



Şeftalide Farklı Dozlarda Putresin Uygulamasının Depolamada Meyve Kalitesi ve Biyokimyasal Bileşikler Üzerine Etkisi

The Effect of Different Doses of Putrescine on Fruit Quality and Biochemical Compounds at cold Storage in Peach

Emine Küçüker¹ , Erdal Ağlar² 

Geliş Tarihi (Received): 02.11..2023

Kabul Tarihi (Accepted): 07.03.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

Öz Klimakterik bir meyve türü olan ve hasattan sonra meyve hızlı bir şekilde bozulan şeftalide raf ömrü kısa ve hasat sonrası kayıplar yüksektir. Bu nedenle şeftalide hasat sonrası kaybı azaltmak ve raf ömrünü uzatmak temel hedeflerden birisidir. Bu amaç doğrultusunda yapılmış çalışmada, 2005 yılında Tokat Merkez Kemalpaşa köyünde şeftali çöğür anacı üzerine aşılı Monreo şeftali çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden hasat edilen meyvelere hasat sonrası farklı dozlarda (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 mM) uygulanan putresinin depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerine etkisi belirlenmiştir. Depolama süresinin uzaması ile birlikte artan ağırlık kaybı ve çürüme oranı putresin uygulanmış meyvelerde daha düşük bulunmuş ve uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Putresin uygulaması meyvede et sertliğinin korunmasında etkili olmuştur, ancak uygulama konsantrasyonunun etkisi olmamıştır. Depolamada suda çözünür kuru madde miktarında (SÇKM) oranında artış, titre edilebilir asitlik (TA) oranında ise azalma meydana gelmiştir ve SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimler putresin uygulaması ile daha düşük bulunmuştur. Genel olarak, organik asitlerin, fenolik bileşikler, flavonoidler gibi polyphenol bileşiklerin konsantrasyonun ve antioksidant kapasitenin muhafaza edilmesinde putresin uygulamasının etkili olmuştur, ancak bu etki konsantrasyona ve bileşiğe bağlı olarak değişmiştir. Çalışma ile putresin uygulamasının şeftalide hasat sonu kalitenin muhafaza edilmesinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ağırlık kaybı, fenolik bileşik, meyve eti sertliği, organik asit

&

Abstract: In peach, which is a climacteric fruit species and the fruit spoils quickly after harvest, the shelf life is short and post-harvest losses are high. Therefore, the reducing post-harvest loss and extending the shelf life of peaches is one of the main goals. In the study carried out for this purpose, putrescine was applied at different doses (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mM) after harvest to the fruits harvested from the orchard established with trees of the Monreo peach cultivar grafted on peach seedling rootstock in Tokat Merkez Kemalpaşa village in 2005, and its effect on biochemical content and fruit quality during cold storage were determined. The weight loss and decay rate, which increased with the extension of the cold storage time, were lower in putrescine-treated fruit and varied depending on the application concentration. Putrescine application was effective in maintaining flesh firmness in fruit, but application concentration had no effect. During cold storage, there was an increase in soluble solids content (SSC) and a decrease in the titratable acidity (TA) ratio, and the changes in the SSC and TA rates were lower with the application of putrescine. In general, putrescine application was effective in maintaining the concentration and antioxidant capacity of polyphenol compounds such as organic acids, phenolic compounds, flavonoids, but this effect varied depending on the concentration and compound. The study revealed that putrescine application can be used to maintain post-harvest quality in peaches.

Keywords: Weight loss, phenolic compounds, fruit flesh firmness, organic acids

Atıf/Cite as: Küçüker, E., & Ağlar, E. (2024). Şeftalide farklı dozlarda putresin uygulamasının depolamada meyve kalitesi ve biyokimyasal bileşikler üzerine etkisi Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 23-38. doi: 10.24180/ijaws.1385187

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethik: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Prof. Dr. Emine Küçüker, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-Siirt. emine.kucuker@siirt.edu.tr

² Doç. Dr. Erdal Ağlar, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü-Van erdalaglar@hotmail.com (Sorumlu yazar/ Corresponding author)

GİRİŞ

Aroması, tadı ve duyuşsal özellikleri ile tüketicilerin tercihlerini etkileyen şeftali (Aubert vd., 2019), organik asitler, vitaminler ve antosiyaninler gibi biyoaktif bileşikler içeriğı ile insan sağığı açısından da önemli bir meyve türüdür (Ramina vd., 2008). Bununla birlikte klimakterik bir meyve türü olan şeftalide, olgunlaşma sırasında etilen üretimi ve solunum hızındaki artış ile hasattan sonra meyve hızlı bir şekilde bozulur, kalite özelliklerinde ve antioksidan aktivitede önemli değışiklikler meydana gelir (Tonutti vd.,1997). Dolayısıyla şeftalide raf ömrü kısa ve hasat sonrası kayıplar yüksektir. Bu nedenle, şeftali sektöründe temel hedef meyvede hasat sonrası kaybını azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için etkili bir yöntem geliştirmektir. Oda sıcaklığında hızlı olgunlaşma ve yumuşama nedeniyle çok çabuk bozulabilen şeftalide, soğutma, olgunlaşma ve çürüme sürecini geciktirmenin ve hasat edilen şeftalilerin raf ömrünü uzatmanın iyi bilinen etkili yoludur (Wang vd., 2019). Bununla birlikte, şeftali meyvesi, 2°C ile 8 °C arasındaki sıcaklıklarda uzun süreli depolandığında hücre metabolizmasının bozulmasına sebep olan üşüme zararına karşı oldukça hassastır (Crisosto vd. 1999). Meyvelerde, hasat sonrası üşüme zararını engellemek ve meyve kalite kayıplarını minimize etmek için modifiye atmosfer paketlenme (Chiabrando ve Giacalone, 2009), yenilebilir kaplama (Totad vd., 2019), ışınlama, acibenzolar-S-metil uygulamaları (Ge vd., 2019) gibi çok farklı uygulamalar yapılmaktadır. Canlı organizmalarda temel işlevleri olan putresin spermidin ve spermin gibi poliaminler (Mattoo ve Handa, 2008) bitkilerde hücre bölünmesi, hücre uzaması, embriyogenez, kök oluşumu, çiçek oluşumu ve gelişimi, meyve gelişimi ve olgunlaşması, polen tüpü büyümesi ve yaşlanması ve biyotik ve abiyotik strese tepki gibi birçok biyolojik süreçte rol oynamaktadır. (Janne vd., 2004). Meyvede membran bütünlüğünü koruyan ve kabuktan su alışverişinde önemli rol oynayan epikutiküler mumların uzaklaştırılmasını geciktiren putresin depolama süresini ve raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir. Bu düşünceden hareketle planlanmış olduğumuz çalışmada amaç hasat sonrası farklı dozlarda uygulanan putresinin şeftalide depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerine etkisini belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırmanın bitkisel materyalini, 2005 yılında Tokat Merkez Kemalpaşa köyünde şeftali çöğür anacı üzerine aşılı Monreo şeftali çeşidine ait ağaçlar ile kurulmuş bahçeden hasat edilen meyveler oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan ağaçlar kuzey- güney doğrultusunda sıra arası 5.0 m, sıra üzeri 5.0 m olacak şekilde dikilmiş ve ağaçlar modifiye lider sistemine göre terbiye edilmiştir. Ağaçlarda budama ve diğerkültürel işlemler (ilaçlama, gübreleme vs.) düzenli olarak yapılmıştır. Sulama ihtiyacı toprak nem içeriğı takip edilerek, tarla kapasitesi nem içeriğinde damla sulama sistemi ile yürütülmüştür. 2023 yılında yapılan çalışma, 3 blok ve her bir blokta 3 ağaç toplamda ise 9 ağaç olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu amaçla 9 ağacın her birinden tesadüfen 50 adet toplamda ise 450 adet kusursuz ve sağılıklı meyve elle hasat edilerek soğutmalı bir araçla derhal Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Hasat Sonrası Laboratuvarı'na transfer edilmiştir (12 ± 1.0 ° C ve 75 ± 5.0% RH). 50 adet meyve hasat dönemi analiz ve ölçümleri için kullanılırken, geriye kalan 400 meyve beş uygulama (kontrol, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 mM) her uygulama için 80 meyve olacak şekilde gruplara ayrılmıştır. Bir grup kontrol grubu, diğerk dört gruba ait meyveler farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış olan putresin çözeltisi içine 15 dakika daldırılmıştır. Her uygulama için hasat sonrası farklı dönemlerde yapılacak analiz ve ölçümlerde kullanılmak üzere birer kg lık 3 plastik kap içine konularak 0 ± 0.5 °C ve 90 ± 5% oransal nemde depolanmış ve 10. 20. ve 30. günlerde bu meyvelerde analiz ve ölçümler yapılmıştır.

