10		11.62 a	10.41 a	9.67 a
	1.00		9.70 b	9.01 b	7.36 b
Süksinik asit	0.00 (kontrol)		0.75 b	0.70 b	0.58 b
	0.01	0.96	0.86 a	0.76 a	0.71 a
	0.10		0.73 b	0.68 b	0.62 ab
	1.00		0.65 c	0.59 c	0.55 b
Oksalik asit	0.00 (kontrol)		0.63 d	0.60 c	0.50 b
	0.01	1.25	0.83 a	0.76 a	0.69 a
	0.10		0.71 b	0.68 b	0.63 a
	1.00		0.66 c	0.61 c	0.52 b

*: Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında fark yoktur (p<0.05)

4. Sonuçlar

Sonuç olarak çalışmada depolamada meyve eti sertliğinin korunmasında ve ağırlık kaybının azaltılmasında melatoninin etkili olduğu ve bu etkinin uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. En etkili uygulamanın 0.01 mM melatonin uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Çalışma ile melatonin uygulamasının

meyvelerde depolamada meydana gelen kayıpları önlemek amacıyla kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Yazarların Katkı Beyanı

Fikir/Hipotez, Veri Analizi, E. KÜÇÜKER; Yazma, İnceleme ve Düzenleme, E. AĞLAR; Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme,

K. ÇELİK; Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme, C. KIZGIN ÖZCENGİZ; Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme, F. OĞURLU. Tüm yazarlar makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Anonymous, 2023. Crops and Livestock Products. Food and Agriculture Organization (FAO), (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>), (Erişim Tarihi: 25.06.2023).
- Bal, E., 2019. Physicochemical changes in 'Santa Rosa' plum fruit treated with melatonin during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3): 1713-1720.
- Bal, E., Torçuk, A.İ., Özer, C., 2022. Influence of melatonin treatments on fruit quality and storage life of sweet cherry cv. 'Sweetheart'. *Erwerbs-Obstbau*, 64: 127-133.
- Barman, K., Asrey, R., Pal, R.K., 2011. Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 130: 795-800.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., 2002. Transpiration and water stress. In: J. Barz and J.K. Brecht (Eds.), *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, New York, USA, pp. 111-159.
- Bevilacqua, A.E., Califano, A.N., 1989. Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 54(4): 1076-1076.
- Byeon, S., Lee, J., 2020. Differential responses of fruit quality and major targeted metabolites in three different cultivars of cold-stored figs (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, 260: 108877.
- Candır, E., Ozdemir, A.E., Aksoy, M.C., 2018. Effects of chitosan coating and modified atmosphere packaging on postharvest quality and bioactive compounds of pomegranate fruit cv. 'Hicaznar'. *Scientia Horticulturae*, 235: 235-243.
- Cao, S., Bian, K., Shi, L., Chung, H.H., Chen, W., Yang, Z., 2018. Role of melatonin in cell-wall disassembly and chilling tolerance in cold-stored peach fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(22): 5663-5670.
- Cao, S., Song, C., Shao, J., Bian, K., Chen, W., Yang, Z., 2016. Exogenous melatonin treatment increases chilling tolerance and induces defense response in harvested peach fruit during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(25): 5215-5222.
- Champa, W. A.H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C., Arora, N.K., 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. flame seedless. *Postharvest Biology and Technology*, 91: 57-63.
- Clayton, M., Biasi, W.V., Agar, I.T., Southwick, S.M., Mitcham, E.J., 2003. Postharvest quality of 'Bing' cherries following preharvest treatment with hydrogen cyanamide, calcium ammonium nitrate, or gibberellic acid. *HortScience*, 38: 407-411.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B.C., Zhao, Y., 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1): 71-79.
- Einhorn, T.C., Wang, Y., Turner, J., 2013. Sweet cherry firmness and postharvest quality of late-maturing cultivars are improved with low-rate single applications of gibberellic acid. *HortScience*, 48(8): 1010-1017.
- Gao, H., Lu, Z., Yang, Y., Wang, D., Yang, T., Cao, M., Cao, W., 2018. Melatonin treatment reduces chilling injury in peach fruit through its regulation of membrane fatty acid contents and phenolic metabolism. *Food Chemistry*, 245: 659-666.
- Gao, H., Zhang, Z.K., Chai, H.K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D.N., Yang, T., Cao, W., 2016. Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 118: 103-110.
- Gimenez, M.J., Valverde, J.M., Valero, D., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Serano, M., Castillo, S., 2014. Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*, 160: 226-232.
- Hu, M., Li, J., Rao, J., 2018. Effect of melatonin on ripening and senescence of postharvest kiwifruits. *Food Science*, 39: 226-232.
- Hu, W., Yang, H., Tie, W., Yan, Y., Ding, Z., Liu, Y., Wu, C., Wang, J., Reiter, R.J., Tan, D.X., Shi, H., Xu, B., Jin, Z., 2017. Natural variation in banana varieties highlights the role of melatonin in postharvest ripening and quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(46): 9987-9994.
- Jannatizadeh, A., 2019. Exogenous melatonin applying confers chilling tolerance in pomegranate fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246: 544-549.
- Jongsri, P., Rojsitthisak, P., Wangsomboondee, T., Seraypheap, K., 2017. Influence of chitosan coating combined with spermidine on anthracnose disease and qualities of 'Nam Dok Mai' mango after harvest. *Scientia Horticulturae*, 222: 180-187.
- Kablan, T., Koffi, N.R., Marina, K., Oule, M.K., 2008. The effects of different storage temperatures on the quality of bell pepper (*Capsicum annum* L.). *Agriculture Journal*, 3(2): 157-162.