Ağırlık Kaybı (%)

Soğuk depolama başlangıcında meyvelerin başlangıç ağırlıkları (İA) 0.01 g hassasiyetinde dijital terazi (Radwag, Polonya) ile belirlenmiştir. Daha sonra depolamanın 10., 20. ve 30. günlerinde nihai ağırlıklar (SA) belirlenmiştir. Meyvelerde meydana gelen ağırlık kaybı her ölçüm periyodu başlangıcındaki ağırlık esas alınarak aşağıda verilen denklem 1 ile yüzde olarak belirlenmiştir.

$$\text{Ağırlık kaybı} = \frac{\dot{I}A - SA}{\dot{I}A} \quad (1)$$

Çürüme Oranı (%)

Soğukta muhafaza edilmeden önce her tekerrürde meyveler (yaklaşık 0.5 kg meyve) sayılarak toplam meyve sayısı (TM) belirlenmiştir. Daha sonra her ölçüm periyodunda her tekerrürdeki çürük meyveler (ÇM) belirlenmiştir. Kabukta misel gelişimi meydana gelmişse, meyvenin çürük olduğu kabul edilmiştir. Son olarak aşağıdaki denklem 2 ile çürüme oranı % olarak tespit edilmiştir.

$$\text{Çürüme oranı} = \frac{TM - \dot{C}M}{TM} \times 100 \quad (2)$$

Meyve Eti Sertliği

Meyve eti sertliğini belirlemek için her tekerrürden beş meyve kullanılmıştır. Meyve kabuğu, meyvenin ekvatorial kısmı boyunca iki farklı noktadan (yanaklardan) kesilmiş ve 7.9 mm delici uçlu bir effegi penetrometresi (FT-327; McCormick, WA, ABD) kullanılarak sertlik belirlenmiştir. Sertlik Newton (N) olarak belirtilmiştir.

Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%) ve Titredilebilir Asitlik (%)

Her tekerrürden beş meyve distile su ile yıkanmıştır. Meyveler blender ile (Promix HR2653, Philips, Türkiye) parçalanmış ve homojenize edilmiş ve homojenat tülbentten süzülerek meyve suyu elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde miktarı, dijital bir refraktometre (Atago PAL-1, ABD) ile belirlenmiş ve yüzde (%) olarak kaydedilmiştir. pH, pH metre ile belirlenmiştir. Titre edilebilir asitlik ölçümü için 10 mL meyve suyuna 10 mL distile su ilave edilmiştir. Daha sonra çözeltinin pH'ı 8.2'ye ulaşana kadar 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmiştir. Titrasyonda tüketilen NaOH miktarına göre titre edilebilir asitlik belirlenerek g malik asit kg⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

Toplam fenolik Bileşikler ve Antioksidan Kapasite

Her ölçüm periyodunda her tekerrürden alınan beş meyve ilk önce distile su ile yıkanmıştır. Meyveler blender (Promix HR2653 Philips, Türkiye) ile homojen hale getirilmiştir. Yaklaşık 30 mL homojenat alınarak 50 ml'lik falkon tüpüne yerleştirilmiştir. Hazırlanan tüpler analiz zamanına kadar -20 C'de muhafaza edilmiştir. Analizlerden önce dondurulmuş numuneler oda sıcaklığında (21 °C) çözülmüştür. Posa ve meyve suyu 12.000xg'de 4 °C'de 35 dakika santrifüj edilerek birbirinden ayrılmıştır. Ortaya çıkan çözelti, toplam fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır. Toplam fenolikler ve antioksidan kapasiteye yönelik spektrofotometrik ölçümler UV-Vis spektrofotometresi ile (Shimadzu, Kyoto, Japonya) yapılmıştır.

Organik Asitler

Meyve örneklerinde organik asitlerin ekstraksiyonu Bevilacqua ve Califano (1989) tarafından bildirilen yöntemin modifikasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Santrifüj tüplerine 10 g örnek alınarak üzerine 10 mL 0.009 N H₂SO₄ eklenerek homojen hale getirilmiştir. Numuneler 1 saat karıştırılmış ve 14.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpünün üst kısmında kalan sıvı (süpernatant) filtre kâğıdından süzülerek, ardından 0.45 µm membran filtreden ve son olarak SEP-PAK C18 kartuşundan geçirilmiştir. HPLC (Agilent HPLC 1100 series G 1322 A, Almanya) cihazına enjekte edilerek uygun kolon (Aminex HPX - 87 H, 300 mm x 7.8 mm) üzerinde ayırmalar yapılmıştır. Organik asitler 214 ve 280 nm dalga boylarında belirlenmiştir. Mobil faz olarak 0.009 N H₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır.

Bireysel Fenolik Bileşikler

Homojen olarak seçilen taze meyve örnekleri 1 gram tartılarak metil alkol (5 mL) ile test tüpünde 6 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Perkin-Elmer serisi 200,

Norwalk, ABD) ile analiz edilmiştir. HPLC sistemi UV dedektörü (Seri 200, UV/Vis dedektörü) ve kuaterner solvent dağıtım sistemi (Seri 200, analitik pompa) ile donatılmış ve 280 nm'de kullanılmıştır. Analizler bir Phenomenex Kromasil (Phenomenex, Torrance, ABD) 100A C18 (250 mm x 4.60 mm, 5 µm) kolonu ile ayrılmıştır. Klon sıcaklığı, bir su banyosu (Wisebath, WB-22, Daihan Scientific, Seul, Kore) kullanılarak 26 °C'de tutulmuş ve mobil faz su ve %2.5 formik asit içeren asetonitrilden oluşturulmuştur. Mobil faz akış hızı dakikada 1 mL'de tutulmuş ve elde edilen pik alanlarının sonuçları ışığında 20 µL numune enjekte edildi ve g 100g⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

İstatistiksel Analizler

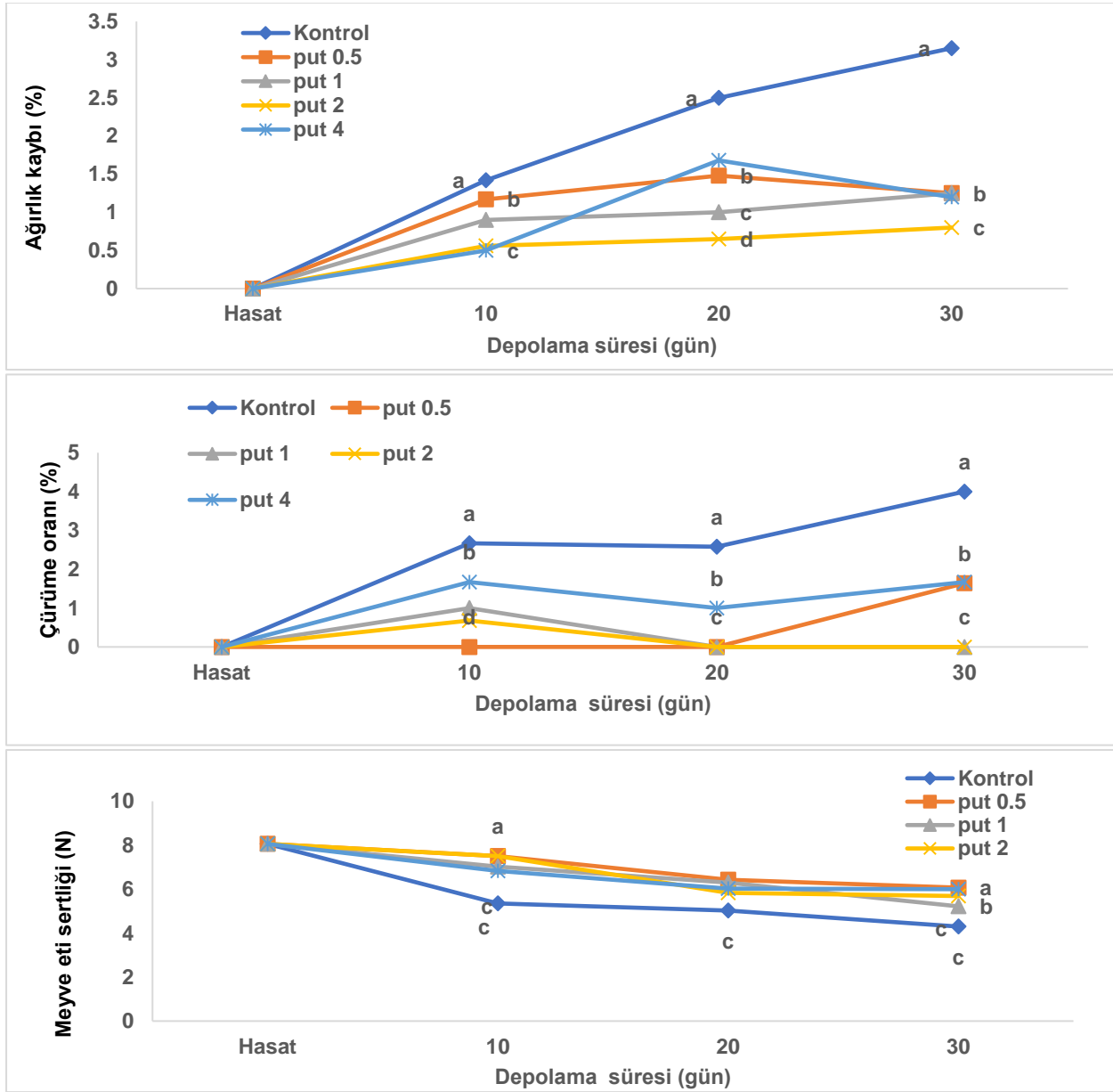
Verilerin normalliği Kolmogorov-Smirnov testiyle, varyansların homojenliği ise Levene testiyle doğrulanmıştır. (P>0.05). Bu nedenle pearson korelasyon testi yapılmıştır. Veriler, SAS Versiyon 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) yazılımıyla iki yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. F testi anlamlı olduğunda ortalamalar Tukey aralık testiyle karşılaştırılmıştır ve anlamlılık düzeyi %5 olarak belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı, Meyve Eti Sertliği ve Çürüme Oranı

Meyvede solunum ve terleme gibi metabolik değişiklikler sonucu meydana gelen ağırlık kaybı meyvenin hasat sonrası depolama ömrünü belirleyen önemli bir parametredir ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Jiang vd., 2018). Meyvelerde depolama süresinin uzaması ile ağırlık kaybı artar (Rastegar vd., 2020). Bu açıklama ile uyumlu olarak çalışmada, depolama süresinin uzaması ile birlikte meyvede ağırlık kaybının arttığı, kontrol uygulamasında bu artışın daha düzenli ve fazla olduğu görülmüştür (Şekil 1). Yapılan çalışmalarda depolama süresinin uzaması ile mango (Liu vd., 2020; Rastegar vd., 2020) erik (Yan vd., 2022), muz (Hu vd., 2017), kiraz (Tijero vd., 2019), çilek (Liu vd., 2018) ve şeftali (Gao vd., 2016) gibi meyve türlerinde ağırlık kaybında bir artış olduğu ve bu artışın poliamin uygulaması ile daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Meyvelerde yaşlanmayı geciktiren poliaminler olgunluk ilerledikçe azalır ve bu durum meyvelerin dokusal özelliklerini ve depolanabilme süresini olumsuz olarak etkiler (Patel vd., 2019). Bununla birlikte, depolamada meydana gelen ağırlık kaybı, hücre duvarının bozulmasını geciktiren (Wang vd., 2019) ve meyvede solunum düşüklüğüne neden olan melatonin ve putresin gibi poliaminlerin (Onik vd., 2020; Rastegar vd., 2020) kullanımı ile azaltılabilmektedir. Nitekim Fawole vd. (2020), putresin uygulaması dokuların geçirgenliğini ve hücre bütünlüğünü konsilide ederek meyvelerde ağırlık kaybını azalabileceğini ileri sürmüştür. Bu durumu göz önünde bulundurarak hasat sonrası ömrü uzatmak için yapmış olduğumuz çalışmada, putresin uygulamasının depolamada meydana gelen ağırlık kaybını azalttığı ve uygulama dozuna bağlı olarak etkide farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. 2.0 mM uygulaması ile en düşük ağırlık kaybı kaydedilirken, diğer üç putresin uygulama dozu arasında fark bulunamamıştır. Benzer şekilde Kibar vd. (2021), şeftalide putresin uygulamasının, depolama boyunca şeftali meyvelerinin ağırlık kaybını azalttı, bunun nedeni, putresin uygulanmış meyvelerdeki daha düşük solunum hızı olabileceğini bildirmiştir. Meyvede olgunluk ilerledikçe pektin maddeler, hemiselüloz ve selüloz gibi hücre duvarı bileşenlerinin parçalanması (Wang vd., 2015) ve hücredeki turgor basıncının düşmesi sonucu (Mannozi vd., 2018) azalan meyve eti sertliği meyvenin depolanabilme potansiyelini belirleyen önemli bir kalite parametresidir (Cheng vd., 2020; Öztürk vd., 2012). Meyvede pazarlama ve hasat sonrası süreçlerde önemli etkisi olan meyve eti sertliği, olgunlaşmanın ilerlemesi ile birlikte azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda depolama süresi ile orantılı olarak hünnap (Öztürk vd., 2020; Öztürk vd., 2021), portakal (Rasouli vd., 2019) nar (Candır vd., 2018), kiraz (Koç Güler vd., 2019) karayemiş (Öztürk vd., 2019) incir (Bahar ve Lichter, 2018) gibi meyve türlerinde meyve eti sertliğinde yumuşamanın meydana geldiği bildirilmiştir. Depolama süresinin uzaması ile meyve eti sertliğinde yumuşamanın meydana geldiği ve kontrol uygulaması ile daha düşük meyve eti sertlik değerlerinin ölçüldüğü görülmüştür. Putresin uygulamasının depolamada meyve eti sertliğinin korunmasında etkili olduğu ve bu etkinin uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda meyve eti sertlik değerleri bakımından 0.5, 2.0 ve 4.0 mM putresin uygulamaları arasında farklılık bulunmazken en yüksek meyve eti sertliği bu uygulamalar ile ölçülmüştür. 1.0 mM putresin uygulanmış meyvelerin et sertliği kontrol uygulamasından yüksek ancak diğer üç putresin uygulamasından daha düşük bulunmuştur (Şekil 1). Meyvede hücre duvarı geçirgenliğini değiştirerek olgunlaşmayı geciktiren poliaminlerin hasat sonrası

meyve eti sertliğinin korunmasına katkı sunmaktadır. Yapılan çalışmalarda putresin uygulaması ile erik (Khan vd., 2008; Serrano vd., 2003), şeftali (Kaur ve Kaur, 2019, Kibar vd., 2021) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde meyve eti sertlinin muhafaza edildiği bildirilmiştir. Çalışmada, depolama süresi ile paralel olarak meyvede çürüme oranı artmıştır. Depolama sonunda en yüksek çürüme oranı kontrol uygulaması ile kaydedilmiştir. Putresin uygulaması ile meyvelerde çürüme oranının daha düşük olduğu ve bu oranının uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Putresin uygulamaları kıyaslandığında 0.5 ve 4.0 mM uygulamalarında diğer putresin uygulamalarına göre daha yüksek çürüme oranı kaydedilirken en etkili uygulama dozlarının ise 1.0 ve 2.0 mM olduğu görülmüştür (Şekil 1). Anti-patojenik özellikleri olan putrescine ve spermidine gibi poliaminlerin hasat sonrası depolamada meyvelerde çürümeyi ve üşüme zararını önemli ölçüde azaltmaktadır (Hanif vd, 2020). Yapılan çalışmalarda, poliamin uygulamaları ile şeftali (Kibar vd., 2021), nar (Barman vd., 2011), kayısı (Koushesh Saba vd., 2012) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde depolamada çürüme ve üşüme zararının daha düşük olduğu ve meyve kalitesinin korunduğu tespit edilmiştir.