- Kader, A.A., Yahia, E.M., 2011. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In: E.M. Yahia (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* Woodhead Publishing, pp. 79-111.
- Kıralan, M., Gündoğdu, M., 2021. Dut türlerine ait meyvelerin organik asit ve C vitamini içerikleri üzerine farklı kurutma tekniklerinin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(3): 404-411.
- Knee, M., 1972. Anthocyanin, carotenoid, and chlorophyll changes in the peel of Cox's Orange Pippin apples during ripening on and off the tree. *Journal of Experimental Botany*, 23: 184-196.
- Li, D., Zhang, X., Li, L., Aghdam, M. S., Wei, X., Liu, J., Luo, Z., 2019. Elevated CO₂ delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit. *Food Chemistry*, 285: 163-170.
- Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., Zheng, L., 2018. Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 139: 47-55.
- Liu, J., Liu, H., Wu, T., Zhai, R., Yang, C., Wang, Z., 2019. Effects of melatonin treatment of postharvest pear fruit on aromatic volatile biosynthesis. *Molecules*, 24: 4233.
- Liu, S., Huang, H., Huber, D. J., Pan, Y., Shi, X., Zhang, Z., 2020. Delay of ripening and softening in 'Guifei' mango fruit by postharvest application of melatonin. *Postharvest Biology and Technology*, 163: 111136.
- Lownds, N.K., Banaras, M., Bosland, P.W., 1993. Relationships between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *HortScience*, 28(12): 1182-1184.
- Ma, Q., Lin, X., Wei, Q., Yang, X., Zhang, Y.N., Chen, J., 2021. Melatonin treatment delays postharvest senescence and maintains the organoleptic quality of 'Newhall' navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by inhibiting respiration and enhancing antioxidant capacity. *Scientia Horticulturae*, 286: 110236.
- Mahto, R., Das, M., 2013. Effect of gamma irradiation on the physico-chemical and Visual properties of mango (*Mangifera indica* L.), cv. 'Dushehri' and 'Fazli' stored at 20°C. *Postharvest Biology and Technology*, 86: 447-455.
- Martinez-Espla, A., Zapata, P., Valero, D., Garcia-Viguera, C., Castillo, S., Serrano, M., 2014. 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*, 62(15): 3432-3437.
- Onik, J.C., Wai, S.C., Li, A., Lin, Q., Sun, Q., Wang, Z., 2020. Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage. *Food Chemistry*, 337: 127753-127753.
- Ozturk, B., Yildiz, M., Yildiz, K., Gun, S., 2021. Maintaining the postharvest quality and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. Cv. 'Li') fruit by applying 1-methylcyclopropene. *Scientia Horticulturae*, 275: 109671.
- Patel, N., Gantait, S., Panigrahi, J., 2019. Extension of postharvest shelf-life in green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) using exogenous application of polyamines (spermidine and putrescine) *Food Chemistry*, 275: 681-687.
- Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Carbonell, A., Serrano, M., Riquelme, F., Guillén, F., Valero, D., 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* L.) storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25: 25-32.
- Petracek, P.D., Joles, D.W., Shirazi, A., Cameron, A.C., 2002. Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit: metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 259-270.
- Posé, S., Kirby, A.R., Paniagua, C., Waldron, K.W., Morris, V.J., Quesada, M.A., Mercado, J.A., 2015. The nanostructural characterization of strawberry pectins in pectate lyase or polygalacturonase silenced fruits elucidates their role in softening. *Carbohydrate Polymers*, 132: 134-145.
- Rasouli, M., Saba, M.K., Ramezani, A., 2019. Inhibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 247: 27-34.
- Rastegar, S., Khankahdani, H.H., Rahimzadeh, M., 2020. Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 259: 108835.
- Sandhya, K.V.K., 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology*, 43(3): 381-392.
- Shang, F., Liu, R., Wu, W., Han, Y., Fang, X., Chen, H., Gao, H., 2021. Effects of melatonin on the components, quality and antioxidant activities of blueberry fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 147: 111582.
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J.M., Sreeharshan, S., 2014. Pomegranate fruit as a rich source of biologically active compounds. *BioMed Research International*, 686921.
- Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Zhang, H., Li, D., Shi, J., Li, R., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., Guo, Y.D., 2015. Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. *Journal of Experimental Botany*, 66(3): 657-668.
- Valero, D., Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Serrano, M., 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10): 5483-5489.
- Valero, D., Mirdehghan, S.H., Sayyari, M., Serrano, M., 2014. Vapor treatments, chilling, storage, and antioxidants in pomegranates. In: V.R. Preedy (Ed.),