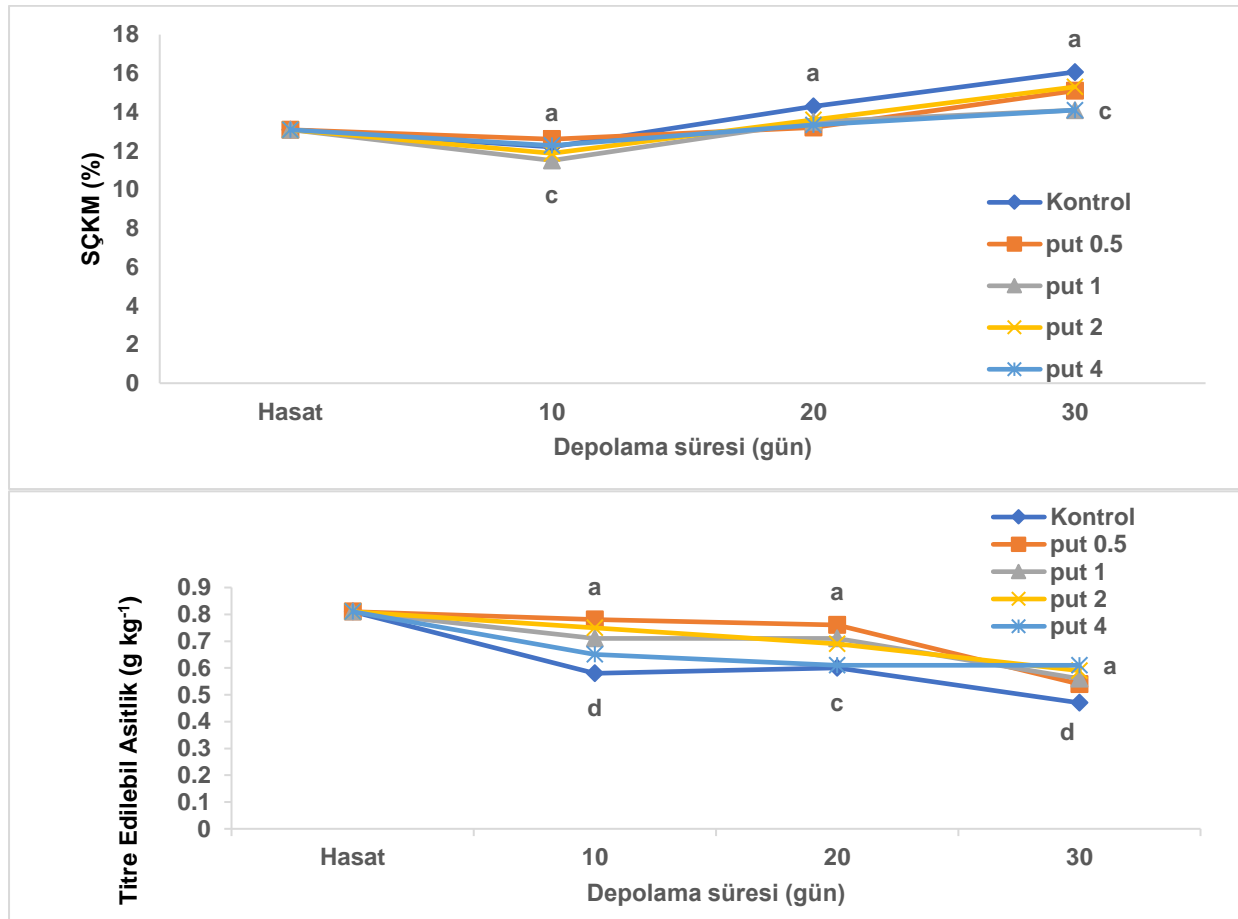


Şekil 1. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada ağırlık kaybı, çürüme oranı ve meyve eti sertliği üzerine etkisi.

Figure 1. Effect of putrescine application on weight loss, decay rate and fruit flesh firmness in peach at cold storage.

Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (SÇKM) ve Titredilebilir Asitlik (TA)

Meyvede hasat olgunluğunun kriterlerinden olan suda çözünür kuru madde miktarı ve titre edilebilir asitlik meyvenin kalitesini ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğini belirlemede etkili olan meyve özellikleridir. Depolama süresinin uzaması ile birlikte meyvede olgunlaşmanın artışı nedeniyle doğal olarak SÇKM artar ve TA azalır (Molla vd., 2022). Depolama sırasında meyvede SÇKM de meydana gelen artış dehidrasyona bağlı olarak hücre duvarı polisakaritlerinin hidrolizi ve basit şekerlerdeki artıştan kaynaklanabilir (Sun vd., 2013). Çalışmada, depolama süresi ile orantılı olarak SÇKM oranında artış ve TA ise azalma meydana gelmiştir (Şekil 2). Benzer olarak Rastegar vd. (2020) Mango meyvesinin SÇKM ve TA oranlarının depolama sürelerinden önemli ölçüde etkilendiğini en düşük asitlik ve en yüksek SÇKM değerlerinin depolama sonunda kaydedildiğini bildirirken, poliamin uygulamalarının depolamada SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişiklikler üzerine etkisinin olmadığını bildirmiştir. Depolamada SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimlerin melatonin uygulaması ile daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama sonunda putresin uygulanmış meyvelerin daha düşük SÇKM ve daha yüksek TA oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitlerle putresin uygulamasının meyvede olgunlaşmayı geciktirebileceği ve etkinin konsantrasyona bağlı olarak değişebileceği sonucunu çıkarabiliriz (Şekil 2) Meyvede etilen üretimini azaltarak olgunlaşmayı geciktiren putresin hasat sonrası SÇKM ve TA oranlarında meydana gelen değişimleri de azaltmaktadır (Serrano vd., 2003). Yapılan çalışmalarda putresin uygulaması ile erik (Serrano vd., 2003), şeftali (Abbasi vd., 2019; Kaur ve Kaur, 2019; Kibar vd., 2021) ve papaya (Hanif vd., 2020) gibi meyve türlerinde hasat sonrası depolamada SÇKM ve TA oranlarındaki değişimin daha düşük olduğu ileri sürülmüştür.

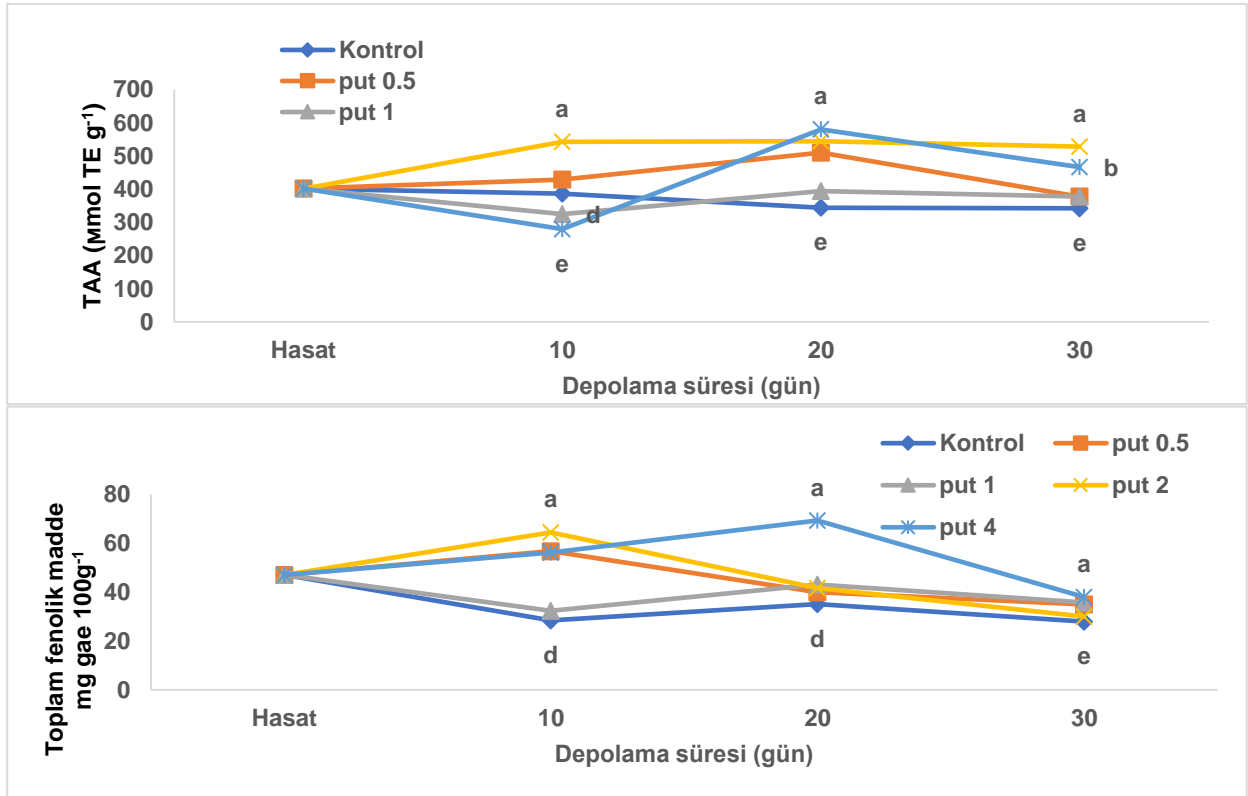


Şekil 2. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada suda çözünür kuru madde miktarı ve titre edilebilir asitlik üzerine etkisi.

Figure 2. Effect of putrescine application on soluble solids content and titratable acidity in peach at cold storage.

Toplam Fenolik Bileşikler ve Toplam Antioksidan Kapasite

Meyvelerde en önemli antioksidan bileşenleri olan ve hasat sonrası depolamada genetik faktörlere sıcaklığa ve çevresel şartlara bağlı olarak değişebilen fenolik bileşikler (Xing vd., 2020) depolama süresinin uzaması ile ayrılarak aşamalı olarak azalır (Yu vd., 2021). Depolama süresi ve putresin uygulama dozuna bağlı olarak meyvede toplam fenolik içeriğinde değişikliklerin meydana geldiği ancak etkide tutarsızlıkların olduğu tespit edilmiştir. Öyle ki depolamanın 10. gününde 0.5, 2.0 ve 4.0 mM putresin uygulamaları ile hasada oranla daha yüksek toplam fenolik miktarı ölçülürken kontrol ve 1.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde toplam fenolik içeriğinin hasat sırasında ölçülenden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sürede en yüksek toplam fenolik miktarı 2.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde kaydedilmiştir. Depolamanın 20. gününde ise 4.0 mM putresin uygulanmış meyvelerde toplam fenolik miktarında hasada oranla daha yüksek olduğu diğer uygulamalarda ise hasada oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Uygulamalar arasında farklılıkların olduğu belirlenirken, en düşük değerler ise kontrol uygulamasına ait meyvelerde elde edilmiştir. Depolama sonunda tüm uygulamalarda hasada oranla daha düşük toplam fenolik miktarı ölçülürken en düşük değerler kontrol uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 3). Depolamada süresine ve uygulamalara bağlı olarak değişiklik gösteren toplam antioksidan kapasite değerleri üzerine putresin uygulaması etkili olurken, uygulama dozuna bağlı olarak toplam antioksidan aktivitede değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda 4.0 mM putresin uygulanmış meyvelerin daha yüksek toplam antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilirken, kontrol uygulamasına ait meyvelerde en düşük değerler kaydedilmiştir (Şekil 3). Davarynejad vd. (2015) erikte depolama süresince erik meyvelerinin toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite üzerine putresin uygulamasının etkili olduğu belirlenmiş, uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği ve etkili uygulama dozunun ise 4.0 mM olduğunu bildirmiştir. Yine Kibar vd. (2021), putresin uygulaması ile şeftalide hasat sonrası toplam fenolik ve antioksidan aktivitede meydana gelen değişikliğin daha düşük olduğu ve 1.6 mM putresine uygulamasının daha etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

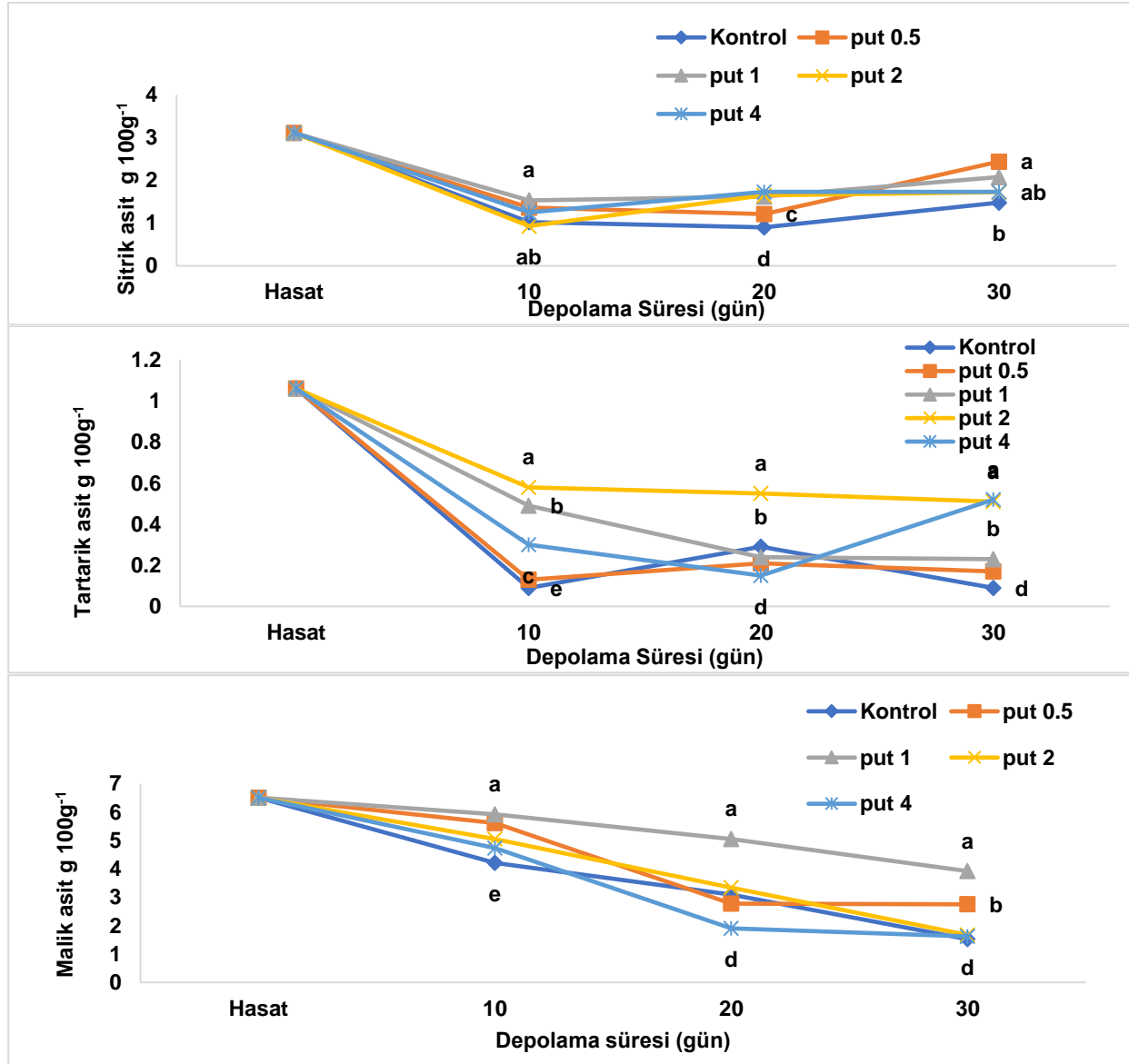


Şekil 3. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada toplam antioksidan aktivite (TAA) ve toplam fenolik madde üzerine etkisi.

Figure 3. Effect of putrescine application on total antioxidant activity and total phenolics in peach at cold storage.