- Processing and Impact on Active Components in Food*, Academic Press, London, pp. 189-196.
- Valero, D., Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Serrano, M., 2002. Plum storability improved after calcium and heat treatments: Role of polyamines. *Journal of Food Science*, 67(7): 2571-2575.
- Valverde, J.M., Gimenez, M.J., Guillen, F., Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., 2015. Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 109: 106-113.
- Verde, A., Míguez, J.M., Gallardo, M., 2019. Melatonin and related bioactive compounds in commercialized date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.): Correlation with some antioxidant parameters. *European Food Research and Technology*, 245: 51-59.
- Wang, C., Yin, L.Y., Shi, X.Y., Xiao, H., Kang, K., Liu, X.Y., Zhan, J.C., Huang, W.D., 2016. Effect of cultivar, temperature, and environmental conditions on the dynamic change of melatonin in mulberry fruit development and wine fermentation. *Journal of Food Science*, 81(4): M958-M967.
- Wang, L., Sang, W., Xu, R., Cao, J., 2020. Alteration of flesh color and enhancement of bioactive substances via the stimulation of anthocyanin biosynthesis in 'Friar' plum fruit by low temperature and the removal. *Food Chemistry*, 310: 125862.
- Wang, Y., Reiter, R. J., Chan, Z., 2018. Phytomelatonin: A universal abiotic stress regulator. *Journal of Experimental Botany*, 69: 963-974.
- Wang, X., Liang, D., Xie, Y., Lv, X. L., Wang, J., Xia, H., 2019. Melatonin application increases accumulation of phenol substances in kiwifruit during storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31: 361-367.
- Xia, H., Shen, Y., Shen, T., Wang, X., Zhang, X., Hu, P., 2020. Melatonin accumulation in sweet cherry and its influence on fruit quality and antioxidant properties. *Molecules*, 25: 753.
- Xu, L., Yue, Q., Xiang, G., Bian, F.E., Yao, Y., 2018. Melatonin promotes ripening of grape berry via increasing the levels of ABA, H₂O₂, and particularly ethylene. *Horticulture Research*, (file:///C:/Users/HP/Downloads/s41438-018-0045-y.pdf).
- Xu, Y.H., Li, S., Huan, C., Jiang, T.J., Zheng, X.L., Brecht, J.K., 2020. Effects of 1[^]A-methylcyclopropene treatment on quality and anthocyanin biosynthesis in plum (*Prunus salicina* cv. Taoxingli) fruit during storage at a non-chilling temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 169: 111291.
- Zhai, R., Liu, J., Liu, F., Zhao, Y., Liu, L., Fang, C., Wang, H., Li, X., Wang, Z., Ma, F., Xu, L., 2018. Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 139: 38-46.
- Zhang, W., Cao, J., Fan, X., Jiang, W., 2020. Applications of nitric oxide and melatonin in improving postharvest fruit quality and the separate and crosstalk biochemical mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*, 99: 531-541.
- Zheng, H., Liu, W., Liu, S., Liu, C., Zheng, L., 2019. Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. *Food Chemistry*, 299: 125116.

ALINTI: Küçükler, E., Ağlar, E., Çelik, K., Kızgın Özcengiz, C., Oğurlu, F., 2023. Kiraz (*Prunus avium* L.)'da Hasat Sonrası Melatonin Uygulamasının Depolamada Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3): 265-274.

CITATION: Küçükler, E., Ağlar, E., Çelik, K., Kızgın Özcengiz, C., Oğurlu, F., 2023. The Effect of Post-Harvest Melatonin Application on Fruit Quality at Cold Storage in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.). *Turkish Journal of Agricultural Research*, 10(3): 265-274. (In Turkish).