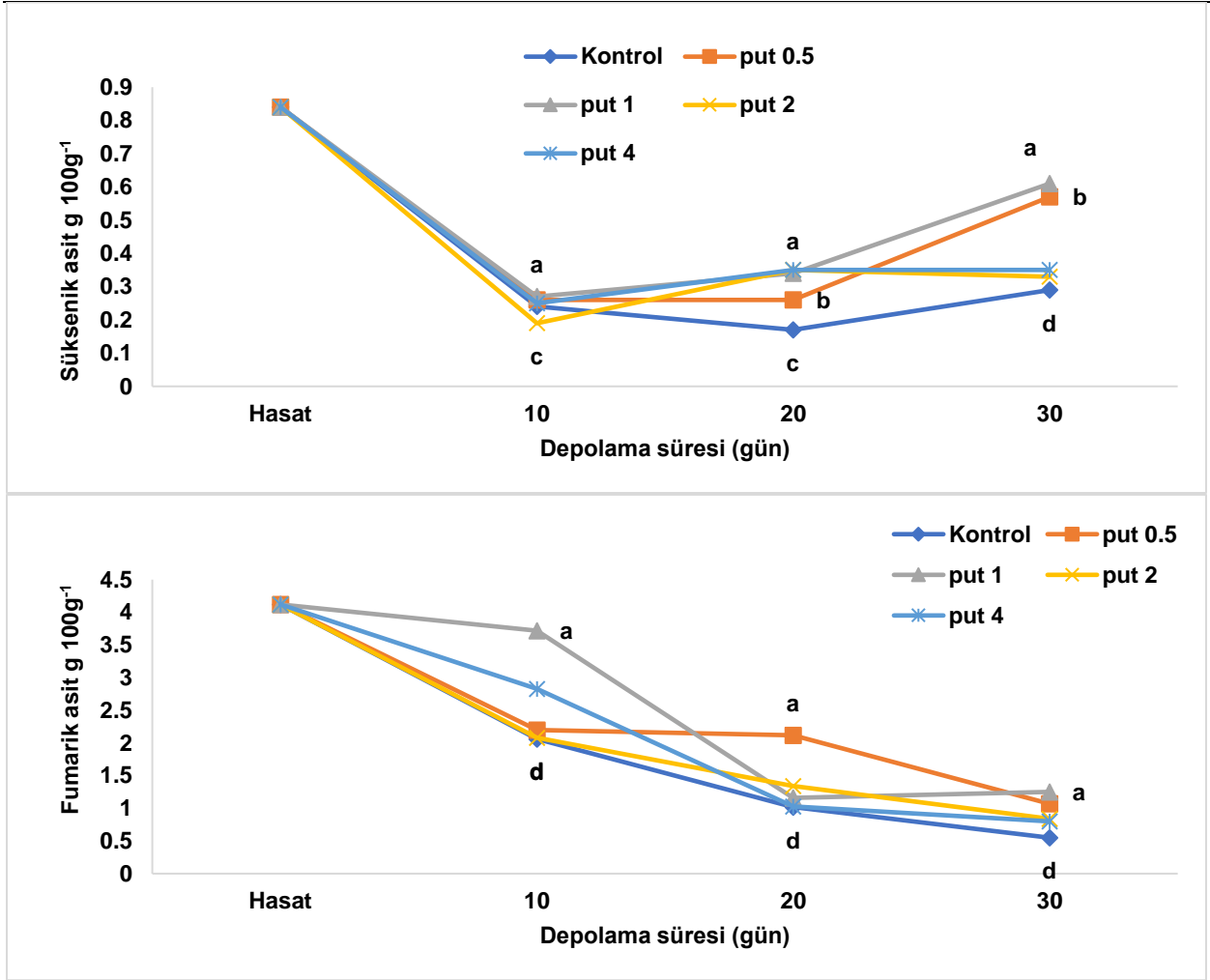
Organik Asitler

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 arttıkça azalır (Kıralan ve Gündoğdu, 2021). Çalışmada, miktar bakımından şeftalide en fazla malik asit bulunurken, bunu fumarik, sitrik, tartarik ve suksinik asit takip etmiştir. Meyve olgunluğunun artması ile birlikte, doğal olarak organik asit miktarında azalmalar meydana gelmiştir. Depolamada organik asitlerin miktarında meydana gelen değişikliklerde putresin uygulaması etkili olurken ve bu etkinin organik asidin türüne ve depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Depolama sonunda tüm organik asitlerde en düşük değerler ise kontrol uygulanmasına ait meyvelerde kaydedilmiştir. Putresin uygulamasının depolama süresince organik asitlerin konsantrasyonda meydana gelen azalmayı yavaşlattığı söylenebilir (Şekil 4). Benzer çalışmalarda (Liu vd., 2020; Tijero vd., 2019) melatonin uygulaması ile depolamada meyvede organik asit içeriğinin önemli bir şekilde korunduğu ortaya koyulmuştur.



Şekil 4. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada organik asitler üzerine etkisi.

Figure 4. Effect of putrescine application on organic acids during cold storage in peach.

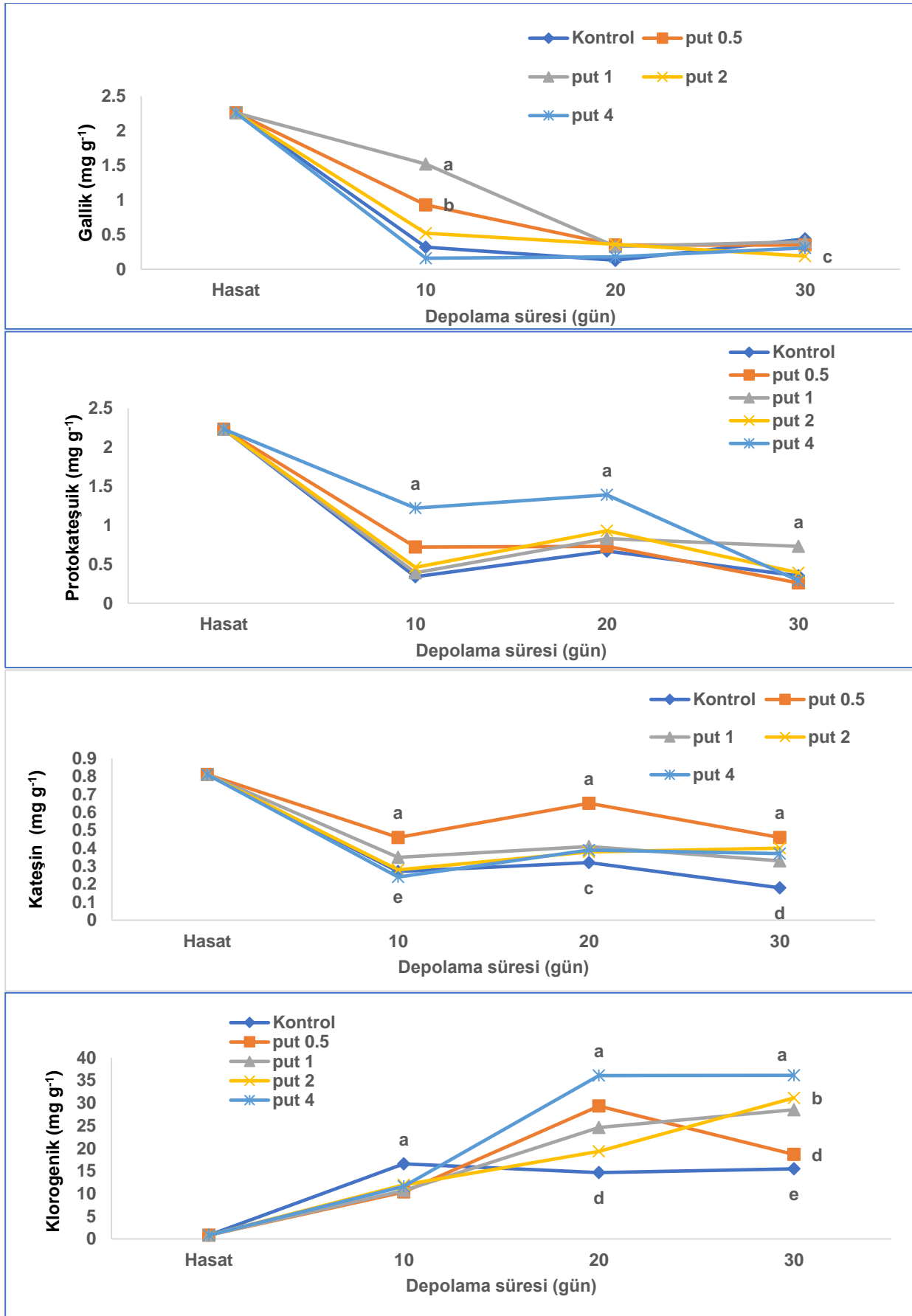


Şekil 4. Devamı.

Figure 4. Continue.

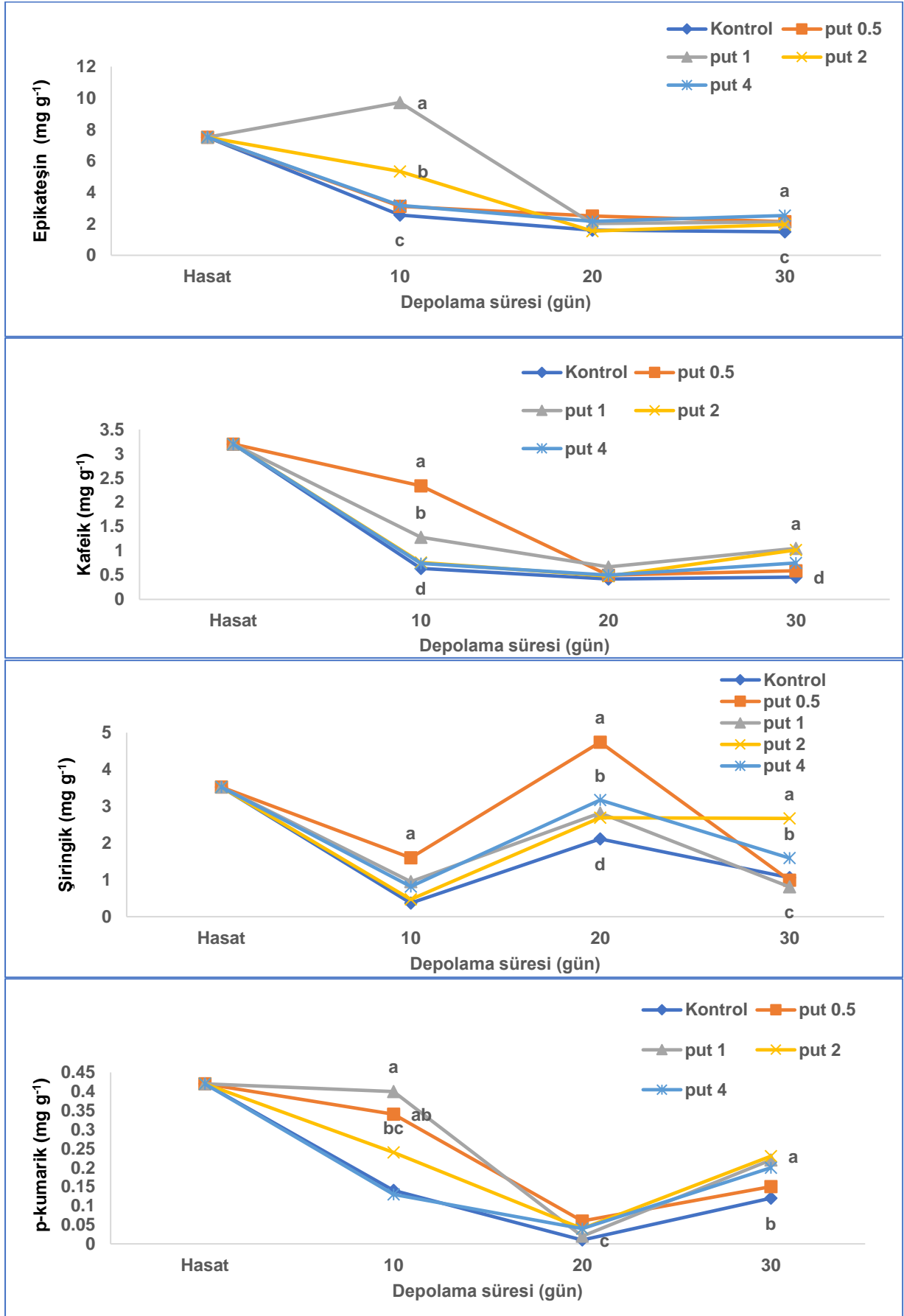
Bireysel Fenolik Bileşikler

Polifenoller, meyve ve sebzelerin sertlik, lezzet, acılık ve renk gibi kalitesini ve antioksidan özelliklerini artıran ve bitkinin savunma mekanizmasına katkıda bulunan ikincil metabolitlerdir (Sreekumar vd., 2014). Bitkilerde reaktif oksijen türlerini uzaklaştıran ve antioksidan enzimlerin gen ekspresyonunu indükleyen melatonin, spemidin ve putresin gibi poliaminler, meyvede sakaroz, doğal antioksidanlar, fenolikler, aroma bileşikler, polifenoller ve çözünür katılar gibi bazı yararlı bileşiklerin seviyesini artırarak meyve kalitesini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Cao vd., 2016; Liu vd., 2019; Sun vd., 2015; Xia vd., 2020; Xu vd., 2018; Zheng vd., 2019). Poliamin uygulaması hasat sonrası meyvelerde amino asitler, antosiyaninler, fenoller, flavonoidler gibi bileşiklerin içeriğinde artışa neden olabilir (Pang vd., 2020; Wang vd., 2020; Xia vd., 2020). Çalışmada, şeftalide miktar olarak en fazla bulunan bireysel fenolik klorojenik asit iken bunu sırasıyla rutin, epikateşin, ferrulik asit, şiringik asit, kafeik asit, hidrosinamik asit, gallik asit, protokatekuik asit, kateşin ve p-kumarik asit takip etmiştir. Depolama süresinin uzaması ile bu bireysel fenolik bileşiklerin miktarı azalmıştır. Hem depolama süresince hem de depolama sonunda fenolik asitlerin miktarında meydana gelen azalma putresin uygulanmış meyvelerde daha düşük bulunmuştur. Hasat sonrası fenolik asitlerin muhafaza edilmesinde putresinin ve uygulama konsantrasyonunun etkili olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda tüm bireysel fenoliklerde en düşük değerlerin kontrol uygulamasına ait meyvelerde olduğu görülmüştür (Şekil 5). Kibar vd. (2021), şeftalide bireysel fenolik içeriklerinin depolama süresince azaldığı ve putresin uygulamasının bu bileşiklerde kaybı önlediği ve etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Putresin uygulaması meyvede etilen sentezini engelleyerek meydana gelecek biyokimyasal değişiklikleri geciktirmektedir (Abbasi vd., 2019).

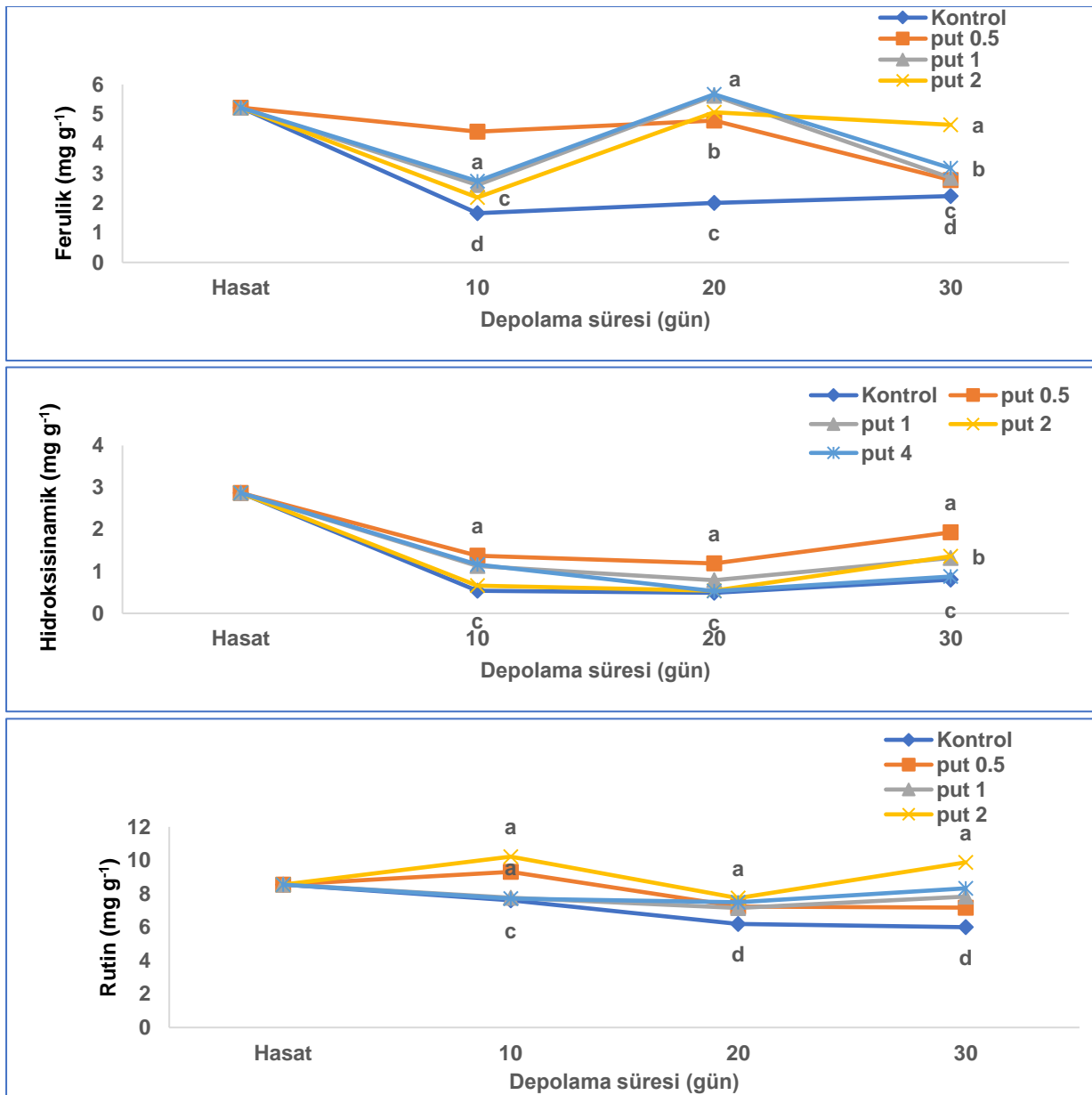


Şekil 5. Şeftalide putresin uygulamasının depolamada bireysel fenolikler üzerine etkisi.

Figure 5. Effect of putrescine application on specific phenolic compounds during cold storage in peach.



Şekil 5. Devamı.
Figure 5. Continue.



Şekil 5. Devamı.

Figure 5. Continue.

SONUÇ

Putresin uygulaması şeftalide depolamada meydana gelen ağırlık kaybını ve çürüme oranını azaltırken, meyvede yumuşamayı geciktirmiştir. Depolama süresi ve putresin uygulama dozuna bağlı olarak SÇKM oranında önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Putresin uygulaması ile depolamada şeftali meyvesinde TA oranında meydana gelen azalma daha düşük bulunmuştur. Depolama süresince genellikle azalan toplam fenolik miktarda putresin uygulamasının etkili olduğu ancak bu etkide tutarsızlıklar olduğu gözlemlenmiştir. Toplam antioxidant activity değerleri üzerine putresin uygulaması etkili oldu ve uygulama dozuna bağlı olarak toplam antioksidant aktivitede değişiklikler meydana gelmiştir. Putresin uygulamasının depolama süresince bireysel fenolik bileşikler üzerine etkisinin olduğu ancak bu etkinin uygulama konsantrasyonu ve flavonoid bileşiğe bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmüştür. Depolamada organik asitlerin miktarında meydana gelen değişikliklerde putresin uygulaması etkili olurken ve bu etkinin organik asidin türüne ve depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Sonuç olarak putresin uygulamasının şeftalide hasat sonrası meyve kalitesinin korunmasında etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI

Emine KÜÇÜKER: Metodoloji, Araştırma, Kavramsallaştırma, Doğrulama. Erdal AĞLAR : Metodoloji, Araştırma, Kavramsallaştırma, Doğrulama, Yazma - orijinal taslak.

KAYNAKLAR

- Abbasi, N. A., Ali, I., Hafiz, I. A., Alenazi, M. M., & Shafiq, M. (2019). Effects of putrescine application on peach fruit during storage. *Sustainability*, 11, 2013.
- Aubert, C., Chalot, G., Lurol, S., Ronjon, A., & Cottet, V. (2019). Relationship between fruit density and quality parameters, levels of sugars, organic acids, bioactive compounds and volatiles of two nectarine cultivars, at harvest and after ripening. *Food Chemistry*, 297, Article 124954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124954>
- Bahar, A., & Lichter, A., (2018). Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit. *Scientia Horticulturae*, 227, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.036>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.005>
- Bevilacqua, A. E., & Califano, A. N. (1989). Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 54, 1076-1079. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb07948.x>
- Candır, E., Özdemir, 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. <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- 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, 5215–5222. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01118>
- Cheng, S. B., Yu, Y., Guo, J. Y., Chen, G. G., & Guo, M. R. (2020). Effect of 1-methylcyclopropene and chitosan treatment on the storage quality of jujube fruit and its related enzyme activities. *Scientia Horticulturae*, 265, 109281. <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2009). Quality changes of blueberry fruit under modified atmosphere packaging. *Indian Aliment*, 48, 15-20.
- Crisosto, C. H., Mitchell, F. G., & Zhiguo, J. (1999). Susceptibility of chilling injury of peach, nectarine and plum cultivars grown in California. *HortScience*, 34, 1116–1118. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.6.1116>
- Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2053–2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1232-3>
- Fawole, O. A., Atukuri, J., Arendse, E., & Opara, U. O. (2020). Postharvest physiological responses of pomegranate fruit (cv. Wonderful) to exogenous putrescine treatment and effects on physico-chemical and phytochemical properties. *Food Science and Human Wellness*, 9, 146–161. <https://doi.org/S2213453019301>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.006>
- Ge, Y. H., Li, X., Li, C. Y., Tang, Q., Duan, B., Cheng, Y., Hou, J. B., & Li, J. R. (2019). Effect of sodium nitroprusside on antioxidative enzymes and the phenylpropanoid pathway in blueberry fruit. *Food Chemistry*, 295, 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Hanif, A., Ahmad, S., Jaskani, M. J., & Ahmad, R. (2020). Papaya treatment with putrescine maintained the overall quality and promoted the antioxidative enzyme activities of the stored fruit. *Scientia Horticulturae*, 268, 109367. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109367>

- Hu, W., Yang, H., Tie, W., Yan, Y., Ding, Z., & Liu, Y. (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. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03354>
- Janne, J., Alhonen, L., Pietila, M., & Keinanen, T. A. (2004). Genetic approaches to the cellular functions of polyamines in mammals. *European Journal of Biochemistry*, 271, 877–894. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.2004.04009.x>
- Jiang, X., Lin, H., Shi, J., Neethirajan, S., Lin, Y., Chen, Y., & Lin, Y. (2018). Effects of a novel chitosan formulation treatment on quality attributes and storage behavior of harvested litchi fruit. *Food Chemistry*, 252, 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.095>
- Kaur, M., & Kaur, A. (2019). Improvement in storability and quality of peach cv. Flordaprince with postharvest application of various chemicals. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, 460–464.
- Khan, A. S., Singh, Z., Abbasi, N. A., & Swinny, E. E. (2008). Pre-or post-harvest applications of putrescine and low temperature storage affect fruit ripening and quality of 'Angelino' plum. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 88, 1686–1695. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3265>
- Kibar, H., Taş, A., & Gündoğdu, M. (2021). Evaluation of biochemical changes and quality in peach fruit: Effect of putrescine treatments and storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104048>
- 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*, 2021, 7(3), 404 – 411. <https://doi.org/10.24180/ijaws.990049>
- Koç Güler, S., Karakaya, O., Karakaya, M., Öztürk, B., Ağlar, E., Yarılgaç, T., & Sefa, G. (2019). Combined treatments of modified atmosphere packaging with aminoethoxyvinylglycine maintained fruit quality in sweet cherry throughout cold storage and shelf life. *Acta Scientia Polonorum Hortorum Cultus*, 18(5), 13–26. <https://doi.org/10.24326/asphc.2019.5.2>
- Koushesh Saba, M., Arzani, K., & Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 8947–8953. <https://doi.org/10.1021/jf302088e>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.016>
- 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. <https://doi.org/10.3390/molecules24234233>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111136>
- Mannozi, C., Tylewicz, U., Chinnici, F., Siroli, L., Rocculi, P., Rosa, M. D., & Romani, S. (2018). Effects of chitosan based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage. *Food Chemistry*, 251, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.011>
- Mattoo, A. K., & Handa, A. K. (2008). Higher polyamines restore and enhance metabolic memory in ripening fruit. *Plant Science*, 174, 386–393. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.01.011>
- Molla, S. M. H., Rastegar, S., Omran, V. G., & Khademi, O. (2022). Ameliorative effect of melatonin against storage chilling injury in pomegranate husk and arils through promoting the antioxidant system. *Scientia Horticulturae*, 295, 110889. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110889>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127753>
- Öztürk, B., Küçük, E., Karaman, S., & Özkan, Y. (2012). The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina* Lindell cv. 'Black Amber'). *Postharvest Biology and Technology*, 72, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.015>

- Öztürk, B., Karakaya, O., Yıldız, K., & Saraçoğlu, O. (2019). Effects of *Aloe vera* gel and MAP on bioactive compounds and quality attributes of cherry laurel fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 249, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.030>
- Öztürk, B., Aşlar, E., Gun, S., & Karakaya, O. (2020). Change of fruit quality properties of jujube fruit (*Ziziphus jujuba*) without stalk and with stalk during cold storage. *International Journal of Fruit Science*, 20, S1891-S1903. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1834901>
- Öztürk, B., Yıldız, M., Yıldız, 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 <https://doi.org/10.1016/j.scienta>
- Pang, L., Wu, Y., Pan, Y., Ban, Z., Li, L., & Li, X. (2020). Insights into exogenous melatonin associated with phenylalanine metabolism in postharvest strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111244. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111244>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.154>
- Ramina A., Tonutti P., & McGlasson W. (2008). Ripening, nutrition and postharvest physiology, pp. 550-574. - In: Layne D.R., and D. Bassi (eds.) *The peach: Botany, production and uses*. CABI international, Wallingford, Oxfordshire, UK, pp. 634.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.004>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108835>
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., & Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00113-3)
- 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*. <https://doi.org/10.1155/2014/686921>
- Sun, X., Yang, Q., Guo, W., Dai, L., & Chen, W. (2013). Modification of cell wall polysaccharide during ripening of Chinese bayberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 160, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.048>
- 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. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru332>
- Tijero, V., Muoz, P., & Munn'e-Bosch, S. (2019). Melatonin as an inhibitor of sweet cherries ripening in orchard trees. *Plant Physiology and Biochemistry*, 140, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.05.007>
- Tonutti P., Bonghi C., Ruperti B., Tornielli G. B., & Ramina A. (1997). Ethylene evolution and 1-ami-nocyclopropane-1-carboxylate oxidase gene expres-sion during early development and ripening of peach fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122, 642-647. <https://doi.org/10.21273/JASHS.122.5.642>
- Totad, M. G., Sharma, R. R., Sethi, S., & Verma. M. K., (2019). Effect of edible coatings on 'Misty' blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruits stored at low temperature. *Acta Physiology Plants*, 41, 183-190. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2973-z>
- Wang, L., Jin, P., Wang, J., Jiang, L. L., Shan, T. M., & Zheng. Y. H., (2015). Effect of baminobutyric acid on cell wall modification and senescence in sweet cherry during storage at 20 °C. *Food Chemistry*, 175, 471-477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>
- Wang, F., Zhang, X., Yang, Q., & Zhao, Q. (2019). Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chemistry*, 301, 125311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125311>

- Wang, T., Hu, M., Yuan, D., Yun, Z., Gao, Z., Su, Z., & Zhang, Z. (2020). Melatonin alleviates pericarp browning in litchi fruit by regulating membrane lipid and energy metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*, 160, 111066. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111066>
- 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. <https://doi.org/10.3390/molecules25030753>
- Xing, Y., Yang, H., Guo, X., Bi, X., Liu, X., Xu, Q., & Zheng, Y. (2020). Effect of chitosan/ Nano-Ti O₂ composite coatings on the postharvest quality and physico chemical characteristics of mango fruits. *Scientia Horticulturae*, 263, 109–135. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109135>
- 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*, 5. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0045-y>
- Yan, R., Xu, Q., Dong, J., Kebbeh, M., Shen, S., Huan, C., & Zheng X. (2022). Effects of exogenous melatonin on ripening and decay incidence in plums (*Prunus salicina* L. cv. Taoxingli) during storage at room temperature. *Scientia Horticulturae*, 292, 110655. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110655>
- Yu, Y., Guo, W., Liu, Y., Sang, Y., Yang, W., Guo, M., Cheng, S., & Chen, G. (2021). Effect of composite coating treatment and low-temperature storage on the quality and antioxidant capacity of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao). *Scientia Horticulturae*, 288, 110372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110372>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>